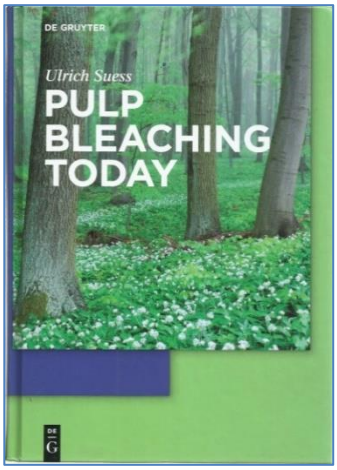
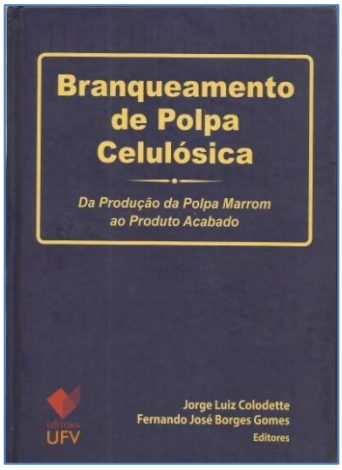
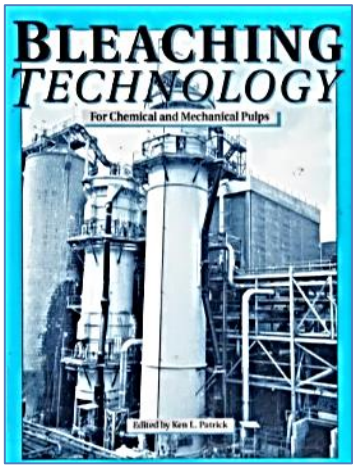
As Páginas na Web do Professor Celso Foelkel

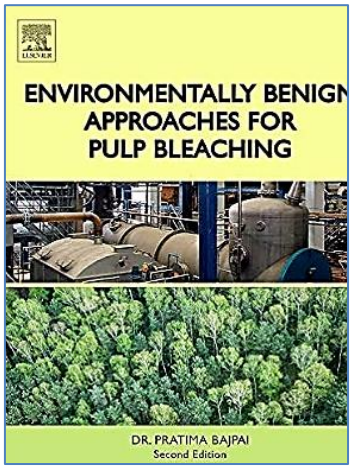
https://www.celso-foelkel.com.br/
https://www.eucalyptus.com.br/

Relato de Vida e Coletânea de Publicações...









Branqueamento da Celulose com Ênfase em Polpas Kraft Obtidas de Eucalyptus

Vivências no desenvolvimento desses processos tecnológicos no Brasil e no Mundo

...por ***Celso Foelkel***

Novembro de 2023

Objetivos desse Relato de Vida

Da mesma forma que para os meus Relatos de Vida recentes, quando discorri sobre as polpas solúveis, sobre a polpação kraft e sobre a pré- deslignificação com oxigênio, esse presente relato tem as seguintes finalidades e metas:

- Contar as vivências do autor e professor Celso Foelkel em relação ao desenvolvimento global e nacional do branqueamento das polpas kraft, com ênfase nas polpas de eucalipto

- Construir um histórico da evolução dessas tecnologias de branqueamento da celulose kraft, seja no Brasil como globalmente

- Identificar os principais fatores alavancadores dessa evolução tecnológica tão rápida e de altíssima qualidade em nosso País

- Identificar e apresentar as principais pessoas geradoras de novos conhecimentos e tecnologias e procurar oferecer pistas para que os leitores possam encontrar as produções tecnológicas das mesmas

- Identificar as principais organizações que foram responsáveis por essa jornada exitosa no Brasil

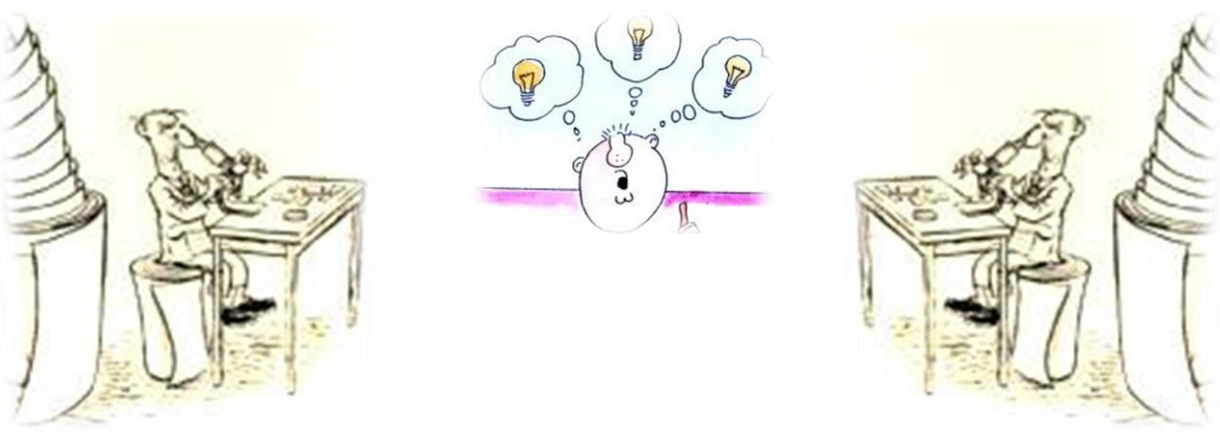
- Gerar uma coletânea bibliográfica incrível e inimaginada, selecionando centenas de publicações que possam ser acessadas pelos interessados de forma rápida e garantida na web

- Valorizar e dar os devidos e justos créditos às principais entidades que colaboraram para que o conhecimento sobre o branqueamento da celulose kraft de eucalipto fosse atingido em um nível de avanço tecnológico admirado em todo o mundo

Como a ciência do branqueamento é muito ampla, esse relato procurou criar um escopo delimitando as tecnologias que seriam ou que não seriam privilegiadas nas buscas e estudos:

Dessa forma, privilegiaram-se os relatos sobre branqueamentos de polpas kraft com compostos de cloro e de oxigênio, deixando para outras oportunidades os biobranqueamentos com enzimas, os branqueamentos com uso de catalisadores e os processos de branqueamento para polpas de coníferas

Um “Abstract” Reflexivo do Autor Celso Foelkel



Quando iniciei a produção desse Relato de Vida, não imaginei quão trabalhoso isso seria, pois encontrei uma enorme quantidade de conhecimentos disponibilizados e que precisaram de uma cuidadosa leitura e seleção do que seria mais útil aos amigos leitores. E para poder lhes oferecer um documento que fosse fiel aos caminhos que trilhamos para atingimento do sucesso que hoje desfrutamos

Em verdade, eu sempre soube que o nosso setor tinha sido desbravador das tecnologias de branqueamento da celulose kraft de eucalipto. Até porque eu participei muito ativamente dessa história, desde minha época de estudante e depois quando iniciei atividades profissionais na indústria, com a Cenibra – Celulose Nipo Brasileira em 1976. Isso perdurou por toda a minha carreira, até os dias atuais.

Naquelas épocas de quase cinco décadas atrás, pouco se conhecia sobre formas de produção de celulose branqueada a alvuras superiores a 90%IS0 com o uso do dióxido de cloro, por isso, as sequências inicialmente propostas possuíam uma fileira longa de letras para compor seis estágios para o processo.

Mas aprendemos muito rapidamente, a ponto de ser hoje o Brasil o País com a maior quantidade de artigos e publicações sobre essas tecnologias de branqueamento e pré-branqueamento com oxigênio para as polpas kraft de eucalipto. Nada mais natural, pois foi o Brasil que também desenvolveu as fibras celulósicas dos eucaliptos para alimentar com sua celulose de mercado praticamente o mundo todo, tornando-se hoje o principal fabricante desse tipo de celulose (“market pulp”) do planeta.

Não fomos abençoados pela sorte, mas sim fomos conquistadores dessas posições que hoje desfrutamos com o sucesso de nosso setor de celulose e papel. Os estudos e as realizações das pesquisas e inovações com o branqueamento da celulose são provas disso.

Encontrei as razões dessas afirmações garimpando o que publicamos sobre as descobertas em termos de melhor branquear a

celulose de forma economicamente viável, ambientalmente correta e socialmente justa. Essas conquistas possuem inúmeros atores que protagonizaram esses sucessos. Muitos são professores universitários, outros profissionais das empresas produtoras de celulose, outros alunos de pós-graduações, outros profissionais de fornecedores de produtos químicos, engenharias de processo, equipamentos e tecnologias. E finalmente, muitos foram os catalisadores necessários para colocar esses protagonistas juntos para que trocassem seus conhecimentos e ajudassem assim a que o branqueamento da celulose evoluísse e continuasse a evoluir no Brasil.

O curioso nessa história é que os estudos sobre o branqueamento da celulose kraft de eucalipto foram permeando para o mundo todo. Isso pode ser confirmado pelas inúmeras pesquisas e estudos realizados e convertidos em publicações sobre o tema em inúmeros países, como Estados Unidos da América, Canadá, Finlândia, Suécia, Noruega, Portugal, Espanha, França, Chile, China, Coréia, Alemanha, Argentina, Índia, etc.

Isso se justifica primeiro porque o setor brasileiro de fabricação de celulose e papel é abastecido em suas tecnologias por fornecedores dos mais variados produtos, grande parte utilizados em processos de branqueamento. E muitos desses fornecedores são empresas globais. Em segundo lugar, temos o interesse de nossos clientes dos produtos celulósico-papeleiros, que se preocupam não apenas com as qualidades e quantidades dos produtos que compram, mas com a sustentabilidade com que sejam produzidos. E finalmente, a celulose de eucalipto não é exclusividade brasileira, diversos outros países a produzem nesse tipo de produto branqueado.

É difícil se destacar os principais heróis desse processo todo de cinco décadas de trabalhos árduos; mas eu ousaria colocar alguns pontos de destaque. Primeiro, o papel da nossa associação técnica, a ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. A entidade capitaneou o processo de incentivo aos estudos e o compartilhamento de conhecimentos através de seus eventos, cursos, mesas redondas e publicações, em especial através dos seus congressos e da revista O Papel. Ao pesquisar os trabalhos publicados através da ABTCP sobre o branqueamento da celulose, encontrei centenas deles. Foram tantos, que se tornou mesmo difícil elencar aqueles que eu deveria compartilhar, pela excelência em qualidade de tantos deles.

O segundo ponto de destaque foram as pesquisas e trabalhos desenvolvidos pelo LCP – Laboratório de Celulose e Papel da UFV – Universidade Federal de Viçosa, que definitivamente se converteu no grande polo produtor de conhecimentos a nível mundial sobre o branqueamento da celulose kraft de eucalipto. A integração dos professores, alunos de graduação e pós-graduação e técnicos parceiros das fábricas do setor e empresas fornecedoras ao setor, além de parcerias internacionais, formaram uma rede notável de produção tecnológica, tendo

como principal catalisador o professor Dr. Jorge Luiz Colodette, hoje aposentado. Não poderia deixar de citar a importância da criação pela UFV dos Colóquios Internacionais sobre Celulose de Eucalipto, um evento que coloca de forma integrada as principais figuras globais geradoras de *know-how* sobre esse produto.

Finalmente, e talvez um dos fatores mais importantes, foi a internacionalização de nossas descobertas, com a participação ativa de nossos profissionais do setor em eventos globais de instituições associativas como a Tappi – Technical Association of the Pulp and Paper Industry e tantas outras organizações promotoras de eventos.

Outros pontos de conquistas de territórios têm sido as constantes publicações de nossos autores com artigos técnicos sobre o branqueamento e temas associados em revistas internacionais em idioma inglês.

Em resumo, o Brasil viu nascer, crescer e converter em enorme sucesso as tecnologias para branquear a celulose kraft de eucalipto. E isso tudo, graças às pessoas do setor. Elas são tantas, que seria difícil nominar aqui todas elas. Mas na ***seção 06*** desse documento, vocês poderão encontrar quase todas elas, compartilhando suas conquistas com outros especialistas internacionais. Embora, como não poderia deixar de acontecer, algumas pessoas relevantes podem estar eventualmente faltando, mais por um esquecimento, desconhecimento ou falta de lembrança de minha parte.

A todos os que participaram dessa história meus sinceros parabéns e muito obrigado.

Aos que continuarão a história, que encontrem nos nossos desbravadores a mesma motivação para a continuação desse caminho vitorioso. Desejo sucesso aos que vão dar continuidade a essa rota.

Origem da Imagem:
Celuloses desde a etapa de polpa marrom até a polpa totalmente branqueada

https://estudogeral.uc.pt/bitstream/10316/40247/1/Reducao%20do%20consumo%20de%20reagentes%20de%20branqueamento%20por%20aplicacao%20de%20tratamentos%20enzimaticos.pdf

CONTEÚDO DA PUBLICAÇÃO

01. Agradecimentos

02. Introdução à fabricação da celulose e do papel e as forças motrizes para o contínuo desenvolvimento desse setor no Brasil

03. Modernas linhas de fibras contemplando inovações tecnológicas e aspectos ambientais para o branqueamento da celulose kraft

04. Fatos relevantes sobre o branqueamento da celulose: *Histórico, desafios, problemas e conquistas tecnológicas com o branqueamento da polpa kraft de eucalipto e papel da inovação*

05. Minhas vivências colaborando para o desenvolvimento do branqueamento da celulose kraft de eucalipto em um relato associado a essa histórica evolução tecnológica no Brasil

05.1 Anos Iniciais - "*Early years*" do Celso Foelkel com o desenvolvimento dos processos de branqueamento da celulose kraft de eucalipto no Brasil: *Entre 1967 a 1976*

05.2 Tempos de Desafios – "*Challenging times*" do Celso Foelkel com o desenvolvimento dos processos de branqueamento da celulose kraft de eucalipto no Brasil: *Entre 1976 a 1987*

05.3 Tempos Gloriosos & Difíceis – "*Glorious and tough times*" do Celso Foelkel com o desenvolvimento dos processos de branqueamento da celulose kraft de eucalipto no Brasil: *Entre 1988 a 2000*

05.4 Anos de Sustentação – "*Sustaining years*" do Celso Foelkel com o desenvolvimento dos processos de branqueamento da celulose kraft de eucalipto no Brasil: *Entre 2001 aos dias atuais*

06. Grandes autores, especialistas e estudiosos sobre o desenvolvimento científico e tecnológico dos processos de branqueamento da celulose kraft, com ênfase nas polpas de eucalipto

07. Desafios e transformações futuras nas tecnologias de se branquear celulose kraft: A busca da sustentabilidade não acabou

08. UM ENORME MUITO OBRIGADO a todos os leitores e apoiadores

09. Coletânea de publicações selecionadas por temas a partir de materiais publicados por consagrados autores em assuntos relacionados às tecnologias de branqueamento da celulose kraft

AVISO IMPORTANTE PARA AMIGOS(AS) LEITORES

Essa publicação apresenta um grande número de referências de literatura com links aos endereços onde elas podem ser encontradas na web

Dentre todos os websites que abrigam inúmeras dessas referências de literatura, eu posso apenas garantir que para dois desses inúmeros endereços de web eu estarei comprometido, enquanto eu estiver vivo e consciente de meu papel com a sociedade científica e tecnológica, em manter os endereços dos arquivos sempre ativos nos mesmos:

https://www.celso-foelkel.com.br
e
https://www.eucalyptus.com.br

...os demais websites podem eventualmente sofrerem remodelações em que se descontinuem alguns ou muitos desses endereços de publicações para o seu acesso.

Caso isso aconteça, copie e cole o título da publicação e tente encontrar a mesma em outro possível endereço usando o Google, o Bing ou alguma outra ferramenta de busca.

Caso não consiga, não se preocupe.

Durante a redação desse presente documento, eu tive a cautela de guardar em pastas apropriadas quase todos os arquivos mencionados na edição desse Relato de Vida do professor Celso Foelkel

Caso tenham alguma dificuldade para descarregar o arquivo e/ou a necessidade de obter algum dos materiais citados como bibliografia, por favor, entrar em contato com:

celso.foelkel@eucalyptus.com.br

...que eu tentarei localizar o arquivo para lhe dar conhecimento ou enviar através de seu endereço de e-mail, caso estejam em meu alcance...

Relato de Vida e Coletânea de Publicações...

por Celso Foelkel

Branqueamento da Celulose com Ênfase em Polpas Kraft Obtidas de Eucalyptus

Vivências no desenvolvimento desses processos tecnológicos no Brasil e no Mundo

01. Agradecimentos

Desejo agradecer com muita sinceridade e fraterna amizade à excepcional cooperação de nossos sempre presentes parceiros, a seguir nominados, que permitem que possamos difundir de maneira seletiva e socialmente comprometida, muitos dos conhecimentos que conseguimos resgatar e selecionar em seus bancos de dados. Há anos essas organizações me oportunizam e prestigiam com esse tipo de acesso privilegiado às suas bases documentais para promoção e difusão do conhecimento setorial:

- ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel, através de seus diretores, conselheiros, gestores e autores de publicações;

- Tappi – Technical Association of the Pulp and Paper Industry, através de sua presidência (Mr. Larry Montague);

- Riadicyp – Red IberoAmericana de Docencia e Investigación en Celulosa, Papel y Productos Lignocelulósicos, através de seus fundadores, membros e gestores (Dra. Maria Cristina Area e Dr. Song Won Park);

- ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp, através de seus criadores, organizadores e gestores dos eventos: Dr. Fernando José Borges Gomes e Dr. Jorge Luiz Colodette;

- Tecnicelpa – Associação Portuguesa dos Técnicos das Indústrias de Celulose e Papel, através de diversos de seus gerentes executivos, que facilitam ou facilitaram a distribuição de meus artigos de opinião, publicados em todas as revistas da associação desde o ano de 2007;

- ATCP-Chile, através de seus diretores e gerentes executivos, que me têm oportunizado divulgar em meus informativos e cursos técnicos alguns dos artigos publicados em seus eventos ou revista por eminentes pesquisadores internacionais e nacionais.

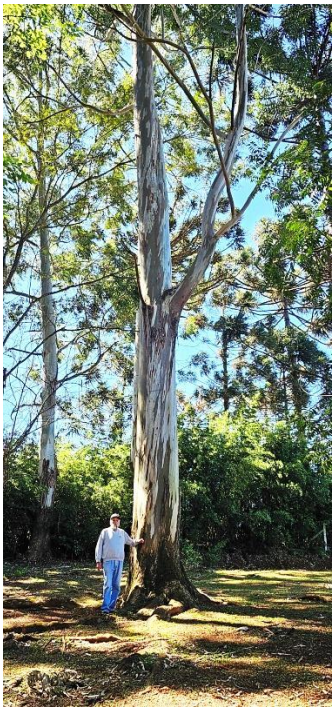
A nossa continuada parceria com essas entidades, integrando-nos assim para a divulgação de materiais técnicos que são inseridos em nossas coletâneas para acesso dos leitores, tem sido um dos fatores-chaves para a difusão do conhecimento tecnológico setorial para a sociedade, principalmente aos brasileiros e ibero-americanos.

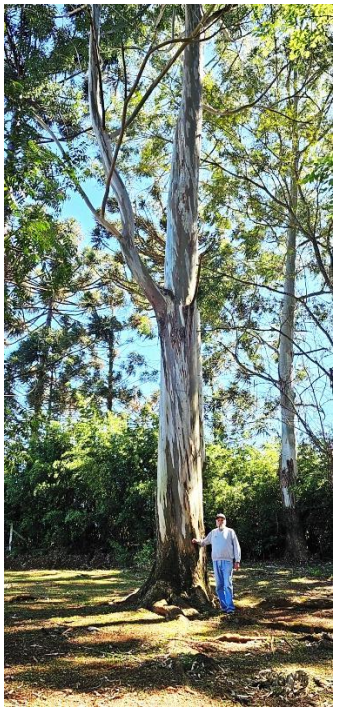
Também contei com a colaboração voluntária e expressiva de alguns de meus muitos amigos do setor de celulose e papel no Brasil, dentre os quais coloco um fraternal muito obrigado por me ajudarem dando sugestões técnicas ou oferendo acesso a bibliografias publicadas. ***Dentre eles, eu coloco em ordem alfabética de primeiro nome e ofereço minha gratidão sincera: Augusto Fernandes Milanez, Braz José Demuner; Carlos Augusto Soares do Amaral Santos; Clóvis Zimmer; Ergílio Cláudio-da-Silva Júnior; Eva Mari; Gabriel Valim Cardoso, José Wilhelms Ventura, Marcelo Rodrigues da Silva; Marco Aurélio Luiz Martins; Otávio Mambrim Filho e Pedro Wilson Stefanini.***

A todos os meus sinceros amigos nessas organizações, obrigado e esperamos todos continuar a manter esse tipo de parceira para a continuada veiculação de muitos conhecimentos a todos do nosso setor de celulose, papel e florestas plantadas.

02. Introdução à fabricação da celulose e do papel e as forças motrizes para seu contínuo desenvolvimento desse setor no Brasil

Imagens: Página-rosto de dois capítulos do Eucalyptus Online Book
Disponíveis para downloading em endereços de web citados nesse relato





O Eucalipto

Uma realidade brasileira

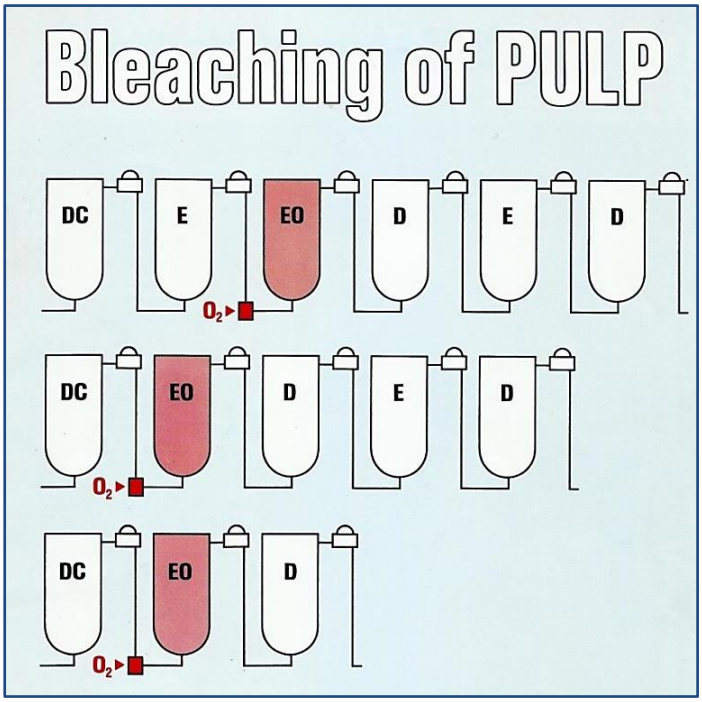
Quando se fala em fibras de madeira abastecendo fábricas de papel (quer para o papel de fibras virgens, ou para o papel reciclado) deve-se ressaltar que se tomaram alguns séculos até que essas fibras passassem a ser a principal matéria-prima para o papel. Antes da descoberta da madeira como matéria-prima papeleira, o papel tinha sua expansão impedida pela escassez de uma base fibrosa abundante, barata e capaz de conferir qualidade nas folhas, compatíveis com as diversas exigências do mercado. No início, foram usadas fibras de vegetais fáceis de serem macerados, tais como taquarinhas, palhas de cereais, algodão, papiro, etc. Durante alguns séculos, as principais matérias-primas fibrosas para os papéis foram fibras do linho e do algodão. Essas fibras eram extraídas de trapos de roupas ou de panos usados. Imaginem que a escassez dessas fibras chegou a um ponto tal, que em alguns países europeus passaram a existir leis que impediam que as pessoas mortas fossem enterradas vestindo algum tipo de tecido contendo essas fibras. Os trapos eram moídos através batimentos continuados em moinhos, o que levou as primeiras fábricas a serem chamadas de "moinhos de papel". Essa denominação se mantém até hoje em alguns idiomas ("*pulp mill*" em inglês; "*moulin de papier*", em francês). Ainda na época das viagens a caravelas, por iniciativa de alguns pesquisadores acadêmicos e industriais, desenvolveu-se o uso de fibras de palhas de cereais agrícolas, como palha de arroz, de trigo, de milho, etc. Ainda assim, mesmo essas fibras sendo mais abundantes, a qualidade do papel não era totalmente compatível com alguns dos seus usos. Além do mais, essas fibras agrícolas eram sazonais e tinham outros usos importantes na agricultura, como na alimentação do gado, compostagem, etc.

Apesar de o papel ser um produto milenar para a sociedade humana, só a partir de meados do século XIX é que a madeira surgiu em cena. Muitos pesquisadores já haviam notado que a madeira consistia em uma fonte potencial de fibras, mas não sabiam como extrai-las. As primeiras fábricas usando a madeira surgiram na Alemanha usando uma extração mecânica dessas fibras por atrito. A invenção do cozimento alcalino soda na mesma época permitiu que materiais fibrosos fossem amolecidos em uma solução cáustica fervente até que as fibras pudessem ser individualizadas. Estava assim aberto o caminho para a indústria papeleira atual. Logo a seguir, Carl Dahl, entre 1879 e 1884 (ano de obtenção da patente), “inventou” acidentalmente o processo kraft e esse tem sido imbatível em termos de promover a separação das fibras de inúmeras matérias-primas para a produção de celulose.

Por essa razão, pode-se dizer que oito processos inventivos e inovativos se mostraram fundamentais para o desenvolvimento crescente do setor papeleiro e isso aconteceu ao longo de alguns séculos a partir de meados dos anos 1400's. Foram eles:

- A invenção do processo de impressão com tipos móveis pelo alemão Johannes Gutenberg por volta de 1439 (século XV), que se apoiava na utilização de papéis mais claros para favorecimento do processo de leitura dos textos impressos;
- A máquina continua de formar e secar folhas, atribuída ao francês Louis-Nicolas Roubert em 1799, com aperfeiçoamentos tecnológicos pelos irmãos Sealy e Henry Fourdrinier (1801);
- *O processo de branqueamento das fibras naturais através utilização cloro e depois compostos de cloro, como o hipoclorito, surgiu entre 1774 e 1784. Essas invenções surgiram dos estudos do farmacêutico (na época se dizia boticário) sueco Carl Wilhelm Scheele, que conseguiu sintetizar o cloro gás em 1774. O gás cloro isoladamente foi tentado como agente branqueador também por Claude-Louis Bertollet, um estudante do renomado Antoine-Laurent de Lavoisier, mas os resultados eram muito irregulares e a operação perigosa. A real descoberta para se obter um licor estável de branqueamento de fibras celulósicas (tecidos, tapetes, etc.) foi idealizada também por Claude-Louis Berthollet. Berthollet misturou o gás cloro em uma solução alcalina de potassa cáustica (KOH) e formou-se assim o licor de branqueamento tendo como reagente o hipoclorito.*
- A produção em escala semi-industrial usando madeira para produção de pasta mecânica para papel, por volta do ano 1845, atribuída ao alemão Frederich Keller;
- O processo soda de polpação origina-se na Inglaterra em 1851 pela descoberta de Burgess & Watt, sendo útil tanto para palhas de cereais, como para cavacos de madeira.
- A descoberta e patenteamento do processo kraft ou sulfato em 1884 pelo químico alemão Carl Dahl, a partir do que se conseguiu introduzir um processo de individualização das fibras da madeira, com alta taxa de recuperação do licor de cozimento e obtendo celulose de muito maior resistência físico-mecânica;
- O desenvolvimento tecnológico para produção de papéis para fins sanitários, onde limpeza e alvura mantêm uma correlação íntima na avaliação dos usuários;

- O desenvolvimento tecnológico para produção de papéis para embalagens resistentes, inicialmente utilizando celulose não branqueada para mais tarde se desenvolverem também papéis multicamadas (cartões), onde uma ou mais camadas são produzidas com polpas branqueadas.



Fonte da Imagem: *Adaptado da capa de catálogo da empresa Aga*

Esse mundo realmente mágico do papel e da celulose no Brasil e para o Brasil
Capa do Livro*:* A magia do papel. (*The magic of paper*). Bernd et alli. Marprom. 144 pp. (1994)

Para o sucesso do Brasil nesse segmento industrial, pode-se dizer que as principais forças-motrizes foram as relatadas abaixo:

- Capacidade de produzir as matérias-primas florestais de *Eucalyptus* e *Pinus* com altos níveis de produtividade, qualidade e competitividade;
- A perseguição contínua do estado-da-arte tecnológico tanto no setor florestal como industrial, orientando suas ações para otimizações de qualidade, logística de distribuição, escala de produção, produtividades, custos unitários de produção, certificações e minimização de impactos ambientais;
- O foco exportador da indústria que aqui se estabeleceu para se formar esse setor, o que exige um forte grau de capacitação tecnológica, qualificação de recursos humanos, inovatividade, competência, qualidade e logística de suprimento;
- A escolha do produto a fabricar como produto-chave para introdução nos mercados globais: ***celulose kraft branqueada de fibra curta de eucalipto***, que se mostrou surpreendente capaz de ganhar continuamente um crescimento em seu "market share", graças às suas qualidades, custos de produção e preços de venda, bem como do apoio técnico aos clientes. ***Além disso, a polpa branqueada de eucalipto, que tem sido o carro-chefe de nossas produções no setor de C&P tem na etapa de branqueamento a principal fonte de agregação de valor na cadeia produtiva desse tipo de polpa.***

  Exatamente nesse ano de 2023, o Brasil atingiu a posição de liderança global em suprir os mercados de celulose, galgando a posição de principal país exportador de celulose do planeta.
- A responsabilidade sempre presente nos aspectos de qualidade e desempenho de seus processos produtivos e de minimização de seus efeitos ambientais, garantido produtos certificados e capazes de oferecer tranquilidade aos clientes e à sociedade quanto às qualidades ambiental e social.
- Capacitação técnica e gerencial das pessoas das áreas operacionais e gerenciais.
- Ousadia em investir na ampliação das fronteiras regionais do setor, ampliando assim a penetração do setor em diversas regiões do Brasil. Os novos investimentos vêm sendo também realizados pela entrada de capitais internacionais, frente à atratividade dos resultados do setor,

tanto na área florestal como de produtos derivados da biomassa de origem florestal plantada.

- Foco constante na inovação, desenvolvimento técnico-operacional e desempenhos baseados em indicadores chaves de processos. Esses anos recentes têm sido fertilizados com avanços na melhor utilização das matérias-primas da biomassa florestal, com a gradual introdução de algumas plataformas tecnológicas das biorrefinarias de base florestal, em atuações integradas à fabricação de celulose e/ou papel.

O **modelo de produção de celulose branqueada de eucalipto** para fins de exportação surgiu no Brasil pelo importante apoio governamental a partir de 1974, sendo que as primeiras fábricas para atendimento desse modelo se iniciaram em fins da década dos anos 1970's. Foram fábricas modernas para a época e já com sequências de branqueamento capazes de oferecer polpas kraft branqueadas com elevadas alvuras (cerca de 90% IS0) e baixa reversão de alvura, para que o produto pudesse ser entregue aos clientes internacionais com o nível de alvura comprometido nas vendas.

Conheçam um pouco dessa história nas obras a seguir:

Tese de Doutorado: **Emergência e consolidação do "padrão eucalipto" na indústria brasileira de celulose de mercado.** M.O.M. Jorge. UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas. 180 pp. (1992)

https://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=490074 (em Português)

Livro: **A celulose de eucalipto - Uma oportunidade brasileira.** L.R.S. Queiroz; L.E.G. Barrichelo. Avis Brasilis Editora. 156 pp. (2008)
https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/A%20celulose%20de%20eucalipto.pdf (em Português)

São apenas cinco décadas de introdução desse modelo exportador de celulose branqueada, sendo que durante esse período a indústria brasileira de celulose e papel se modernizou e atraiu investidores. Atraiu também a atenção de entidades de apoio ao desenvolvimento de países emergentes. Em 2002, quando da ocorrência do "World Summit" em

Johannesburg, o chamado Rio+10, houve um forte interesse da UNIDO/ONUDI (Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial) para entender as razões pelas quais o Brasil tinha, em tão pouco tempo, estabelecido uma indústria de base florestal para produção de celulose e papel com tanta qualidade ambiental. A ideia era se usar esse exemplo brasileiro para estimular outros países para o desenvolvimento industrial sustentável.

A globalização colocava junto a nós um mercado maior, mas muito mais exigente. Os grandes consumidores europeus, por exemplo, representavam o mercado mais atrativo e almejado. Esses consumidores esforçavam-se para mostrar uma imagem verde na Europa e, por essa razão, exigiam qualidade ambiental e social dos seus fornecedores. As demandas ambientais passaram a ser relevantes por parte dos mercados.

Coube-me a tarefa de buscar as razões para essa grande competitividade da indústria brasileira de celulose e papel, com excelente nível e adequação em termos de sustentabilidade. Não foi difícil se detectar as forças motrizes que estimularam o setor celulósico-papeleiro no Brasil a atingir esse nível de sustentabilidade.

As principais forças a alavancar o desenvolvimento desse tipo de indústria com uma forte ênfase na responsabilidade socioambiental foram:

- A competição entre os fabricantes de celulose e papel para atender mais e melhor com seus produtos esses mercados foi força ambiental relevante. Todos querendo mostrar aos mercados que se comprometem com a qualidade ambiental, mas para se mostrar bem nisso, há que se comprovar realizações e conquistas relevantes para se poder demonstrar essa qualidade aos mercados.
- O comprometimento com os sistemas de certificações ambientais, florestais e selos verdes internacionais, bem como certificados de conformidade em termos de reagentes químicos, matérias-primas, emissões de gases de efeito estufa, uso de água, origem das fibras, etc.
- A legislação ambiental muito exigente no Brasil, tanto a nível florestal, como para as licenças de instalação e operação das unidades fabris do setor. Com uma legislação restritiva, órgãos de fiscalização atentos e com as ameaças do Ministério Público, a regra é muito clara: ou se está em conformidade legal,

mesmo com as mais restritivas exigências, ou não se participa do jogo. O setor optou por atender e superar essas exigências.

- A idade tecnológica das fábricas. A maior parte da produção de celulose no Brasil se dá em fábricas com idades tecnológicas ou com modernizações de parques fabris que aconteceram nos últimos 5 a 15 anos. Estamos falando em quase todos os casos em fábricas estado-da-arte tecnológico, com desenhos industriais modernos e ecoeficientes. Além disso, essas fábricas estado-da-arte têm conseguido alavancar ganhos e rendimentos com base em escalas de produção jamais imaginadas há poucos anos atrás.
- A busca de uma imagem setorial adequada, quer seja na visão dos clientes, como da sociedade como um todo. Praticamente todos os novos empreendimentos vêm sendo festejados pelas comunidades onde estão sendo projetados e implementados, mostrando com clareza que a antiga imagem de "indústria nefasta ao ambiente e às comunidades" está definitivamente afastada. Certamente, ainda há espaços importantes para melhorias nesse tema, mas tem-se trabalhado com mais intensidade nesse particular.
- A aceitação pelos veículos de comunicação e por muitas ONGs - Organizações Não-Governamentais, de que o setor de celulose e papel se modernizou e está cada vez mais em sintonia com ações positivas em termos socioambientais.

Somando-se a isso tudo o compromisso assumido pelas empresas em suas práticas de responsabilidade corporativa, com as modernizações na gestão e no comprometimento das pessoas, o Brasil está conseguindo alcançar uma posição de liderança incontestável no setor mundial de produção de celulose e papel.

Fabricar celulose e papel, bens que agregam facilidades para nossa vida diária, tem-se constituído em uma atividade de significativa importância para o País. Fabricar celulose e papel com modernas tecnologias, mais limpas e eficientes, com mínimos impactos ambientais, é o que se espera que seja um compromisso continuado desse setor. Estar além das adequações legais e em conformidade com as mais restritivas exigências ambientais é outro fator de que se orgulha esse setor no Brasil.

Atualmente, passaram a existir interessantes novas alternativas para a fabricação da celulose e do papel, integrando os aspectos químicos e físicos da madeira. Existe uma inquestionável nova tendência em plena evolução tecnológica e que consiste na produção de biocombustíveis, de bioprodutos e de fibras celulósicas para fabricação de papel em uma mesma unidade de manufatura. É o conceito das biorrefinarias, onde a madeira ofereceria fibras de qualidade para o papel e alguns de seus constituintes (hemiceluloses, celulose e lignina) para a produção de valiosos materiais lignocelulósicos. Com isso, as fábricas de celulose e papel estarão passando a ter novos e atrativos mercados para aumentarem sua competitividade, passando a atuar em distintos segmentos de altíssimo valor econômico.

Esses novos modelos de produção em fábricas de altíssima qualidade tecnológica têm permitido que o eucalipto ganhasse a companhia também do *Pinus*, para produção de celulose branqueada. Durante décadas, a produção de fibras kraft de *Pinus* no Brasil foi quase que totalmente orientada à produção de celulose não branqueada para papéis de embalagens (papéis kraft, cartões e papelão ondulado). Hoje, com as modernizações tecnológicas e com os potenciais de produção de outros produtos a partir da industrialização baseada em biorrefinarias, a madeira do *Pinus* tem agregado competitividade à cadeia produtiva da celulose e papel (marrom e branqueado) possibilitando obtenção de: tall-oil; lignina diferenciada, polpa "fluff", celulose microfibrilada, nanocristais de celulose, etc.

Enfim a indústria de celulose e de papel, especialmente a brasileira, mostra grande vitalidade, ânsia e disposição de crescer. Mais do que isso, tem saúde física, recursos financeiros, capacidade, conhecimentos tecnológicos, competência humana e compromissos de crescer com sustentabilidade.

Conheçam um pouco mais sobre etapas da evolução tecnológica do setor de celulose e papel no Brasil e sua importância e dimensão nas referências de materiais a seguir:

Documento: **A indústria de papel e celulose no Brasil e no mundo. Panorama geral.** EPE - Empresa de Pesquisa Energética; IEA - International Energy Agency; IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. 23 pp. (2022)

https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-

650/Pulp%20and%20paper_EPE+IEA_Portugu%C3%AAs_2022_01_25_IBA.pdf (em Português)

Relatório: **Relatório anual 2022.** Ano base 2021**.** IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores. 96 pp. (2022)

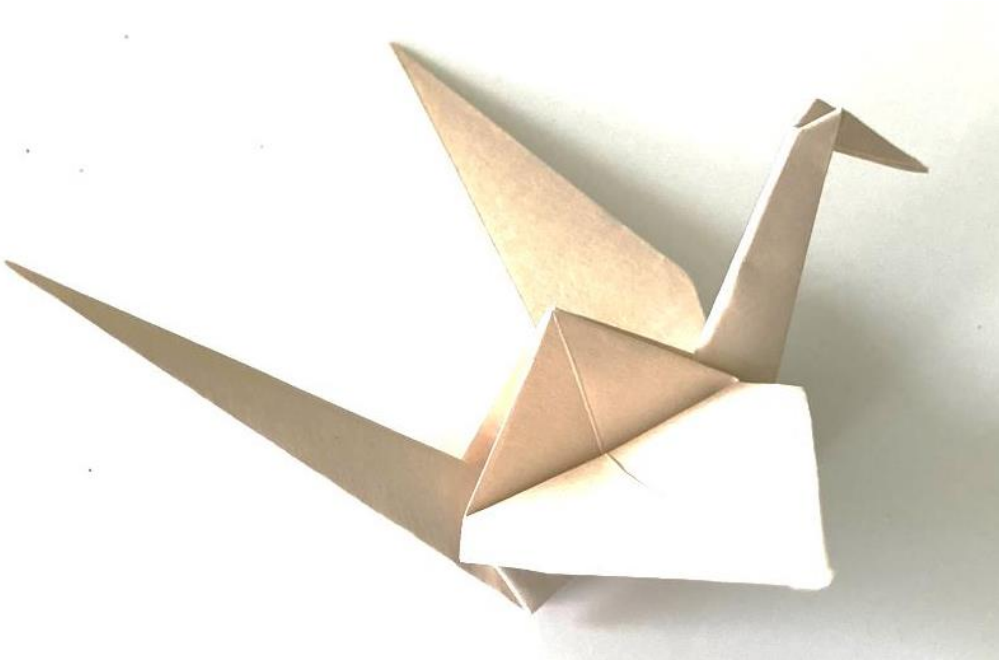
https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2022-compactado.pdf (em Português)

Livro: **A evolução tecnológica do setor de celulose e papel no Brasil.** E.S. Campos; C. Foelkel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 228 pp. (2017)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/2017_Livro_EvolucaoTecnologica_Celulose_Papel_Brasil.pdf (em Português)

Capítulo de Livro: **A evolução tecnológica do setor: Do "quase nada" ao "quase tudo" em termos de avanços tecnológicos na fabricação de celulose e papel no Brasil.** Capítulo por Celso Foelkel. *In:* "A evolução tecnológica do setor de celulose e papel no Brasil". E.S. Campos; C. Foelkel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. p: 182 – 189. (2017)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2017_Quase+Nada_Quase+Tudo.pdf (em Português)



Origami em papel Ecograph (produzido com polpa kraft clareada pelo oxigênio)

Foto enviada pela especialista nessa arte Barbara Benz

03. Modernas linhas de fibras contemplando inovações tecnológicas e aspectos ambientais para o branqueamento da celulose kraft

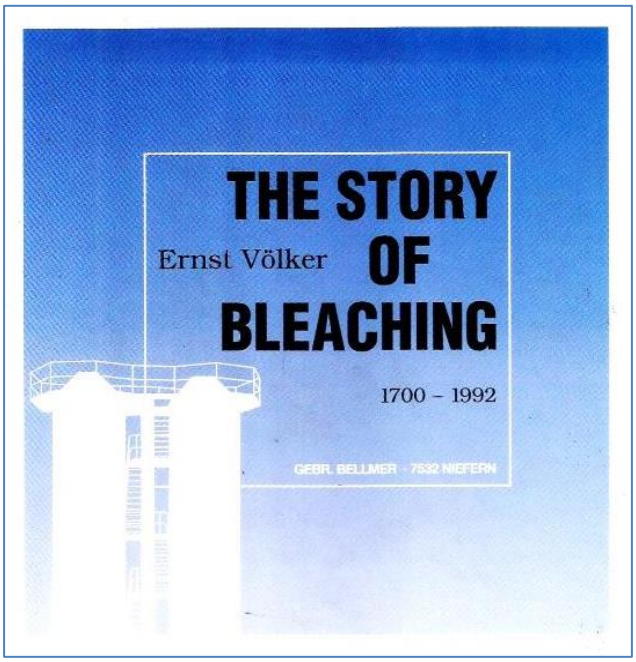


Imagem: *Capa de livro histórico sobre o branqueamento por Ernst Völker*

Um livro patrocinado pela Bellmer Bros (Finlândia), empresa que produz equipamentos para o setor papeleiro

Um livro de 1992, com 160 páginas, muito bem redigido, com uma história que demandou com certeza muito trabalho do autor. Infelizmente, difícil de encontrar para comprar, pois nada encontrei nos sebos virtuais ou no Google Books

Por sorte, tive dois exemplares deles, um doei para o Laboratório de Estudos "Celso Foelkel" da UFPel – Universidade Federal de Pelotas e o outro para a Sala de Estudos "Celso Foelkel" da UFSM – Universidade Federal de Santa Maria

https://www.google.com.br/books/edition/The_Story_of_Bleaching/rW74HAAACAAJ?hl=pt-BR

Desde a "invenção" do bem sucedido processo kraft, há quase 150 anos, o setor de C&P tem colocado seus esforços em aperfeiçoar esse processo, tornando as instalações industriais maiores e mais eficientes, mais produtivas, menos poluentes, mais econômicas por tonelada produzida, mais estáveis e mais contínuas em suas produções. A evolução tecnológica tem sido muito significativa, embora as revoluções (mudanças drásticas de tecnologias) tenham passado a acontecer mais recentemente, não no processo kraft em si, mas em externalidades que são próprias de suas operações, com a implantação das biorrefinarias de biomassa.

Essas décadas de avanços evolucionários sobre um mesmo processo de fabricação de celulose e um mesmo conceito para fabricar o papel acabaram por conduzir a alguns aspectos culturais que se arraigaram em nosso setor produtivo, dentre os quais eu destacaria:

- Aversão ao risco no investimento do novo, frente às altas demandas de capital exigidas pela indústria;

- Minimização intensa dos custos produtivos;

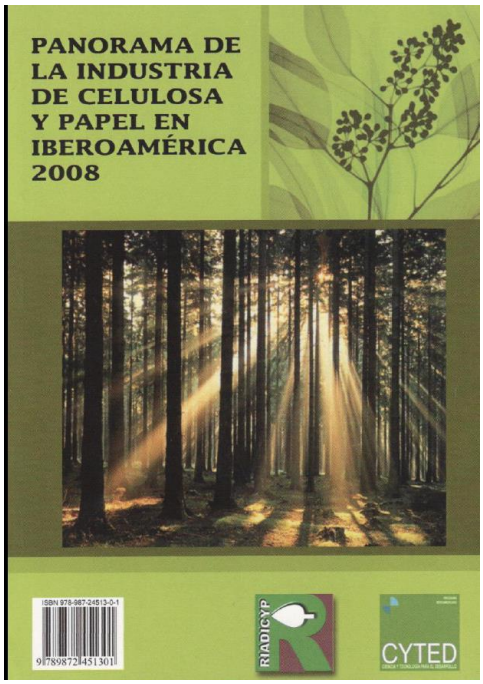
- Aumento contínuo nas escalas de produção e na continuidade e eficiência operacional;

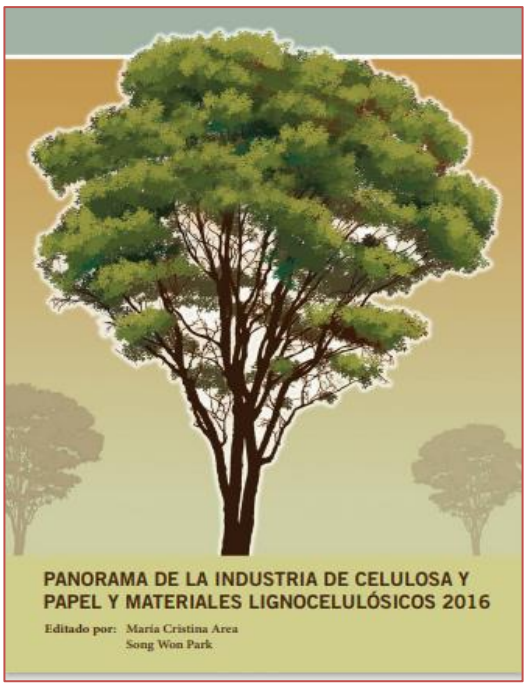
- Atendimento às especificações de qualidade de produto, que não são tão difíceis de serem atingidas, principalmente no setor de celulose de mercado;

- Aderência aos processos químicos e térmicos de seus equipamentos, não mostrando muita intimidade aos processos biotecnológicos de industrialização;

- Qualidades das madeiras e das fibras orientadas aos próprios processos (nas especificações e custos);

- Atendimento às exigências e requisitos de naturezas ambientais, tributárias, trabalhistas, etc.





Capas dos livros editados pela Riadicyp em 2008 e 2016

As modernas linhas de fibras que têm surgido globalmente são muito mais eficientes desde o pátio de madeiras até a secagem das folhas de celulose. Todas as diversas seções correspondentes à produção de celulose evoluíram em suas tecnologias: preparação dos cavacos, cozimento kraft, lavagem e depuração da polpa, pré-branqueamento com oxigênio, branqueamento e formação/secagem das folhas de celulose.

Tivemos muitas simplificações processuais, maiores fechamentos de circuitos, maior recuperação e conservação de energias, maiores eficiências operacionais e maiores escalas de produção. Isso tudo tem sido o resultado do esforço competitivo das tecnologias dos últimos anos: muita ciência, muita engenharia e geração de novos conhecimentos, dando a adequada base para esse desenvolvimento. Como resultados, o impacto ambiental tem sido muito menor, os investimentos também e os custos de produção ainda mais competitivos para as polpas de eucalipto. Por essas razões, o crescimento recente da produção de celulose kraft branqueada de eucalipto tem sido feito em fábricas estado-da-arte tecnológico.

Qualquer linha de fibras em uma fábrica de celulose ou de papel tem diversas missões, sendo as seguintes as mais importantes:

- Converter eficientemente a madeira em celulose branqueada;
- Manter a qualidade uniforme e de acordo com as exigências dos mercados;
- Funcionar a custos competitivos;
- Ter alta eficiência operacional;
- Evitar impactos significativos no meio ambiente;
- Gerar riquezas e felicidade para as partes interessadas e afetadas e com as quais se relaciona.

As linhas de fibras atualmente em instalação ou em operação recente, sabiamente desenvolveram mecanismos de controle desses fatores-chaves de competitividade.

Diversos procedimentos de gestão técnica foram implementados para esse sucesso:

- Segregação de madeiras por espécies e por qualidade;
- Diminuição de perdas na área de preparo de madeiras;
- Redução nas perdas de fibras ao longo de toda a linha produtiva;
- Redução nos desperdícios de vapor e de energia elétrica;

- Seleção de processos muito eficientes e em estado-da-arte tecnológico para cozimento e branqueamento, quer seja em termos de desempenhos operacionais como ambientais;
- Associação da linha de fibras à geração de energia elétrica e térmica a partir de biomassas da fábrica e das florestas;
- Associação da linha de fibras à geração de outros produtos que possam ser obtidos a partir das biomassas, através de algumas das plataformas tecnológicas das biorrefinarias;
- Máxima conservação de água e de calor, com uso de calor secundário e de filtrados quentes e recuperados;
- Máxima segurança aos trabalhadores nas operações fabris;
- Máxima eficiência de logística desde a área de manuseio de madeira, estoques intermediários, fluxos internos e destinação do produto final aos clientes;
- Desenho eficiente das capacidades, evitando gargalos de ineficiência;
- Eficiente uso do capital de investimento;
- Redução dos custos operacionais por otimização de custos ao longo do ciclo de vida dos insumos;
- Ênfase no treinamento e na qualificação do pessoal técnico;
- Transparência e diálogo com as partes interessadas;
- Grande comprometimento com os aspectos ambientais e sociais.

Dessa forma, diversas e modernas linhas de fibra têm sido instaladas no hemisfério sul, utilizando-se de madeiras de *Eucalyptus* e/ou de *Pinus* como matérias-primas. Outras mais estão ainda em processo de construção ou de projeto. Certamente existem diferenças entre elas, mas o conceito básico tecnológico é muito parecido. Principalmente porque de todos os muitos fornecedores de projetos, tecnologias e implantação dessas linhas de fibras, ficamos reduzido a muito poucas empresas. Essas que resultaram de enormes mecanismos de consolidação acabaram desenvolvendo tecnologias capazes de atender toda a linha de fibra, e em muitos casos, para toda a fábrica de celulose kraft branqueada.

Esses conceitos são também válidos para as linhas de fibra que estejam produzindo polpa solúvel branqueada com base no processo pré-hidrólise kraft, com orientação dessa matéria-prima para produção de derivados de celulose.

Há hoje o consenso de que certas tecnologias são indispensáveis para qualquer nova fábrica: são obrigações tecnológicas. Entre essas obrigações citamos: cozimento kraft modificado com pré-impregnação dos cavacos, deslignificação com oxigênio, branqueamento ECF, lavagem

eficiente da polpa pelo uso de prensas, caldeira de recuperação do tipo "*low odor*" ou "*odor-free*", evaporação com multi-estágios para cerca de 80% de sólidos no licor preto concentrado, tratamento secundário ou terciário no efluente, uso de biomassa como combustível em substituição a combustíveis fósseis, secagem "flash" da lama de cal ao forno, caldeira de força de leito fluidizado, sistema de destilação de condensados e queima dos gases voláteis, etc. Tudo obrigação, nada mais que obrigação e dever de casa de quem quer construir uma nova fábrica kraft de celulose branca.

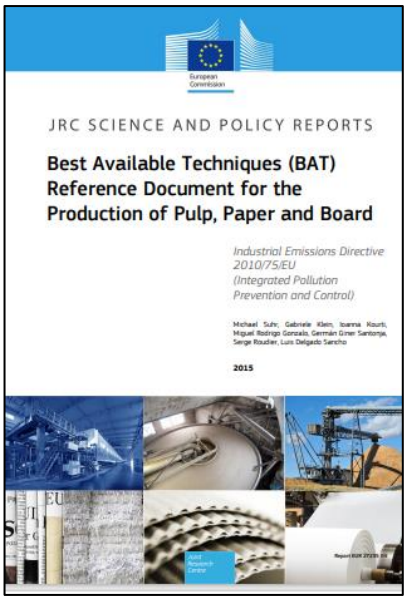
Em termos de se querer estar no estado-da-arte tecnológico na área do branqueamento, pode-se afirmar que uma seção de branqueamento de celulose deve mostra-se com as seguintes melhores tecnologias e melhores práticas:

- Adoção de uma etapa de pré-deslignificação com oxigênio com um ou dois reatores de deslignificação;
- Utilização de polpas previamente muito bem lavadas e com mínimo "carry-over" de sólidos orgânicos dissolvidos;
- Adoção de sequências ECF com forte tendência ao ECF-Light, pela crescente utilização de etapas com peróxido de hidrogênio, ozônio e ácidos;
- Uso de estágios para redução por hidrólise dos ácidos hexenurônicos gerados no cozimento;
- Reciclo do filtrado alcalino do estágio EOP para a lavagem da polpa e ciclo de recuperação;
- Ênfase na alvura e sua estabilidade;
- Baixo consumo de água no branqueamento (no máximo 10 - 15 m^3/tsa), com crescente uso de água recuperada quente e de filtrados;
- Utilização de filtros de fibras para os efluentes do branqueamento, recuperando fibras valiosas e gerando um fluxo grande de efluente de baixos sólidos, sem necessidade de passar por um clarificador primário;
- Recuperação do calor dos efluentes do branqueamento, usando trocadores de calor. Com isso se reduz substancialmente a temperatura do efluente geral antes de seu tratamento biológico, sem necessidade de equipamentos para essa redução na estação de tratamento de efluentes;

Pode-se observar pelas demandas em tecnologias mais ecoeficientes, que o setor de branqueamento da celulose ainda é um dos mais críticos e onde maiores cuidados ambientais se fazem necessários.

Sendo um setor de alta agregação de valor para as polpas kraft de eucaliptos, nada mais justo que esse setor seja sempre privilegiado com o que possa existir de mais moderno e mais qualificado em termos tecnológicos e socioambientais.

Minha esperança é de que os principais pontos fracos do setor de branqueamento sejam solucionados. E isso se consegue através de muita pesquisa para inovações tecnológicas em desenho e operações, tanto do processo de branqueamento, como de outras tecnologias associadas, como as dos processos de polpação, deslignificação com oxigênio, lavagem da polpa, recuperação do licor preto e tratamento de efluentes.

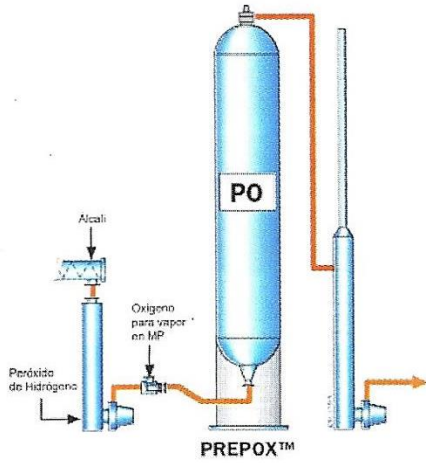


Fonte Livro à Esquerda:

https://ia802808.us.archive.org/33/items/bestavailabletec00ontauoft/bestavailabletec00ontauoft.pdf (em Inglês)

Fonte Livro à Direita:

https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2019-11/PP_revised_BREF_2015.pdf (em Inglês)



Novas configurações de estágios e equipamentos foram surgindo

Fonte: Martin Ragnar
Mari Papel 16(01): 35 (2003)

Mönsterås first out with ozone

Early in September this year full scale ozone bleaching started at the Mönsterås mill and a new era in pulp bleaching began. There was a time when pulp brightness depended on competition between large pulp producers. Brighter pulp meant more sales. Unavoidably, producers of ozone bleached pulp will now set spurs to the market demand for chlorine-free pulp.

Gunnar Gavelin

Södra Cell AB operates three pulp mills with a total capacity of one million tonnes. One of the mills, Mönsterås, has now reached 350,000 tonnes/year and is preparing for an extension to 800,000 tonnes,of which 200,000 tonnes will be hardwood and 600,000 tonnes softwood pulp. (At present the ratio hardwood/softwood is 40/60). This extension has been found to comply with the natural resource law, and the decision is now up to the Board of Directors of the company pending market developments.

Availability of wood is no problem. These days the 30,000 forest owners of Södra Cell can sell only 60 percent of the growth in their forests, but they still have the ambition to continue active reforestration involving planting of three trees for every one cut. The extension at Mönsterås will be good both for the economy of the country and for the ecology.

Prerequisite for expansion

The environmental authorities have stipulated that a higher production must not increase the losses to the environment. The more successful a mill has been in reducing discharges and emissions the more difficult will it be to comply with such a stipulation. The main problem at Mönsterås is a discharge of COD as low as 25 kg/ton. After the extension the discharge would then have to be less than 10 kg/ton, a result which would be quite difficult to reach also with the best technology. Obviously, the extension required a radically new approach to the environmental issues.

The market

One environmental issue has become particularly difficult to handle — the one concerning chlorinated organic matter. Here, it is not enough to listen to the authorities. The market demands must also be considered, and those demands particularly those emanating from continental Europe are very difficult to influence even with the best of arguments. The market prefers chlorine-free pulp, so this is the pulp that sells best.

Once upon a time the market demanded pulp of more than 90 percent brightness, and bleaching with chlorine dioxide became the solution. Now, pulp can be sold with 80 or even 70 percent brightness as long as it is chlorine-free, and this year Södra Cell is selling 150,000 tonnes of such pulp

No doubt, the one who can first offer a chlorine-free pulp of 90 percent brightness will be at a great advantage on the depressed market of today.

What is chlorine-free pulp?

A couple of definitions are called.for:

28

Monsteras / Sodra Cell

1992 – Primeira fábrica a utilizar ozônio em branqueamento TCF

The status of kraft pulp bleaching

The pre-eminent pulp and paper expert reviews developments in kraft bleaching over the last 30 years and takes a look into the future

by W.H. RAPSON

OVER THE PAST 30 years bleached kraft pulp has become the major raw material for making strong, stable and clean white paper, paperboard, tissues and fluffed absorbent fibre. This very significant development was brought about by the introduction of chlorine dioxide for commercial pulp bleaching in 1946, originally for making dissolving pulps for rayon, plastics, cellophane and cellulose acetate, subsequently for paper pulps.

The five stage sequence CEDED (chlorination, caustic extraction, chlorine dioxide, caustic extraction and chlorine dioxide), first announced and commercially installed in 1954, rapidly became the predominant bleaching process world wide for high brightness market pulp.

Virtually all developments in bleaching processes in the last decade can be considered to be modifications of this basic bleaching sequence. The modifications consist of adding or removing stages, changing the conditions for operating the stages, omitting washing between certain stages, washing counter-currently to conserve water and energy, and changing the chemicals used in some stages.

The bleached kraft pulp mill has always been a chemical engineer's delight! It utilizes almost every area a chemical engineer studies: physical chemistry, organic chemistry, inorganic chemistry, analytical chemistry, thermodynamics, kinetics, heat transfer, mass transfer, evaporation, combustion, mixing, process control, etc. When chlorine dioxide, an unstable explosive compound which cannot be shipped by any safe and economical method, was introduced for pulp bleaching, it became necessary to manufacture it at the pulp mill, which has added another chemical engineering delight to the multitude of others!

Today, the CEDED process is still the main basic process and some new mills are still being built to use it. Fortunately many of the modifications now in use do not require any significant change in the equipment installed for the five basic stages. For example, the replacement of a small amount of chlorine with chlorine dioxide has been practised since 1956 to decrease the strength loss caused by chlorine in the first stage, and is still widely used.

In 1963, when the price of chlorine dioxide had decreased by the introduction of the R2 process for its manufacture nearly to that of equivalent chlorine, I showed that substantial replacement of chlorine by chlorine dioxide in the first stage had many benefits without increasing bleaching costs. Since the first mill trial at B.C. Forest Products in Crofton in 1964, substantial substitution of chlorine dioxide for chlorine in the first stage has increased to the point where many mills are replacing more than 40% of the chlorine in the first stage with equivalent chlorine dioxide. This accounts for the rather large number of chlorine dioxide plants of 20 to 50 tpd capacity now operating or being built.

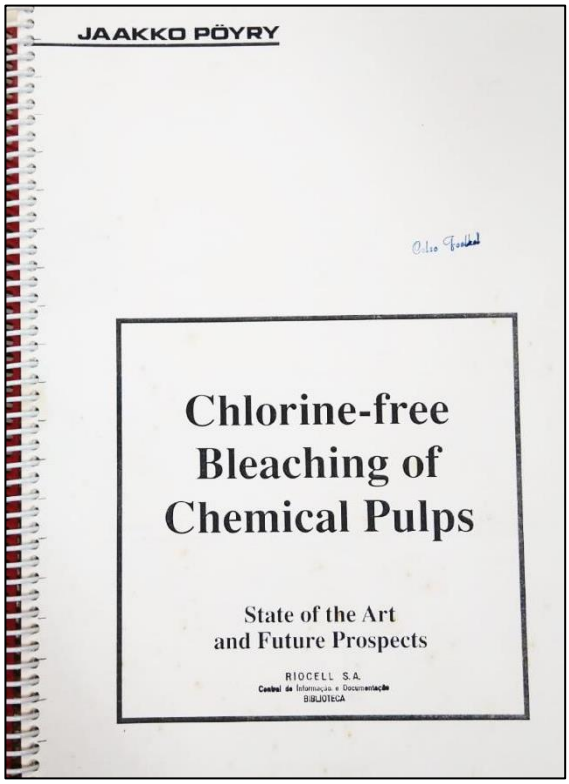
W. Howard Rapson

Benefits of substantial substitution

The main benefits of replacing most of the chlorine with chlorine dioxide in the first stage are:

1. Decreased total available chlorine required to reach a given final brightness;
2. Decreased hydrogen chloride production because chlorine dioxide contains 80% less chlorine per oxidizing equivalent;
3. Decreased chlorine content of the reaction products of lignin and resin components;
4. Decreased sodium hydroxide requirement in the second stage because of 1 and 2;
5. Decreased sodium chloride content of the effluent, decreasing the amount of salt which must be removed in a closed cycle or effluent-free mill;

W.H. Rapson of the department of chemical engineering and applied chemistry, University of Toronto, presented this paper at the 2nd World Congress of Chemical Engineering held at Montreal, October 5, 1981.



JAAKKO PÖYRY

Chlorine-free Bleaching of Chemical Pulps

State of the Art and Future Prospects

RIOCELL S.A.
Central de Informação e Documentação
BIBLIOTECA

Lembranças de uma rica história tecnológica

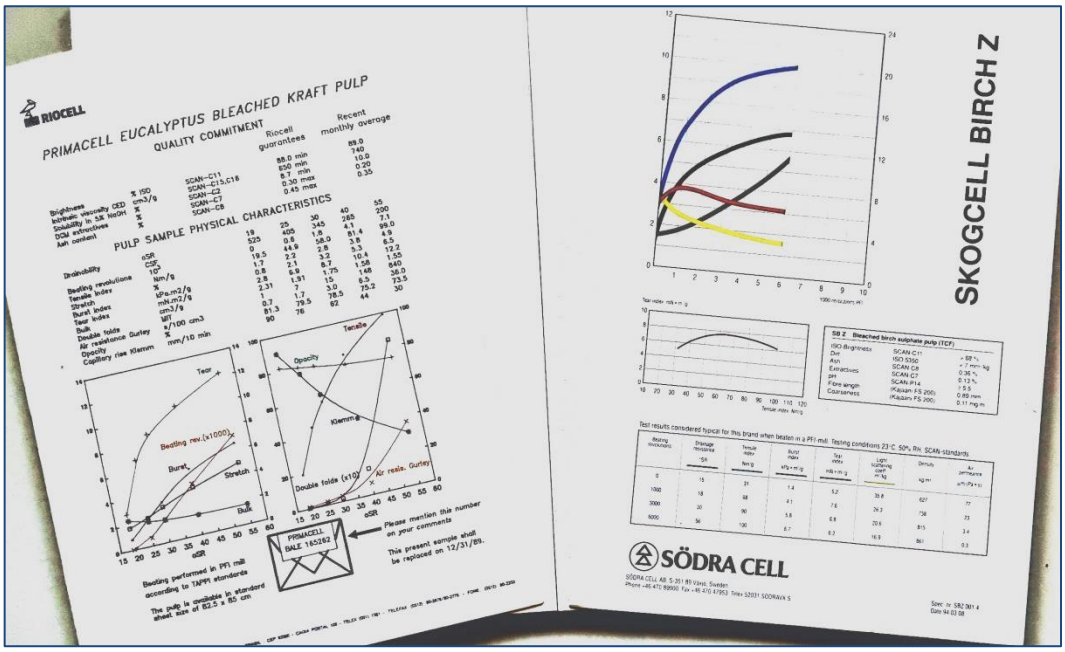
04. Fatos relevantes sobre o branqueamento da celulose: *Histórico; desafios, problemas e conquistas tecnológicas com o branqueamento da polpa kraft de eucalipto e papel da inovação*

Celulose kraft não branqueada de eucalipto

Considerações tecnológicas sobre o branqueamento

O branqueamento é a etapa do processo de produção de celulose que visa a transformar a celulose produzida no digestor e/ou deslignificada com oxigênio em uma polpa com alta e estável alvura e com valor comercial bem maior. As polpas de eucalipto sem branquear são de coloração marrom acinzentada e possuem mercados comerciais restritos e alguns deles em extinção: papéis base impregnação fenólica, papéis base carbono, papéis para envelopes, cartões multicamadas, sacos de embalagens e papelões, etc. Exatamente por essa razão, os valores praticados na venda de polpas kraft sem branqueamento, obtidas de eucalipto e de outras *hardwoods,* não são recompensadores. Dessa forma, o branqueamento é a etapa do processo de produção de celulose de eucalipto que mais agrega valor e que melhor relação benefício/custo apresenta em todo o processo produtivo dessa *commodity* global.

Quando uma fábrica de celulose kraft branqueada de eucalipto tem um problema em sua linha de branqueamento, ela tem pouquíssimas opções para venda de celulose não branqueada, diferentemente de uma fábrica de celulose kraft de fibra longa, de *Pinus,* por exemplo.



"Bleached pulps from the past"

Fonte: Arquivos Celso Foelkel

A seção do branqueamento em qualquer fábrica de celulose kraft de eucalipto para comercialização como polpa de mercado tem missões muito importantes:

- Garantir níveis de alvura em geral acima de 88% IS0 e que essa alvura seja a mais permanente e estável possível, ou seja, com baixa taxa de reversão;

- Garantir excepcionais níveis de limpeza (isenção quase total de sujeiras, limo, pintas, areia, resinas, feixes de fibras, etc.) para atendimento às exigências dos clientes;

- Minimizar a degradação da celulose para manter as resistências das fibras em níveis adequados;

- Minimizar as remoções de componentes da polpa para evitar queda dos rendimentos e aumento de consumo específico de madeira por tonelada de celulose branqueada produzida;

- Aperfeiçoar o consumo de água e geração de poluentes (o setor de branqueamento é a área fabril que mais consome água fresca na fábrica de celulose e onde mais se geram efluentes e contaminações nos fluxos hídricos). O branqueamento remove cerca de 2,5 a 3,5% do

peso da celulose de eucalipto deslignificada com oxigênio, sendo que esse material dissolvido acaba indo em sua maior parte para o efluente junto com os residuais de compostos químicos utilizados nos estágios. É por essa razão que o branqueamento da celulose é uma das fontes mais importantes de poluição nas fábricas desse produto.

- Otimizar os custos de produção.

O branqueamento propriamente dito se inicia pelo recebimento da polpa muito bem lavada e que foi previamente tratada com oxigênio (mas pode ser também diretamente da lavagem da polpa marrom). Essa deslignificação com oxigênio não é absolutamente fundamental e requerida, mas é a forma melhor e de melhor nível de tecnologia ambientalmente aceita e recomendada. Podem-se branquear também polpas que não tenham sido submetidas à deslignificação com oxigênio, mas à custa de maiores consumos de água e de químicos e maior geração de poluentes a tratar, o que eleva o custo de produção.

Após a deslignificação com oxigênio, a polpa deverá ser muito bem lavada para poder entrar no branqueamento com o mínimo de arraste de sódio, material orgânico dissolvido no filtrado e outras impurezas contaminantes.

Apesar das inúmeras vantagens que a deslignificação com oxigênio oportuniza, ela é inócua aos ácidos hexenurônicos formados durante a polpação kraft da madeira e que irão consumir reagentes químicos no branqueamento e prejudicar a alvura da celulose final produzida. Entretanto, sua principal vantagem, que é a de remover lignina residual presente nas polpas kraft, também não é completamente seletiva, já que se pode também remover e degradar carboidratos. O rendimento dessa etapa com oxigênio costuma ser de aproximadamente 98% para as polpas de eucalipto. Em função disso, o material orgânico dissolvido e a carga de soda cáustica residual e modificada, nas formas de carbonato e hidroxila, acabam sendo enviados para o sistema de recuperação do licor preto. Isso porque o filtrado de lavagem da deslignificação entra no sistema de lavagem contracorrente da polpa não branqueada.

Sugiro a leitura de:

Relato de Vida por Celso Foelkel: **Deslignificação com oxigênio para polpas kraft. Vivências no desenvolvimento desse processo tecnológico no Brasil.** C. Foelkel. Website www.celso-foelkel.com.br. 224 pp. (2023)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2023_Relato+Vida+CFoelkel+O2+Delignification.pdf (em Português)

Qualquer branqueamento de celulose química de mercado envolve adoção de sequências com diversos estágios. Não se faz o branqueamento em uma única etapa para evitar a aplicação de condições muito severas e que causariam degradação da qualidade e perdas de rendimentos.

Cada estágio de branqueamento consiste de três operações básicas:

- ✓ Aplicação de um reagente químico oxidante ou extrator e de vapor em misturadores de altíssima eficiência de mistura;

- ✓ Manutenção da polpa em uma torre ou reator de retenção para se dar tempo para que as reações desejadas aconteçam;

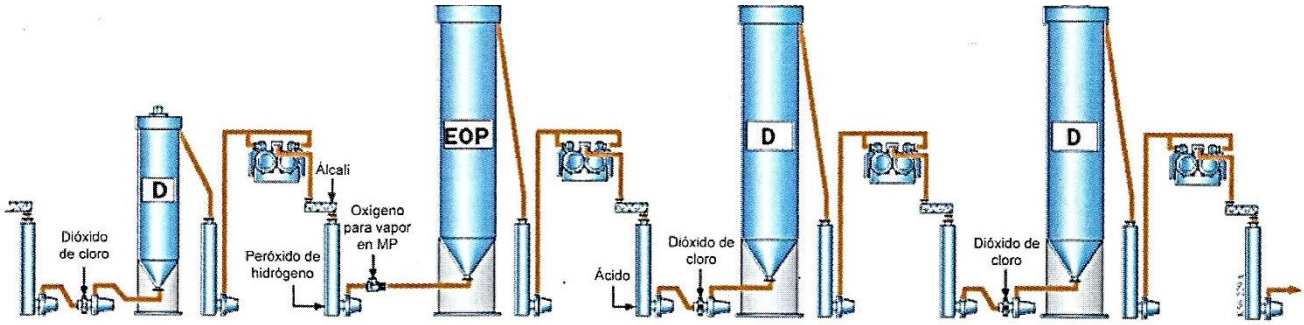
- ✓ Lavagem da polpa (não obrigatória, mas essencial conforme o desenho dos estágios) após término da reação, isso para remover compostos solubilizados e residuais dos reagentes químicos aplicados.

A lavagem eficiente é tão fundamental como a reação que ocorre na torre ou reator. Polpas mal lavadas carreiam residuais de material orgânico e de reagentes que irão consumir produtos químicos ativos na etapa seguinte, além de favorecerem reações de condensação e de precipitação de compostos ("*pitch*", oxalatos, lignina) e de reversão de alvura. Por essa razão, os branqueamentos atuais se valem de prensas lavadoras muito eficientes para máxima extração de compostos solubilizados após cada estágio. Um dos principais problemas de poluição em branqueamentos de celulose é a má lavagem, quando compostos residuais de um estágio entram no estágio seguinte, sem necessidade de ali estarem: assim sendo, consomem produtos químicos, geram mais poluição e aumentam os custos operacionais.

Outra exigência em geral esquecida é o controle da consistência da massa ao longo de todas as operações: nos misturadores, na torre de retenção e na polpa saindo dos lavadores. Qualquer mudança na consistência para valores abaixo ou acima dos especificados implicam em alterações de tempo de reação, concentrações de reagentes e variações incontroladas de consumos de água, vapor, etc.

O conjunto sequencial de dois ou mais estágios de branqueamento se denomina sequência de branqueamento. No passado, quando as polpas de eucalipto surgiram a partir de uma base conceitual que existia para fibras longas, essas sequências eram longas (com cinco a seis estágios),

pois as polpas kraft de coníferas são mais difíceis de serem branqueadas que as similares de eucaliptos.



Exemplificando sequência de branqueamento utilizada em polpas kraft de eucalipto

Fonte da Imagem: Martim Ragnar – Mari Papel 16(01): 35 (2003)

As sequências que apareceram com destaque na década dos anos 70's e 80's foram aquelas com cinco ou seis estágios, em geral com tempos de retenções longos em cada estágio, e com isso, utilizando altas cargas de compostos químicos de branqueamento para garantir consumo e residuais adequados:

CEHDED e CEDEDnD

C/DEHDED e C/DEDEDnD

C = Cloração ácida

C/D = Cloração sequencial com cloro elementar e dióxido de cloro

H = Hipocloração com hipoclorito de sódio

D = Dioxidação com dióxido de cloro

E = Extração alcalina com soda cáustica

DnD = Dioxidação em dois reatores de dioxidação sem lavagem entre eles

Com os inúmeros estudos de branqueabilidade das polpas de eucalipto que foram surgindo, conseguiu-se provar que as polpas de eucalipto se branqueiam facilmente e que podemos nos valer de três ou no máximo quatro estágios para atingir os graus de alvura e de qualidades desejadas.

Durante a década dos anos 90's aceleraram-se as pesquisas para desenvolvimento de sequências ambientalmente mais corretas. Isso se deveu a alguns fatores que impactaram fortemente no setor de fabricação

de celulose branqueada de eucalipto (e de outras matérias-primas), quais sejam:

→ Crise ambiental do setor em função da descoberta da formação dos famigerados compostos orgânicos clorados do grupo das dioxinas e furanos, em função da reação do cloro elementar com componentes das polpas;

→ Necessidade de introdução rápida e massiva no setor produtivo da etapa de deslignificação com oxigênio como forma de se obter um pré-branqueamento com a finalidade de se reduzir o número kappa da polpa a branquear, e com isso, as necessidades de cargas químicas e de água, bem como a menor geração de poluentes problemáticos (organoclorados);

→ Descoberta dos ácidos hexenurônicos presentes nas polpas não branqueadas e que representam fração significativa das medições do número kappa, consumindo reagentes de branqueamento e afetando a qualidade final da polpa branqueada (prejuízo na estabilidade da alvura da polpa branqueada).

Dias muito difíceis e desafiadores para o setor de celulose branqueada

O VENENO NOSSO DE CADA DIA

Segundo pesquisas realizadas por um casal americano, as fábricas de celulose e papel poluem o meio ambiente com dioxina — uma substância considerada altamente perigosa para a saúde do homem e a vida dos animais. O perigo, porém, não pára por aí: a dioxina já foi também identificada em alimentos e em produtos de papel embranquecido, como fraldas descartáveis, papel higiênico e filtros de café.

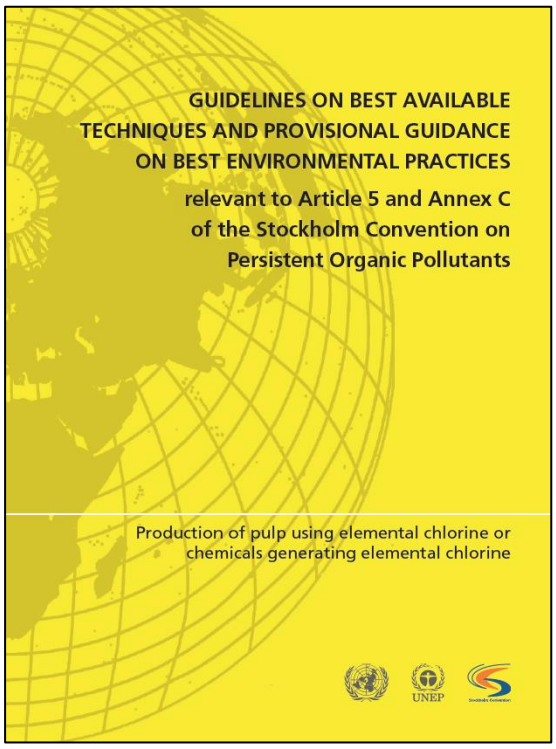
Por Virginia Van Prehn

As pressões externas foram importantes forças aceleradoras para as mudanças tecnológicas do branqueamento da celulose

As pesquisas para o desenvolvimento de novas tecnologias de branqueamento foram intensificadas. Nunca se pesquisou tanto um tema no setor até aquela época como se fez com o branqueamento desde 1988 até o início dos anos 2000's. Todas essas pesquisas tinham como objetivo não apenas resolver os conflitos chaves que o setor vivia, mas também de garantir a sobrevivência dos compostos de cloro que não gerassem dioxinas e furanos (em especial as TCDD's e TCDF's) nos níveis alarmantes que se formavam quando se usava o cloro elementar no branqueamento.

TCDD = Tetra Cloro Dibenzo Dioxinas

TCDF = Tetra Cloro Dibenzo Furanos



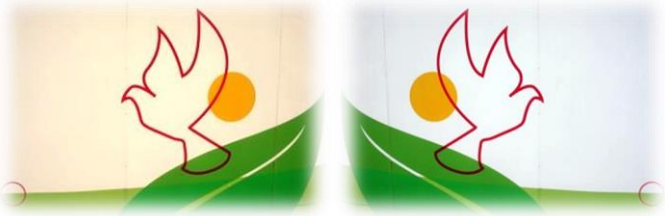
Fonte do Livro:

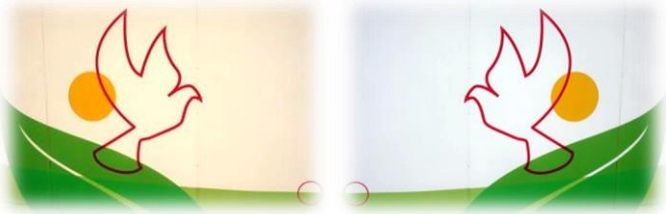
http://chm.pops.int/Portals/0/Repository/batbep_guideline08/UNEP-POPS-BATBEP-GUIDE-08-4.English.PDF (em Inglês)

Foram inúmeras as pesquisas avaliando resultados de branqueabilidade e impactos ambientais. As sequências testadas foram divididas em dois grandes grupos: sequências ECF ("*Elemental Chlorine Free*"- Isenta de Cloro Elementar) e TCF ("*Total Chlorine Free*" – Isenta de Compostos de Cloro). Os ambientalistas apoiavam o banimento de todos os compostos de cloro do branqueamento e queriam somente compostos a base de oxigênio. Já os fabricantes de celulose e as empresas fabricantes de equipamentos advogavam o uso seguro do dióxido de cloro, deixando de lado apenas o hipoclorito de sódio e o cloro elementar. Também se

intensificaram as pesquisas e utilizações industriais de outros compostos branqueadores (peróxido de hidrogênio, oxigênio, sulfeto de hidrogênio, ácido peracético, enzimas, etc.).

O meio termo acabou prevalecendo: as sequências ECF e ECF – Light (com pequenas dosagens de dióxido de cloro) passaram a ser dominantes nas fábricas modernas e estado-da-arte.





Um branqueamento ECF ou ECF-Light é constituído basicamente de:

→ Pré-branqueamento ou deslignificação com oxigênio;

→ Etapa inicial e ácida a quente para destruição dos ácidos hexenurônicos (pode ser um estágio ácido específico Ahot ou um estágio a quente de dioxidação com ClO_2 – Dhot);

→ Utilização de reagentes oxidantes como peróxido de hidrogênio e de oxigênio para substituir parcela significativa do dióxido de cloro que se utilizava no passado.

O setor de fabricação de celulose se mobilizou para manter o uso de dióxido de cloro, em função de algumas de suas vantagens:

→ Ser um dos mais efetivos agentes de branqueamento, em desempenhos fabris e custos;

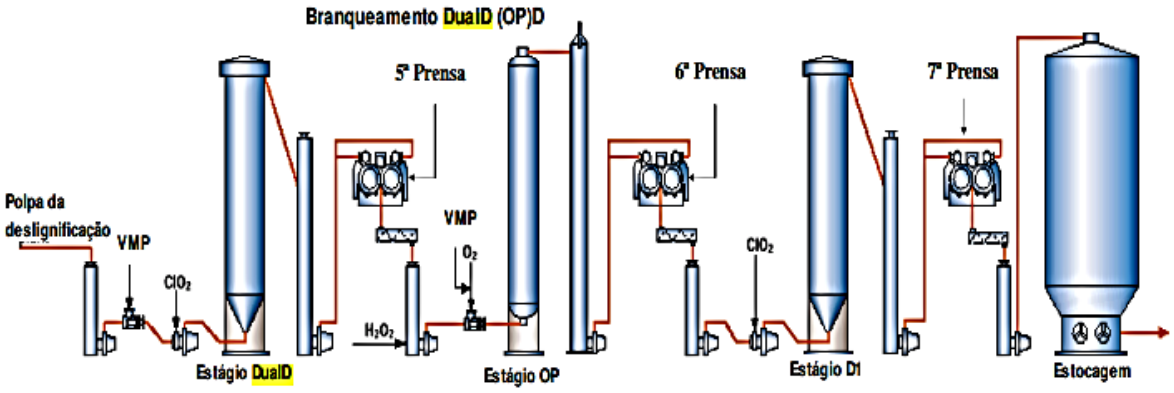
→ Ser de extrema simplicidade processual;

→ Ter mínimo impacto ambiental;

→ Demandar baixos consumos de água em relação a outras sequências sem sua presença;

→ Permitir tratabilidade de efluentes e dos lodos orgânicos gerados;

→ Garantir qualidades adequadas nas polpas branqueadas, em especial em termos de resistências, viscosidade, alvura, estabilidade da alvura, limpeza, etc.



Fonte da Imagem: Sequência (DualD)(PO)D

https://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=475273

Apesar de tantas pesquisas com "sopas de letrinhas" (referindo-me às sequências com tipos e ordens diversificadas de letras relacionadas aos estágios) realizadas nesses últimos 30 anos (1990 a 2020), o setor acabou referendando algumas poucas sequências, todas variando sobre duas plataformas fundamentais e que pertencem a dois dos principais fornecedores de linhas de fibras para fábricas de celulose em nível global. Esses conjuntos, mistos de variações sobre sopas similares de letras, são referidos e destacados como sendo aqueles detentores das melhores tecnologias disponíveis para se branquear celuloses kraft de eucaliptos:

- Para branqueamento de polpas de eucalipto destinadas à fabricação de papéis com fins sanitários ("*tissue*"), onde alvuras de 87 a 88% IS0 são suficientes, sequências mais prováveis na atualidade:

AhotDEOPD

AhotDEOD

AhotDEPD

(AhotD)EpD

e

DhotEOPD

DhotEOD

DhotEPD

(DualD)(PO)D

(DualD)EPD

(DualD)EOPD

e

(AZ)D(PO)

- Para branqueamento de polpas de eucalipto destinadas à fabricação de papéis de impressão e escrita e papéis especiais (decorativos, etc.), onde alvuras acima de 89% são requeridas pelos clientes, são as seguintes as sequências mais prováveis na atualidade:

AhotDEOPDP

AhotDEODP

AhotDEPDP

AhotDEpDD

AhotD(PO)DnD

e

DhotEOPDP

DhotEODP

DhotEPDP

Dhot(PO)DnD

(DualD)(PO)DD

(DualD)(PO)DP

(DualD)EPDD

(DualD)E0DP

e

(AZ)EOPDnD

(AZ)EOPDP

(AZ)EOPDD

(AZ)EODnD

(AZ)EPDnD

(AZ)EODP

(AZ)EODD

(AZ)Q(PO)P

Onde:

A = Etapa de acidificação a quente, sem lavagem posterior visando à degradação dos ácidos hexenurônicos

Ahot = Etapa de acidificação a quente sem lavagem para degradação por hidrólise dos ácidos hexenurônicos

Dhot = Dioxidação ácida a quente para hidrólise de ácidos hexenurônicos

(AhotD) = Estágios Ahot e D completamente integrados e sequencialmente sem lavagem entre ambos - na verdade, a maioria das sequências com Ahot seguem esse padrão, mas tudo depende de qual é a fonte de ácido sendo utilizada em Ahot

Z = Ozonização

P = Peroxidação

(PO) = Peroxidação pressurizada com a presença de oxigênio

DnD = Dois estágios de dioxidação sem lavagem entre eles

(DualD) = Estágio que combina adição de ácido sulfúrico previamente à adição de dióxido de cloro e que é realizado em reator a quente (90ºC) e por um maior tempo de reação, objetivando degradação de HexAcds e ganhos em alvura

Q = Quelação para eliminar íons catalisadores indesejados

Os estágios de extração oxidativa são os seguintes:

EOP = Extração oxidativa com oxigênio e peróxido conjuntamente à soda cáustica

EO = Extração oxidativa com oxigênio conjuntamente à soda cáustica

EP = Extração oxidativa com peróxido conjuntamente à soda cáustica

(PO) = Peroxidação pressurizada com a presença de oxigênio

Em todos os casos e para todas as sequências, o que se quer é o atingimento das alvuras e qualidades requeridas e que a perda de alvura seja a menor possível até que o cliente receba e use a celulose comercializada. Tambés são vitais as qualidades das polpas branqueadas em termos de facilidade de refinação e de resultados de ensaios físico-mecânicos das folhas produzidas.

Para minimizar os problemas de reversão de alvura, inclusive na fabricação dos papéis brancos, costuma-se aplicar um estágio redutor com solução ácida de dióxido de enxofre (ácido sulfuroso) ou terminar a sequência com estágio de peroxidação.

A solução de dióxido de enxofre também é aplicada como uma etapa "mata residual de dióxido de cloro", para minimizar o ataque corrosivo desse produto em etapas subsequentes no processo de fabricação.

A efetividade de qualquer sequência de branqueamento e sua aplicação adequada na prática são medidas por um conjunto de fatores técnicos, a saber:

- Demanda em agentes oxidantes pela polpa kraft, deslignificada ou não pelo oxigênio, expressa pelo número kappa, teor de lignina. pelo teor de HexAcds (ácidos hexenurônicos) e pelo fator kappa (estimativa do consumo de cloro ativo pela polpa em função de seu número kappa);

- Carga aplicada de cada reagente químico ao longo da sequência;

- Carga total aplicada em equivalente oxidante;

- "*Carry over*" de químicos branqueadores e compostos orgânicos dissolvidos no filtrado da polpa entre estágios;

- Consistências, temperaturas, tempos de retenção e pHs adequados ao longo de toda a sequência;

- Rendimento do branqueamento;

- Níveis atingidos de alvura, reversão de alvura, viscosidade, refinabilidade, limpeza e propriedades físico-mecânicas e óticas da polpa branqueada;

- Número microkappa e teor de ácidos hexenurônicos residuais na polpa ao final do branqueamento;

- Consumos de água limpa e água reciclada;

- Geração de compostos poluentes e níveis de toxicidade dos efluentes e resíduos sólidos, como os lodos gerados pelas estações de tratar efluentes (toxicidade também avaliada por bioensaios);

- Carga de poluentes gerados;

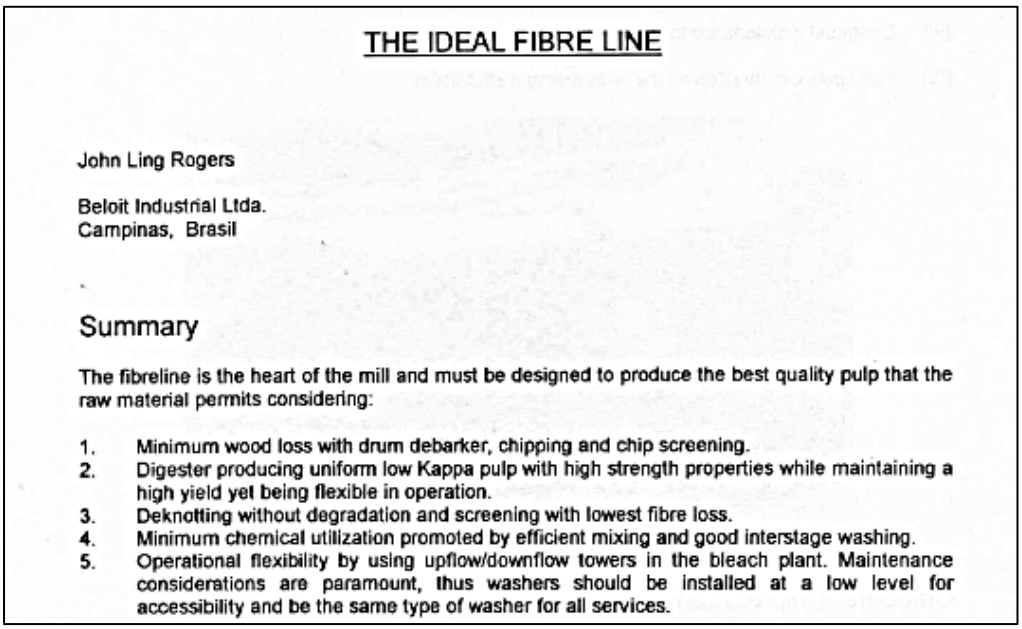
- Tratabilidade dos efluentes e resíduos sólidos gerados (compostagem ou queima como biocombustíveis);

- Teor de organoclorados residuais na polpa, papéis, efluentes e resíduos sólidos (expressos como AOX, ou seja, teor de halogenados adsorvíveis

em carbono ativo ou através das determinações das concentrações de TCDDs e TCDFs),

- Custos totais, inclusive os custos demandados para tratar e dispor resíduos.

Torres do sistema de branquear e prensas lavadoras das polpas úmidas



THE IDEAL FIBRE LINE

John Ling Rogers

Beloit Industrial Ltda.
Campinas, Brasil

Summary

The fibreline is the heart of the mill and must be designed to produce the best quality pulp that the raw material permits considering:

1. Minimum wood loss with drum debarker, chipping and chip screening.
2. Digester producing uniform low Kappa pulp with high strength properties while maintaining a high yield yet being flexible in operation.
3. Deknotting without degradation and screening with lowest fibre loss.
4. Minimum chemical utilization promoted by efficient mixing and good interstage washing.
5. Operational flexibility by using upflow/downflow towers in the bleach plant. Maintenance considerations are paramount, thus washers should be installed at a low level for accessibility and be the same type of washer for all services.

Imagem: Página inicial de artigo de John Rogers – Congresso ABTCP 1998
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1998_Ideal+Fiberline.pdf

Era fundamental que o branqueamento da celulose conseguisse atingir uma imagem de ecoeficiência
Fonte da Imagem: Capa catálogo IMPCO – Ingersoll-Rand Company

P. Spécial Pâtes ECF/TCF

Henri Kreitmann : "Sur le plan environnemental, les pâtes ECF et TCF sont identiques"

Avec sa double casquette de président de la CDRA (groupe La Rochette) et de président de la Fédération française des producteurs de pâte, Henri Kreitmann se pose en interlocuteur privilégié pour répondre avec conviction et recul à toutes nos interrogations. Une interview dans laquelle nombre d'idées reçues sont battues en brèche et replacées dans un contexte élargi.

Interrogé à partir du questionnaire publié au début de ce dossier et dont nous rappelons la teneur en quelques mots, Henri Kreitmann a fait les réponses qui suivent et que nous publions *in extenso*. Elles sont mâtinées de chimie, de bon sens, de réflexions sur notre type de société, de prospective industrielle et ne se départissent pas d'une bonne dose de lucidité et de sérénité !

1) Grandes tendances de l'expansion des pâtes ECF et TCF.
Je ne peux répondre avec précision. En grandes tendances, l'Europe de l'Ouest produit de la pâte kraft ECF. Pour la pâte au bisulfite produite dans les pays de langue germanique, ce problème ne se pose pas puisque ce procédé n'utilise pas de chlore. Ce qui ne l'empêche pas d'être plus polluant que le procédé kraft en termes de DCO, DBO ou de fumées. Quant à la France, à ma connaissance, elle est 100 % ECF aujourd'hui.

La Scandinavie se situe entre ECF et TCF avec au moins une dizaine d'usines TCF (intégrées ou non). On peut avoir l'impression, notamment suite à des campagnes marketing effectuées par certains producteurs suédois, que la Suède est effectivement à la pointe du blanchiment sans chlore. Mais, pour ne pas le citer, Södra n'est pas la Suède : c'est le producteur de pâte marchande de la Suède, qui n'est d'ailleurs pas totalement TCF. En fait, peut-être que les Finlandais se dirigent finalement plus vite vers le TCF que les Suédois mais sans le marteler...

A ma connaissance, la France est 100 % ECF (...). Dans ce débat, l'industrie européenne de la pâte s'est laissée faire.

L'Amérique du Nord se situe entre le chlore gazeux et l'ECF. Mais cette région du monde sera sans aucun doute ECF d'ici quelques années. Il est clair que le "trend" vers l'ECF est venu d'Europe occidentale et que les Etats-Unis ne font que suivre ce mouvement. Cependant, à l'origine, le problème a éclaté aux Etats-Unis et au Canada avec le débat sur la dioxine dans les couches-culottes, par exemple. A l'époque, les Américains ont répondu en maîtrisant et en contrôlant mieux le procédé de fabrication utilisant du chlore gazeux. Sur le fond, la solution technique a été trouvée. Par la suite, ce sujet est arrivé en Europe avec la campagne de Greenpeace contre l'utilisation du chlore gazeux. Les producteurs européens ont alors découvert qu'ils pouvaient supprimer l'utilisation du chlore élémentaire sans modification majeure des résultats sur la qualité de la pâte. En ce sens, le passage à l'ECF n'a pas été douloureux. Au final, on est allé plus loin dans la réponse en Europe à cause de Greenpeace. Il n'empêche que l'image négative du chlore - laquelle est tout de même une absurdité -, est donnée par les mouvements écologistes et que dans ce débat, l'industrie européenne de la pâte s'est laissée faire.

44 La Papeterie N° 182 Septembre 1994

2001 HOWARD RAPSON AWARD

Acid stage improves production in eucalyptus fibre line

The technology has given the Brazilian mill numerous advantages

By E. Ratnieks, J.W. Ventura, M.R. Mensch and R.A. Zanchin

E. RATNIEKS
Klabin Riocell S.A.
Guaíba, Brazil
eratnieks@riocell.com.br

J.W. VENTURA
Klabin Riocell S.A.
Guaíba,
Brazil

M.R. MENSCH
Klabin Riocell S.A.
Guaíba,
Brazil

R.A. ZANCHIN
Klabin Riocell S.A.
Guaíba,
Brazil

THE PRESENT PAPER describes the development of an acid stage in the fibre line at the Klabin Riocell mill in Guaíba, Brazil. The technology described is an innovative concept [1], which was applied millscale for the first time in the world to eucalyptus pulp [2].

Before the reactor at Klabin Riocell was installed, other three Finish mills of UPM-Kymmene had reported its use, namely at the Pietarsaari, Kaukas and Kuusaanniemi mills [3]. The technology is based on hydrolysis of the fibre chemical structures under selective conditions. The predominant structure seems to be the fraction of hexenuronic acids present within the macromolecules of hemi-cellulose. Recent revision of the chemistry of this technology can be found in the literature [4, 5, 6].

THE MILL

The Klabin Riocell mill, which belongs to the Klabin Group, produces 300 000 air-dried tonnes/year (adt/y) of eucalyptus pulp, mostly in bales of bleached pulp for the market. Due to the limitation of the bleach plant, part of the oxygen-delignified pulp (semi-bleached) is diverted and baled in an auxiliary drying line.

The 300 000adt/y fibre line is based on a Kamyr continuous digester that unloads the pulp in a series of three washers, one atmospheric diffuser and two vacuum drums. The pulp is then fed to a pressurized oxygen delignification reactor and again washed in a series of two compaction baffle washers. The washed pulp can be sent directly to bleaching, or can be partially diverted for auxiliary "Flash Drier"-type drying. In the last few years about 255 000 adt/y were bleached, and about 45 000 adt were dried and sold as unbleached pulp. One of the objectives of the acid stage installation was to increase the production of bleached pulp at the expense of reducing the production of unbleached pulp.

Before installing the acid stage, the bleaching sequence was DcEDEDnDW for standard pulp production (70% substitution of ClO_2 at the Dc stage) and DEDEDW for ECF production. The acid stage was installed in one available oxygen-delignified pulp storage tower. The ECF sequence, for example, presently operates as (AD)EDEDW. Another twin tower receives oxygen-delignified pulp without acid treatment, which is stored and sent to the unbleached pulp drying.

MILL APPLICATION: OBJECTIVES

The economic factors behind the investment in the acid stage were:
- Increase bleached pulp production;
- Opportunity to increase the digester kappa number;
- Improve the acid washing of calcium salts.

CONSTRUCTION: ACID STAGE

The acid stage was constructed using the equipment shown in Fig.1. It feeds one of two 1000-m^3 towers used for storage of delignified pulp made of concrete lined with anti-acid resin. Each tower has a height-to-width ratio of approximately 3:1. No channelling problems were expected [7]. Pulp is stored at approximately 10.5% consistency. The tower structure is able to operate up to 95°C. The tower operates between 70-90% of total capacity, with retention times of 100 to 150 min.

Due to the intensive use of chlorine dioxide bleaching, no intermediary washing was used. The hot acid pulp flows directly to the first chlorine dioxide bleaching stage, after the acid reaction. The conjugated stages (AD) are fully compatible and synergetic.

A new dynamic steam mixer installed at the input line of the acid reactor adjusts the acid stage temperature. The operation of the steam mixer is highly stable and the inlet target temperature is 90°C.

Occasionally, the system is operated up to a maximum of 95°C. Due to heat loss, the presumed output temperature is 87°C. The pH is adjusted by direct injection of 98% sulphuric acid in the body of the medium-consistency pump. Such an arrangement was evaluated and recommended by the pump and steam mixer manufacturer. This system of mixing acid and steam began continuous operation in September 1999. To implement the modifications described above took an investment of approximately US$ 300 000.

EXPERIMENTAL SUPPORT

The mill has been studying lignin hydrolysis and leaching systems in pulp since 1992. Between 1992 and 1995, our research group reported on alkaline and acid leaching mechanisms in papers published in Brazil [8] and abroad [9,10]. Inventor's privilege for this phenomenon [2] was requested both in Brazil and in the United States in 1995. In 1995 the Finnish patent on hexenuronic acids was made public [11], thereby allowing

Pulp & Paper Canada T 345 102:12 (2001) 93

Fonte da Imagem Esquerda: Artigo Revista La Papeterie (1994) - (em Francês)

Fonte da Imagem Direita:
https://www.researchgate.net/publication/289143072_Acid_stage_improves_production_in_eucalyptus_fibre_line (em Inglês)

Apesar dos problemas daquela época, algumas vitórias foram importantes, como essa da equipe da Riocell em 2001 com a conquista da premiação Howard Rapson no Canadá (PAPTAC) – *Acima à direita*

Novos processos para branqueamento de polpa *kraft* de eucalipto

*Jorge Luiz Colodette, R.C. De Oliveira e José Lívio Gomide **
*A. K. Ghosh, U. P. Singh e R. P. Singh ***

1. Introdução

A tecnologia de branqueamento de polpa tem vivido momentos de grande turbulência nos últimos dez anos. Os processos convencionais de branqueamento com reagentes clorados são dominantes e deverão ainda manter esta hegemonia por algum tempo, especialmente na América do Norte e no Japão. Apesar de eficientes, tais processos têm sofrido grandes pressões em todo o mundo em função dos potenciais, mas não efetivamente comprovados, efeitos negativos de seus efluentes no meio ambiente. Estas pressões estão ocorrendo de várias formas, sendo mais significativa as mais severas legislações ambientais quanto à descarga de AOX, PCDD's e PCDF's, no efluente, e a crescente demanda, especialmente em alguns países da Europa, para papéis produzidos a partir de polpas livres de cloro (TCF). No Norte da Europa, a substituição dos processos convencionais de branqueamento por tecnologias "mais limpas" já está acontecendo de maneira gradativa, sendo o fim do cloro molecular iminente. Por outro lado, mesmo aqueles países com legislações ambientais menos severas, mas que exportam polpa e papel para a Europa, estão sendo compelidos a alterarem suas tecnologias convencionais de branqueamento para atenderem às demandas do mercado.

As chamadas tecnologias "limpas", que estão disponíveis e que potencialmente podem substituir os processos convencionais de branqueamento, envolvem o uso do oxigênio ou produtos derivados do oxigênio, tais como peróxido de hidrogênio e ozônio. O uso de tais tecnologias poderá conduzir ao fechamento dos circuitos de água na planta de branqueamento e, eventualmente, resultar na tão sonhada "fábrica totalmente livre de efluente"(TEF). Entretanto, as tecnologias baseadas no oxigênio e seus derivados, apesar de tecnicamente comprovadas em escalas de laboratório e industrial, ainda sofrem de alguns inconvenientes que precisam ser trabalhados. Estes incluem o elevado custo de capital para implantação (oxigênio e ozônio), o elevado custo operacional (ozônio e peróxido de hidrogênio) e a degradação da qualidade da fibra que pode ocorrer, especialmente nos processos contendo ozônio.

Nos últimos anos, uma infinidade de estudos tem apresentado potenciais alternativos para solucionar os inconvenientes acima mencionados, especialmente para o branqueamento de polpas de fibra longa, havendo um número apenas limitado de contribuições envolvendo polpas de fibra curta, especialmente de eucalipto (1-7).

A contribuição talvez mais significativa destes estudos foi o desenvolvimento de processos de branqueamento com ozônio e oxigênio em média consistência. Processos em média consistência demandam melhor custo de capital para implantação e, conseqüentemente, são mais atrativos para a indústria. Outra contribuição significativa foi o desenvolvimento dos chamados processos de cozimento com deslignificação intensiva (MCC, EMCC, ITC, Super-Batch, RDH etc.), que resultaram em substancial decréscimo da demanda de reagentes na operação de branqueamento. Por outro lado, a adequada otimização de variáveis do processo, bem como o uso de aditivos, tem aumentado a eficiência e seletividade do branqueamento com oxigênio, ozônio e peróxido de hidrogênio e, conseqüentemente, reduzido os requerimentos de reagentes químicos e o ataque às fibras celulósicas durante o branqueamento.

Apesar dos avanços conseguidos nos últimos anos, ainda há espaço para melhoria destes processos de branqueamento. Primeiro, o efeito de íons metálicos na *performance* destes processos é conhecido, mas não suficientemente compreendido. O conteúdo de metais na polpa deve ser tratado como uma das variáveis do processo de branqueamento com oxigênio e seus derivados. Nesse contexto, a instalação e adequada localização de uma etapa de tratamento da polpa com ácido ou quelante se tornam relevantes para reduzir o requerimento de reagentes e aumentar a seletividade do processo. Segundo, o número adequado de estágios de branqueamento, bem como suas localizações numa seqüência de branqueamento contendo somente oxigênio, ozônio e peróxido, pode afetar o requerimento de reagentes e a seletividade do processo; tal assunto é ainda disputado, sendo, aparentemente, dependente do

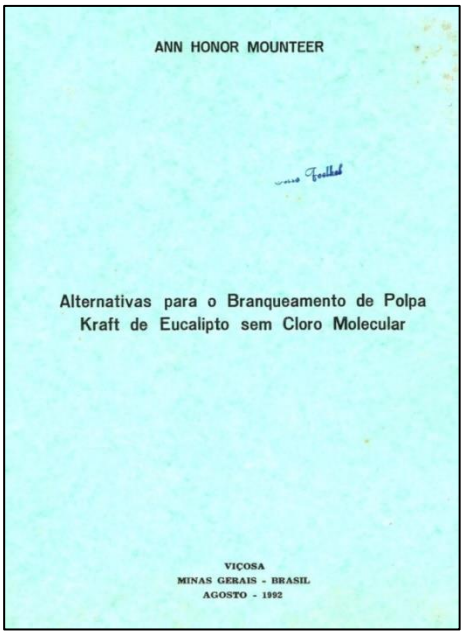
* *Jorge Luiz Colodette, R.C. de Oliveira e José Lívio Gomide são da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.*
*** A.K. Ghosh, U.P. Singh e R.P. Singh são da Universidade do Estado da Carolina do Norte, Estados Unidos.*
Trabalho apresentado no 26º Congresso Anual de Celulose e Papel da ABTCP, realizado em São Paulo-SP-Brasil, de 22 a 26 de novembro de 1993. Prêmio Kamyr do Brasil.

Importante ressaltar, desde meados dos anos 1980's, a valiosa colaboração tecnológica da UFV – Universidade Federal de Viçosa, com seus estudos, pesquisas, teses e dissertações sobre o branqueamento da celulose, contando com a fundamental participação do professor Dr. Jorge Luiz Colodette

Imagem à Esquerda:
Artigo de parcerias entre professores da UFV e da NCSU – North Carolina State University/USA

Revista O Papel

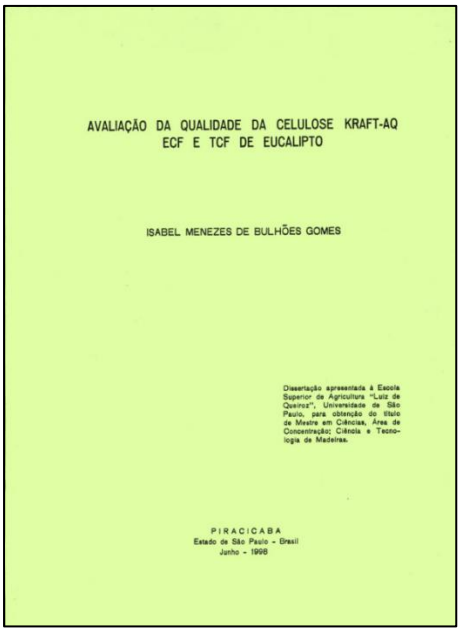
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1994_Novos_processos_branqueamento.pdf



ANN HONOR MOUNTEER

Alternativas para o Branqueamento de Polpa Kraft de Eucalipto sem Cloro Molecular

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
AGOSTO - 1992



AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA CELULOSE KRAFT-AQ ECF E TCF DE EUCALIPTO

ISABEL MENEZES DE BULHÕES GOMES

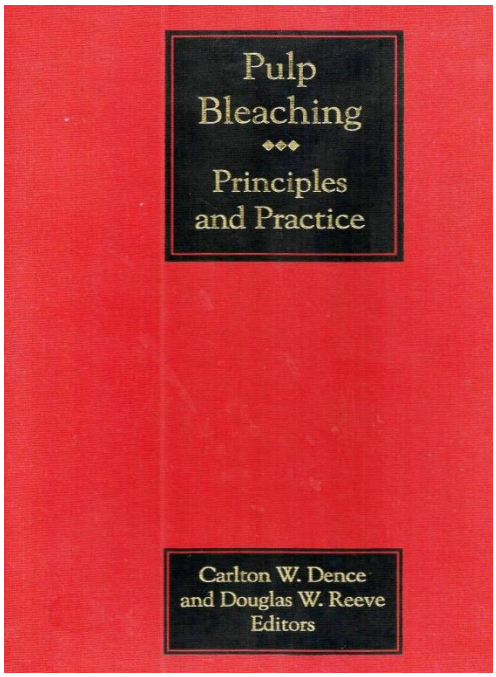
Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências, Área de Concentração: Ciência e Tecnologia de Madeiras.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Junho - 1998

Fonte da Tese de Mestrado UFV à Esquerda (1992):
https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufv/Branqueamento%20sem%20Cloro%20Molecular.pdf
(em Português)

Fonte da Dissertação de Mestrado USP à Direita (1998):
https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11149/tde-20191218-141131/publico/GomesIsabelMenezesBulhoes.pdf (em Português)

E nossos técnicos iam conquistando o mundo...



À Esquerda:

Livro histórico editado pela TAPPI em 1996
...
tendo como editores duas pessoas lendárias em termos de branqueamento da celulose:

Carlton W. Dence
&
Douglas W. Reeve

Para finalidades de melhor entendimento do que acontece com uma polpa kraft de eucalipto desde a saída do digestor até o final da etapa de branqueamento, decidiu-se construir uma tabela elucidativa com dados técnicos ilustrativos (mas que podem, evidentemente, variarem caso a caso):

Polpa kraft não branqueada e típica de eucalipto no Brasil		
Número kappa	17 - 19	
Nº Kappa devido à lignina	10 - 12	
Nº Kappa devido aos ácidos hexenurônicos	6 - 7	
Viscosidade	55	centiPoises em CED
Alvura	35	% IS0
Polpa kraft pré-deslignificada com oxigênio e típica de eucalipto no Brasil – COM SÓ UM REATOR DE O2		
Número kappa	11,5 – 12,5	
Nº Kappa devido à lignina	4,5 – 6	
Nº Kappa devido aos HexAcds	6 – 7	
Viscosidade	30	centiPoises em CED
Alvura	50	% IS0
Rendimento na pré-O2 – com reator único	98,5	%
Polpa kraft pré-deslignificada com oxigênio e típica de eucalipto no Brasil – COM DOIS REATORES DE O2 DISPOSTOS EM SÉRIE		
Número kappa	10 - 11	
Nº Kappa devido à lignina	4 – 4,5	
Nº Kappa devido aos HexAcds	6 – 7	
Viscosidade	25	centiPoises em CED
Alvura	53 - 55	% IS0
Rendimento na pré-O2 - com dois reatores	97,8 – 98,0	%
Polpa branqueada final		
Alvura	Cerca de 90	% IS0
Perda de alvura por reversão	Menor que 2	% IS0
Viscosidade final	12 a 15	centiPoises em CED
Equivalente de cloro ativo total	3 a 3,5	% base seca
Rendimento no branqueamento (após pré-O2)	96,5 – 97,5	%
Perda física de fibras aos efluentes	0,5	%

A sequência básica de branqueamento da celulose kraft de eucalipto tem sido $D_{hot}E_PDP$. A partir dessa sequência alicerce existem inúmeras variações, em função das preferências dos técnicos que elegem as tecnologias, das exigências dos órgãos ambientais e das tecnologias disponíveis pelos fabricantes de equipamentos.

O primeiro estágio de dioxidação é vital e ele tem tido pelo menos duas versões: estágio D_1 tradicional, com tempos curtos (30 minutos) e temperaturas mais baixas (70ºC) ou D_{hot} (60 a 90 minutos a 90 a 95ºC). Alternativamente ao estágio D_{hot} também se usa com sucesso o estágio A_{hot}. Esse último consiste na aplicação de ácido sulfúrico ou clorídrico em um tratamento a quente por pelo menos 90 minutos. A esse estágio ácido se segue um estágio de dioxidação normal.

Existem muitos debates e acaloradas discussões sobre qual a melhor opção para se destruir ácidos hexenurônicos. Em todos os casos, há que se levar em conta:

- Número Kappa e fração do Nº Kappa representado por HexAcds das polpas kraft depuradas e/ou deslignificadas com oxigênio;
- Teor de xilanas nas madeiras e nas polpas não branqueadas;
- Qualidade da celulose e sua dependência em relação à qualidade da madeira e do processo de polpação kraft;
- Consumo total de químicos no branqueamento;
- Perda de rendimento no branqueamento;
- Residuais de ácidos hexenurônicos nas polpas não branqueadas e totalmente branqueadas;
- Cargas poluentes liberadas ao setor de tratamento de efluentes;
- Consumo de água limpa pelo setor de branqueamento;

- Reciclagem interna de água e recuperação de calor no setor de branqueamento

Deve ficar claro que conforme o tipo de polpa não branqueada, dos teores de ácidos hexenurônicos e dos arrastes de químicos por lavagens deficientes, cada uma das sequências eleitas, independentemente dos equipamentos ou sistemas tecnológicos usados, pode se mostrar mais ou menos vantajosa.

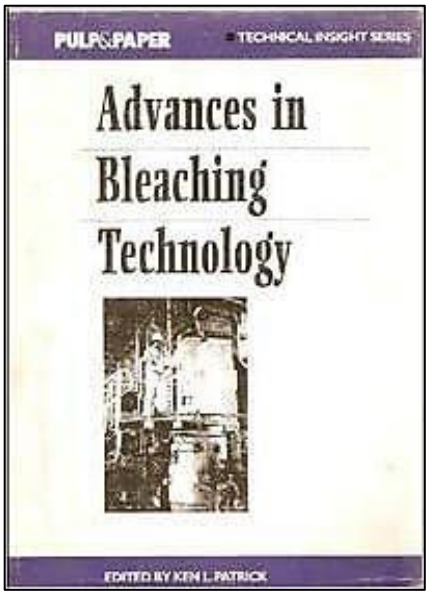
A etapa final de qualquer sequência ECF para polpas kraft de eucaliptos para alvuras de 90% IS0 tem sido a aplicação sequencial de dois estágios: DP ou DD, algumas vezes sem lavagem entre os estágios DD.

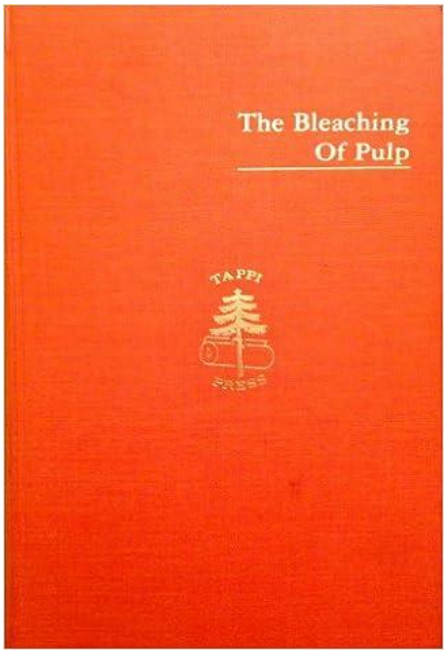
Os fatores mais considerados pelos fabricantes para essa eleição têm sido: o custo de investimento na planta de branqueamento, as cargas de químicos, os custos operacionais, os residuais de organoclorados, as exigências do licenciamento no tratamento de efluentes e os requisitos qualitativos para a polpa. Mesmo com custos de investimentos e operacionais mais altos para uma sequência finalizando em DP, muitas empresas utilizam esse arranjo para garantir polpa com alvura estável e baixos teores de organoclorados, sejam na polpa ou nos efluentes. A alternativa DD permite que não se lave a polpa entre essas duas etapas (variante DnD), o que simplifica custos de investimentos e consumo de água.

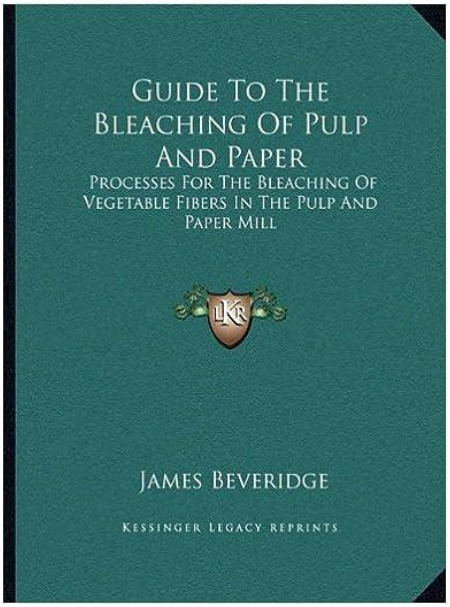
Concluído o branqueamento, a celulose costuma ser estocada em uma torre de massa como pulmão para alimentar as etapas seguintes que são: a depuração da massa branca e a posterior formação e secagem da folha comercial de celulose.

Em caso de fabricação integrada de celulose e papel branco, a massa branqueada é encaminhada para depuração fina e a seguir para a preparação de massa (refinação) para a formação e secagem da folha de papel. E depois para as etapas seguintes do processo de produção de papel.

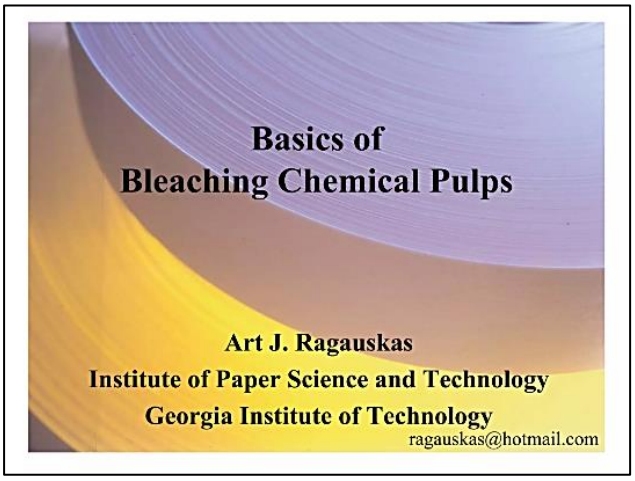
Conforme o desenho e as adequações do projeto, uma fração significativa de água contida na polpa enviada para os setores de produção de folhas de celulose ou papel pode retornar ao setor de branqueamento da celulose para ser reutilizada nesse processo para ajustes de consistências ou para lavagem da polpa.







Imagens: *Capas de livros disponíveis para aquisição em websites e livrarias online*



Fonte da Imagem: https://www.slideshare.net/linggamediatama/basics-of-pulp-bleaching (em Inglês)

Considerações gerais sobre sequências de branqueamento ECF & TCF

ECF = "Elemental Chlorine Free" – Isenta de Cloro Elementar

TCF = "Totally Chlorine Free' – Totalmente Isenta de Cloro

Apesar da diminuição do debate em termos de sequências ECF ou TCF para branqueamento de celuloses de mercado, como aconteceu durante a década dos 90's, essa discussão vez ou outra reaparece. Toda vez que uma empresa decide obter autorização ambiental para aumentar sua produção, ou para construir uma nova fábrica "greenfield", as discussões ressurgem, até porque sempre há pessoas vaidosas querendo mostrar algum nível de sapiência.

As empresas produtoras de celulose de mercado querem atender os seus clientes com um produto limpo, resistente, muito alvo e com custos de produção os mais baixos possíveis. A escolha acaba quase sempre sendo direcionada para sequências do tipo ECF, pela alta eficiência do dióxido de cloro e pelas qualidades das polpas produzidas. Já alguns ambientalistas clamam pelo branqueamento TCF, imaginando-o sem impacto ambiental por não utilizar compostos de cloro como agentes oxidantes.

A verdade dos fatos é que ambos os tipos de sequências possuem impacto ambiental: eles precisam ser conhecidos, avaliados, monitorados e minimizados. Tanto uma sequência ECF do estado da arte tecnológico tem seu efeito ambiental, como uma sequência TCF, também. Existem muitos estudos científicos mostrando que em termos de toxicidade e quantidades em liberação de poluentes orgânicos dissolvidos, esses tipos de branqueamento praticamente se equivalem. O que varia mais entre elas são os tipos de compostos liberados e por isso, a importância de serem quantificados e avaliados.

Então porque as polêmicas que eventualmente surgem?

Em parte pelo desconhecimento de alguns e em parte pela defesa emocionada de posições de ambas as partes. A melhor opção quase sempre se encontra em uma posição intermediária entre as posições extremadas. Nenhuma sequência de branqueamento, que utiliza grandes quantidades de água, calor e de reagentes químicos, pode ser considerada "verde" ou sem impactos, como teimam alguns. Dependendo da eleição dos químicos, das suas dosagens e residuais nos filtrados, do fechamento de circuitos, do tratamento dos efluentes e de sua operação, cada sequência poderá ter um impacto maior ou menor.

A meta hoje é minimizar os impactos, construindo fábricas de "mínimo impacto ambiental". O que se pode garantir é que as modernas tecnologias hoje utilizadas no branqueamento são definitivamente melhores do que as usadas há uma década. E certamente, as tecnologias da próxima década serão ainda melhores e mais ecoeficientes: basta aguardar para ver.

Em parte, a raiz da questão consiste na busca do branco mais branco. Com uma sequência ECF isso é mais facilmente obtido e com um menor custo de fabricação na linha de fibras. A própria celulose ECF pode apresentar alguns diferenciais em resistência em relação às polpas TCF obtidas pela mesma matéria-prima e processo de polpação.

Certamente, ao se utilizar o dióxido de cloro, que é um alvejante fantástico, formam-se compostos organoclorados e íons clorato nos filtrados e efluentes. Apesar de existirem formas cada vez mais eficientes para se tratar essa poluição gerada no branqueamento ECF, elas exigem investimentos e custos operacionais em estações de tratamento e monitoramento ambiental. Logo, o custo total não é apenas o da etapa de branqueamento (em geral mais baixo em sequências ECF), mas inclui também seus desdobramentos com os efluentes gerados e consequentes resíduos sólidos (lodos).

Sabe-se que quando se busca alta alvura com uma sequência TCF, as dosagens de reagentes alvejantes baseados nos compostos de oxigênio, acabam sendo muito altas. Perde a celulose em resistência e aumentam os custos do branqueamento. Os residuais dos produtos químicos acabam sobrando mais nos efluentes. O resultado pode ser uma piora substancial na eficiência do tratamento biológico dos efluentes. Lembrar que o peróxido de hidrogênio é um agente desinfetante e bactericida, muito usado na medicina. Altas dosagens químicas podem também acabar afetando a resistência das fibras de celulose. O papel pode ficar mais fraco e sua reciclagem comprometida, pois fibras mais fracas resistirão menos ciclos no reuso das aparas. Além disso, durante a produção de celulose, o rendimento diminuirá e o consumo de madeira por tonelada de celulose aumentará.

Como mencionamos antes, a melhor opção ambiental hoje pode estar em algo intermediário, onde tenhamos produtos capazes de atender o mercado consumidor, valendo-se de uma combinação mais adequada do dióxido de cloro com compostos de oxigênio (peróxido de hidrogênio, oxigênio e ozônio) ou com ácidos. Existem atualmente as chamadas sequências "ECF-Light" ou "Light-ECF", cada vez mais populares. Elas combinam geralmente etapas iniciais de deslignificação com oxigênio em dois reatores sequenciais para máxima remoção de lignina da celulose kraft não branqueada. A seguir, uma etapa eficiente para atacar e hidrolisar os conhecidos ácidos hexenurônicos, muito comuns nas polpas kraft de eucaliptos, devido à composição química de suas madeiras. Essa destruição dos HexAcds pode ser alternativamente feita com: estágio ácido a quente (Ahot), estágio de dióxido de cloro a quente (Dhot) ou estágio de ozônio (Z).

A seguir, essa celulose, muito menos exigente em compostos requeridos para oxidação, pode ser mais facilmente branqueada com uma combinação de químicos como dióxido de cloro (D), soda cáustica (E), oxigênio (O) e peróxido de hidrogênio (P). Com isso, otimizam-se os usos de cada reagente químico, sem ter que sobredosar um ou outro. Os resultados têm sido muito bons.

Sequências populares desse tipo e que estão sendo adotadas ou cogitadas para polpas kraft de eucalipto têm sido: DhotEpDP; DhotEpDnD, (AhotD)EopDP; ZEoD; ZEoDP. Enfim, a sopa de letrinhas pode ser melhor estudada caso a caso. A eleição da sequência vai depender de aspectos técnicos e econômicos, mas também emocionais ou até mesmo por exigências do órgão de licenciamento ambiental.

O branqueamento pode ser realizado sobre uma polpa kraft de eucalipto com menor número kappa após digestor (entre 13,5 a 14,5) ou sobre uma polpa kraft que sai do digestor com maior número kappa (17 a 21) e depois é deslignificada com oxigênio em um ou dois reatores consecutivos até número kappa 10 a 13.

Sequências contendo ozônio têm sido recomendadas para situações onde se dispõe de menos água, ou se restringem os fluxos e a cor dos efluentes a descartar. Apesar de mais caras na etapa de branqueamento, as sequências contendo uma etapa de ozônio conseguem redução de custos no tratamento de efluentes, o que é um ponto bastante ecoeficiente.

A tecnologia do branqueamento da celulose kraft de eucalipto deverá continuar evoluindo nessa direção, que seria buscar um misto do ECF atual e do TCF. Novas sequências deverão surgir incorporando catalisadores (molibdato, complexos de manganês, polioxometalatos, etc.), enzimas (xilanases, celulases e lacase) ou procedimentos preservadores da alvura (estágio final de peróxido de hidrogênio em condições adequadas de pH e temperatura).

Os impactos ambientais precisarão ainda ser mais minimizados e o consumo de água reduzido. Nesse particular, as lavagens entre estágios mostram papel importantíssimo e as prensas lavadoras ganharam o status de "best available technology" para esse serviço.

Quanto mais nos aproximarmos de sequências TCF, ou quanto menor o uso do dióxido de cloro, mais fácil será o fechamento dos circuitos de águas na linha de fibras. Além disso, existem novas e potenciais tecnologias de final de tubo, como nano ou microfiltração, etc. Hoje já temos sequências com gerações de cerca de 10 m^3/tad de efluentes no branqueamento: estamos aos poucos chegando lá. Mas ainda está difícil para se chegar ao ponto de fechamento total dos circuitos de água.

Entretanto, um grande salto em qualidade ambiental poderia ser conseguido se conseguíssemos uma redução no nível de alvura dos papéis e consequentemente nas suas matérias-primas fundamentais (celuloses). Muito mais eficiente do que a legislação ambiental, exigindo restritivos padrões de efluentes hídricos, seria uma legislação de produtos, colocando limites máximos nas alvuras de papéis *tissue* e de imprimir e escrever, por exemplo. Ao consumidor, isso praticamente não afetaria muito, exceto em condições excepcionais. Para essas excepcionalidades poderiam existir produtos especiais, com licenças especiais para maiores alvuras.

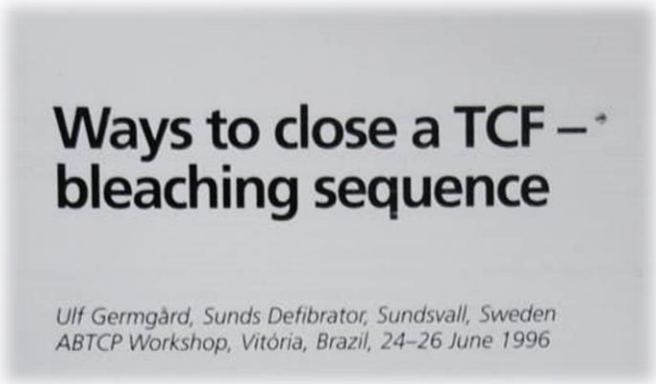
No caso dos ambientalistas e produtores de celulose e papel se unissem nessa missão para redução do nível de alvura dos papéis ao invés de se confrontarem, todos ganhariam. O impacto ambiental seria menor, a ecoeficiência maior, os custos de produção diminuiriam e o próprio preço do papel poderia baixar aos consumidores finais. Por que então não refletir mais sobre isso? Ou agir mais? Aparentemente, estamos apenas retardando algo que definitivamente acontecerá no futuro.

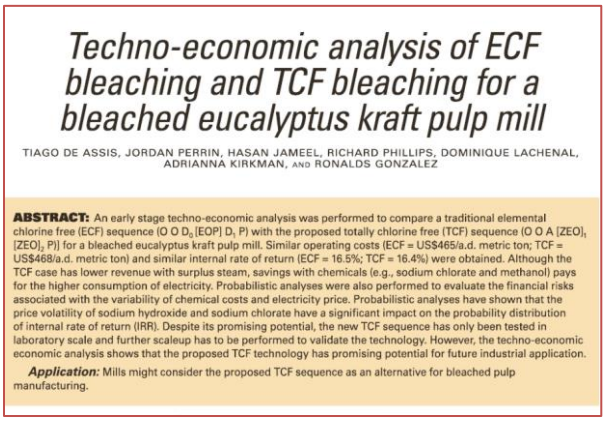
Com isso em mente, escrevi há uns anos um artigo de opinião publicado em idioma Português pela entidade técnica Tecnicelpa, de Portugal. Sugiro a leitura do mesmo, disponível a seguir:

Os limites do branco do papel branco. C. Foelkel. Info@Tecnicelpa - Folha Informativa Tecnicelpa 55: 18 - 20. Website Grau Celsius. (2018)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2018_Tecnicelpa+55.pdf (em Português)

Folhas de celulose de mercado (E) e de papel branco para impressão (D)





Imagens: Folhas-rosto de artigos citados na literatura

A literatura disponibilidada sobre sequências ECF e TCF nesse presente documento é ampla e relevante...

Seguem algumas pinceladas tecnológicas sobre isso:

- Website Tomorrow Mills: ***Best available technology: ECF, TCF, Closed Loop?***

https://www.tomorrowsmill.ca/transformation/news_feed/best-available-technology-ecf-tcf (em Inglês)

- Website Nouryon: **A comparison of the methods for bleaching chemical pulp. ECF versus TCF**

https://www.nouryon.com/globalassets/inriver/resources/production-methods-cellulose-pulp-ecf-versus-tcf-global-en_us.pdf (em Inglês)

- Website Stora Enso: **Pulp bleaching factsheet**

https://www.storaenso.com/-/media/documents/download-center/documents/sustainability/pulp_bleaching_fact_sheet_2017.pdf (em Inglês)

- Website CPI – Confederation of the Paper Industry – United Kingdom: *FactSheet:* **Environmental Aspects of ECF and TCF Chemical Woodpulp Bleaching**

https://thecpi.org.uk/library/PDF/Public/Publications/Fact%20Sheets/FS_ECF_TCF.pdf (em Inglês)

Linha 1 de branqueamento da Cenibra em Belo Oriente MG
Torres originais reforçadas e com start-up ocorrido em 1977
Fonte: Acervo Celso Foelkel

O alvejamento, clareamento ou branqueamento das fibras vegetais para fabricar o papel tem ocorrido praticamente desde a invenção do papel por Tsai' Lun na China, há quase dois mil anos.

Nos tempos iniciais, ainda na origem da invenção do papel, as fibras vegetais ainda muito tenras eram maceradas ou amassadas para sua individualização e colocadas a secar ao sol. Os raios solares funcionavam tanto como um secador como uma etapa de alvejamento, pois o aquecimento permitia a ação do oxigênio do ar, que clareava um pouco essas fibras. Ao longo do tempo, os fabricantes de papel passaram a usar também trapos de algodão, linho, juta, etc. Também passaram a colocar compostos químicos como sabões, soda, ácidos, oxidantes naturais e outros compostos químicos para limpar e alvejar ligeiramente as fibras. O objetivo era clarear o papel para facilitar a leitura dos textos escritos ou impressos.

O grande avanço do branqueamento das fibras celulósicas aconteceu com a descoberta do gás cloro, excelente oxidante e com altíssima eficiência e eficácia para alvejamento das fibras. Imediatamente ao cloro, descobriu-se que era muito fácil se produzir outro agente branqueador de sucesso até os dias atuais, principalmente em nossos lares: o hipoclorito. O

hipoclorito de sódio ou de potássio (obtidos da reação do cloro com a soda ou com a potassa cáustica) e o hipoclorito de cálcio (obtido a partir de cloro e cal hidratada) passaram a serem utilizados em inúmeros processos industriais e domésticos, graças aos seus poderes de clareamento de tecidos e fibras, desinfecção de águas e esgotos, limpeza de ambientes, etc. Um sucesso inimaginável para a época, graças às descobertas tanto do cloro, como do oxigênio, pelos cientistas Carl Wilhelm Scheele, Claude-Louis Berthollet, Joseph Priestley e Antoine Lavoisier.

Essas descobertas aconteceram tardiamente em relação à invenção do papel, porém concomitante à descoberta dos processos químicos sulfito e kraft de polpação. Logo, em pouco tempo, a produção do papel pode crescer e passar a atender às demandas de um crescente mercado.

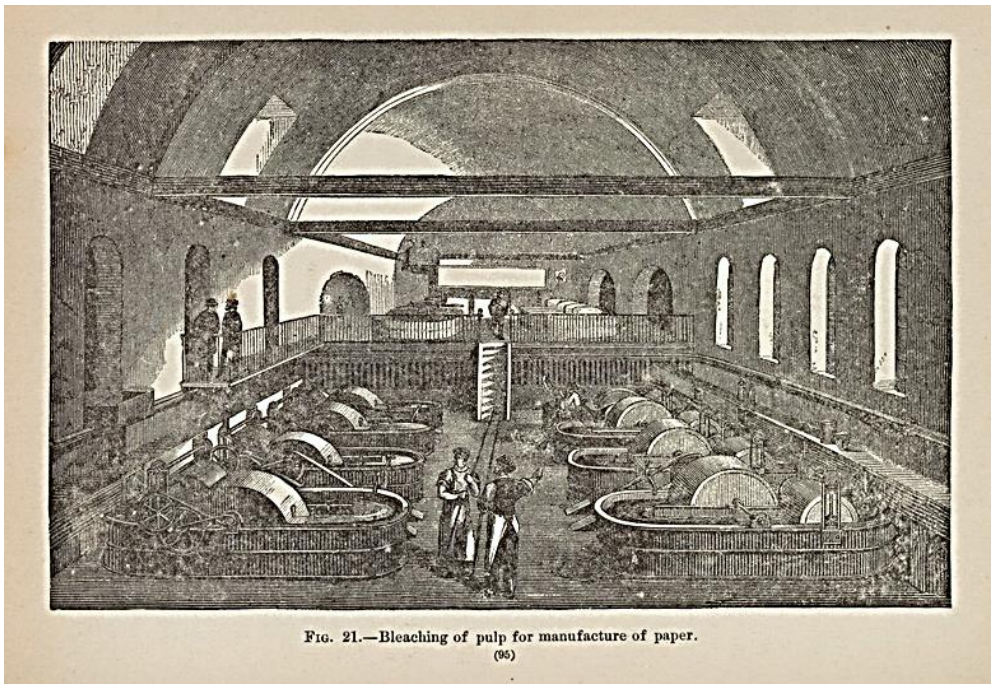
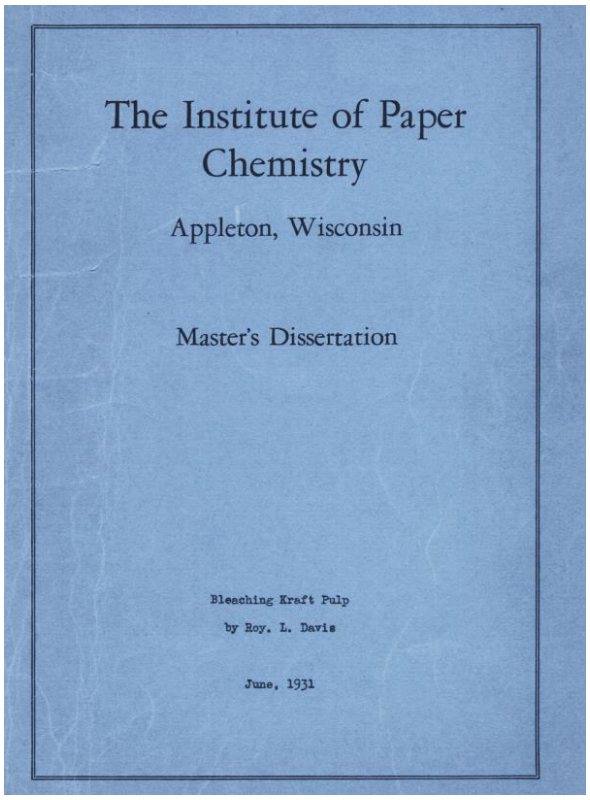


Imagem: Science History Institute

https://digital.sciencehistory.org/works/1dzas6v

Cloro gasoso, água de cloro (cloro misturado à água), hipoclorito de sódio ou de cálcio, soda cáustica e cal hidratada passaram a serem utilizados em sequências primitivas de branqueamento, sempre com lavagem intermediária após cada etapa. Em geral, essas etapas eram realizadas à temperatura ambiente, em tanques abertos e com agitação. Até mesmo as históricas holandesas de refinação da polpa eram utilizadas simultaneamente para individualização de fibras, refinação e alvejamento. A própria ação mecânica da moagem (ou batimento - *beating*) produzia calor e a temperatura se elevava, permitindo que se ganhassem pontos adicionais de alvura na massa fibrosa.

Tive algumas dificuldades para encontrar materiais técnicos publicados e disponibilizados na web referentes à primeira metade do século XX. Um dos poucos que encontrei foi uma dissertação de mestrado produzida no renomado Institute of Paper Chemistry, localizado na cidade de Appleton, WI/USA. O autor, Roy L. Davis, descreveu em um texto de apenas 37 páginas suas pesquisas inovadoras com sequencias de branqueamento de polpa kraft, incluindo na introdução uma valiosa revisão bibliográfica para nos mostrar como eram os branqueamentos de polpas kraft antes da data de publicação da tese. O cloro gás e o hipoclorito de sódio eram os produtos químicos mais relevantes e a soda cáustica aplicada entre estágios foi considerada uma alternativa viável e interessante. Isso porque, em algumas situações se utilizava uma etapa de cloração ácida seguida de um estágio fortemente alcalino de hipoclorito, sendo que nele se conseguia tanto o efeito de extração alcalina, como de alvejamento.


The Institute of Paper Chemistry

Appleton, Wisconsin

Master's Dissertation

Bleaching Kraft Pulp

by Roy. L. Davis

June, 1931

Fonte da Imagem: Dissertação de mestrado referenciada na seção bibliográfica

Logo, estavam ainda bastante embrionárias as sequências em multi-estágios, incluindo a extração alcalina. Percebi no texto, a admiração pelo branqueamento de polpas sulfito, o que se conseguia com apenas uma etapa ou duas de hipoclorito de sódio. As dificuldades em se obter brancuras mais elevadas para a polpa kraft testada me pareceram que foram muito grandes e desanimadoras.

Incrivelmente, e até compreensivelmente, até os anos 1950's, quase todas as fábricas de celulose branqueada ainda se valiam de sequências de branqueamento em três ou quatro estágios, que incluíam as seguintes etapas ou estágios: CEH e/ou CEHH. Em parte, isso era favorecido pela facilidade de se branquear as polpas ácidas obtidas pelos processos químicos sulfito e bissulfito.

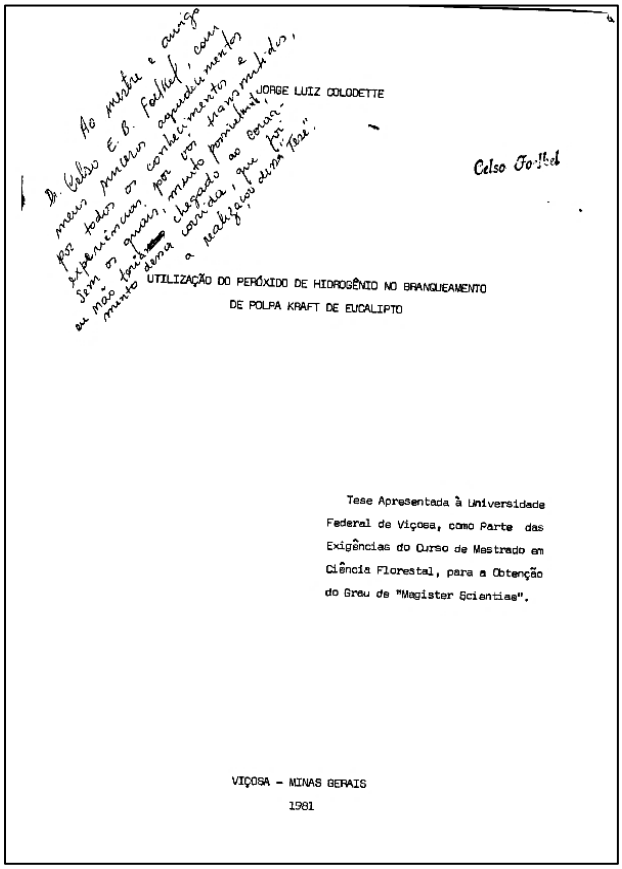
Já as polpas kraft mostravam um branqueamento mais difícil em função das modificações na lignina, que conduziam a uma cor marrom escuro nas polpas não branqueadas obtidas de coníferas. Isso não era um problema grande, já que essas polpas eram mais utilizadas para produção de papéis de embalagens.

A partir dos anos 1960's, entrava em cena um novo e poderoso agente branqueador (o dióxido de cloro), que passou a ser admirado e utilizado para se atingir alvuras mais elevadas nas polpas celulósicas. Apesar de esse químico ter sido descoberto há quase 200 anos, ele foi inicialmente utilizado para desinfecção de água, esgotos e limpezas químicas. Isso também acontecera com o cloro gás. O cloro, entretanto guardava uma imagem ruim com a sociedade, por ter sido usado como gás de guerra, por ser letal e venenoso, asfixiando a quem o inala em quantidades razoáveis. Entretanto, o dióxido de cloro também é perigoso, até mais que o cloro, por ser inalado de forma menos agressiva pelos humanos. A pessoa não se sente desconfortável ao inalar o dióxido de cloro, mas morre também, se a quantidade for em nível letal.

Em 1984, foi publicado e colocado para estudos, principalmente pela sociedade ibero-americana, um livro que ficou consagrado e muito utilizado no Brasil e demais países com idioma Português e Espanhol. Os talentosos autores eram amigos e professores da Universidade da Catalunha, da Escola Técnica Papeleira de Terrassa. O título ***"Blanqueo de pastas en la indústria papelera"*** e os autores: José Antonio Garcia-Hortal; Teresa Vidal Lluciá; Jose Francisco Colom-Pastor. Uma obra de 370 páginas (disponível mais adiante na bibliografia), que oferecia muitos conhecimentos para serem absorvidos pelos carentes e demandantes técnicos de nossas fábricas.

Por outro lado, em 1981, foi defendida a dissertação de mestrado do professor Jorge Luiz Colodette, meu ex-aluno da UFV – Universidade Federal de Viçosa e que viria a se consagrar como um dos mais renomados pesquisadores globais em branqueamento da celulose kraft de eucalipto. Colodette iniciou-se no branqueamento da celulose com estudos sobre a branqueabilidade das celuloses kraft com o uso do peróxido de hidrogênio. Ele manteve diversas parcerias nacionais e internacionais com produtores desse reagente químico e com empresas produtoras de celulose e papel branco, tanto no Brasil como internacionalmente. Também foi ele um dos

principais responsáveis por introduzir sequências de branqueamento contendo algum tipo de utilização desse produto que atualmente está definitivamente incorporado nas linhas de fibras brasileiras.



Ao mestre e amigo Dr. Celso E. B. Foelkel, com meus sinceros agradecimentos por todos os conhecimentos e experiências por vós transmitidos, sem os quais, muito possivelmente, eu não teria chegado ao coroamento desta corrida, que foi a realização desta "Tese".

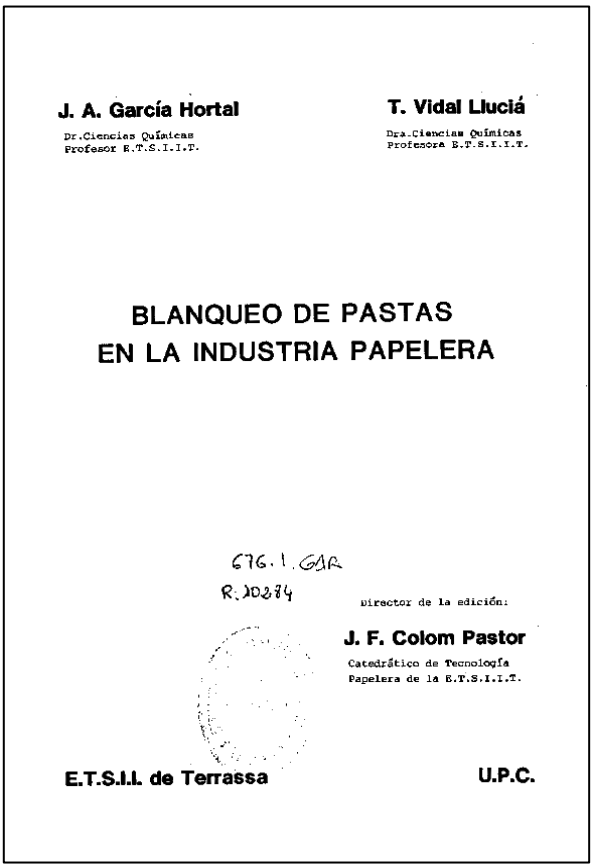
JORGE LUIZ COLODETTE

Celso Foelkel

UTILIZAÇÃO DO PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO NO BRANQUEAMENTO DE POLPA KRAFT DE EUCALIPTO

Tese Apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como Parte das Exigências do Curso de Mestrado em Ciência Florestal, para a Obtenção do Grau de "Magister Scientiae".

VIÇOSA - MINAS GERAIS
1981



J. A. García Hortal
Dr.Ciencias Químicas
Profesor E.T.S.I.I.T.

T. Vidal Lluciá
Dra.Ciencias Químicas
Profesora E.T.S.I.I.T.

BLANQUEO DE PASTAS
EN LA INDUSTRIA PAPELERA

676.1.GAR
R.20284

Director de la edición:
J. F. Colom Pastor
Catedrático de Tecnología
Papelera de la E.T.S.I.I.T.

E.T.S.I.I. de Terrassa

U.P.C.

Imagem à Esquerda: Capa da dissertação de mestrado do professor Jorge Luiz Colodette publicada em 1981

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufv/Jorge%20Colodette.pdf

Imagem à Direita: Capa de livro publicado em 1984 por docentes da Escola Papeleira de Terrassa – Universidade da Catalunha

https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.3/36483/1400510078.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Com a disponibilização de compostos como cloro, dióxido de cloro, soda cáustica, hipoclorito e peróxido de hidrogênio, estavam criadas novas rotas para o branqueamento de praticamente todos os tipos de celuloses obtidas por processos químicos. Facilmente se conseguiram alvuras próximas ou acima de 90%GE ou 90%IS0. Os consumidores se encantaram com o branco mais branco e passaram a acreditar que brancura total era

sinal de limpeza e de ausência de microbiologia danosa à saúde. Já os fabricantes de papel passaram a usar a polpa branca também para produção de papéis coloridos, cartões de capas externas brancas, produtos sanitários, etc. Tudo isso facilitava a comercialização e novos e diversificados produtos foram surgindo para os mercados consumidores encantados com o branco do papel: papéis *tissue*, fraldas de papel, absorventes femininos, papéis filtros para café, etc., etc.

Conforme a necessidade em alvura, utilizavam-se sequências com 4 até 6 estágios: CEHD; CEHDD, CEHDED, C/DEHDED, etc. As fábricas que não possuíam dióxido de cloro passaram a usar algumas alternativas usando peróxido de hidrogênio em sequências como: CEpHH, CEHP e CEpHP.

As sopas de letrinhas na época (até meados dos anos 1980's) não incluíam muitas letras. Tudo girava em torno de 4 reagentes químicos. Outros produtos químicos (como os peróxidos, ozônio e ácido peracético) lutavam bravamente para abrir algum espaço, mas não era muito fácil vencer as vantagens do dióxido de cloro. Só conseguiam entrar em alguma fábrica, quando a fábrica passava a encontrar problemas nas quantidades produzidas de dióxido de cloro. Isso acontecia quando a linha de fibras removia algum gargalo no digestor, o que permitiria aumentar a produção, mas não se possuía suficiente de dióxido de cloro em quantidade para manter a alvura, em função da sobrecarga da planta de geração do mesmo. Assim, passaram a surgir algumas sequências novas, tais como: CEoDD, CEpDD; C/DEopDED, etc.

A grande revolução tecnológica para o branqueamento das celuloses químicas, em especial das polpas kraft, passou a acontecer a partir de 1987. Nesse ano, a EPA – Environmental Protection Agency dos Estados Unidos da América fez o lançamento de um relatório que agitou e foi o estopim para mudanças radicais nas tecnologias para se branquear a celulose. O relatório, especialmente preparado para o Congresso Norte Americano, após dois anos de estudos, denominou-se "National Dioxin Study". O estudo visava a encontrar todos os focos de lançamento de dioxinas e furanos em atividades industriais, aterros, processos de combustão, etc. Dentre as muitas descobertas se detectou que havia um consistente modelo de lançamento de dioxinas e furanos nos efluentes e resíduos sólidos de fábricas de celulose e papel que se valiam da operação de branqueamento da polpa usando compostos clorados (Cloro elementar, hipoclorito e dióxido de cloro).

Esses estudos sobre dioxinas e furanos surgiram em função de que a ciência química havia conseguido nessa época a detectar, avaliar e quantificar esses compostos poluentes em águas, sólidos e gases em concentrações baixíssimas, em níveis de partes por trilhão (ng/L ou μg/m³)

ou partes por quatrilhão (pg/L ou ng/m³). Onde: ng = nanograma e pg = picograma).
Referência: https://pubs.usgs.gov/circ/circ1133/conversion-factors.html

Conheçam o citado relatório em:

National dioxin study. USEPA – United States Environmental Protection Agency. 170 pp. (1987)
https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/2000EQDL.PDF?Dockey=2000EQDL.PDF
(em Inglês)

Para comprovar e avaliar os reais impactos de geração de dioxinas e furanos em fábricas de celulose e papel, a USEPA realizou outro estudo em uma base amostral de 104 fábricas de celulose e papel norte-americanas, do que resultou na confirmação da geração e liberação desses poluentes tóxicos e acumulativos por sua persistência, em fábricas de celulose e papel.

Conheçam esse renomado relatório em:

USEPA/Paper industry cooperative dioxin study: "The 104 mill study". USEPA – United States Environmental Protection Agency. 29 pp. (1990)
https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/91014E3L.PDF?Dockey=91014E3L.PDF (em Inglês)

Pelo fato desses compostos organoclorados serem de altíssima periculosidade aos seres vivos, em função de serem compostos organoclorados persistentes, mutagênicos, carcinogênicos e perigosos para a vida humana e animal, o impacto foi enorme para a sociedade usuária de produtos em papel branco e também para as pessoas próximas aos pontos de lançamento de efluentes e resíduos desse tipo de fábricas. As dioxinas foram notadas não apenas nos efluentes hídricos desse tipo de fábricas, mas na polpa branqueada, nos produtos em papel branco, em gases de combustão de resíduos e até de madeira e nos resíduos sólidos lançados em aterros industriais. Dioxinas e furanos também se acumulavam em sedimentos no leito dos rios, em aterros sanitários e quando os produtos contendo os mesmos eram queimados se dispersavam para o ar atmosférico.

A descoberta resultou em uma imediata e enorme mobilização de ONGs – Organizações Não Governamentais ambientalistas, veículos da mídia de todos os tipos, cientistas e pesquisadores acadêmicos e de

institutos de pesquisas, consumidores de produtos papeleiros, organismos de controle e licenciamento ambiental, etc. Assim, praticamente toda a sociedade se colocou de prontidão, querendo mudanças nas especificações dos produtos celulósico-papeleiros e nas tecnologias de fabricação de celulose e papel branqueados.

Esse "efeito manada" criou uma espécie de "busca aos culpados" e de se tentar descobrir quem e onde estavam os criadores de compostos carcinogênicos e mutagênicos com características de persistência no meio ambiente. Isso acabou por desencadear uma onda nas dimensões de um tsunami que foi extremamente nefasta ao setor de celulose e papel: tanto à sua imagem, quanto aos questionamentos se a sociedade queria ou não esse tipo de produtos e seus fabricantes. Isso aconteceu em todo o mundo, irradiando-se de Estados Unidos para Canadá, Finlândia, Suécia, Japão, Brasil, Índia, Alemanha, Áustria e demais países onde se produzia celuloses e papéis branqueados.

Ao mesmo tempo em que surgiam novos desafios tecnológicos principalmente para os fabricantes de celulose kraft branqueada, algumas empresas pouco competitivas que ainda se valiam de produção de polpas celulósicas pelos processos ácidos sulfito/bissulfito conseguiam atingir com maior facilidade os níveis de 90%IS0 de alvura por branqueamentos totalmente isentos de cloro. Isso acabou criando uma competição muito acirrada e até irracional e desleal entre os fabricantes de polpas kraft e os de polpa sulfito. Irracional porque existiam grandes empresas globais que produziam os dois tipos de celulose em suas diversas fábricas e as que produziam polpas sulfito branqueadas via branqueamentos TCF desmereciam "as próprias polpas kraft da mesma empresa" ainda com branqueamentos tradicionais ou mesmo com branqueamentos ECF. Enfim, alguns países como Alemanha e Áustria surgiram com tentativas de desmerecer a fabricação de polpas kraft branqueadas ou não, a ponta de a Alemanha proibir, em um dado momento, a instalação de novas fábricas utilizando o processo kraft de polpação. Também as pastas de alto rendimento tentaram obter destaque nos mercados (e até conseguiram por certo tempo), uma vez que não utilizavam compostos de cloro no branqueamento.

Nesse momento em que o branqueamento da celulose era questionado pela sociedade, abriram-se portas para que alguns papéis fossem produzidos com celulose não branqueada ou deslignificada com oxigênio. Surgiram filtros para coar café, toalhas e papéis sanitários e até papéis de impressão fabricados com celuloses sem sofrer etapas de branqueamento. Em alguns casos se tentavam usos de "branqueamentos TCF rudimentares" para clarear um pouco a polpa não branqueada. Nessas situações o peróxido de hidrogênio encontrou sua oportunidade. Em outros,

como foi o caso do papel de impressão Ecograph inventado pela Riocell, fabricava-se esse papel com celulose kraft de eucalipto que sofria uma deslignificação com oxigênio.

As inovações corriam à solta, cada um tentando encontrar nichos novos de mercados, frente à histeria da população com medo dos papéis fabricados com celuloses branqueadas.

Papéis sanitários de cor marrom passaram a competir com os brancos

Papel Ecograph da Riocell – Impresso e a cores

Em resumo, foram anos de muita turbulência para os fabricantes de celulose kraft branqueada e que permaneceram desde 1988 até o início do século XXI.

As empresas globais de produção de celulose branqueada se mobilizaram na busca de tecnologias mais ecoeficientes e menos impactantes. Importante ressaltar que a união de esforços foi muito importante para a resolução dos pontos críticos do setor. Até mesmo porque todos sabiam que não adiantava apenas uma ou poucas empresas

se safarem do problema, era fundamental que todo o setor tirasse de si a mácula de poluente ambiental e emissor de "venenos" para o meio ambiente, com graves riscos para a sociedade e para a natureza.

Dessa forma, as empresas que mais investiam em pesquisas se uniram às outras menos favorecidas em termos tecnológicos para encontrar soluções que fossem adequadas e viáveis para todo o setor. Destacaram-se no Brasil, o esforço de empresas como: Riocell, Aracruz, Bahia Sul, Cenibra, Jari, Klabin, Suzano, dentre outras. Como esperado, as empresas exportadoras de celuloses e papéis recebiam pressões muito mais fortes dos mercados e, por isso mesmo, buscavam tecnologias e sistemas eficientes de gestão para a solução dos pontos críticos que tinham como fraquezas ambientais. Foram anos difíceis, mas de muito crescimento em termos de tecnologias e de formas de gestão ambiental e empresarial.

Somente a partir do início dos anos 2000's foi que a mídia e as ONG's se convenceram de que os processos de branqueamento ECF ou ECF-Light não impactavam significativamente o meio ambiente, já que dioxinas e furanos, quando existiam, aconteciam como isômeros de baixa toxicidade e periculosidade e em concentrações tão baixas que muitas vezes eram difíceis de serem quantificadas.

Entre 1988 até o final dos anos 1990's, praticamente todo o setor de fabricação de celuloses químicas branqueadas esteve fortemente envolvido em busca de novos mecanismos e processos para branquear a celulose por meios ambientalmente menos impactantes. Chegou-se ao exagero de se chamar a esses novos desenvolvimentos de "amigos do meio ambiente" (*environmentally-friendly*), mesmo que eles contivessem impactos ambientais ainda relevantes, como consumo elevado de água e de calor. Inclusive, durante esse período, não aconteceu um esforço para reduzir o consumo de água nas fábricas, já que caso isso acontecesse, as concentrações de dioxinas e furanos poderiam aumentar nos efluentes. Apesar de existir um ditado no setor de que "diluição não é método de controlar poluição", a diluição acabou existindo de alguma forma para alguns como maneira de reduzir as concentrações dos compostos organoclorados nas suas águas residuárias.

Nunca na história do setor se estudou tanto sobre o branqueamento das celuloses e sobre os efeitos ambientais das diversas sequências e dos reagentes químicos utilizados. Alguns produtos novos de oxidação passaram a ser cogitados e ganharam rapidamente introdução nas fábricas. Passou-se então a se cogitar o aumento da presença de "compostos de oxigênio" para substituição de compostos clorados.

Dentre os compostos de oxigênio, os vitoriosos foram:

- O próprio oxigênio em etapas de pré-deslignificação ao branqueamento (estágio O ou OO) ou em mistura à soda cáustica em extrações alcalinas (Eo);

- O peróxido de hidrogênio em misturas com a soda cáustica e/ou oxigênio em estágios de extração alcalina oxidativa (Ep ou E_{op}) ou em um estágio pressurizado incluindo também a presença de oxigênio (PO);

- O ozônio, geralmente em estágio inicial, como forma de degradar ácidos hexenurônicos e alguma lignina (estágio Z).

Cloro elementar e hipoclorito desapareceram nas fábricas de produção de polpas branqueadas de mercado, permanecendo ainda e ocasionalmente em algumas instalações primitivas trabalhando com pastas de fibras não madeiras ("non-wood fibers"). Isso em alguns países onde a legislação ambiental é pouco exercida ou pouco efetiva.

O dióxido de cloro se consolidou como um reagente químico clorado de alta efetividade para branquear as polpas e com pequeno impacto na geração de organoclorados. Acabou conseguindo se manter de maneira expressiva e importante nas novas sequências de branqueamento ECF.

Apesar dos milhares de estudos com algumas enzimas para branqueamento, seu uso ainda é diminuto, sendo algumas vezes consideradas etapas viáveis quando se dispõe de algum gargalo na fábrica em relação às quantidades de produção local de dióxido de cloro. Com isso, pode-se usar alguma enzima, em geral xilanases, para reduzir as necessidades em carga de dióxido de cloro, ou mesmo peróxido.

Outros reagentes continuam potenciais, pois não conseguiram ainda um sucesso comercial em maior escala (em função de preço, disponibilidade e efetividade industrial). Dentre eles temos: ácido peracético, ácido de Caro (ácido peroximonossulfúrico), etc. Também diversos catalisadores potenciais, entre os quais o molibdato, estão aguardando na fila para uma eventual nova oportunidade para serem introduzidos comercialmente. Em algumas situações em branqueamento de aparas brancas, o ácido peracético vem conseguindo abrir portas. Isso pode favorecer o crescimento de sua utilização.

Ainda durante a década de 1990, uma importante constatação sobre a composição do número kappa das polpas não branqueadas dos eucaliptos permitiu novos e significativos avanços em desenvolvimentos tecnológicos nas etapas iniciais do branqueamento. Até o ano de 1996, praticamente tudo que orientava o estágio inicial do branqueamento eram três variáveis:

Número Kappa, Viscosidade da Polpa e Carga Orgânica Dissolvida no Filtrado que acompanhava a polpa seca (expressa como kg DQO/t).

Acreditava-se, até aquele momento, que o número kappa seria uma indicação segura e fidedigna do teor de lignina presente nas polpas não branqueadas. Era tanta essa certeza, que existiam inúmeros estudos mostrando uma relação direta entre teor de lignina e número kappa das polpas.

Entretanto, em 1996, em alguns dos principais congressos internacionais que debatiam os avanços no branqueamento da celulose, a equipe de pesquisadores do VTT – Technical Research Centre of Finland, em estudos conjuntos com pesquisadores da HUT - Helsinki University of Technology (Finlândia), relataram que uma fração significativa do número kappa das polpas kraft não branqueadas ou parcialmente deslignificadas com oxigênio era devida a compostos modificados resultantes das hemiceluloses (xilanas), que são presentes principalmente nas madeiras de fibras curtas de folhosas. Para esses novos compostos descobertos e que consumem significativas quantidades de compostos oxidantes utilizados no branqueamento e nas determinações do número kappa se criou a denominação de Ácidos Hexenurônicos (HexAcds).

A partir desse novo conhecimento, uma nova ciência tecnológica se desenvolveu, em especial no Brasil, desde 1996 até o presente momento. Isso resultou na alteração das condições operacionais, dos tipos de reagentes químicos e do ordenamento de sequências de branqueamento. O objetivo tem sido minimizar os efeitos dos HexAcds para evitar que eles consumam quantidades significativas de compostos oxidativos de cloro ou oxigênio.

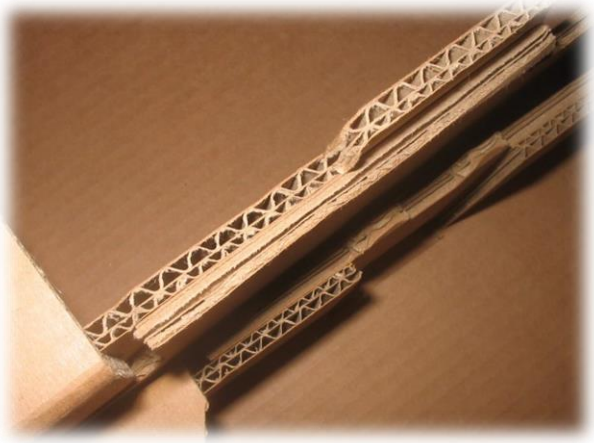
A forma mais simples de se degradar esses HexAcds foi descoberta como sendo a hidrólise a quente em condições ácidas. Dai surgiram modificações nas sequências de branqueamento com a introdução de estágios que atuam, simultaneamente ou não, sobre os HexAcds, sobre a fração realmente de lignina residual na polpa e sobre a carga orgânica dos filtrados que acompanhavam a polpa como contaminantes orgânicos demandadores de compostos oxidativos.

Esses estágios iniciais do branqueamento, que possuem a missão de hidrolisar os HexAcds das polpas kraft não branqueadas ou deslignificadas com oxigênio obtidas a partir de madeiras de folhosas (eucaliptos, bétula, acácia, etc.), foram os seguintes:

Ahot - Dhot - Z

...podendo ou não ser seguidos de uma lavagem da polpa.

Outras constatações que surgiram a seguir foram aquelas associadas à maior perda de alvura das polpas branqueadas devido à menor estabilidade da mesma, quando permanecessem residuais dos HexAcds nas polpas totalmente branqueadas. Com isso descoberto, muitas pesquisas foram realizadas e algumas modificações nos estágios finais das sequências permitiram a produção de alvuras mais estáveis.



Papelão não branqueado e papel branco de impressão

O Brasil é o maior exportador mundial de celulose de mercado branqueada obtida a partir do eucalipto e sua produção anual para esse tipo de fibras também é a maior do globo.

Por essa razão, é exatamente o Brasil o país onde mais se conhece e mais se estuda o branqueamento para esse tipo de celulose.

Logo, o que existe publicado e em aplicações industriais nas fábricas estado-da-arte no Brasil pode ser considerado como sendo o que de melhor e mais avançado tecnologicamente existe para o setor de branqueamento desse tipo de celulose.

Dessa forma, após milhares de estudos globais e nacionais para o branqueamento da celulose, realizados após o evento da descoberta das famigeradas dioxinas e furanos a partir de 1987/1988, pode-se afirmar que o estado-da-arte tecnológico do branqueamento da celulose kraft de eucalipto pode ser apresentado pelas seguintes sequências de branqueamento sendo utilizadas nas fábricas brasileiras, quais sejam:

- Em praticamente todas as unidades industriais, a existência logo após a digestão kraft, de uma etapa de pré-deslignificação com oxigênio, com um ou dois reatores, tecnologia que definitivamente está consolidada

entre a grande maioria das fábricas de celulose kraft de eucalipto na América do Sul.

Isso eu procurei destacar com o documento publicado em 2023, conforme a seguir:

Relato de Vida por Celso Foelkel: **Deslignificação com oxigênio para polpas kraft. Vivências no desenvolvimento desse processo tecnológico no Brasil.** C. Foelkel. Website www.celso-foelkel.com.br. 224 pp. (2023)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2023_Relato+Vida+CFoelkel+O2+Delignification.pdf (em Português)

- Para branqueamento de polpas de eucalipto destinadas à fabricação de papéis com fins sanitários ("*tissue*"), onde alvuras de 87 a 88% IS0 são suficientes, são as seguintes as sequências mais prováveis na atualidade:

AhotDEOPD

AhotDEOD

AhotDEPD

(AhotD)EpD

e

DhotEOPD

DhotEOD

DhotEPD

(DualD)(PO)D

(DualD)EPD

(DualD)EOPD

e

(AZ)D(PO)

- Para branqueamento de polpas de eucalipto destinadas à fabricação de papéis de impressão e escrita e papéis especiais (decorativos, etc.), onde alvuras acima de 89% são requeridas pelos clientes, são as seguintes as sequências mais prováveis na atualidade:

AhotDEOPDP

AhotDEODP

$A_{hot}DE_PDP$

AhotDEpDD

$A_{hot}D(PO)DnD$

e

$D_{hot}E_{OP}DP$

$D_{hot}E_{O}DP$

$D_{hot}E_{P}DP$

$D_{hot}(PO)DnD$

(DualD)(PO)DD

(DualD)(PO)DP

(DualD)E_PDD

(DualD)E_oDP

e

(AZ)E_{OP}DnD

(AZ)E_{OP}DP

(AZ)E_{OP}DD

(AZ)E_{O}DnD

(AZ)E_{P}DnD

(AZ)E_{O}DP

(AZ)E_{O}DD

(AZ)Q(PO)P

Onde:

A = Etapa de acidificação a quente, sem lavagem posterior visando à degradação dos ácidos hexenurônicos

A_{hot} = Etapa de acidificação a quente sem lavagem para degradação por hidrólise dos ácidos hexenurônicos

D_{hot} = Dioxidação ácida a quente para hidrólise de ácidos hexenurônicos

(A_{hot}D) = Estágios A_{hot} e D completamente integrados e sequencialmente sem lavagem entre ambos - na verdade, a maioria das sequências com Ahot seguem esse padrão, mas tudo depende de qual é a fonte de ácido sendo utilizada em A_{hot}

Z = Ozonização

P = Peroxidação

(PO) = Peroxidação pressurizada com a presença de oxigênio

DnD = Dois estágios de dioxidação sem lavagem entre eles

(DualD) = Estágio que combina adição de ácido sulfúrico previamente à adição de dióxido de cloro e que é realizado em reator a quente (90ºC) e por um maior tempo de reação, objetivando degradação de HexAcds e ganhos em alvura

Q = Quelação para eliminar íons catalisadores indesejados

Os estágios de extração oxidativa são os seguintes:

EOP = Extração oxidativa com oxigênio e peróxido conjuntamente à soda cáustica

EO = Extração oxidativa com oxigênio conjuntamente à soda cáustica

EP = Extração oxidativa com peróxido conjuntamente à soda cáustica

(PO) = Peroxidação pressurizada com a presença de oxigênio

Em realidade, todas essas variações em nossas fábricas acontecem em função dos objetivos de alvura, das idades tecnológicas dos equipamentos e também pela preferência na aquisição da linha de fibras de um ou outro dos dois principais fornecedores: Andritz e Valmet.

Um maravilhoso trabalho escrito e apresentado pela equipe da antiga Fibria (atual Suzano) na IPBC – International Pulp Bleaching Conference de 2014, evento que foi realizado em Grenoble – França, conseguiu de forma muito eficiente e clara, trazer o cenário daquele momento em termos de sequências de branqueamento da celulose kraft de eucalipto na América do Sul. A palestra descreve com muito sucesso quais as sequências estavam sendo utilizadas para branquear esse tipo de celulose, levando em conta a capacidade de produção anual, idade tecnológica da fábrica e relacionamentos com outras tecnologias em aplicação ou desenvolvimento. Os autores, renomados técnicos brasileiros do setor de celulose e papel, foram os amigos: Marcelo Rodrigues da Silva e Otávio Mambrim Filho, contando com a colaboração de uma equipe diversificada das diferentes unidades industriais da empresa.

Conheçam essa preciosidade tecnológica em:

The scenario of pulp bleaching technologies in South America. M.R. Silva; O. Mambrim Filho. IPBC - International Pulp Bleaching Conference. Apresentação em PowerPoint: 38 slides. (2014)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2014_Scenario+Pulp+Bleaching+SA.pdf (em Inglês)

Observando as sequências utilizadas há cerca de uma década atrás e que estão relatadas na palestra referenciada anteriormente, é possível se notar que as novas e atuais unidades industriais do setor parecem que estão mantendo tecnologias similares às de 2014. Ou seja, estamos já há praticamente uma década dentro do mesmo estado tecnológico, cuidando atualmente em otimizar as interfaces do branqueamento com outras áreas da fábrica e da própria linha de fibras.

Dentre essas otimizações, podem ser citadas:

- Qualidade mais uniforme da qualidade da madeira e da granulometria dos cavacos;
- Polpação modificada para resultar em maiores rendimentos de polpação e maior estabilidade da qualidade da polpa deixando o digestor;
- Lavagens de polpas muito mais eficientes;
- Uso de licor branco não oxidado para a pré-deslignificação, resultando que a oxidação do sulfeto de sódio irá necessariamente acontecer etapa de deslignificação com oxigênio;
- Integração na recuperação de calor entre as etapas de polpação kraft e do branqueamento;
- Recuperação de calor dos filtrados quentes do branqueamento, para redução da temperatura do efluente setorial do branqueamento;
- Utilização de misturadores dinâmicos mais efetivos;
- Redução dos tempos de retenção, concomitante às reduções de carga de químicos nos estágios do branqueamento;
- Utilização de torres e não de reatores para estágios onde forem possíveis: Ahot, Ep, etc.
- Uso da gravidade a partir da saída da polpa em torres de fluxo ascendente, em substituição às bombas;
- Construção da etapa de lavagens entre estágios em áreas externas e descobertas;

- Redução do consumo de água por lavagens em contracorrente dentro dos estágios do branqueamento, onde tecnicamente viável;

- Reciclagem do filtrado da máquina de formação de folhas para uso como água de lavagem no branqueamento;

- Alto grau de controle automatizado no branqueamento baseado em balanços de massa/energia e com alarmes em caso de anormalidades;

- Produção de polpas com níveis de alvura diferentes (cerca de 88% e cerca de 90%ISO, conforme a necessidade dos mercados);

- Integração do branqueamento com algumas das plataformas das biorrefinarias.

Algumas associações técnicas se destacaram na organização de eventos focados sobre o branqueamento da celulose, já que o tema sempre apresenta certo nível de urgência e interesse para todos e não há motivos para esconder resultados. O compartilhamento de conhecimentos técnicos tem sido vital para homogeneizar conhecimentos e estabelecer as melhores formas de dialogar para responder às pressões que possam vir, principalmente dos órgãos de controle ambiental.

A situação dos técnicos que licenciam as empresas para instalar e operar uma fábrica de celulose ficou bem complicada durante a fase mais crítica dos branqueamentos relacionados à geração de TCDDs e TCDFs. Eles ficaram e ainda ficam muito sensíveis às pressões e notícias alarmantes com cunho emocional. Obviamente, eles poderiam se sentir tolhidos e inibidos em autorizar algo, pois se houver consequências ambientais, terão que responder a processos administrativos e até por queijas crime.

Por essa razão, para melhorar o grau de conhecimentos atuais para o pessoal das entidades públicas licenciadoras e fiscalizadoras ficou comum a presença de autoridades públicas ambientais participando de eventos técnicos. Assim sendo, eles podem acompanhar o que está acontecendo no setor em desenvolvimentos tecnológicos menos impactantes ao meio ambiente.

Consequentemente, sempre têm sido frequentes as presenças em eventos nacionais e internacionais de técnicos de empresas fabricantes de celulose e papel; de pesquisadores acadêmicos; de fornecedores de equipamentos, tecnologias e reagentes químicos; de legisladores e técnicos de organismos licenciadores ambientais; etc. etc. E não apenas pessoas do próprio setor de celulose e papel, pois se assim fossem, elas estariam falando e palestrando como se fosse para elas próprias.

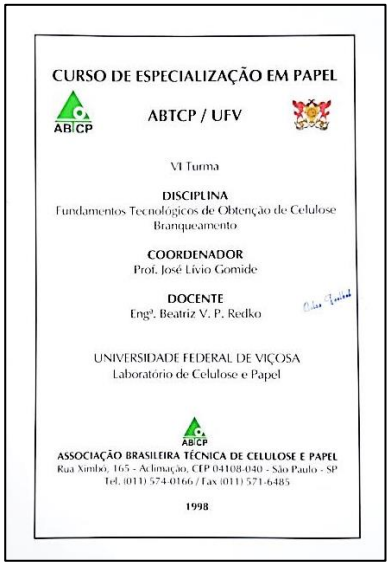
Dentre as associações que sempre se destacaram na organização de eventos que privilegiam a apresentação dos avanços tecnológicos mais recentes com o branqueamento da celulose, podem ser citadas:

Tappi – Technical Association of the Pulp and Paper Industry (USA)

Paptac – Pulp and Paper Technical Association of Canada

Miller Freeman / Pulp and Paper International – com sua International Non-Chlorine Bleaching Conference, que ocorreu principalmente na época mais crítica dos poluentes organoclorados (anos 1990's): https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/News49_Non_Chlorine_Bleaching.pdf

ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel – com alguns congressos, cursos e encontros especiais sobre deslignificação, branqueamento da celulose, bem como seu Congresso Anual Internacional


CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM PAPEL

ABTCP / UFV

VI Turma

DISCIPLINA
Fundamentos Tecnológicos de Obtenção de Celulose Branqueamento

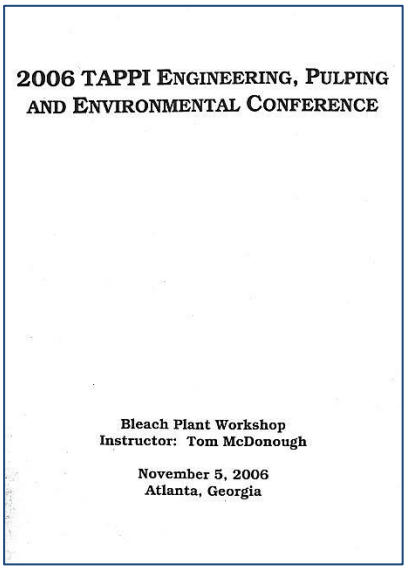
COORDENADOR
Prof. José Lívio Gomide

DOCENTE
Engª. Beatriz V. P. Redko

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
Laboratório de Celulose e Papel

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL
Rua Ximbo, 165 - Aclimação, CEP 04108-040 - São Paulo - SP
Tel. (011) 574-0166 / Fax (011) 571-6485

1998


2006 TAPPI ENGINEERING, PULPING AND ENVIRONMENTAL CONFERENCE

Bleach Plant Workshop
Instructor: Tom McDonough

November 5, 2006
Atlanta, Georgia

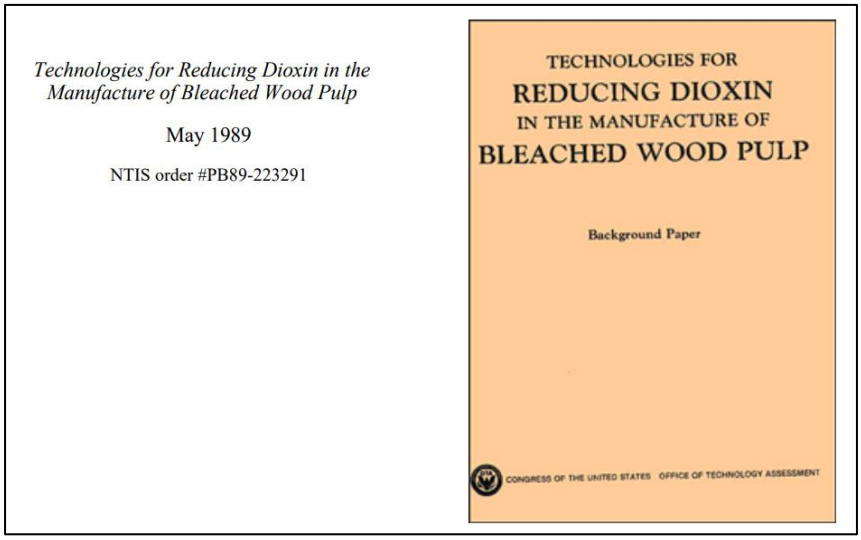
SESSÃO TÉCNICA II
BRANQUEAMENTO

TECHNICAL SESSION II (October 24, 2000)
BLEACHING

ABTCP-TAPPI 2000

TAPPI

Além das contribuições das associações, as empresas produtoras de celulose kraft, as empresas fornecedoras de papel, bem como as universidades e institutos de pesquisa se mostraram vitais na apresentação de resultados de suas pesquisas e inovações em revistas, eventos e patentes de proteção de descobertas tecnológicas. Diversas empresas do setor, que usualmente não eram orientadas ao patenteamento de suas invenções tecnológicas, aproveitaram a oportunidade para se aventurarem nessa atividade. Alguns de nossos renomados autores de trabalhos técnicos passaram também a disputar o mercado de engenharia com novas e patenteadas tecnologias.



Technologies for Reducing Dioxin in the Manufacture of Bleached Wood Pulp

May 1989

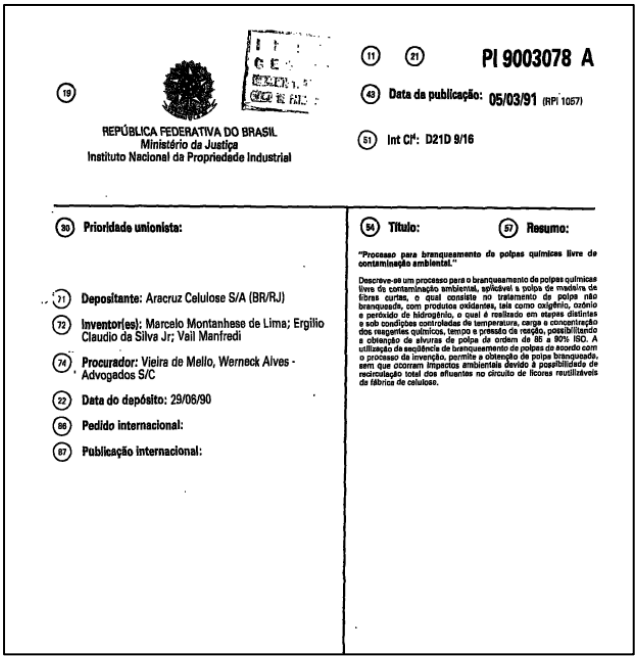
NTIS order #PB89-223291

TECHNOLOGIES FOR
REDUCING DIOXIN
IN THE MANUFACTURE OF
BLEACHED WOOD PULP

Background Paper

CONGRESS OF THE UNITED STATES OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT

Fonte do livro: https://www.princeton.edu/~ota/disk1/1989/8931/8931.PDF (em Inglês)



(19) REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
Ministério da Justiça
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) (21) PI 9003078 A

(43) Data da publicação: 05/03/91 (RPI 1057)

(51) Int Cl⁵: D21D 9/16

(30) Prioridade unionista:

(71) Depositante: Aracruz Celulose S/A (BR/RJ)

(72) Inventor(es): Marcelo Montanhese de Lima; Ergílio Claudio da Silva Jr; Vail Manfredi

(74) Procurador: Vieira de Mello, Werneck Alves - Advogados S/C

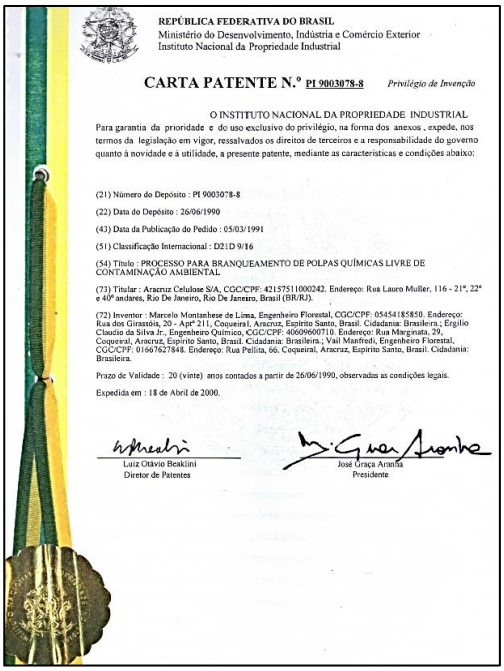
(22) Data do depósito: 29/06/90

(86) Pedido internacional:

(87) Publicação internacional:

(54) Título: "Processo para branqueamento de polpas químicas livre de contaminação ambiental."

(57) Resumo: Descreve-se um processo para o branqueamento de polpas químicas livre da contaminação ambiental, aplicável a polpa de madeira de fibras curtas, e qual consiste no tratamento de polpa não branqueada, com produtos oxidantes, tais como oxigênio, ozônio e peróxido de hidrogênio, o qual é realizado em etapas distintas e sob condições controladas de temperatura, carga e concentração dos reagentes químicos, tempo e pressão da reação, possibilitando a obtenção de alvuras de polpa de ordem de 85 a 90% ISO. A utilização da seqüência de branqueamento de polpas de acordo com o processo da invenção, permite a obtenção de polpa branqueada, sem que ocorram impactos ambientais devido à possibilidade de recirculação total dos efluentes no circuito de licores reutilizáveis da fábrica de celulose.



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

CARTA PATENTE N.º PI 9003078-8 *Privilégio de Invenção*

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL
Para garantia da prioridade e do uso exclusivo do privilégio, na forma dos anexos, expede, nos termos da legislação em vigor, ressalvados os direitos de terceiros e a responsabilidade do governo quanto à novidade e à utilidade, a presente patente, mediante as características e condições abaixo:

(21) Número do Depósito : PI 9003078-8

(22) Data do Depósito : 26/06/1990

(43) Data da Publicação do Pedido : 05/03/1991

(51) Classificação Internacional : D21D 9/16

(54) Título : PROCESSO PARA BRANQUEAMENTO DE POLPAS QUÍMICAS LIVRE DE CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL

(73) Titular : Aracruz Celulose S/A, CGC/CPF: 42157511000242. Endereço: Rua Lauro Muller, 116 - 21º, 22º e 40º andares, Rio De Janeiro, Rio De Janeiro, Brasil (BR/RJ).

(72) Inventor : Marcelo Montanhese de Lima, Engenheiro Florestal, CGC/CPF: 05454185850. Endereço: Rua dos Girassóis, 20 - Aptº 211, Coqueiral, Aracruz, Espírito Santo, Brasil. Cidadania: Brasileira.; Ergílio Claudio da Silva Jr., Engenheiro Químico, CGC/CPF: 40609600710. Endereço: Rua Marginata, 29, Coqueiral, Aracruz, Espírito Santo, Brasil. Cidadania: Brasileira.; Vail Manfredi, Engenheiro Florestal, CGC/CPF: 01667627848. Endereço: Rua Pelita, 66, Coqueiral, Aracruz, Espírito Santo, Brasil. Cidadania: Brasileira.

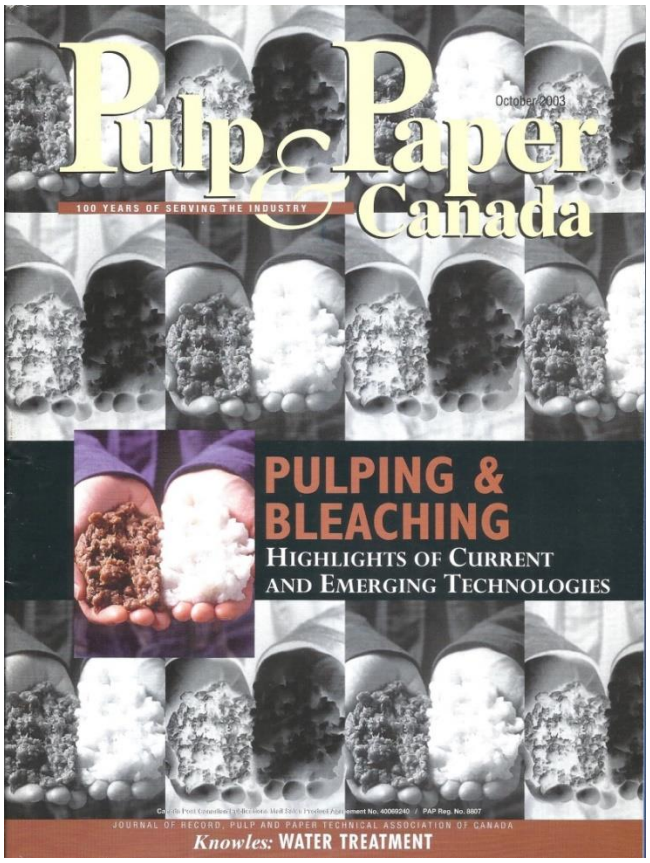
Prazo de Validade : 20 (vinte) anos contados a partir de 26/06/1990, observadas as condições legais.

Expedida em : 18 de Abril de 2000.

Luiz Otávio Beaklini
Diretor de Patentes

José Graça Aranha
Presidente

Fontes:
Páginas-rosto de algumas patentes brasileiras sobre o branqueamento da celulose

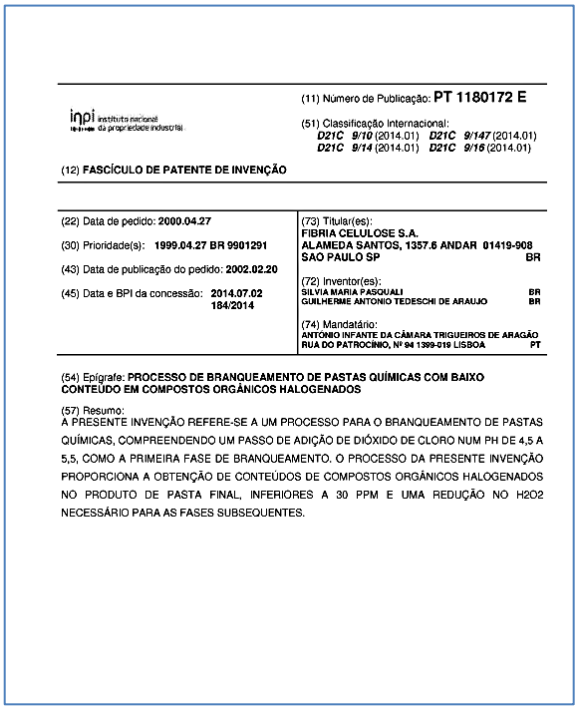


Os processos de fabricação de celuloses branqueadas ganharam as capas das principais revistas do setor

Capa da Revista Pulp & Paper Canada Outubro 2003

Fontes abaixo:

Páginas-rosto de algumas patentes brasileiras sobre o branqueamento da celulose



inpi instituto nacional da propriedade industrial

(11) Número de Publicação: **PT 1180172 E**

(51) Classificação Internacional:
D21C 9/10 (2014.01) *D21C 9/147* (2014.01)
D21C 9/14 (2014.01) *D21C 9/16* (2014.01)

(12) **FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(22) Data de pedido: **2000.04.27**

(30) Prioridade(s): **1999.04.27 BR 9901291**

(43) Data de publicação do pedido: **2002.02.20**

(45) Data e BPI da concessão: **2014.07.02**
184/2014

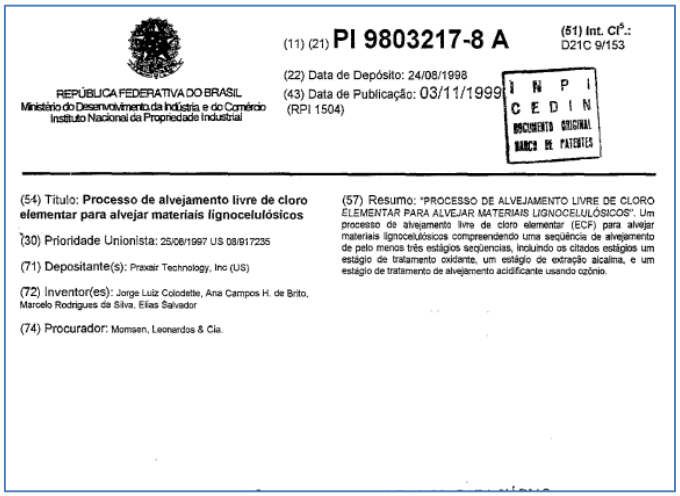
(73) Titular(es):
FIBRIA CELULOSE S.A.
ALAMEDA SANTOS, 1357.6 ANDAR 01419-908
SAO PAULO SP BR

(72) Inventor(es):
SILVIA MARIA PASQUALI BR
GUILHERME ANTONIO TEDESCHI DE ARAUJO BR

(74) Mandatário:
ANTONIO INFANTE DA CÂMARA TRIGUEIROS DE ARAGÃO
RUA DO PATROCÍNIO, Nº 94 1399-019 LISBOA PT

(54) Epígrafe: **PROCESSO DE BRANQUEAMENTO DE PASTAS QUÍMICAS COM BAIXO CONTEÚDO EM COMPOSTOS ORGÂNICOS HALOGENADOS**

(57) Resumo:
A PRESENTE INVENÇÃO REFERE-SE A UM PROCESSO PARA O BRANQUEAMENTO DE PASTAS QUÍMICAS, COMPREENDENDO UM PASSO DE ADIÇÃO DE DIÓXIDO DE CLORO NUM PH DE 4,5 A 5,5, COMO A PRIMEIRA FASE DE BRANQUEAMENTO. O PROCESSO DA PRESENTE INVENÇÃO PROPORCIONA A OBTENÇÃO DE CONTEÚDOS DE COMPOSTOS ORGÂNICOS HALOGENADOS NO PRODUTO DE PASTA FINAL, INFERIORES A 30 PPM E UMA REDUÇÃO NO H2O2 NECESSÁRIO PARA AS FASES SUBSEQUENTES.



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
Ministério do Desenvolvimento da Indústria e do Comércio
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) (21) **PI 9803217-8 A**

(51) Int. Cl[6]: D21C 9/153

(22) Data de Depósito: 24/08/1998
(43) Data de Publicação: 03/11/1999
(RPI 1504)

INPI CEDIN DOCUMENTO ORIGINAL BANCO DE PATENTES

(54) Título: **Processo de alvejamento livre de cloro elementar para alvejar materiais lignocelulósicos**

(30) Prioridade Unionista: 25/08/1997 US 08/917235

(71) Depositante(s): Praxair Technology, Inc (US)

(72) Inventor(es): Jorge Luiz Colodette, Ana Campos H. de Brito, Marcelo Rodrigues da Silva, Elias Salvador

(74) Procurador: Momsen, Leonardos & Cia.

(57) Resumo: "PROCESSO DE ALVEJAMENTO LIVRE DE CLORO ELEMENTAR PARA ALVEJAR MATERIAIS LIGNOCELULÓSICOS". Um processo de alvejamento livre de cloro elementar (ECF) para alvejar materiais lignocelulósicos compreendendo uma seqüência de alvejamento de pelo menos três estágios seqüencias, incluindo os citados estágios um estágio de tratamento oxidante, um estágio de extração alcalina, e um estágio de tratamento de alvejamento acidificante usando ozônio.

Além disso, sempre têm sido frequentes os cursos internacionais sobre branqueamento da celulose, edições de livros específicos sobre esses temas, etc. Até mesmo as entidades patronais, as de legislação e licenciamento ambientais de empreendimentos e os bancos financiadores de novos projetos de fábricas passaram a realizar eventos e a lançar livros e documentos sobre o branqueamento da celulose e seus impactos ambientais, tais como as seguintes:

USEPA – U.S. Environmental Protection Agency:
https://search.epa.gov/epasearch/?querytext=pulp+bleaching&areaname=&areacontacts=&areasearchurl=&typeofsearch=epa&result_template=#/ =#/

NCASI – National Council of the Paper Industry for Air and Stream Improvement:
https://www.ncasi.org/?s=pulp+bleaching

Environment Canada:
https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/search.html?q=pulp+bleaching&wb-srch-sub=

CEPI – Confederation of the European Paper Industry
https://www.google.com.br/search?q=site%3Ahttps%3A%2F%2Fwww.cepi.org%2F+bleaching&sca_esv=

World Bank (Banco Mundial)
https://www.worldbank.org/en/search?q=pulp+bleaching+paper+industry

Os bancos de dados dessas entidades podem ser consultados através de seus websites e frente à riqueza dos mesmos quase sempre o interessado encontra respostas às suas necessidades.

No caso do Brasil, foram os seguintes os fatores alavancadores para o desenvolvimento rápido e qualificado do conhecimento tecnológico e das iniciativas de empresas industriais para se interessarem em aventurar em novos processos de branqueamento da celulose química, em especial as obtidas pelo processo kraft:

- A necessidade urgente dos fabricantes de celulose kraft branqueada de eucalipto com finalidades de exportação para encontrar soluções às restrições ambientais a seus produtos pelos clientes, principalmente os clientes europeus e norte-americanos;
- A atuação de estímulo à geração e a disseminação de conteúdos pela ABTCP através de seus veículos de comunicação, eventos, websites, etc.;
- O intenso envolvimento na busca de novos conhecimentos e desenvolvimentos de tecnologias pelas empresas brasileiras líderes na produção de celulose branqueada e/ou de papel branco desde que surgiu o modelo exportador de celulose e papel nos anos 1970's: Riocell; Cenibra; Suzano; Aracruz Celulose; Bahia Sul; Ripasa; Champion; Klabin; Jari; VCP – Votorantim Celulose e Papel; International Paper; Sylvamo; CMPC; Fibria, etc.;
- A importante participação dos fornecedores de produtos químicos, equipamentos e engenharia para o aperfeiçoamento e novos desenvolvimentos tecnológicos mais qualificados ambientalmente para o branqueamento da celulose: Kamyr/Kvaerner; Poyry; Sunds; GLV; Aga; Degussa; Eka Nobel; Peróxidos do Brasil; White Martins; Beloit; Ahlstrom; Metso, Valmet; Andritz; Praxair; Solvay; Air Products; etc.; etc.;
- Diversas universidades e institutos de pesquisa com estudos técnicos, cursos e eventos de alto grau de qualificação: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo; USP – Universidade de São Paulo (Escola Politécnica, ESALQ, Institutos de Química de São Carlos e de Lorena, etc.); UFV – Universidade Federal de Viçosa; UFRRJ – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; Unicamp – Universidade Estadual de Campinas; UFPR – Universidade Federal do Paraná; UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina; UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul; etc., etc.;
- A integração entre institutos de pesquisas nacionais e internacionais;
- O monitoramento constante e adequado pelas empresas industriais e entidades e institutos brasileiros do setor de celulose e papel para acompanhamento do que estava acontecendo globalmente com as tecnologias de se branquear a celulose kraft;
- A atuação internacional de empresas brasileiras exportadoras de celulose e papel e as suas instituições associativas (Abecel, ANFPC,

Bracelpa, Ibá, etc.), que têm sempre procurado acompanhar as demandas sobre as novas exigências para as polpas branqueadas comercializadas globalmente;

- A formação de recursos humanos qualificados através de cursos de pós-graduação e desenvolvimento de teses e dissertações voltadas para desenvolvimento de conhecimentos e tecnologias para o branqueamento da celulose;
- Dentre outras ações e atividades mais.

Pela enorme e diversificada produção técnica e científica no Brasil sobre o branqueamento da celulose, em especial para a celulose kraft de eucalipto, em inúmeras universidades, empresas e institutos de pesquisas, resultando em abundante geração de publicações nacionais e internacionais de inegável valor, pode-se dizer que nosso País teve definitivamente um papel muito relevante nos desenvolvimentos sobre as tecnologias de se branquear a celulose kraft

Muitas pesquisas, muitos estudos, muitas publicações

E a integração entre empresas e pessoas dos produtores, fornecedores, usuários e geradores de conhecimentos e tecnologias

Enfim, o Brasil deixou de ser apenas um seguidor ou espectador de tecnologias e seus desenvolvimentos, acompanhando o que era desenvolvido pelos outros, para se tornar uma das principais fontes de geração de conhecimentos científicos e tecnológicos sobre o branqueamento da celulose kraft, em particular as de Eucalyptus

A partir de 2006, as coisas sossegaram, as pesquisas e os desenvolvimentos com o branqueamento da celulose reduziram em quantidade, até porque o setor produtivo e os pesquisadores nacionais e até os globais passaram a acreditar que as tecnologias disponíveis para o branqueamento da polpa já estavam "suficientemente verdes" (ou ambientalmente corretas) e pouco mais haveria a se pesquisar.

PURO ENGANO!!!!...

O setor de branqueamento da celulose é uma das áreas das fábricas kraft que ainda consome muita água limpa, mais gera efluentes com cargas elevadas de materiais orgânicos dissolvidos, contendo residuais significativos de produtos químicos agressivos e corrosivos e onde se consome ainda muita energia térmica.

...Ou seja, ainda temos muito a realizar e isso deverá nos desafiar em um breve futuro

O desafio de fechamento dos circuitos de águas usadas e liberadas pelo setor de branqueamento da celulose definitivamente não é algo simples. Isso continua a ser um entrave importante nas buscas das fábricas de celulose com um ciclo fechado no uso de água.

Isso me fez recordar de uma importante e celebrada tentativa de fechamento total de circuito para o branqueamento da celulose kraft. Algo que aconteceu durante os anos 1970's a 1980's. O tema e as requeridas experiências em bancada e industrial foram intensamente estudados ainda nos anos 1970's pelos renomados pesquisadores William Howard Rapson & Douglas Reeve.

A meta era fechar completamente as saídas de efluentes do branqueamento da celulose em uma unidade industrial situada em Thunder Bay da empresa Great Lakes Forest Products em Ontário, Canadá. Apesar das muitas esperanças colocadas nesse desenvolvimento, o fracasso foi grande, principalmente pela incapacidade das tecnologias e dos materiais utilizados em evitar a intensa corrosão.

O processo Rapson-Reeve foi baseado no conceito de reciclagem dos filtrados do branqueamento para outras áreas da fábrica de celulose, eliminando assim os efluentes do setor de branqueamento. A carga orgânica oriunda do branqueamento era queimada na caldeira de recuperação junto com o licor preto. O conteúdo salino desses efluentes (principalmente NaCl) seria removido através de um sistema recuperador de sal. Entretanto, a remoção de sal não era completa, e por isso mesmo, muitos dos problemas aconteceram no setor de recuperação, com corrosão

significativa no superaquecedor da caldeira de recuperação que recebia o impacto dos sais corrosivos na superfície de seus tubos. Também aconteceram perdas na qualidade no licor preto, no licor verde e consequentes problemas na caustificação, evaporadores, etc.

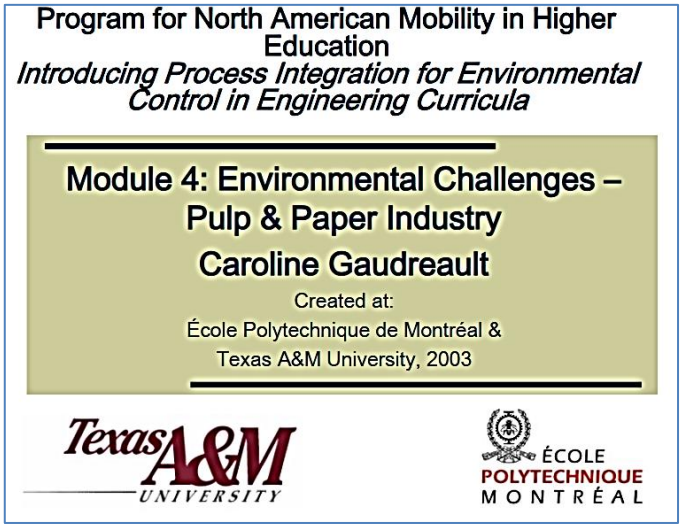
O sistema que se iniciou por volta de 1976/1978 foi mantido por cerca de 10 anos, com tentativas de correções dos problemas, para que finalmente, em 1988, a empresa se desse por vencida e encerrou o sistema de reciclagem dos filtrados. Uma esforço enorme, mas sem se atingir o sucesso. E com enormes perdas financeiras pelos investimentos sem resultados e perdas de produção na específica fábrica.

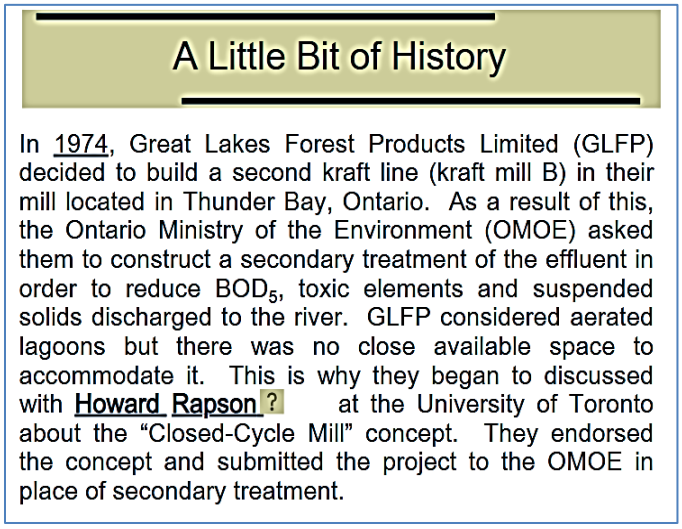
Conheçam um pouco dessa história em um relatório lançado pelo NCASI em 1988, que teve a orientação de meu saudoso e estimado amigo Isaiah Gellman:

Pulp and paper mill in-plant and closed cycle technologies - A review of operating experience, current status, and research needs. I. Gellman. NCASI Technical Bulletin # 557. p.: 20 – 27. (1988)

https://www.ncasi.org/wp-content/uploads/2019/02/tb557.pdf (em Inglês)

e muitos outros mais trabalhos publicados em nível global:





Fonte e Autoria das Imagens acima: https://slideplayer.com/slide/4002260/

Apresentação por Caroline Gaudreault

Artigo Técnico *Technical Article*

Progressos Obtidos no Branqueamento para se atingir Alta Alvura com Baixa Reversão

Progress in Bleaching to Top Brightness with low Reversion

Autores: Hans U. Suess, César Leporini Filho
Referência: Degussa

Fonte: Artigo citado na bibliografia ao final desse relato

O próprio título do artigo acima descreve muito bem os objetivos do branqueamento atual para as polpas kraft branqueadas para mercado, seja de quaisquer tipos de matérias-primas fibrosas

Artigo Técnico *Technical Article*

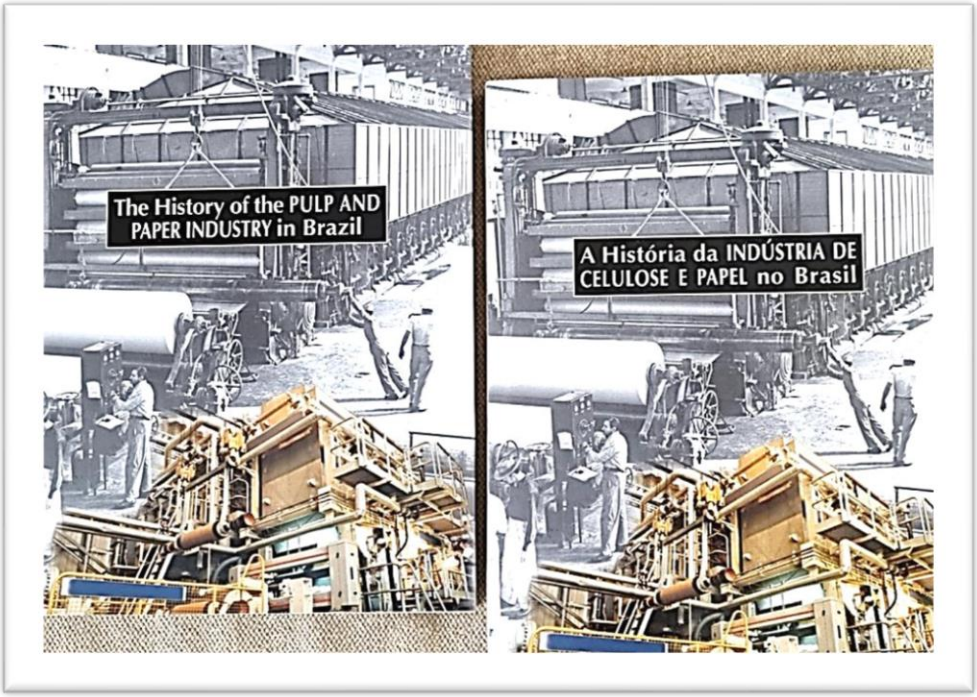
Avaliação de diferentes tecnologias de branqueamento para obtenção de polpa *kraft* de eucalipto

Evaluation of different bleaching technologies for obtaining eucalyptus kraft pulp

Autores/*Authors*: Robles, Y. A. M[1].
Souza L. C.[2]
Filho, C. L.[3]

Fonte: Artigo citado na bibliografia ao final desse relato

05. Minhas vivências colaborando para o desenvolvimento do branqueamento da celulose kraft de eucalipto em um relato associado a essa histórica evolução tecnológica no Brasil



Um caminho percorrido e vivido intensamente pelo autor em relação aos estudos e ao pioneirismo das tecnologias para se branquear as polpas kraft de eucaliptos

Livro: **A história da indústria de celulose e papel no Brasil**. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Coordenação e colaboração geral redacional: Gastão Estevão Campanaro; Celso Foelkel. 158 pp. (2004)

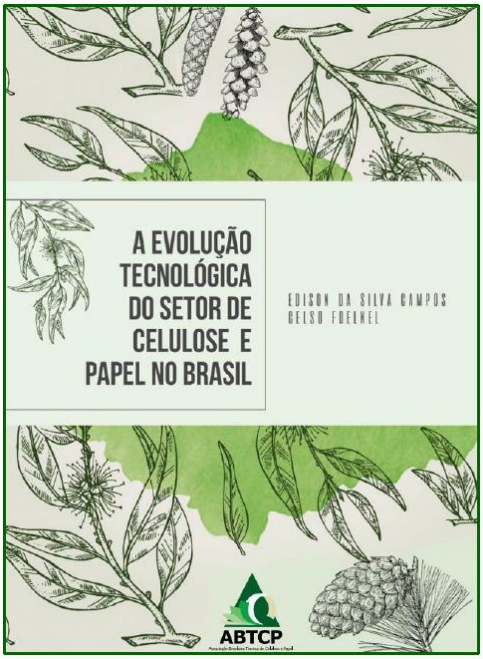
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2004_Historia+Industria+C&P_ABTCP.pdf (em Português)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2004_Historia+Industria+C&P_ABTCP_English.pdf (em Inglês)

Entendendo as diferenças, virtudes, desafios, problemas e vantagens das diversas rotas tecnológicas para o branqueamento da celulose kraft obtida a partir das madeiras de eucalipto

Diversos dos desafios e conquistas tecnológicas do setor brasileiro de celulose e papel podem ser encontrados para leitura nos documentos a seguir.



CAPÍTULO 03 - O PROCESSO *KRAFT* DE FABRICAÇÃO DE CELULOSE | 37

CAPÍTULO 03

O PROCESSO *KRAFT* DE FABRICAÇÃO DE CELULOSE

O cozimento ou processo de polpação sulfato ou *Kraft*

As primeiras fábricas de celulose utilizando digestores com cozimentos por bateladas ou *batch* pelo processo *Kraft*, na América do Norte, foram construídas no Canadá, em East Angus, Quebec, pela Brompton Pulp and Paper Co., em 1907, e nos Estados Unidos, em 1911. Por outro lado, existe certa incerteza com relação à primeira fábrica que produziu polpa *Kraft* nos EUA (37).

A Halifax Paper Co. em Roanoke Rapids, N.C., iniciou em 1907 a construção de uma fábrica de 12 t de polpa/dia, que veio a realizar o primeiro cozimento de polpa *Kraft* de pinheiro do sul, em 26 de fevereiro de 1909. Essa fábrica de polpa consistia de dois digestores rotatórios, soldados, de 30 m^3, e de seis difusores soldados, de 32 m^3, feitos na Alemanha, servindo esses últimos para lavar a polpa até deixá-la isenta de licor residual (37).

Pouco antes da fábrica de Roanoke Rapids entrar em operação, uma fábrica de polpa pelo processo soda foi construída em Pensacola, Flórida, a qual não teve êxito em produzir uma boa pasta comercial. Finalmente, a Letcher-Moore Lumber Co. comprou a fábrica e a deslocou para Orange, Texas. Em 1911, o processo foi mudado de soda para *Kraft* e, a partir daí, a fábrica teve êxito em obter um produto comercial e seguro (37).

Uma polpa de adequada qualidade pode ser produzida usando-se digestores por bateladas (*batch*) ou contínuos, e a escolha apropriada leva em consideração fatores relevantes. Entretanto, ao longo do tempo, os digestores por bateladas foram dando lugar aos digestores contínuos, devido principalmente à praticidade e economicidade desses equipamentos e pela obtenção de polpas com características estáveis (37).

Nos digestores contínuos, a matéria-prima e os cavacos são introduzidos ininterruptamente por meio de válvulas especiais, sendo os produtos descarregados de maneira simultânea – em função da carga contínua de cavacos, a descarga de polpa também o é. Os digestores contínuos cilíndricos verticais são os predominantes no mercado. O ciclo de operação do cozimento nesses digestores é iniciado com a introdução dos cavacos e do licor no digestor, seguido do aquecimento do conjunto até a temperatura estabelecida, comumente em torno de 160-170 °C, sob pressão (37).

A primeira instalação comercial de um digestor contínuo do tipo Kamyr foi concretizada em 1950. Esse primeiro digestor contínuo, instalado em uma fábrica da Suécia, tinha a capacidade de 30 t/dia. Quando os digestores contínuos tornaram-se operacionais no final da década de 1950 e o início da de 1960, inúmeras vantagens tornaram-se conhecidas, dentre as quais se destacaram o menor custo de energia e a redução da poluição (253).

A partir de 1960, observou-se um crescente aumento no número de unidades contínuas em

Livro: **A evolução tecnológica do setor de celulose e papel no Brasil.** E.S. Campos; C. Foelkel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 228 pp. (2017)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/2017_Livro_EvolucaoTecnologica_Celulose_Papel_Brasil.pdf (em Português)

Capítulo de Livro: **A evolução tecnológica do setor: Do "quase nada" ao "quase tudo" em termos de avanços tecnológicos na fabricação de celulose e papel no Brasil.** Capítulo por Celso Foelkel. *In:* "A evolução tecnológica do setor de celulose e papel no Brasil". E.S. Campos; C. Foelkel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. p: 182 – 189. (2017)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2017_Quase+Nada_Quase+Tudo.pdf (em Português)

Seção de Capítulo de Livro: **O branqueamento das polpas celulósicas**. E.S. Campos; C. Foelkel. *In:* "A evolução tecnológica do setor de celulose e papel no Brasil. Capítulo 03: O processo kraft de fabricação de celulose". ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel p.: 45 – 52. (2017)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2017_Section+Livro+Branqueamento+Polpas+Celulosicas.pdf (em Português)

5.1. Anos Iniciais - "*Early years*" do Celso Foelkel com o desenvolvimento dos processos de branqueamento da celulose kraft de eucalipto no Brasil:

Entre 1967 a 1976: ***ESALQ + SUNY***

Minhas primeiras experiências práticas com o branqueamento da celulose aconteceram no estágio não remunerado que eu havia iniciado em agosto de 1967 na SQCP - Seção de Química, Celulose e Papel, do Departamento de Silvicultura, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (USP – Universidade de São Paulo), em Piracicaba/SP. Meu orientador durante os anos iniciais de minha carreira no setor foi o legendário e renomado professor Doutor Luiz Ernesto George Barrichelo, um professor, mentor e um químico de primeira linha. Um amigo de décadas. Como estagiário, permaneci ali até o final de 1970, quando me formei. Depois, com bolsa de estudos, iniciei meu mestrado e ali fiquei, tendo todo o apoio do professor Barrichelo, até janeiro de 1972, quando me mudei para os Estados Unidos para estudar em curso de mestrado.

A partir de 1967, entre outros estudos, comecei a ler alguns livros e artigos que professor Barrichelo me ofereceu, e que tinham referências e escritas sobre o branqueamento. Era quase tudo em Inglês, já que muito pouco existia publicado no Brasil no idioma Português. Afinal, a própria associação técnica, nossa atual ABTCP (Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel), que tanto nos oferece hoje em termos de textos e cursos sobre o branqueamento, estava ainda engatinhando, pois ela foi fundada no início de 1967. Entretanto, já se tinha no Brasil pessoas que já possuíam muito boa experiência no branqueamento da celulose, como o muito qualificado doutor Antanas Stonis (Suzano), o Dr. Wilhelm Overbeck (IPT/SP), e pouco tempo depois, nossa inesquecível doutora Beatriz Vera Pozzi Redko (IPT/SP). Também havia quase sempre a presença de técnicos

estrangeiros nas primeiras Convenções Técnicas (hoje Congressos) da ABTCP (na época ABCP) que vinham palestrar e colocar também seus estudos na forma de artigos para a Revista O Papel. Fui assim ouvindo, lendo e aprendendo sobre o branqueamento da celulose.

Minhas primeiras práticas laboratoriais com o branqueamento aconteceram também na ESALQ, aprendendo e colaborando com o professor Barrichelo. Na época, fazíamos o branqueamento em frascos de vidro com tampas e usando um "banho-maria" com água quente para manter as temperaturas desejadas na polpa em consistências de cerca de 10%. Primeiro aquecíamos as polpas até as temperaturas de cada estágio, depois introduzíamos os reagentes químicos e ficávamos agitando ocasionalmente até o final do tempo de retenção. As sequências que usávamos eram muito simples: CEH, CEHH, CEHP, CED e CEHDED. Era uma aventura preparar a famigerada "Água de Cloro" e depois titular a mesma por iodometria. Usava-se um frasco com água gelada e se borbulhava o cloro, que em parte ficava retido na água. O que escapava, a gente evitava sentir o cheiro, usando máscara, mesmo se colocando um frasco para receber as perdas de cloro e as absorver em soda cáustica. Mas sempre alguma coisa ia para os pulmões. Mesmo com esses riscos, eu me sentia muito gratificado, com meu avental branco de uso no laboratório, aprendendo e dando meus passos iniciais no setor.

Relembrando:

https://www.google.com.br/search?q=%22banho+maria%22+laborat%C3%B3rio&sca_esv=568775834&sxsrf= (O que é um banho-maria de laboratório)

https://www.google.com.br/search?q=iodometria+determina%C3%A7%C3%A3o+cloro&sca_esv= (Determinação do cloro por iodometria)

https://ciencialivre.blog/2022/06/09/quimica-e-historia-da-ciencia-revisitando-velhas-reacoes/ (Sobre a água de cloro, que não é mais preparada da forma original borbulhando o gás direto do cilindro na água fria)

Após o término de meu estágio na ESALQ, iniciei a cursar ali mesmo o meu mestrado, mas já se tinha definido no Departamento de Silvicultura, que tão logo eu conseguisse atender aos requisitos da USAID – United States Agency for International Development, eu iria para um mestrado internacional na SUNY - State University of New York; ESF - College of Environmental Sciences and Forestry, em Syracuse/NY – universidade e local que foi minha opção para estudar em nível de pós-graduação.

A ida para Syracuse aconteceu em janeiro de 1972 e lá permaneci até agosto de 1973, tendo conseguido terminar o mestrado com tese defendida e aprovada em um tempo recorde. No Department of Paper Science & Engineering também aprendi muito sobre o branqueamento de celulose. O College possuía algumas celebridades nesse setor e muitas pesquisas eram ali realizadas sobre como melhor branquear celulose. Os consagrados professores Carl W. Dence, Kenneth Britt, Renata Marton e Serge Gorbatsevitch eram ”importantes personalidades’” encontradas ocasionalmente pelos laboratórios e em aulas no nosso dia-a-dia.

Ali aprendi a usar bombonas de plástico para as simulações de estágios de branqueamento e banhos-maria muito maiores, produzidos especialmente para abrigar bombonas de até 10 ou mais litros. Com isso, obtinham-se amostras maiores para seguimento dos testes laboratoriais de avaliações das polpas branqueadas.

Walters Hall e Celso Foelkel em seus estudos no laboratório em Syracuse em 1973 - Cada estudante de pós-graduação do ESF possuía um mini-laboratório associado à sua sala pessoal de estudos

Ao terminar o mestrado, retornei à ESALQ e prestei concurso público para ser professor assistente da USP, universidade à qual está inserida a ESALQ. Aprovado, ali trabalhei desde janeiro de 1974 a 31 de março de 1976. Durante esse período, matriculei-me no curso de pós-graduação da ESALQ focado em obter meu doutorado.

Imediatamente, comecei meu projeto de tese e selecionei para estudar e pesquisar o tema: “Otimizações tecnológicas e econômicas na produção de celulose kraft branqueada de *Pinus*”. Meu orientador continuou sendo o professor Dr. Luiz Ernesto George Barrichelo e trocamos muitas ideias sobre o futuro da celulose kraft branqueada de *Pinus* no Brasil, algo que só agora por volta de 2022 passou a se efetivar mais intensamente. Mas com outras sequências e outras espécies do gênero *Pinus*.

O objetivo do projeto de tese era o de estudar a obtenção de polpa kraft marrom e branqueada a partir de cavacos de *Pinus elliottii* (a matéria-

prima na época), sendo as polpas obtidas a diferentes teores de lignina, ou seja, com ampla faixa de variação do número kappa.

O estudo teria como meta principal avaliar o grau ótimo de deslignificação da madeira de *Pinus* pelo processo kraft, estudando ao longo da variação de números kappa, as qualidades e os custos de produção: desde um número kappa 25 até 71. Era um projeto ambicioso e mergulhei nas atividades de selecionar bibliografia, ler muitos estudos similares, fazer os cozimentos e avaliar praticamente tudo o que se poderia avaliar, com os recursos disponíveis em termos de madeiras, fibras e polpas. Até mesmo desenvolvi metodologias novas para medições inusitadas como densidade da substância fibra (parede celular) a diferentes valores de número kappa, "coarseness" e resistência da fibra individual.

Depois de obter todos os dados das polpas não branqueadas nessa ampla faixa de números kappa e que podiam ser obtidos nos laboratórios da ESALQ, comecei os branqueamentos com a metodologia aprendida em Syracuse.

A primeira coisa que fiz foi criar duas fórmulas:

- Uma para carga de cloro ativo a ser utilizada em função do número kappa para se chegar após o estágio de Cloração Ácida a um valor semelhante de número kappa da polpa clorada;

- Outra para a carga de soda cáustica para o estágio de extração alcalina, também para se obter polpas comparáveis entre si (número kappa e viscosidade) após os estágios Cloração Ácida e Extração Alcalina.

As duas fórmulas criadas foram depois adaptadas na Cenibra, meu próximo emprego, para uso com polpas kraft de eucalipto, empresa para onde me mudei após sair da USP em 1976.

Também realizamos estudos sobre quatro sequências de branqueamento para celulose kraft ou sulfato de eucalipto, pois essas polpas quando bem branqueadas estavam se tornando promissoras para atender às novas necessidades em alvura das polpas branqueadas brasileiras, tanto para usos internamente, como para as primeiras exportações (Argentina e outros países latino-americanos). As sequências estudadas foram CEHH, CEHD, CED, CEHDED.

Infelizmente, por motivos de saúde e não concordância da USP em me efetivar no cargo, mesmo tendo passado no concurso e ter adquirido a doença durante meu tempo de trabalho ali, fui obrigado a alterar minha rota e meu plano de vida e mudar-me para a Cenibra.

Escrevi dois Relatos de Vida sobre essa história toda, se quiserem conhecer uma desafiadora vontade de superação de alguém que tivera uma doença terrível (câncer do tipo leiomiossarcoma), mas que enfrentou as

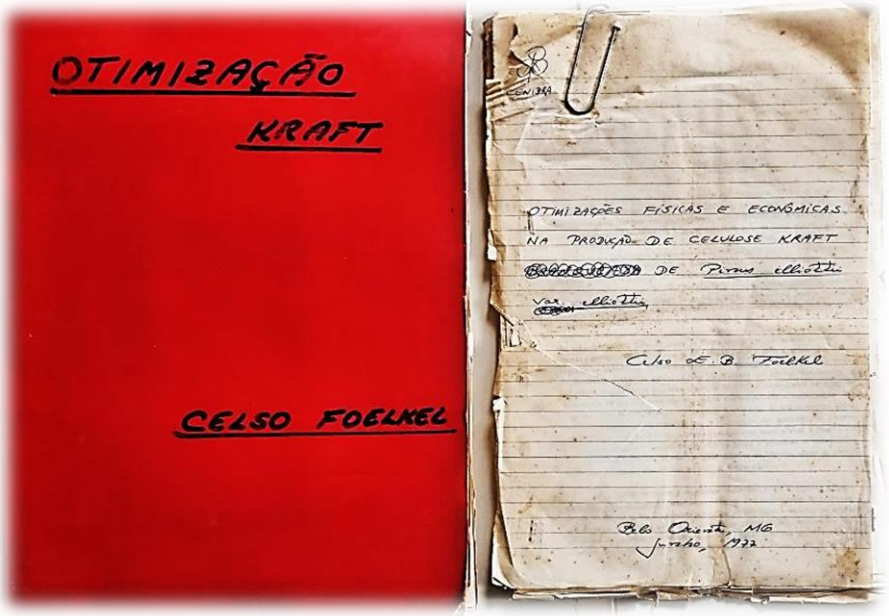
dificuldades, que se arriscou até de forma irresponsável por acreditar que a doença não voltaria (como não voltou) e encontrou novas rotas de vida para si e para a família. Que bom que tudo deu certo, com ajuda de muitos, que acreditaram em minha qualificação e na minha recuperação de saúde.

Na ESALQ deixei inúmeras amizades com alunos e professores e lembranças que se perenizaram em minha mente até hoje.

Relato de Vida por Celso Foelkel: **ESALQ: Sonhos – Paixões – Decepções – Resignação – Novas Rotas & Conquistas. Um sonho interrompido e a abertura de novas rotas**. C. Foelkel. Websites www.celso-foelkel.com.br & www.eucalyptus.com.br. 93 pp. (2022)
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2022_Relato_ESALQ_Sonho+Interrompido.pdf (em Português)

Relato de Vida por Celso Foelkel: **Cenibra – Celulose Nipo Brasileira.** C. Foelkel. Websites www.celso-foelkel.com.br & www.eucalyptus.com.br. 24 pp. (2014)
https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/news46_CENIBRA.pdf (em Português)

Quando comecei a trabalhar na Cenibra, tentei começar a escrever um artigo com o que eu possuía de resultados do meu projeto de tese de doutorado, que estava algo como 50% realizado. Entretanto, as atividades na fábrica da Cenibra e a criação do curso de pós-graduação em celulose e papel pela Cenibra e Flonibra na UFV – Universidade Federal de Viçosa me desviaram definitivamente de tentar publicar algo com os dados. Mas agora, ao escrever esse relato me surpreendi com tantas coisas boas que estão guardadas em escritas em papel amarelado pelo tempo. Vou tentar de alguma forma voltar para finalizar a escrita. Vamos ver se aceitarei o desafio dessa ideia!



Residuais da tentativa de tese de doutorado para a ESALQ/USP

Fico com a certeza que tudo valeu muito a pena, tanto o que aprendi de vivências, como também o muito que pude aprender na ESALQ e SUNY sobre polpação, qualidade de madeira e polpas, branqueamento e fabricação de papel.

ESTUDO DE ALGUMAS SEQÜÊNCIAS DE BRANQUEAMENTO PARA CELULOSE KRAFT DE *EUCALYPTUS SALIGNA*

LUIZ ERNESTO GEORGE BARRICHELO
Esalq - USP
CELSO EDMUNDO BOCHETTI FOELKEL
Cenibra S.A.
JOSÉ OTÁVIO BRITO
Esalq - USP

Fonte da Imagem:
https://celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1977.%20diversas%20sequencias%20branqueamento.pdf (em Português)

Imagem: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Conheçam alguma coisa desses primórdios dos estudos de branqueamento em nosso País durante essa fase inicial de minha carreira:

A Primeira Convenção Anual da ABTCP, realizada em 1968, foi uma oportunidade bastante estimuladora para que autores tivessem seus artigos técnicos também republicados pela Revista O Papel. Em janeiro de 1969, a revista trouxe talvez um dos primeiros estudos sobre branqueamentos em laboratório realizados no Brasil para celulose de eucalipto, escrito pelo renomado Dr. Wilhelm Overbeck, que produziu o estudo nos laboratórios do IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicos de São Paulo.

Ensaios de branqueamentos com pastas celulósicas de E*ucalyptus saligna* obtidas pelo processo sulfato. W. Overbeck. Revista O Papel (Janeiro): 16 - 22. (1969)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1969_1_Branqueamento+Celulose+Eucalipto+IPT.pdf (em Português)

WILHELM OVERBECK

Nasceu em 5 de maio de 1899 na Alemanha. Formou-se Engenheiro Químico em 1933 pela Universidade Marburg (Alemanha).

Prestou seus serviços profissionais à Klabin Papel e Celulose até o ano de 1958, data em que passou a trabalhar no Instituto de Pesquisas Tecnológicas. No IPT onde esteve até 1964, fundou e desenvolveu a Seção de Celulose e Papel.

ensaios de branqueamentos com pastas celulosicas de eucalyptus saligna obtidas pelo processo sulfato

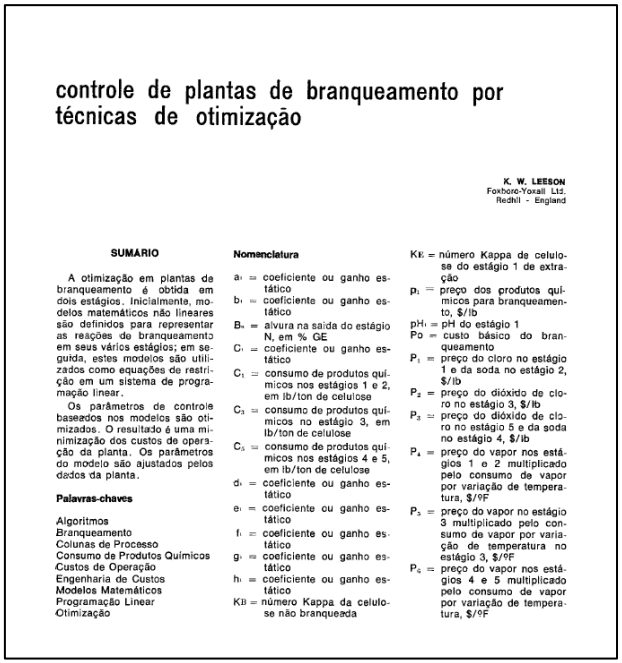
por: Wilhelm Overbeck
do Instituto de Pesquisas Tecnológicas da Universidade de São Paulo

ABTCP Reg 3464

...e a seguir, podemos relatar alguns outros artigos pioneiros, que foram publicados no Brasil para o branqueamento da celulose:

Branqueamento sem poluição. A. Stonis. V Convenção Anual. ABCP – Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. 07 pp. (1972)
https://eucalyptus.com.br/Artigos/1972_Branqueamento+Sem+Poluizao.pdf (em Português)

Introdução do peróxido de hidrogênio nos estágios de extração alcalina durante o alvejamento das pastas kraft. M.G. Delattre; G. Papageorges. VI Convenção Anual. ABCP – Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. 18 pp. (1973)
https://eucalyptus.com.br/Artigos/1973_Peroxido+Extrazao+Alcalina.pdf (em Português)



controle de plantas de branqueamento por técnicas de otimização

K. W. LEESON
Foxboro-Yoxall Ltd.
Redhil - England

SUMÁRIO

A otimização em plantas de branqueamento é obtida em dois estágios. Inicialmente, modelos matemáticos não lineares são definidos para representar as reações de branqueamento em seus vários estágios; em seguida, estes modelos são utilizados como equações de restrição em um sistema de programação linear.

Os parâmetros de controle baseados nos modelos são otimizados. O resultado é uma minimização dos custos de operação da planta. Os parâmetros do modelo são ajustados pelos dados da planta.

Palavras-chaves

Algoritmos
Branqueamento
Colunas de Processo
Consumo de Produtos Químicos
Custos de Operação
Engenharia de Custos
Modelos Matemáticos
Programação Linear
Otimização

Nomenclatura

a_1 = coeficiente ou ganho estático
b_1 = coeficiente ou ganho estático
B_n = alvura na saída do estágio N, em % GE
C_1 = coeficiente ou ganho estático
C_1 = consumo de produtos químicos nos estágios 1 e 2, em lb/ton de celulose
C_3 = consumo de produtos químicos no estágio 3, em lb/ton de celulose
C_5 = consumo de produtos químicos nos estágios 4 e 5, em lb/ton de celulose
d_1 = coeficiente ou ganho estático
e_1 = coeficiente ou ganho estático
f_1 = coeficiente ou ganho estático
g_1 = coeficiente ou ganho estático
h_1 = coeficiente ou ganho estático
KB = número Kappa da celulose não branqueada
K_1 = número Kappa de celulose do estágio 1 de extração
p_1 = preço dos produtos químicos para branqueamento, $/lb
pH_1 = pH do estágio 1
Po = custo básico do branqueamento
P_1 = preço do cloro no estágio 1 e da soda no estágio 2, $/lb
P_2 = preço do dióxido de cloro no estágio 3, $/lb
P_3 = preço do dióxido de cloro no estágio 5 e da soda no estágio 4, $/lb
P_4 = preço do vapor nos estágios 1 e 2 multiplicado pelo consumo de vapor por variação de temperatura, $/°F
P_5 = preço do vapor no estágio 3 multiplicado pelo consumo de vapor por variação de temperatura no estágio 3, $/°F
P_6 = preço do vapor nos estágios 4 e 5 multiplicado pelo consumo de vapor por variação de temperatura, $/°F

abcp
Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel

Celso Foelkel

II CONVENÇÃO ANUAL ABCP

"SEMANA DO PAPEL"

DIÓXIDO DE CLORO
ANTANAS STONIS
Cia. Suzano de Papel e Celulose

N.º 22

SÃO PAULO, 24 A 28 DE NOVEMBRO DE 1969

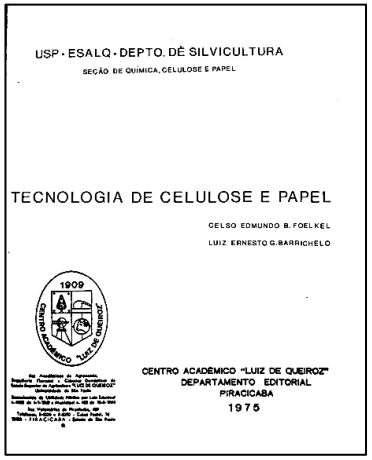
Durante esses meus dias iniciais na carreira, entre 1968 a 1976, consegui ter apenas dois artigos publicados sobre o branqueamento da celulose: uma apostila para os alunos de nossos cursos com uma seção sobre o branqueamento e um artigo para o X Congresso Anual da ABCP (atual ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel). Sempre com a parceria com o Dr. Barrichelo. O trabalho do X Congresso ABCP foi publicado após minha saída da ESALQ, mas mesmo assim, fomos suficientemente maduros (pessoas e organizações) para aceitação e reconhecimento dessa parceria que aconteceu com outras publicações também, pois a amizade e a vontade de produzir conhecimentos para o setor permaneciam nos unindo.

Tecnologia de celulose e papel. C.E.B. Foelkel; L.E.G. Barrichelo. ESALQ/USP/CALQ – Universidade de São Paulo. 213 pp. (1975)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/TecnologiaCelulosePapel_ESALQ_1975.pdf (em Português)

Estudo de algumas sequências de branqueamento para celulose kraft de *Eucalyptus saligna*. L.E.G. Barrichelo; C.E.B. Foelkel; J.O. Brito. 10º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 05 pp. (1977)

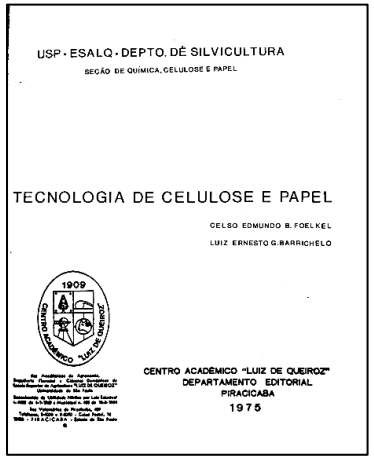
https://celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1977.%20diversas%20sequencias%20branqueamento.pdf (em Português)


USP - ESALQ - DEPTO. DE SILVICULTURA
SEÇÃO DE QUÍMICA, CELULOSE E PAPEL

TECNOLOGIA DE CELULOSE E PAPEL

CELSO EDMUNDO B. FOELKEL
LUIZ ERNESTO G. BARRICHELO

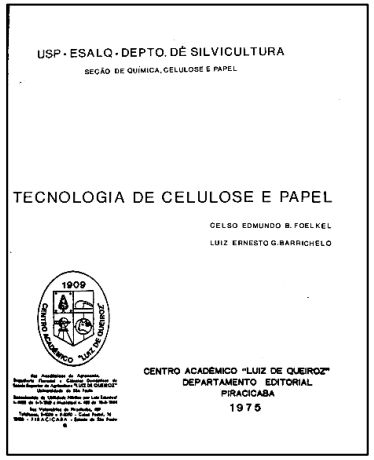
CENTRO ACADÊMICO "LUIZ DE QUEIROZ"
DEPARTAMENTO EDITORIAL
PIRACICABA
1975


USP - ESALQ - DEPTO. DE SILVICULTURA
SEÇÃO DE QUÍMICA, CELULOSE E PAPEL

TECNOLOGIA DE CELULOSE E PAPEL

CELSO EDMUNDO B. FOELKEL
LUIZ ERNESTO G. BARRICHELO

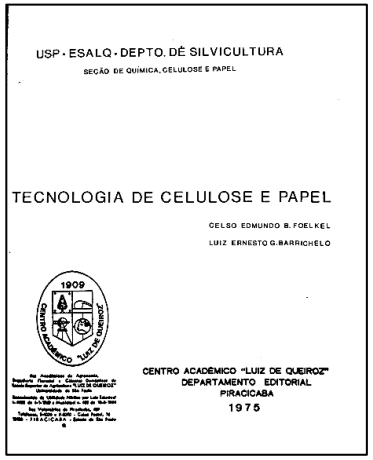
CENTRO ACADÊMICO "LUIZ DE QUEIROZ"
DEPARTAMENTO EDITORIAL
PIRACICABA
1975


USP - ESALQ - DEPTO. DE SILVICULTURA
SEÇÃO DE QUÍMICA, CELULOSE E PAPEL

TECNOLOGIA DE CELULOSE E PAPEL

CELSO EDMUNDO B. FOELKEL
LUIZ ERNESTO G. BARRICHELO

CENTRO ACADÊMICO "LUIZ DE QUEIROZ"
DEPARTAMENTO EDITORIAL
PIRACICABA
1975


USP - ESALQ - DEPTO. DE SILVICULTURA
SEÇÃO DE QUÍMICA, CELULOSE E PAPEL

TECNOLOGIA DE CELULOSE E PAPEL

CELSO EDMUNDO B. FOELKEL
LUIZ ERNESTO G. BARRICHELO

CENTRO ACADÊMICO "LUIZ DE QUEIROZ"
DEPARTAMENTO EDITORIAL
PIRACICABA
1975

5.2. Tempos de Desafios – "*Challenging times*" do Celso Foelkel com o desenvolvimento dos processos de branqueamento da celulose kraft de eucalipto no Brasil:
Entre 1976 a 1987: *Cenibra & UFV … Riocell & USP*

Cenibra & UFV ("Challenging times": Parte 1: 1976 a 1979)

Meu período na Cenibra foi curto, repleto de desafios, como também foi um dos mais produtivos e relevantes em minha carreira, pois a ele se agregou a formação e criação do primeiro curso brasileiro completo e direcionado de pós-graduação em ciência e tecnologia de celulose e papel, que foi na UFV – Universidade Federal de Viçosa. Há algum tempo atrás criei alguns Relatos de Vida para contar essas experiências e elas estão disponíveis em:

Relato de Vida por Celso Foelkel: **Cenibra – Celulose Nipo-Brasileira S.A.** C. Foelkel. *In:* Eucalyptus Newsletter nº 46. 24 pp. (2014)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/news46_CENIBRA.pdf (em Português)

Relato de Vida por Celso Foelkel: **Curso de Mestrado UFV – Universidade Federal de Viçosa.** C. Foelkel. Website Grau Celsius. Acesso em 17.10.2023:

https://www.celso-foelkel.com.br/relatos.html (em Português)

Relato de Vida por Celso Foelkel: **Apostilas e Teses do Curso de Mestrado da UFV 1977 – 1979.** C. Foelkel. Website Grau Celsius. Acesso em 17.10.2023:

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos_ufv.html (em Português)

Imagem: UFV – Universidade Federal de Viçosa

Ao iniciar minhas tarefas na Cenibra, encontrei uma equipe altamente motivada, com pessoas qualificadas e muito participativas para trabalho em equipe. Jamais poderei deixar de lembrar pessoas como Ceslavas Zvinakevicius, Jorge Kato, Maria José de Oliveira Fonseca, José Carlos Terra, Augusto Fernandes Milanez, Carlos Alberto Busnardo, Dionísio Laurindo Pimenta, José Orlando Mendonça de Andrade, João Melillo Carolino, Hans-Jurgen Kleine, João Medeiros Sobrinho, dentre outros tantos mais. Diversas atividades de produção técnica foram realizadas em parceria com a equipe de operações, com pessoas muito criativas e cooperativas, por exemplo: Wolodymyr Galat, Nísio Lemos Barlen, Luiz Alberto Tocchetto; Aristóxenes Rosa, José Maria Hurtado, Roberto Resende, Nívio Dutra, Sílvio Takayama, Jorge Santos, Emanuel Mercer Donato, Ivan Nazareno Pereira, Nívio Dutra, Roberto Resende, etc.

Já no período de atividades na UFV, posso mencionar a importância de muitos colegas professores e alunos na coautoria de inúmeros textos disponibilizados como artigos, dissertações e palestras orientadas aos processos e produtos tecnológicos do branqueamento da celulose kraft: José Lívio Gomide, Jorge Luiz Colodette, Rubens Chaves de Oliveira, Carlos Alberto Busnardo, Augusto Fernandes Milanez, Marcelo Moreira da Costa, Ann Honor Mounteer, Marco Aurélio Luiz Martins, dentre outros tantos mais.

O resultado dessa grande força motriz foi uma quantidade enorme de trabalhos tecnológicos na Cenibra, que se somaram aos desenvolvidos no curso de pós-graduação em tecnologia de celulose e papel na UFV – Universidade Federal de Viçosa, frente ao convênio e parceria entre Cenibra e UFV para a criação do citado curso.

A Cenibra foi uma das primeiras grandes empresas instaladas no Brasil para produção de celulose branqueada de eucalipto com finalidades de exportação aos sofisticados mercados europeus, asiáticos (principalmente Japão) e norte-americanos. Pelo seu pioneirismo em termos de engenharia de fábricas e instalações de equipamentos que ainda não existiam no Brasil, ela enfrentou diversos problemas em sua construção e arranque nas operações.

Os principais problemas que exigiram forte atenção da área de pesquisa tecnológica da empresa e de algumas das teses realizadas por alunos da pós-graduação da Universidade Federal de Viçosa foram aqueles relacionados a:

- Qualidade da matéria-prima fibrosa, pois a Cenibra não dispunha de plantações próprias e teve que comprar madeira da empresa Florestas Rio Doce, que era também pertencente à Companhia Vale do Rio Doce, principal acionista da Cenibra na época. A madeira era variável em idade, espécies, além de existir um problema fitossanitário gravíssimo que afetava a qualidade da mesma pelo

ataque de um fungo que causava deformações no tronco e que se constituía em uma doença conhecida como "cancro do eucalipto";

- Sobre-dimensionamento das instalações de produção de licor branco (caustificação e forno de cal) e de branqueamento da celulose (branqueamento em seis estágios do tipo CEHDED);

- Dificuldades em operacionalizar a planta de branqueamento da celulose em função de problemas de engenharia, projeto e construção civil, o que resultou em necessidades de variar as sequências de branquear a celulose para reparação de danos estruturais em todas as torres da planta de branqueamento, tendo que se garantir a mesma qualidade do produto, independentemente da sequencia sendo adotada;

- Dificuldade em operacionalizar a planta química de produção de cloro, dióxido de cloro, soda cáustica e hipoclorito de sódio, o que também afetava no tipo de sequencia de branqueamento da celulose a altas e estáveis alvuras e qualidade no seu desempenho, limpeza e resistências.

- Dificuldades na polpação de madeiras variáveis em qualidade, além de se dispor de um digestor contínuo afortunadamente com um excesso de oferta de químicos alcalinos (soda cáustica e sulfeto de sódio) pelo setor de produção de licor branco. Como havia excesso de álcali e longo tempo de retenção no digestor e no branqueamento, era vital se aperfeiçoar essas etapas da linha de fibras para evitar excesso ou desperdício de químicos, perdas de rendimento e degradação da qualidade da celulose sendo produzida. Foram realizados estudos pioneiros no Brasil sobre a impregnação dos cavacos de madeira, dissolução dos componentes da madeira ao longo do cozimento kraft, bem como do consumo dos reagentes químicos durante a polpação kraft e branqueamento das celuloses do eucalipto. Tudo isso nos ajudaria a melhorar o próprio cozimento kraft e o branqueamento durante essas etapas tecnológicas do processo.

- Problemas ambientais resultantes das perdas exageradas pela operação da fábrica, com inúmeras paradas no sistema operacional, que resultavam em perdas de químicos, madeiras, fibras e tempo, com consequentes reflexos nos custos de produção e na geração de resíduos sólidos e efluentes contaminados.

Esses problemas nos levaram a inúmeras pesquisas de aplicabilidade prática imediata e que consistiram em otimização das etapas do sistema

produtivo e das madeiras usadas pela Cenibra. Tivemos definitivamente desafios inimagináveis e com resultados muito bons para todas essas etapas do processo produtivo. Em nossas avaliações de tecnologias para o futuro, começamos a avaliar efeitos de polpação contendo antraquinona como auxiliar de deslignificação, branqueamentos com oxigênio, branqueamentos em sequências mais curtas e com menores tempos de retenção, sequências alternativas de branqueamento em relação à de projeto CEHDED, etc., etc.

Foi exatamente nesse tempo que aprendi com o grande amigo e profissional exemplar Ceslavas Zvinakevicius a realizar os ensaios laboratoriais de branqueamento usando tanto o digestor de polpação (etapas de deslignificação com oxigênio), como sacos plásticos resistentes quanto à agressividade dos compostos de branqueamento, bem como às altas temperaturas utilizadas em alguns dos estágios (acima de 80ºC). Os sacos plásticos facilitavam em muito a operação de misturar a massa com o reagente químico, pois com eles fechados, a mistura pode ser realizada "amassando o saco como se amassa a massa do pão".

Os banhos-maria continuaram a me seguir...

Essa riqueza de desenvolvimentos realizados entre primeiro de abril de 1976, quando me iniciei na Cenibra, até meados de 1980's podem ser apreciados nos trabalhos publicados em diversas revistas, anais dos congressos da ABTCP, eventos e revistas internacionais e teses e dissertações acadêmicas de alunos orientados por nós.

A Cenibra, por ter em sua direção uma pessoa notável como era o Dr. Aldo Sani, mantinha uma excelente abertura para compartilhamento de nossas descobertas tecnológicas. O foco da empresa e o nosso também era o Brasil e não apenas a empresa Cenibra produtora de celulose de mercado. A empresa se beneficiava das inovações, mas de forma altruísta, compartilhava com as demais empresas do setor as suas descobertas. Evidentemente, algumas descobertas mais inovadoras (branqueamento com ar, uso de casca desmedulada de eucalipto, etc.) foram objeto de patentes pela empresa.

Tivemos situações até mesmo inusitadas e muito desafiadoras em relação ao branqueamento da celulose kraft de eucalipto, que era produzida a partir de *Eucalyptus urophylla* e alguns de seus híbridos naturais. Pode-se até mesmo dizer que essas situações surgiram mesmo antes do início da produção da fábrica.

As mais interessantes a se relatar foram as seguintes:

- As necessidades em se projetar para o arranque das operações da fábrica as cargas de cloro ativo e de soda cáustica nos dois primeiros estágios do branqueamento. Isso porque a experiência em uma

sequência absolutamente nova e com seis estágios no Brasil para se branquear polpa kraft de eucalipto não oferecia nada publicado ou disponível nem no Brasil, nem internacionalmente. Tivemos que reavaliar as cargas definidas no projeto técnico da fábrica, pois achamos que seriam exageradas e se sobraria muito residual.
Isso nos levou a estudar em laboratório a otimização dessa sequência para colocar para a área de operações algo que pudesse ser orientativo para as aplicações de cloro e soda cáustica nos estágio de Cloração Ácida (100% cloro gás) e Extração Alcalina (100% soda cáustica).

Disso resultou um festejado e premiado artigo que nos resolveu o problema e foi orientativo para a utilização prática de duas equações que relacionavam as cargas nesses dois estágios em função do número kappa da polpa, antes do branqueamento e após a cloração ácida.

Ensaios em laboratório para se otimizar a sequência CEHDED no branqueamento de celulose kraft de eucalipto. C.E.B. Foelkel; C. Zvinakevicius; J.O.M. Andrade; L.R.O. Siqueira; J. Kato. 10º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 13 pp. (1977)

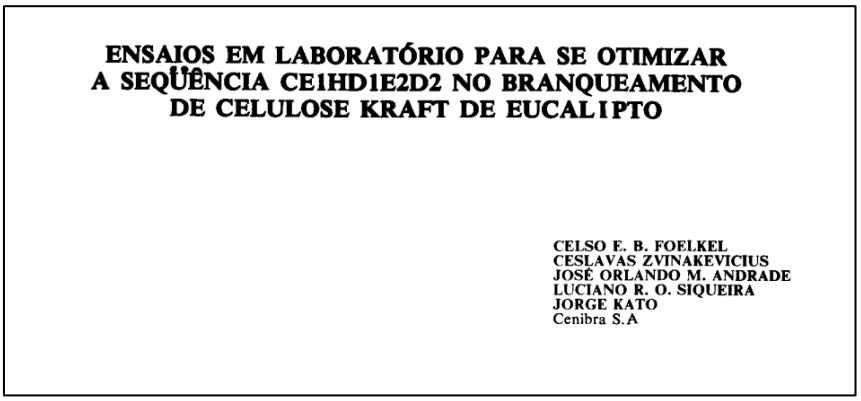
https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1977.%20Otimiza%E7%E3o%20CEHDED.pdf (em Português)

Partimos dos dados que eu havia desenvolvido em minha "*never-ended*" tese de doutorado na ESALQ, mencionada anteriormente, quando testamos as fórmulas que eram viáveis para a polpa kraft de *Pinus elliottii*. Procuramos adaptar as equações para a polpa de eucalipto. As fórmulas se mostraram, como esperado, não tão representativas para as polpas de eucalipto, oferecendo resultados superiores às necessidades, tanto para o cloro (Estágio C) como para a soda cáustica (Estágio E). De forma pacienciosa e laboriosa, e com enorme envolvimento laboratorial, nossa equipe conseguiu sucesso, que inclusive ofereceu outras equações válidas para os demais estágios da sequência CEHDED. As equações foram ajustadas e oferecemos ao setor de operações para uso.
Ai aconteceu algo surpreendente e inesperado. A equipe de técnicos japoneses que estavam oferecendo suporte ao arranque de operações da Cenibra trouxe duas equações que disseram serem milenares no Japão e tentaram invalidar as nossas, substituindo-as pelas deles. Não era uma oferta gentil, era mais para uma exigência.
Fiz pé firme, respondi que as equações deles poderiam até serem possivelmente viáveis e milenares, mas não importava que fossem

usadas há séculos, já que no Brasil nossa experiência era recente, mas nossas equações tinham sido tipicamente desenvolvidas para polpas kraft de eucalipto e produzidas a partir das madeiras que a fábrica consumiria. Além disso, se aceitássemos as equações deles, teríamos que iniciar um novo projeto de pesquisa para verificar se elas se validariam.

Depois de marchas-e-contramarchas e o pé firme mantido, finalmente o grupo japonês concordou e acompanhou o sucesso que havia sido nosso projeto de pesquisa.

O reconhecimento a essa nossa pesquisa foi nacional, com premiações pela ABTCP e publicações e difusão dentro do setor de celulose branqueada do Brasil.



ENSAIOS EM LABORATÓRIO PARA SE OTIMIZAR A SEQÜÊNCIA CE1HD1E2D2 NO BRANQUEAMENTO DE CELULOSE KRAFT DE EUCALIPTO

CELSO E. B. FOELKEL
CESLAVAS ZVINAKEVICIUS
JOSÉ ORLANDO M. ANDRADE
LUCIANO R. O. SIQUEIRA
JORGE KATO
Cenibra S.A

Fonte da Imagem:
https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1977.%20Otimiza%E7%E3o%20CEHDED.pdf

- A outra necessidade, também inesperada, para que priorizássemos os estudos do branqueamento da celulose foram os problemas enfrentados pela qualidade inadequada da estrutura civil das torres da chamada Linha 1 do branqueamento da Cenibra. Por um engano no dimensionamento da ferragem das paredes das torres; quando a operação da fábrica foi iniciada, as torres (quase todas) passaram a apresentar rachaduras com escape dos líquidos, ricos e concentrados em reagentes químicos corrosivos. Tudo se tornou urgente, mas a fábrica, que estava atrasada no seu "*star-up*", precisava continuar funcionando. E os vazamentos eram críticos, pois constituíam-se em líquidos corrosivos e perigosos já que poluíam o solo e o ar.

  Passamos assim a estudar sequências alternativas à de projeto, com menos estágios para manter a fábrica funcionando. A cada torre que saia para manutenção se apresentavam alternativas para sequências diferentes de branqueamento, desde que se mantivesse a mesma qualidade da polpa. Felizmente a CENIBRA foi construída com um projeto que havia desenhado seis torres de branqueamento, o que nos permitia retirar uma torre para reparos e adequar as demais para

produção de mesma qualidade de polpa, com ligeiras alterações nas sequências sem comprometer a qualidade dos produtos.
O resultado disso foi um artigo também bastante apreciado pelo setor nacional de produção de celulose, premiado e publicado, ao qual denominamos como sendo um estudo de "Sequências Exóticas" para se branquear celulose kraft de eucalipto.

Sequências exóticas para branqueamento em múltiplos estágios de celulose kraft de eucalipto. C. Zvinakevicius; C.E.B. Foelkel; J. Kato; M.J.O. Fonseca. 11º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 11 pp. (1978)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1978.%20sequ%EAncias%20ex%F3ticas.pdf (em Português)

- Como existe um provérbio muito popular de que "a necessidade faz o uso", nossos estudos em laboratório, com diversas sequências completamente novas na época, ofereceram conhecimentos novos e relevantes, os quais definitivamente passaram a se tornar peças-chave na evolução tecnológica do branqueamento da celulose kraft de eucalipto, com foco em altas alvuras. Foram os estudos com sequências mais curtas e com estágios com curto tempo de duração. Como o que trouxemos em novos conhecimentos em 1979 no artigo a seguir

Branqueamento em multi-mini estágios. C.E.B. Foelkel; C. Zvinakevicius; A.F. Milanez; M.J.O. Fonseca; O.M. Gadioli. 12º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (1979)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1979.%20Multiminiest%E1gios.pdf (em Português)

- Outro desenvolvimento que foi pioneiro no Brasil foram os estudos realizados na Cenibra para a utilização de uma pré-deslignificação com oxigênio. Com a criatividade do amigo Ceslavas Zvinakevicius, testamos também para a mesma função e com sucesso, a substituição do oxigênio molecular de alta pureza pelo ar comprimido. Sucesso que levou o amigo Ceslavas a buscar o patenteamento do processo pela Cenibra, o que se efetivou tempos depois de minha saída da Cenibra.

Branqueamento de celuloses com sequências contendo oxigênio. I – Celuloses kraft de eucalipto. C.E.B. Foelkel; C. Zvinakevicius; A.F. Milanez; J. Kato; J.C. Terra. 13º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (1980)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1980.%20sequencias%20contendo%20oxig%EAnio%20I.pdf (em Português)

Branqueamento com ar. C. Zvinakevicius; C.E.B. Foelkel; A.F. Milanez; J. Kato; M.J.O. Fonseca. 13º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 09 pp. (1980)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1980.%20Branqueamento%20com%20ar.pdf (em Português)

Foram muitos outros mais os artigos gerados na Cenibra sobre inúmeros temas tecnológicos, dentre os quais outras publicações sobre o branqueamento da celulose. Tudo o que se produzia e se escrevia em termos de artigos técnicos relevantes eram publicados pela Revista O Papel da ABTCP ou apresentado em congressos nacionais ou internacionais. Simultaneamente, esses artigos e relatórios científicos eram datilografados internamente compondo uma coleção técnica, que denominamos de "***Cenibra Pesquisa***". Essa coleção era reproduzida em todos os seus números e a coleção era doada na íntegra para as bibliotecas da ESALQ/IPEF, ABTCP, IPT/CTCP, UFV, dentre outras. Mesmo depois de minha transferência da Cenibra para a Riocell, em 1979, o meu sucessor no comando do setor de laboratórios foi o amigo Ceslavas, que manteve a continuidade da publicação e doações, criando a Cenibra Pesquisa Série 2.

Até hoje, nas pesquisas com o Google se conseguem ainda encontrar algumas referências sobre essas publicações. Isso depois de mais de 45 anos de que elas surgiram. Uma prova de que foram úteis para a sociedade setorial.

Conheçam sobre algumas edições residuais das publicações Cenibra Pesquisa em uma busca recente:
https://www.google.com.br/search?q=%22cenibra+pesquisa%22&sca_esv=

CENIBRA

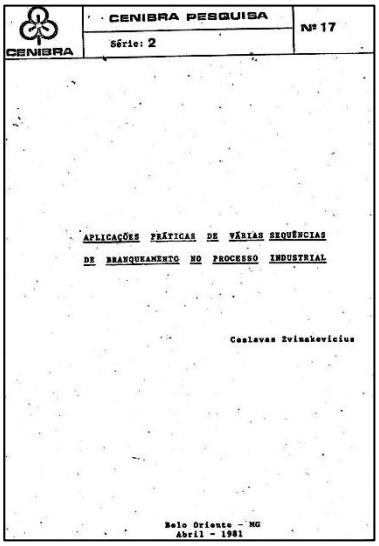
CENIBRA PESQUISA

Nº 37

ESTUDO DAS PROPRIEDADES DA CELULOSE KRAFT DE EUCALIPTO APÓS CADA ESTÁGIO DA SEQUÊNCIA DE BRANQUEAMENTO $CE_1HD_1E_2D_2$

José Orlando M. Andrade
Ceslavas Zvinakevicius
Celso E. B. Foelkel

Belo Oriente - MG
Outubro,1977


CENIBRA

CENIBRA PESQUISA

Série: 2

Nº 17

APLICAÇÕES PRÁTICAS DE VÁRIAS SEQUÊNCIAS DE BRANQUEAMENTO NO PROCESSO INDUSTRIAL

Ceslavas Zvinakevicius

Belo Oriente - MG
Abril - 1981

Enquanto muitas coisas boas e revolucionárias aconteciam na Cenibra e na UFV durante esses anos de 1976 a 1979, também coisas muito importantes aconteciam no Brasil. Outras empresas orientadas para a exportação iniciaram produções, com branqueamentos igualmente para altas alvuras, tais como: Aracruz Celulose, Jari e Celulose da Bahia.

As pesquisas tecnológicas também passaram a se desenvolver, quer seja nos laboratórios das grandes empresas produtoras de celulose branqueada, como nas universidades (UFV, USP/Politécnica, USP/ESALQ, Unicamp), ou em institutos de pesquisa (IPT/CTCP, IPEF/ESALQ e SIF/UFV).

Já a ABTCP continuava a cumprir seu relevante papel para formação de recursos humanos e a promover eventos e divulgação de conhecimentos sobre o branqueamento da celulose através de sua revista O Papel.

Um dos primeiros cursos que surgiu no Brasil totalmente orientado para o branqueamento das polpas celulósicas foi apresentada por uma das mais renomadas pesquisadoras e gestora atual de áreas tecnológicas em celulose e papel do IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Nossa amiga e doutora Maria Luiza Otero D'Almeida Lamardo, na época recém ingressando em nosso setor pelas portas do CTCP – Centro Técnico em Celulose e Papel do IPT, preparou e ofereceu em 1978 um curso bastante útil aos nossos técnicos. Evidentemente, já se passaram mais de 45 anos desse talvez primeiro curso integralmente dedicado à temática sobre branqueamento das polpas celulósicas para os brasileiros e em idioma Português. Obviamente, muitos temas do curso já se obsoletaram, mas outros permitem perceber que as sementes para a evolução tecnológica de nossa indústria estavam germinando. E rapidamente.

Conheçam o material do curso da professora Maria Luiza:

Apostila de Curso: **Branqueamento de pastas celulósicas.** M.L.O. D'Almeida. CTCP – Centro Técnico em Celulose e Papel. IPT/SP – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 122 pp. (1978)
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1978_Branqueamento+Pastas+Celulosicas+Malu.pdf (em Português)

Falando em materiais de cursos pioneiros no Brasil sobre branqueamento da celulose, tenho o dever e a satisfação em disponibilizar também o material preparado pelo meu grande amigo, ex-estagiário, ex-aluno na ESALQ e na UFV e ex-colega de trabalho na Cenibra e Riocell, o consagrado profissional do setor, engenheiro florestal e mestre Augusto Fernandes Milanez.

Em 1977, no primeiro ano do curso de mestrado da UFV e para a primeira turma ingressante no curso, a disciplina sobre branqueamento da

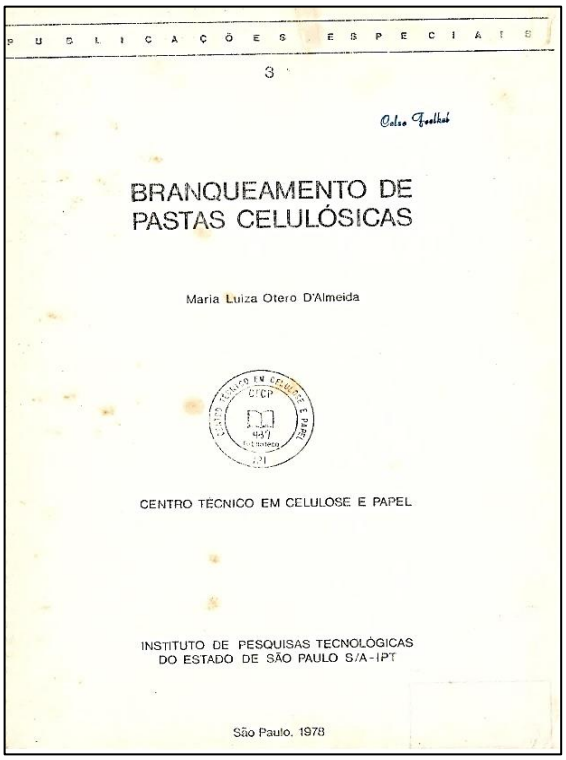
celulose foi por mim lecionada, com a ajuda do pessoal da Cenibra com as aulas práticas.

Já para a segunda turma, em 1979, convidei o Augusto, que já estava com todas as disciplinas do curso realizadas (ele foi aluno da primeira turma) e já trabalhava comigo na Cenibra, para que ele preparasse e ministrasse o curso de branqueamento para uma turma que tinha um aluno que se distinguiria globalmente mais tarde na área de branqueamento da celulose: nada mais nada menos que o professor José Luiz Colodette. Eu lecionei outras disciplinas para essa turma, ficando o branqueamento por conta do Augusto Milanez.

Ou seja, tivemos a honra de ajudar na preparação do currículo profissional para dois dos professores do curso de Viçosa: na primeira turma o Dr. Rubens Chaves de Oliveira e na segunda o Dr. Jorge Colodette.

Conheçam então a apostila do professor Augusto Fernandes Milanez de 1979:

Apostila de curso: **Branqueamento de celulose. Aulas teóricas.** A.F. Milanez. Apostila Curso de Mestrado UFV. 175 pp. (1979)
https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufv/05.%20Branqueamento%20de%20Celulose.%201979.pdf (em Português)


PUBLICAÇÕES ESPECIAIS

3

Celso Foelkel

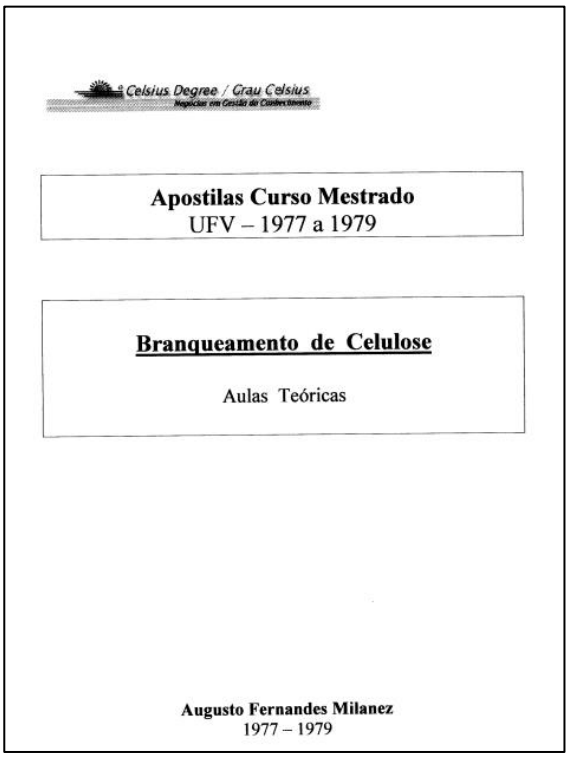
BRANQUEAMENTO DE PASTAS CELULÓSICAS

Maria Luiza Otero D'Almeida

CENTRO TÉCNICO EM CELULOSE E PAPEL

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S/A-IPT

São Paulo, 1978


Celsius Degree / Grau Celsius

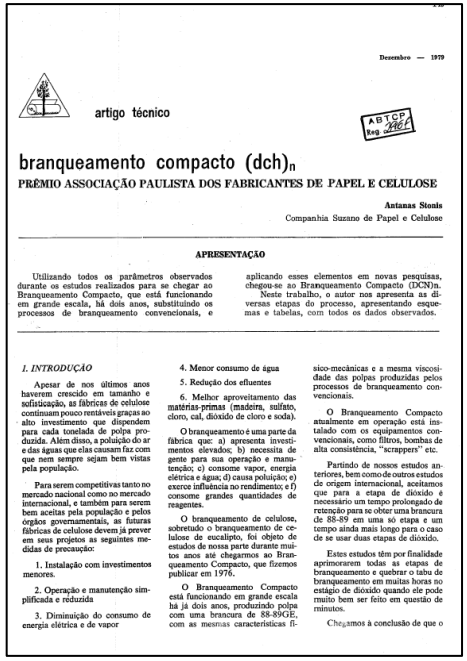
Apostilas Curso Mestrado
UFV – 1977 a 1979

Branqueamento de Celulose

Aulas Teóricas

Augusto Fernandes Milanez
1977 – 1979

Importante também se destacar alguns dos materiais técnicos que foram apresentados entre 1976 a 1979 por eminentes estudiosos sobre o branqueamento, valendo-se dos meios de comunicação da ABTCP (congressos, eventos, revista O Papel).



Dezembro — 1979

artigo técnico

ABTCP Reg. 2861

branqueamento compacto $(dch)_n$

PRÊMIO ASSOCIAÇÃO PAULISTA DOS FABRICANTES DE PAPEL E CELULOSE

Antanas Stonis
Companhia Suzano de Papel e Celulose

APRESENTAÇÃO

Utilizando todos os parâmetros observados durante os estudos realizados para se chegar ao Branqueamento Compacto, que está funcionando em grande escala, há dois anos, substituindo os processos de branqueamento convencionais, e aplicando esses elementos em novas pesquisas, chegou-se ao Branqueamento Compacto $(DCN)_n$.

Neste trabalho, o autor nos apresenta as diversas etapas do processo, apresentando esquemas e tabelas, com todos os dados observados.

1. INTRODUÇÃO

Apesar de nos últimos anos haverem crescido em tamanho e sofisticação, as fábricas de celulose continuam pouco rentáveis graças ao alto investimento que dispendem para cada tonelada de polpa produzida. Além disso, a poluição do ar e das águas que elas causam faz com que nem sempre sejam bem vistas pela população.

Para serem competitivas tanto no mercado nacional como no mercado internacional, e também para serem bem aceitas pela população e pelos orgãos governamentais, as futuras fábricas de celulose devem já prever em seus projetos as seguintes medidas de precaução:

1. Instalação com investimentos menores.

2. Operação e manutenção simplificada e reduzida

3. Diminuição do consumo de energia elétrica e de vapor

4. Menor consumo de água

5. Redução dos efluentes

6. Melhor aproveitamento das matérias-primas (madeira, sulfato, cloro, cal, dióxido de cloro e soda).

O branqueamento é uma parte da fábrica que: a) apresenta investimentos elevados; b) necessita de gente para sua operação e manutenção; c) consome vapor, energia elétrica e água; d) causa poluição; e) exerce influência no rendimento; e f) consome grandes quantidades de reagentes.

O branqueamento de celulose, sobretudo o branqueamento de celulose de eucalipto, foi objeto de estudos de nossa parte durante muitos anos até chegarmos ao Branqueamento Compacto, que fizemos publicar em 1976.

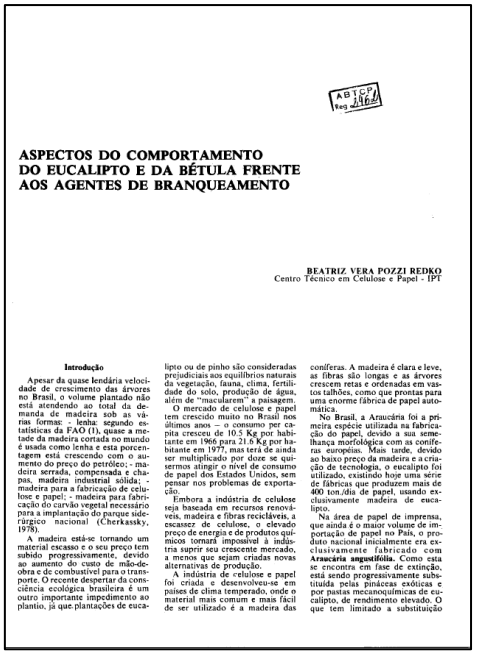
O Branqueamento Compacto está funcionando em grande escala há já dois anos, produzindo polpa com uma brancura de 88-89GE, com as mesmas características físico-mecânicas e a mesma viscosidade das polpas produzidas pelos processos de branqueamento convencionais.

O Branqueamento Compacto atualmente em operação está instalado com os equipamentos convencionais, como filtros, bombas de alta consistência, "scrappers" etc.

Partindo de nossos estudos anteriores, bem como de outros estudos de origem internacional, aceitamos que para a etapa de dióxido é necessário um tempo prolongado de retenção para se obter uma brancura de 88-89 em uma só etapa e um tempo ainda mais longo para o caso de se usar duas etapas de dióxido.

Estes estudos têm por finalidade aprimorarem todas as etapas de branqueamento e quebrar o tabu de branqueamento em muitas horas no estágio de dióxido quando ele pode muito bem ser feito em questão de minutos.

Chegamos à conclusão de que o



ABTCP Reg. 2861

ASPECTOS DO COMPORTAMENTO DO EUCALIPTO E DA BÉTULA FRENTE AOS AGENTES DE BRANQUEAMENTO

BEATRIZ VERA POZZI REDKO
Centro Técnico em Celulose e Papel - IPT

Introdução

Apesar da quase lendária velocidade de crescimento das árvores no Brasil, o volume plantado não está atendendo ao total da demanda de madeira sob as várias formas: - lenha; segundo estatísticas da FAO (1), quase a metade da madeira cortada no mundo é usada como lenha e esta porcentagem está crescendo com o aumento do preço do petróleo; - madeira serrada, compensada e chapas, madeira industrial sólida; - madeira para a fabricação de celulose e papel; - madeira para fabricação do carvão vegetal necessário para a implantação do parque siderúrgico nacional (Cherkassky, 1978).

A madeira está-se tornando um material escasso e o seu preço tem subido progressivamente, devido ao aumento do custo de mão-de-obra e de combustível para o transporte. O recente despertar da consciência ecológica brasileira é um outro importante impedimento ao plantio, já que plantações de eucalipto ou de pinho são consideradas prejudiciais aos equilíbrios naturais da vegetação, fauna, clima, fertilidade do solo, produção de água, além de "macularem" a paisagem.

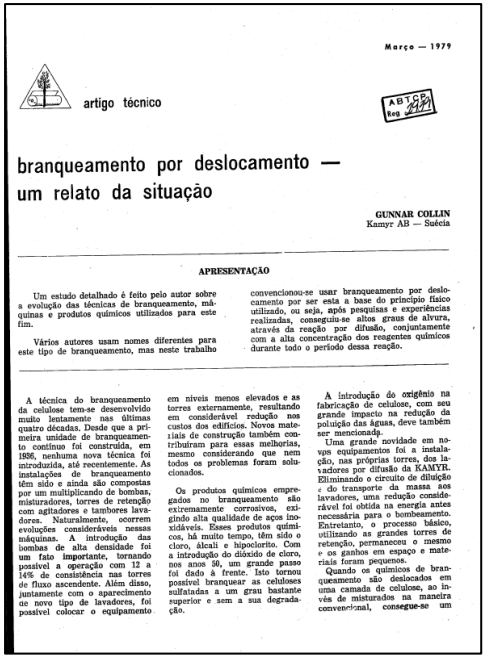
O mercado de celulose e papel tem crescido muito no Brasil nos últimos anos — o consumo per capita cresceu de 10.5 Kg por habitante em 1966 para 21.6 Kg por habitante em 1977, mas terá de ainda ser multiplicado por doze se quisermos atingir o nível de consumo de papel dos Estados Unidos, sem pensar nos problemas de exportação.

Embora a indústria de celulose seja baseada em recursos renováveis, madeira e fibras recicláveis, a escassez de celulose, o elevado preço de energia e de produtos químicos tornará impossível à indústria suprir seu crescente mercado, a menos que sejam criadas novas alternativas de produção.

A indústria de celulose e papel foi criada e desenvolveu-se em países de clima temperado, onde o material mais comum e mais fácil de ser utilizado é a madeira das coníferas. A madeira é clara e leve, as fibras são longas e as árvores crescem retas e ordenadas em vastos talhões, como que prontas para uma enorme fábrica de papel automática.

No Brasil, a Araucária foi a primeira espécie utilizada na fabricação do papel, devido a sua semelhança morfológica com as coníferas européias. Mais tarde, devido ao baixo preço da madeira e a criação de tecnologia, o eucalipto foi utilizado, existindo hoje uma série de fábricas que produzem mais de 400 ton./dia de papel, usando exclusivamente madeira de eucalipto.

Na área de papel de imprensa, que ainda é o maior volume de importação de papel no País, o produto nacional inicialmente era exclusivamente fabricado com **Araucária angustifólia**. Como esta se encontra em fase de extinção, está sendo progressivamente substituída pelas pináceas exóticas e por pastas mecanoquímicas de eucalipto, de rendimento elevado. O que tem limitado a substituição



Março — 1979

artigo técnico

ABTCP Reg. 2861

branqueamento por deslocamento — um relato da situação

GUNNAR COLLIN
Kamyr AB — Suécia

APRESENTAÇÃO

Um estudo detalhado é feito pelo autor sobre a evolução das técnicas de branqueamento, máquinas e produtos químicos utilizados para este fim.

Vários autores usam nomes diferentes para este tipo de branqueamento, mas neste trabalho convencionou-se usar branqueamento por deslocamento por ser esta a base do princípio físico utilizado, ou seja, após pesquisas e experiências realizadas, conseguiu-se altos graus de alvura, através da reação por difusão, conjuntamente com a alta concentração dos reagentes químicos durante todo o período dessa reação.

A técnica do branqueamento da celulose tem-se desenvolvido muito lentamente nas últimas quatro décadas. Desde que a primeira unidade de branqueamento contínuo foi construída, em 1936, nenhuma nova técnica foi introduzida, até recentemente. As instalações de branqueamento têm sido e ainda são compostas por um multiplicando de bombas, misturadores, torres de retenção com agitadores e tambores lavadores. Naturalmente, ocorrem evoluções consideráveis nessas máquinas. A introdução das bombas de alta densidade foi um fato importante, tornando possível a operação com 12 a 14% de consistência nas torres de fluxo ascendente. Além disso, juntamente com o aparecimento de novo tipo de lavadores, foi possível colocar o equipamento em níveis menos elevados e as torres externamente, resultando em considerável redução nos custos dos edifícios. Novos materiais de construção também contribuiram para essas melhorias, mesmo considerando que nem todos os problemas foram solucionados.

Os produtos químicos empregados no branqueamento são extremamente corrosivos, exigindo alta qualidade de aços inoxidáveis. Esses produtos químicos, há muito tempo, têm sido o cloro, álcali e hipoclorito. Com a introdução do dióxido de cloro, nos anos 50, um grande passo foi dado à frente. Isto tornou possível branquear as celuloses sulfatadas a um grau bastante superior e sem a sua degradação.

A introdução do oxigênio na fabricação de celulose, com seu grande impacto na redução da poluição das águas, deve também ser mencionado.

Uma grande novidade em novos equipamentos foi a instalação, nas próprias torres, dos lavadores por difusão da KAMYR. Eliminando o circuito de diluição e do transporte da massa aos lavadores, uma redução considerável foi obtida na energia antes necessária para o bombeamento. Entretanto, o processo básico, utilizando as grandes torres de retenção, permaneceu o mesmo e os ganhos em espaço e materiais foram pequenos.

Quando os químicos de branqueamento são deslocados em uma camada de celulose, ao invés de misturados na maneira convencional, consegue-se um

Branqueamento compacto. A. Stonis. 9º Congresso Anual. ABCP – Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. 08 pp. (1976)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1976_Branqueamento+Compacto+Stonis.pdf (em Português)

Aspectos do comportamento do eucalipto e da bétula frente aos agentes de branqueamento. B.V.P. Redko. 11º Congresso Anual. ABCP – Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. 13 pp. (1978)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1978_Branqueamento+Betula+Eucalipto+Redko.pdf (em Português)

Branqueamento por deslocamento: Um relato da situação. G. Collin. Revista O Papel (Março): 37 – 44. (1979)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1979_3_Branqueamento+Deslocamento.pdf (em Português)

Durante esses meus dias de muitos desafios em minha carreira e de muitos aprendizados também, entre 1976 a 1979, consegui uma significativa produção técnica, não apenas de artigos e trabalhos técnicos apresentados em congressos e eventos, mas também de dezenas de publicações do tipo Cenibra Pesquisa e de apostilas para o curso de mestrado da UFV. As principais razões para essa enorme produção técnica e científica foram: A abertura que a Cenibra oferecia para divulgação e apresentação de resultados à sociedade externa e a maravilhosa equipe dos técnicos, engenheiros, químicos e estudantes, tanto da DIQUA – Divisão de Qualidade, Pesquisa e Meio Ambiente como das equipes operacionais da área industrial das Cenibra. E também a destacar a produção técnica com os alunos de pós-graduação da UFV.

As apostilas do curso de pós-graduação em tecnologia de celulose e papel da UFV ajudaram a fazer crescer a oferta de conhecimentos para aqueles que se interessassem por tê-las. Pouco tempo depois, começaram a surgir as primeiras dissertações de mestrado dos alunos do curso, embora com poucos estudos sobre o branqueamento.

Seguem então as principais de minhas publicações como autor ou coautor para esse período, porém antes é necessário se lembrar de que algumas publicações realizadas em minha época na Cenibra e UFV entraram em ponto de espera para serem oficialmente publicadas algum tempo mais tarde após a redação. Por essa razão existe alguma sobreposição de datas, mas as que se seguem envolvem realmente o meu tempo de Cenibra e UFV.

Ensaios em laboratório para se otimizar a sequência CEHDED no branqueamento de celulose kraft de eucalipto. C.E.B. Foelkel; C. Zvinakevicius; J.O.M. Andrade; L.R.O. Siqueira; J. Kato. 10º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 13 pp. (1977)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1977.%20Otimiza%E7%E3o%20CEHDED.pdf (em Português)

Sequências exóticas para branqueamento em múltiplos estágios de celulose kraft de eucalipto. C. Zvinakevicius; C.E.B. Foelkel; J. Kato; M.J.O. Fonseca. 11º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 11 pp. (1978)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1978.%20sequ%EAncias%20ex%F3ticas.pdf (em Português)

Química dos processos de produção de celulose. C.E.B. Foelkel. Apostila de curso. Curso de pós-graduação em Tecnologia de Celulose e Papel. UFV – Universidade Federal de Viçosa. CENIBRA – Celulose Nipo-Brasileira. 286 pp. (1979)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufv/03.%20Qu%EDmica%20dos%20Processos%20de%20Produ%E7ao%20de%20Celulose.%201977.1979.pdf (em Português)

Tecnologia de celulose: Aulas teóricas, problemas e provas. A.F. Milanez; C. Foelkel. Apostila de curso. Curso de pós-graduação em Tecnologia de Celulose e Papel. UFV – Universidade Federal de Viçosa. CENIBRA – Celulose Nipo-Brasileira. 96 pp. (1979)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufv/04.%20Tecnologia%20da%20Celulose.%201977.1979.pdf (em Português)

Branqueamento em multi-mini estágios. C.E.B. Foelkel; C. Zvinakevicius; A.F. Milanez; M.J.O. Fonseca; O.M. Gadioli. 12º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (1979)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1979.%20Multiminiest%E1gios.pdf (em Português)

Efeito da adição de cloreto de sódio no estágio da dioxidação em sequências de branqueamento de celulose kraft de eucalipto. C. Zvinakevicius; J.O.M. Andrade; C.E.B. Foelkel. Revista O Papel (Outubro): 41 - 46. (1979)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/1979_Cloreto_Sodio.pdf (em Português)

Influência da secagem sobre as características da celulose kraft branqueada de eucalipto. J. Kato; C.E.B. Foelkel; V.V. Rosa; J.C. Terra. 12º Congresso Anual. ABCP – Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. 06 pp. (1979)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1979.%20influencia%20secagem.pdf (em Português)

Hardwood pulping in Brazil. C.E.B. Foelkel; C. Zvinakevicius. Tappi Journal 63(3): 39 – 42. (1980)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/13_Hardwood%20pulping%20in%20Brazil.pdf (em Inglês)

Controle da cloração e da extração alcalina I pela alvura da polpa. J. Kato; C.E.B. Foelkel. Revista O Papel (Novembro): 47 – 48. (1980)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/1980_Controle_CE_Branqueamento.pdf (em Português)

Branqueamento de celuloses com sequências contendo oxigênio. I – Celuloses kraft de eucalipto. C.E.B. Foelkel; C. Zvinakevicius; A.F. Milanez; J. Kato; J.C. Terra. 13º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (1980)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1980.%20sequencias%20contendo%20oxig%EAnio%20I.pdf (em Português)

Branqueamento de celuloses com sequências contendo oxigênio. II – Celuloses pré-hidrólise kraft de eucalipto e acácia negra. C.E.B. Foelkel; C. Zvinakevicius; J. Kato; A.F. Milanez; J. Medeiros Sobrinho. 13º Congresso Anual. ABTCP – Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. 10 pp. (1980)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1980.%20Branqueamento%20oxig%EAnio%20polpas%20sol%FAveis%20ac%E1cia%20e%20eucali.pdf (em Português)

Branqueamento com ar. C. Zvinakevicius; C.E.B. Foelkel; A.F. Milanez; J. Kato; M.J.O. Fonseca. 13º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 09 pp. (1980)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1980.%20Branqueamento%20com%20ar.pdf (em Português)

Novos relatos sobre sequências exóticas para branqueamento de celulose kraft de eucalipto. C.E.B. Foelkel; C. Zvinakevicius; J. Kato; M.J.O. Fonseca. 14º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 19 pp. (1981)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1981.%20Novas%20ex%F3ticas.pdf (em Português)

Processos de deslignificação com oxigênio para a produção de celulose de eucalipto. A.F. Milanez; C.E.B. Foelkel. 14º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 72 pp. (1981)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1981.%20processos%20com%20O2.%20Milanez.pdf (em Português)

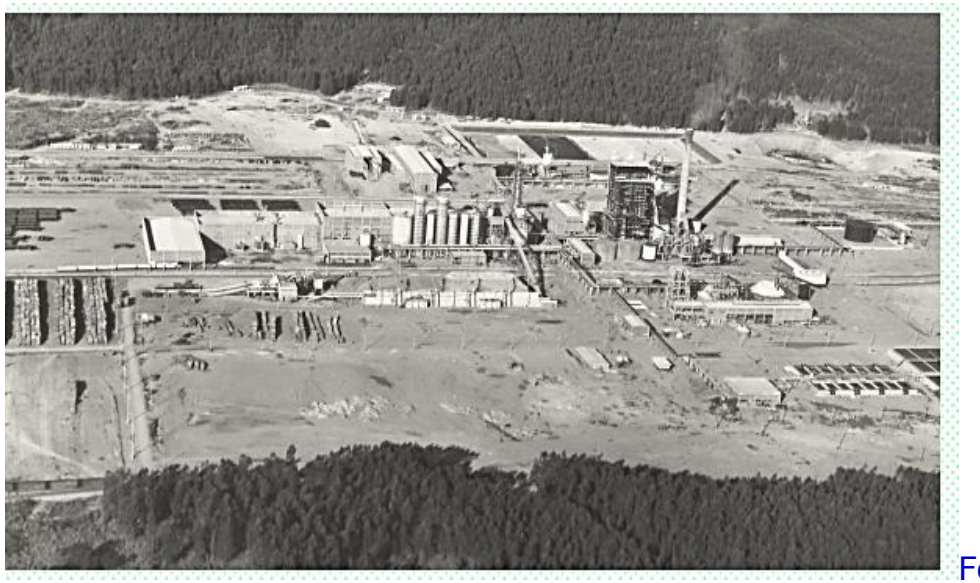


Foto Cenibra (1977)

Riocell & USP ("Challenging times": Parte 2: 1979 a 1987)

A Riocell foi resultado originalmente de investimentos da empresa norueguesa Borregaard A.S. para produção de celulose não branqueada de eucalipto e acácia negra no estado do Rio Grande do Sul. Na verdade, os noruegueses queriam comprar inicialmente cavacos de madeira, pois tinham deficiência de matéria-prima na Escandinávia e preços exagerados das madeiras na Noruega. Os governos brasileiros (federal e estadual) não concordaram com a venda apenas de madeira e exigiram que alguma industrialização fosse realizada no Brasil. Surgiu assim uma fábrica de celulose brasileira de celulose não branqueada de fibra curta de eucalipto (misturado com madeira de acácia negra) para produzir mais tarde dois tipos de produtos (polpa para papel - *Primacell* e polpa solúvel para dissolução - *Solvincell*). As celuloses não branqueadas e não depuradas dos tipos papel e solúvel eram transferidas para Sarpsborg na Noruega, eram reidratadas, depuradas e branqueadas aos níveis de polpas comerciais de mercado. Assim, parte da industrialização ficava no Brasil (Guaíba/RS) e parte na Europa (Sarpsborg/Noruega). Após a nacionalização, poucos anos depois, a razão social mudou para Riocell - Rio Grande Companhia de Celulose do Sul, depois Riocell S.A., Klabin Riocell, Aracruz e atualmente, ampliada e modificada pertence ao grupo chileno CMPC, com a denominação CMPC Celulose Riograndense.

Minha ida para a Riocell acabou sendo uma opção inevitável, mesmo com todo o sucesso que estávamos tendo na Cenibra, tanto pela íntima integração da área de pesquisas com a operação industrial na fábrica, como pela atuação como fundador e professor do curso de pós-graduação em tecnologia de celulose e papel na UFV.

Mas as coisas faziam sentido para mim. O curso de Viçosa já podia caminhar sem minha participação principal, pois o professor Dr. José Lívio Gomide havia retornado de seus estudos de doutorado nos Estados Unidos da América e daria continuidade com o curso, tendo se conseguido junto à

reitoria que dois alunos do curso fossem contratados para atuar na docência junto a ele: Rubens Chaves de Oliveira e José Luiz Colodette.

Quanto à Cenibra, o balde de água fria para minha saída veio quando recebemos uma negativa da FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) para financiar a construção de um amplo e bem equipado Centro Tecnológico na empresa. Motivo alegado (e completamente inadequado) para negar o apoio ao nosso bem elaborado projeto: "a Cenibra não era uma empresa nacional", pois tinha metade do capital pertencente ao grupo JBP – Japan Brasil Paper and Pulp Resources Development. Uma grande perda, para mim, para o amigo Ceslavas, para a Cenibra e para o Brasil.

Como a Riocell me ofereceu essa possibilidade para construir o centro tecnológico de meus sonhos, arrisquei e para lá fomos, eu e minha família. E depois alguns dos engenheiros que eu havia ajudado a formar em Viçosa: Augusto Fernandes Milanez, Carlos Alberto Busnardo e Jorge Vieira Gonzaga. E o Centro Tecnológico da Riocell foi projetado e construído em pouco mais de um ano, tendo sido inaugurado em maio de 1981.

O convite da Riocell incluía alguns desafios audaciosos nessa fábrica que se sucedia à Borregaard, por isso e por acreditar no Dr. Aldo Sani, uma das pessoas ícones do setor de C&P do Brasil em todas as épocas, não resisti ao convite para me mudar com a família para Guaíba. Havia desafios para toda a equipe Riocell, pois a empresa precisava crescer, modernizar, faturar e poder assim sobreviver.

Para minha área e de forma integrada ao todo da empresa, eram oito os desafios que foram consensuados comigo e com Alfred Freund, Werner Adelmann e Aldo Sani para a geração de minha nova posição na Riocell, quando recebido o convite em 1979:

- Desenvolver e aperfeiçoar tecnologias e aumentar o nível de conhecimentos sobre a produção de celuloses branqueadas dos tipos para papel e para dissolução (polpa solúvel) a partir de madeiras de eucalipto e acácia negra;
- Dar suporte técnico para a área comercial para colaborar na aceitação e crescimento do mercado das celuloses de fibra curta dos tipos papel e solúvel obtidas de eucaliptos;
- Oferecer suporte técnico para promover a qualidade e a produtividade das florestas e das madeiras obtidas de espécies de *Eucalyptus* e *Acacia*;
- Ajudar na minimização dos problemas ambientais da fábrica, através de novas tecnologias, otimização das operações industriais e conscientização do pessoal da empresa e das comunidades;
- Desenvolver argumentação técnica capaz de ajudar nas explicações dos problemas e soluções ambientais da empresa, trabalhando em sintonia com a área de relações públicas;

- Coordenar a formação de uma CIMA (Comissão Interna do Meio Ambiente) na Riocell, a exemplo da que fora criada e operava com sucesso na CENIBRA, graças à inovatividade do amigo Hans-Jurgen Kleine;
- Colaborar no desenho do projeto, implantação e obtenção de recursos públicos subsidiados (FINEP e fundos setoriais de apoio à inovação) para a construção e operação de um dos mais bem equipados Centros Tecnológicos do setor de celulose e papel tanto do Brasil como internacionalmente. Conseguimos um excelente financiamento (carência de 7 anos e correção monetária bem baixa) correspondente a mais de um milhão de dólares junto à FINEP com intermediação do BRDE – Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul. A Riocell colocou mais um milhão de dólares e passamos a ter um centro tecnológico ímpar e admirado globalmente.
- Cooperar na formação e qualificação de recursos humanos técnicos para a empresa e para a sociedade brasileira. Para essa finalidade, foram priorizados treinamentos técnicos internos (cursos e palestras) na empresa e cursos externos de formação profissional (curso técnico de celulose e papel "Gomes Jardim") e de apoio à pós-graduação (cursos na USP – Universidade de São Paulo, na UFSM – Universidade Federal de Santa Maria, etc.).

Minha relação profissional com a Riocell foi um dos pontos altos de minha carreira, já que permaneci na empresa por 19 anos, desde agosto de 1979 até maio de 1998, e ali tive a oportunidade de participar em inúmeros desenvolvimentos, inclusive da mencionada construção de um Centro Tecnológico com 4.000 metros quadrados de área de desenvolvimento, contendo laboratórios, biblioteca, salas de estudos e uma fantástica equipe de trabalho, onde destaco as relevantes participações dos engenheiros e profissionais técnicos: José Vilton Marengo, Nei Rubens Lima, Moacir Sauer, Edvins Ratnieks, Ari da Silva Medeiros, Marco Aurélio Luiz Martins, Edison da Silva Campos, Alberto Ferreira Lima, Luiz Carlos Borges, Maurício Malka, Wilson Luders, Carlos Alberto Busnardo, Augusto Fernandes Milanez, Haroldo Fernandes, Sérgio Menochelli, Nadir Butture, Erwin Mora, Jorge Herrera, Cláudia Steiner, Cláudia Alcaraz Zini, Vera Regina Bottini Gallardo, João Batista Vanti Vesz, Sérgio Zornitta, João Carlos Pereira, Maria do Rocio Fontoura Teixeira, Cymar Buede Teixeira, Patrícia de Oliveira, Jeferson Dias, Pedro Paulo de Oliveira Bartz, Teotônio Francisco de Assis, Clóvis Zimmer, Jorge Mesquita Filho, Jorge Vieira Gonzaga, Rosane Escobar, Claudete Dias, Cladismar Schmidt, Rudimar Leão, Vera Maria Sacon, Jurandyr Alves, dentre outros. Na área industrial e florestal tivemos diversas publicações e interações técnicas com o pessoal técnico e operacional: Antônio Waldomiro Petrik, Antônio Raffin, Romeu Zanchin, Luiz Coimbra, Renato Perez Pinto, Levi Porto Rocha, Marcos Steyer, Sadi Carlos de Oliveira, Gerson Wolff, José Artêmio Totti, Bernardo Rech, Italino

Borssatto, Júlio César Führ, Jorge Euclides Mayer Klein, Alfred Freund, Werner Adelmann, Nísio Lemos Barlén, dentre outros.

Riocell ao final dos anos 1990's

Em 2022, a fábrica de Guaíba completou seu cinquentenário do início de operação, a qual aconteceu em 1972, inicialmente tendo a denominação do nome adaptado de seu principal proprietário e catalisador para que a fábrica fosse ali instalada: Indústria de Celulose Borregaard.

Nesse momento festivo e histórico, um grupo de ex-funcionários e alguns até atuais, pois se mantinham ainda na empresa, que na atualidade passara a se chamar CMPC Celulose Riograndense, decidiu por produzir um e-book virtual para relatar pontos de vistas de cada um de dezenas de pessoas que ali trabalharam e contribuíram para o sucesso do empreendimento. A coordenação e mentoria para essa construção do e-book coube ao grande amigo Hans-Jurgen Kleine.

Tanto o e-book como a parte que me coube escrever com minhas vivências na empresa estão a seguir apresentadas como forma de resgate histórico de dezenas de passagens e contribuições dos amigos da empresa.

Conheçam em:

E-Book: **Borregaard Guaíba 50 anos (1972 – 2022). Fatos e relatos pessoais.** Coordenação Hans J. Kleine; Cristina Olsson. Editora da ABTCP-Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 283 pp. (2022)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/E-Book_Borregaard+Riocell+Klabin+Aracruz+CMPC+Guaiba.pdf (em Português)

Riocell: Sonhos, projetos, realizações e decepções. C. Foelkel. *In:* E-Book "Borregaard Guaíba 50 anos (1972 – 2022): Fatos e relatos pessoais". p.: 34 - 38. (2022)
https://eucalyptus.com.br/artigos/Riocell_Sonhos+Projetos+Realizazoes+Decepzoes_CF.pdf (em Português)

Consegui me manter por um período bastante mais longo na Riocell, que também foi dos mais produtivos e relevantes em minha carreira, pois a ele se agregou a formação de outros dois de meus cursos criados em nível de pós-graduação em ciência e tecnologia de celulose e papel.

Um dos cursos aconteceu na USP, através da parceria entre a Riocell, a ESALQ/USP e a Escola Politécnica da mesma USP. O curso iniciou operações em 1981 e foi responsável pela formação de diversos expoentes do nossa gente tecnológica do setor durante a década dos anos 1980's.

O outro curso foi criado na Universidade Federal de Santa Maria em 1990 e fui professor do mesmo até o ano 2000, ou seja, dez anos de atividades docentes e de orientação a estudantes com geração de dissertações da mais alta qualidade tecnológica.

A liberdade de ação e divulgação de nossas pesquisas mais o entusiasmo foram forças motrizes poderosas para que as coisas acontecessem comigo na empresa, mesmo com as dificuldades financeiras que a Riocell passou a enfrentar entre 1980 a 1983, período do "projeto do branqueamento" e complementação tecnológica da antiga fábrica da Borregaard. Em alguns momentos cheguei a pensar que as coisas e os sonhos poderiam não acontecer, mas a liderança do Dr. Aldo e sua determinação fizeram que o projeto de ampliação da fábrica decolasse a construção do Centro Tecnológico, que mais ganhou o seu nome, fossem acontecendo, mesmo entre "trancos e barrancos".

Nem bem chegamos a Guaíba e já havia muita coisa para estudar. Havia um projeto de modernização da fábrica em andamento e um projeto a ser criado e implantado para o sonhado centro tecnológico.

Como a antiga Indústria de Celulose Borregaard não contemplava uma planta de branqueamento na fábrica de Guaíba, a prioridade número um era a complementação da fábrica com a implantação do projeto de branqueamento e um adequado sistema de tratamento dos novos efluentes que se somariam aos que já existiam.

O setor de branqueamento deveria ser utilizado tanto para as polpas papel e solúvel, sendo que essa última era bem mais fácil para se atingir altas e estáveis alvuras em função da remoção da maior parte das hemiceluloses no digestor.

Os fundamentos para a eleição da sequência de branqueamento se basearam em trabalhos nossos publicados e disponibilizados ao público em época recente quando desenvolvemos o conceito de multi-mini estágios.

Foram 5 estágios em três torres em um sistema que a Kamyr houvera desenvolvido na época, e que chamava "branqueamento por deslocamento". Nesse sistema, as lavagens ocorriam dentro das torres valendo-se de difusores para troca dos filtrados (um difusor após cada estágio).

A sequência eleita pelo projeto para polpas tipo papel foi (C/D)$E_1D_1E_2D_2$. As duas primeiras torres abrigavam dois estágios cada uma (C/D)E_1 e D_1E_2 e a última apenas um (D_2) com lavagem final com água reciclada oriunda da máquina formadora de folhas do setor de secagem da celulose. Em etapa subsequente, adicionava-se ácido sulfuroso para eliminar a residual de dióxido de cloro. O único estágio que era realizado em temperatura baixa (50ºC) era o de Cloração Ácida Sequencial que combinava adição de Cl_2 e ClO_2.

No caso de fabricação de polpa solúvel, o branqueamento se valia da adição de hipoclorito de sódio em dois estágios, como forma de ajustar a viscosidade da polpa aos padrões desejados para os diferentes tipos de produtos (para viscose, para acetato de celulose, para nitrocelulose, etc.). Até o momento em que se podia utilizar adição de hipocloritos, a sequência para polpas solúveis era: (C/D)EDEhH e algumas variações, principalmente em função da simplicidade para se realizar o branqueamento da polpa solúvel com baixo teor de lignina, de hemiceluloses e de ácidos hexenurônicos.

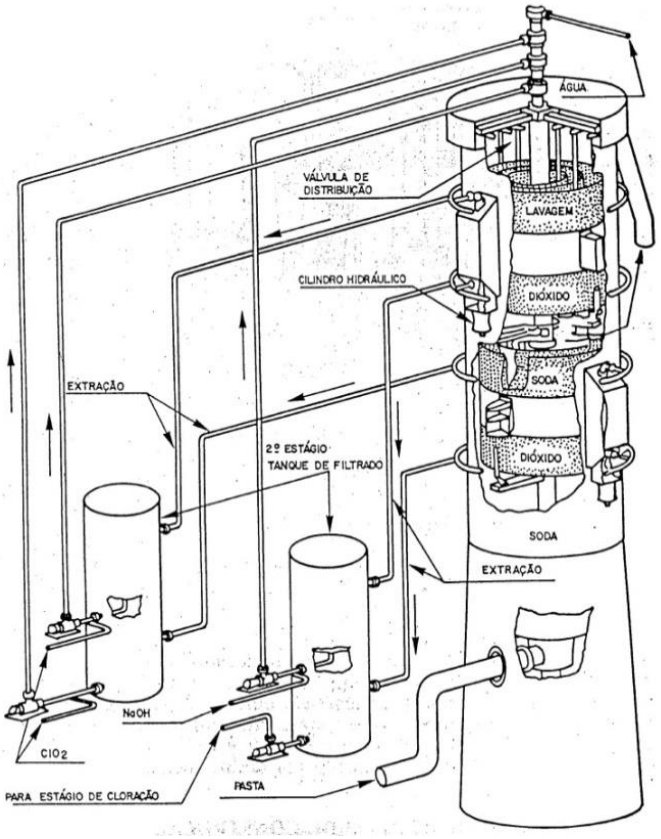
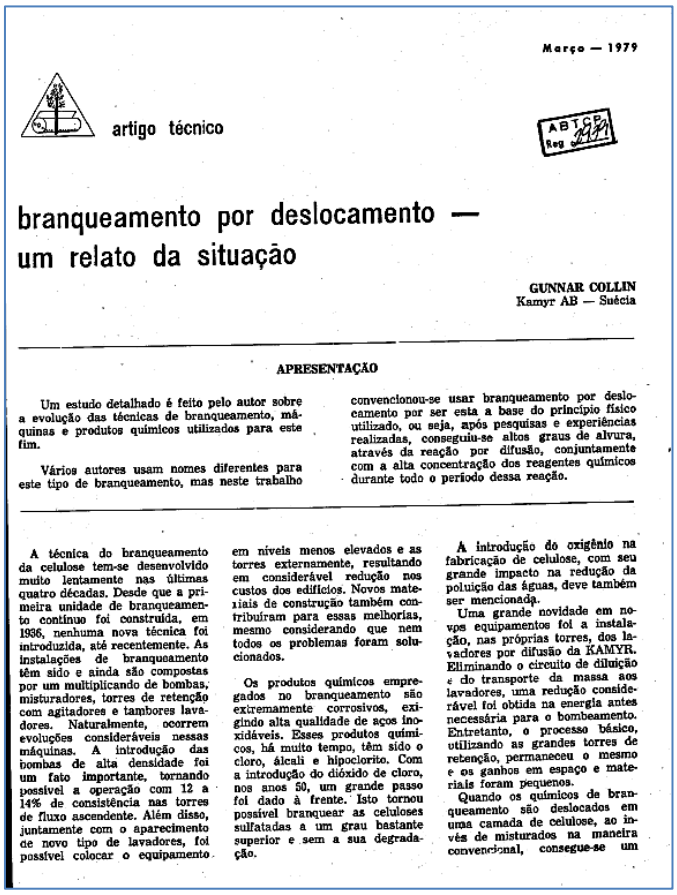


Imagem: *Torre de branqueamento por deslocamento com dois estágios*
https://eucalyptus.com.br/artigos/1979_3_Branqueamento+Deslocamento.pdf



Março — 1979

artigo técnico

ABTCP Seg

branqueamento por deslocamento — um relato da situação

GUNNAR COLLIN
Kamyr AB — Suécia

APRESENTAÇÃO

Um estudo detalhado é feito pelo autor sobre a evolução das técnicas de branqueamento, máquinas e produtos químicos utilizados para este fim.

Vários autores usam nomes diferentes para este tipo de branqueamento, mas neste trabalho convencionou-se usar branqueamento por deslocamento por ser esta a base do princípio físico utilizado, ou seja, após pesquisas e experiências realizadas, conseguiu-se altos graus de alvura, através da reação por difusão, conjuntamente com a alta concentração dos reagentes químicos durante todo o período dessa reação.

A técnica do branqueamento da celulose tem-se desenvolvido muito lentamente nas últimas quatro décadas. Desde que a primeira unidade de branqueamento contínuo foi construída, em 1936, nenhuma nova técnica foi introduzida, até recentemente. As instalações de branqueamento têm sido e ainda são compostas por um multiplicando de bombas, misturadores, torres de retenção com agitadores e tambores lavadores. Naturalmente, ocorrem evoluções consideráveis nessas máquinas. A introdução das bombas de alta densidade foi um fato importante, tornando possível a operação com 12 a 14% de consistência nas torres de fluxo ascendente. Além disso, juntamente com o aparecimento de novo tipo de lavadores, foi possível colocar o equipamento em níveis menos elevados e as torres externamente, resultando em considerável redução nos custos dos edifícios. Novos materiais de construção também contribuíram para essas melhorias, mesmo considerando que nem todos os problemas foram solucionados.

Os produtos químicos empregados no branqueamento são extremamente corrosivos, exigindo alta qualidade de aços inoxidáveis. Esses produtos químicos, há muito tempo, têm sido o cloro, álcali e hipoclorito. Com a introdução do dióxido de cloro, nos anos 50, um grande passo foi dado à frente. Isto tornou possível branquear as celuloses sulfatadas a um grau bastante superior e sem a sua degradação.

A introdução do oxigênio na fabricação de celulose, com seu grande impacto na redução da poluição das águas, deve também ser mencionada.

Uma grande novidade em novos equipamentos foi a instalação, nas próprias torres, dos lavadores por difusão da KAMYR. Eliminando o circuito de diluição e do transporte da massa aos lavadores, uma redução considerável foi obtida na energia antes necessária para o bombeamento. Entretanto, o processo básico, utilizando as grandes torres de retenção, permaneceu o mesmo e os ganhos em espaço e materiais foram pequenos.

Quando os químicos de branqueamento são deslocados em uma camada de celulose, ao invés de misturados na maneira convencional, consegue-se um

Imagem: Folha-rosto de artigo com citação do mesmo na bibliografia

Passamos imediatamente a simular estudos laboratoriais com a equipe do laboratório existente, que tinha o comando do nosso saudoso e querido amigo José Vilton Marengo e seu eficientíssimo engenheiro Moacyr José Sauer. Mantivemos a mesma linha da Cenibra, todos ajudando um ao outro e privilegiando as autorias dos estudos também aos laboratoristas mais qualificados, que assumiam também pesquisas e as responsabilidades pelos resultados. Logo a equipe foi-se ampliando com a contratação de novos engenheiros, alguns já mencionados, e laboratoristas altamente qualificados, muitos originados do curso técnico oferecido pela Riocell em parceria com a Secretaria Estadual de Educação do RS, no Instituto de Educação "Gomes Jardim" em Guaíba.

Continuamos a grande produção de novos conhecimentos em diversas áreas fabris e florestais da empresa. As publicações em revistas e eventos dos trabalhos mais elaborados foi algo muito incentivado e criamos as publicações internas "Riocell Pesquisa" e "Celulose e Papel em Pesquisa", bem como relatórios técnicos para divulgar e criar um banco de dados tecnológicos.

A Riocell acabou sendo uma das primeiras empresas de celulose de mercado com diversificação de seus produtos em especialidades, dispondo na verdade de diferentes e variados tipos de polpas celulósicas, tendo como matérias-primas fibrosas as madeiras de espécies de *Eucalyptus* e da *Acacia mearnsii*. Isso aconteceu durante o início dos anos 1980's, quando fizemos essa opção em função de termos duas fontes de madeira (*Eucalyptus* e *Acacia*) e duas vertentes principais no processo produtivo a partir de uma mesma linha de fibras: polpas para papel e polpas para dissolução.

As celuloses produzidas eram: polpa solúvel; polpa *filler* produzida com a refinação de rejeitos do cozimento kraft, polpa papel branqueada e polpa papel não branqueada. Como parte das estratégias tecnológicas, foram desenvolvidas especialidades nos diferentes tipos de celuloses, tais como: polpa branqueada e não branqueada secada em fardos prensados pelo processo "flash drying" (especiais para papéis filtros, papéis sanitários, papéis decorativos e a base de impregnação fenólica); polpas solúveis para produção de rayon, celofane, acetato de celulose, nitrocelulose e ésteres de celulose; polpa papel não branqueada para produção de papéis base carbono, impregnação fenólica, embalagens, etc.; polpas papéis branqueadas para usos papeleiros especiais (papéis sanitários, papéis fotográficos, papéis de impressão, papéis revestidos, etc.).

Toda essa evolução foi criada e produzida pela intima relação entre as áreas de pesquisa e desenvolvimento tecnológico da empresa, as áreas comerciais e de produção fabril. Uma interação notável, conquistada graças à credibilidade das pessoas e ao processo de desenvolvimento gerado nos laboratórios, plantas pilotos e ensaios industriais na própria fábrica.

Adicionalmente à toda essa atividade em Guaíba, contando com o forte apoio da Riocell, catalisamos junto à USP – Universidade de São Paulo (Escola Politécnica e ESALQ) e CTCP – Centro Técnico em Celulose e Papel do IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, a criação de um curso de pós-graduação em tecnologia de celulose e papel. Fui professor de duas disciplinas: "Qualidade da madeira" (lecionada em Piracicaba em 1980) e "Branqueamento e purificação das fibras celulósicas" (lecionada na Cidade Universitária da USP, em São Paulo – em 1981).

Isso me forçava a viajar todas as semanas do ano letivo de Guaíba até Piracicaba e/ou São Paulo. Vida dura, mas recompensadora. Tive alguns alunos brilhantes nesse curso da USP e que conseguiram se dedicar também e parcialmente ao branqueamento da celulose em suas carreiras: Vail Manfredi e João Carlos Gil Muner. Diversos dos trabalhos dessa dupla de ex-alunos e amigos estão citados na seção bibliográfica. No curso criado com a USP, gostaria de destacar alguns de meus ex-alunos que foram absorvidos pelo setor, com sucesso profissional no Brasil e fora dele: Vail

Manfredi; Telma Sinício; João Carlos Gil Muner; Antônio Fernando Elias; Admir Lopes Mora; José Carlos Duarte Pereira, dentre outros.

Uma breve descrição de como esse curso foi montado e realizado, envolvendo a parceria entre a Riocell e a USP /CTCP, através de duas das unidades de ensino daquela universidade (ESALQ – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" e Escola Politécnica de São Paulo) pode ser encontrada nas páginas do documento a seguir:

Relato de Vida por Celso Foelkel: **ESALQ: Sonhos – Paixões – Decepções – Resignação – Novas Rotas & Conquistas. Um sonho interrompido e a abertura de novas rotas.** C. Foelkel. Website celso-foelkel.com e www.eucalyptus.com.br**.** 93 pp. (2022)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2022_Relato_ESALQ_Sonho+Interrompido.pdf (páginas 74 a 80 discorrem sobre a criação do curso de pós-graduação resultante da parceria entre a Riocell e a USP/ESALQ/CTCP/IPT)

Durante esse período entre 1979 a 1987, abrangido por essa etapa cheia de desafios, estudamos muito sobre o branqueamento e sobre a sequência tecnológica que a Riocell havia selecionado e adquirido, em termos de sua otimização técnica e operacional.

Buscou-se trabalhar com:

- Otimização da Cloração Ácida, passando a se valer da mistura de cloro elementar e dióxido de cloro, elegendo as condições ideais de repartição desse "cloro ativo" nessa etapa denominada de "Cloração Sequencial";
- Aumento da temperatura do estágio da cloração ácida, quando as relações entre cloro e dióxido eram predominantes para o ClO_2;
- Introdução do hipoclorito de sódio (que se formava como subproduto na planta de geração de produtos químicos) no estágio de primeira extração alcalina (Eh) para o branqueamento de polpas para papel;
- Adequação das equações de cargas de cloro ativo e soda cáustica em função dos números kappa;
- Desenvolvimento do estágio "hot hypo", uma preciosidade que foi aniquilada depois pela crise das dioxinas e furanos. Esse estágio se baseou em conhecimentos anteriores que havíamos descoberto ainda na Cenibra, quando notamos que um muito rápido (15 minutos) estágio de hipoclorito "abria caminhos" para uma maior efetividade e aproveitamento de um estágio subsequente de dioxidação. Para esse papel, não se necessitaria nem mesmo de uma torre convencional, bastaria a adição de hipoclorito com uma pequena carga (0,4% base

polpa seca) sobre uma massa celulósica quente (70 – 75ºC, o que poderia ser conseguido até com um tubulão tipo misturador estático.

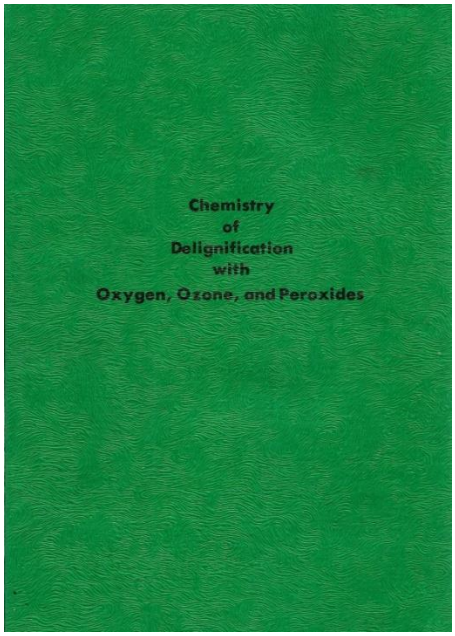
- Estudos sobre o processo de formação do "pitch" devido à cloração dos extrativos das madeiras e meios de se controlar e prevenir o mesmo;
- Otimizações para a sequência de branqueamento com foco na diversificação de novos produtos celulósicos para ampliação do portfólio da Riocell: polpa para papel fotográfico, polpa branqueada secada por sistema "flash" para papéis *tissue*, polpas solúveis orientadas para distintos usos, polpas de transição entre campanhas de celuloses para papel e polpa solúvel destinada a papéis especiais como filtros, fraldas de papel e absorventes higiênicos, etc.
- Otimizações das condições operacionais de cada estágio do branqueamento na busca de maiores efetividades no consumo dos reagentes e sobra de menores residuais ao final dos estágios;
- Estudos comparativos da branqueabilidade de polpas kraft obtidas de misturas (de 0 a 100% de cada espécie) de madeiras de diversos tipos de *Eucalyptus* e de *Acacia mearsnsii*;
- Estudos sobre novas possibilidades tecnológicas tais como: "branqueamento em manta"; branqueamento totalmente em fase gasosa; branqueamento gerando efluente fertilizante para uso agrícola ou florestal; etc.
- Nessa época, os estágios em base de compostos de oxigênio não eram muito considerados por nós para aplicações industriais. Isso também acontecia em outras empresas que possuíam sequências longas e com quantidades suficientes de dióxido de cloro. Os resultados com as sequências com 5 ou 6 estágios e contendo cloro, hipoclorito e dióxido de cloro conseguiam elevar tão facilmente os níveis de alvura, que não havia um interesse em se aventurar a usar esses compostos.

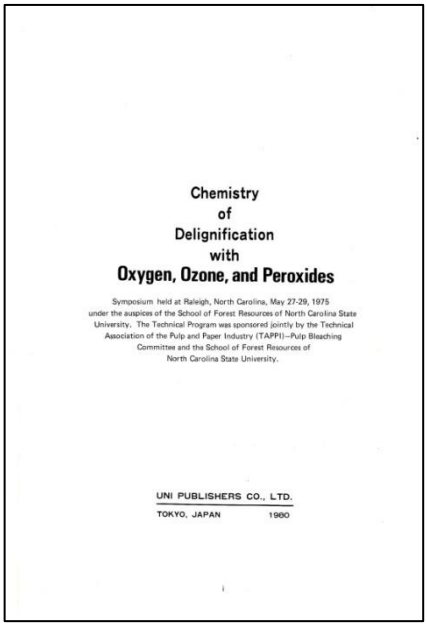
  Por outro lado, a utilização de peróxido de hidrogênio crescia no Brasil para uso em fábricas que não possuíam dióxido de cloro e necessitavam alvejar melhor suas polpas para enfrentar a concorrência das fábricas de papel que tinham estágios de dioxidação. Dessa forma, as sequências CEoHH, CepHH, CeoHP e CepHP acabaram se popularizando e foram muito utilizadas em fábricas integradas que produziam papéis para impressão e escrita. Muitos dos papéis offset produzidos e comercializados no Brasil durante esse período eram produzidos com polpas kraft de eucalipto assim branqueadas.

Mas isso viria a mudar a partir de 1988, quando os compostos de oxigênio passaram a ter forte protagonismo

E junto a eles, incorporaram-se os requeridos coadjuvantes: quelantes, sulfato ou hidróxido de magnésio, ácidos, etc.

Entretanto, ainda mesmo em épocas anteriores como nos anos 1970's, os compostos de oxigênio já eram estudados e vislumbrados por muitos cientistas como tendo enormes potenciais para deslignificação e utilização no branqueamento da celulose, em especial o oxigênio, o ozônio e os peróxidos

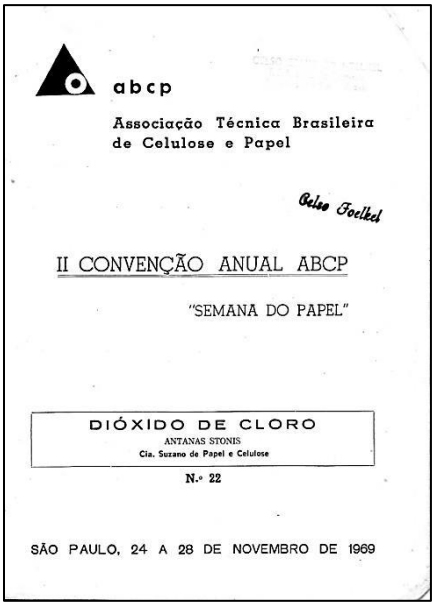



Chemistry
of
Delignification
with
Oxygen, Ozone, and Peroxides

Symposium held at Raleigh, North Carolina, May 27-29, 1975 under the auspices of the School of Forest Resources of North Carolina State University. The Technical Program was sponsored jointly by the Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPI)–Pulp Bleaching Committee and the School of Forest Resources of North Carolina State University.

UNI PUBLISHERS CO., LTD.
TOKYO, JAPAN 1980

E junto com a soda cáustica, os compostos de oxigênio se juntariam gradualmente ao principal protagonista dos branqueamentos ECF que se tornariam populares a partir dos anos 1990's: o dióxido de cloro, principal agente branqueador do setor na busca de altas alvuras, o que sucede até os dias atuais


abcp

Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel

II CONVENÇÃO ANUAL ABCP

"SEMANA DO PAPEL"

DIÓXIDO DE CLORO
ANTANAS STONIS
Cia. Suzano de Papel e Celulose

N.º 22

SÃO PAULO, 24 A 28 DE NOVEMBRO DE 1969

A época abrangida entre os anos 1979 a 1987 se caracterizou por ser um período de muitos estudos na Riocell, muita produção tecnológica não apenas com o branqueamento da celulose, mas também sobre os temas ambientais e de redução dos efeitos ambientais negativos na produção de celulose. Havia muito a se produzir para tornar a empresa Riocell como vista e admirada pela sociedade e por seus clientes.

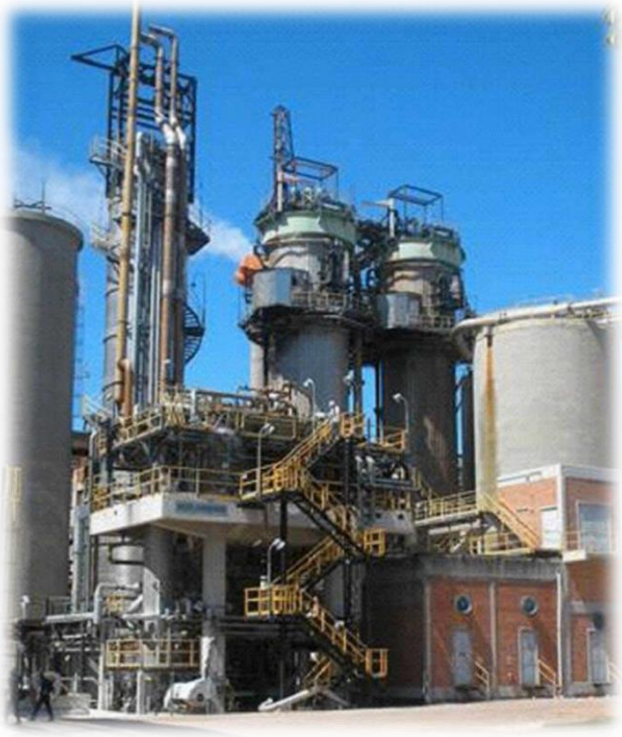


Imagem: Branqueamento por deslocamento com três torres e cinco estágios da antiga Riocell
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2008_Processo+Fabricar+Celulose.pdf

Ao longo desse período, foram tantas as distinções recebidas por trabalhos técnicos versando sobre o branqueamento da celulose e que foram apresentados em Congressos da ABTCP e publicados em veículos da associação, todos em parceria com as equipes da Cenibra e depois da Riocell, que acabei sendo considerado um especialista brasileiro nesse segmento tecnológico.

Por essas razões, acabei sendo convidado a apresentar algumas palestras e cursos pela ABTCP e a lecionar a disciplina "Branqueamento de Pastas Celulósicas" em um importante curso de pós-graduação *lato sensu e* que foi organizado e apresentado no IPT em São Paulo. Falo do Curso Panamericano de Celulose e Papel, que aconteceu entre 1987/1988, organizado pelo CTCP/IPT – Centro Técnico em Celulose e Papel do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Curso realizado nas dependências do CTCP, na Cidade Universitária da USP, em São Paulo.

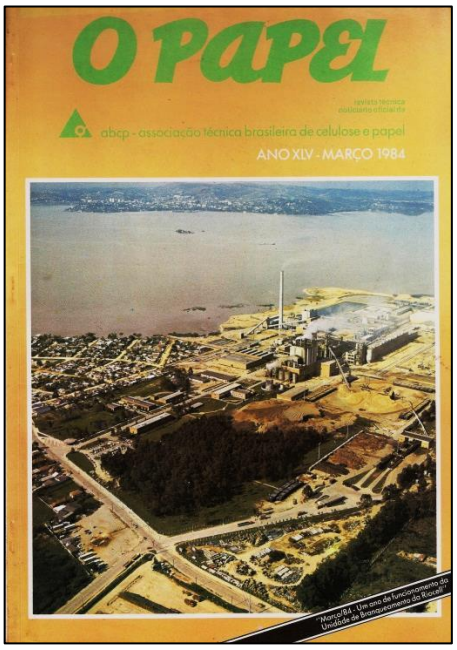
Conheçam algo sobre esse incrível curso que aconteceu em duas edições no final dos anos 1980's e que foram vetores para o desenvolvimento da qualificação dos recursos humanos técnicos para o crescimento do setor brasileiro e latino-americano de celulose e papel.

Relato de Vida por Celso Foelkel: **Cursos Pan-Americanos de Especialização em Celulose e Papel – CTCP/IPT**. C. Foelkel. Relatos de Vida. *In:* PinusLetter nº 44. 08 pp. (2015)

https://www.celso-foelkel.com.br/pinus/PinusLetter44_Cursos_Panamericanos_Celulose_Papel.pdf (em Português)

Essa etapa temporal de minha vida profissional foi interrompida e modificada em 1988 em função da descoberta global de que o branqueamento da celulose gerava compostos orgânicos clorados e persistentes, dentre os quais as temidas e famigeradas dioxinas e seus assemelhados, os furanos. Dessa forma, aquilo que se pesquisava visando às melhorias operacionais das fábricas e otimização de custos e de produtividade passou a ter uma ampliação de escopo.

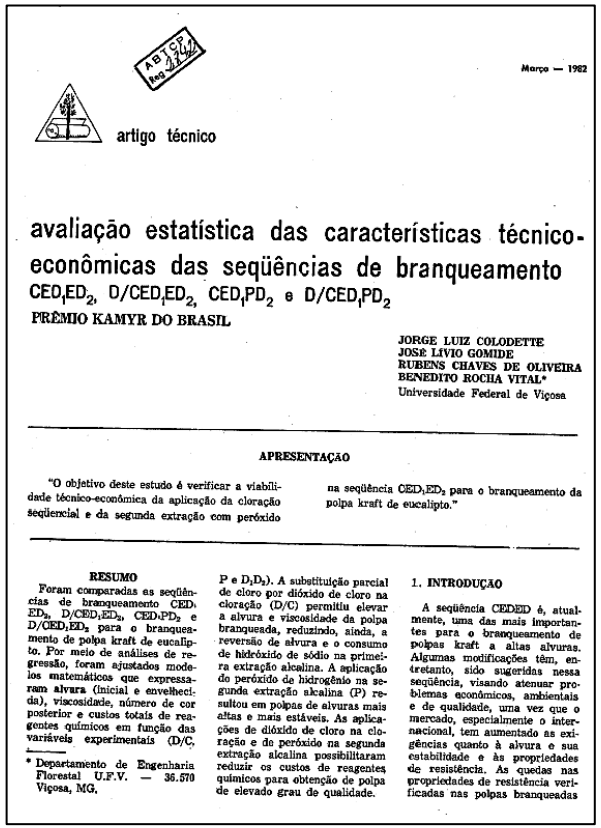
A partir daquele momento, o que passaria a ser realmente vital para o setor seria encontrar soluções que fossem adequadas para "salvar" a produção de celulose kraft branqueada, tanto da imagem deteriorada junto à sociedade e clientes, como das próprias liberações de funcionamento das fábricas pelos órgãos ambientais, que se preocupavam obviamente em liberar algo que poderia ser muito perigoso para a população e para o meio ambiente. E para eles também, caso liberassem uma planta de branqueamento descartando poluentes contendo organoclorados de caráter persistente e com alta toxicidade.



Riocell – Anos 1980's
Anos de construções e realizações
Fábrica em 1984 e Centro Tecnológico em construção em 1980/1981

Importante também se destacar alguns dos materiais técnicos sendo apresentados por eminentes estudiosos sobre o branqueamento, valendo-se dos meios de comunicação da ABTCP (congressos, eventos, revista O Papel), entre 1979 a 1987.

Já se pode perceber que os compostos de oxigênio começavam a ganhar espaço e a conquistar sólidos mercados, integrando-se gradualmente nas novas sequências de branqueamento. Graças inclusive aos estudos e desenvolvimentos realizados pela equipe de professores da Universidade Federal de Viçosa e por palestrantes internacionais nos congressos anuais da ABTCP.



Março — 1982

artigo técnico

avaliação estatística das características técnico-econômicas das seqüências de branqueamento CED_1ED_2, D/CED_1ED_2, CED_1PD_2 e D/CED_1PD_2

PRÊMIO KAMYR DO BRASIL

JORGE LUIZ COLODETTE
JOSÉ LÍVIO GOMIDE
RUBENS CHAVES DE OLIVEIRA
BENEDITO ROCHA VITAL*
Universidade Federal de Viçosa

APRESENTAÇÃO

"O objetivo deste estudo é verificar a viabilidade técnico-econômica da aplicação da cloração seqüencial e da segunda extração com peróxido na seqüência CED_1ED_2 para o branqueamento da polpa kraft de eucalipto."

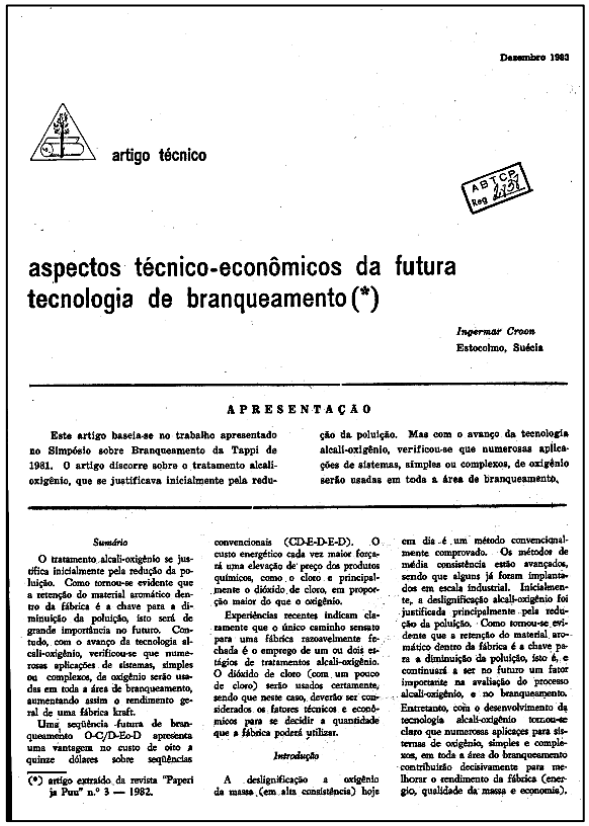
RESUMO

Foram comparadas as seqüências de branqueamento CED, ED_2, D/CED_1ED_2, CED_1PD_2 e D/CED_1ED_2 para o branqueamento de polpa kraft de eucalipto. Por meio de análises de regressão, foram ajustados modelos matemáticos que expressaram alvura (inicial e envelhecida), viscosidade, número de cor posterior e custos totais de reagentes químicos em função das variáveis experimentais (D/C, P e D_1D_2). A substituição parcial de cloro por dióxido de cloro na cloração (D/C) permitiu elevar a alvura e viscosidade da polpa branqueada, reduzindo, ainda, a reversão de alvura e o consumo de hidróxido de sódio na primeira extração alcalina. A aplicação do peróxido de hidrogênio na segunda extração alcalina (P) resultou em polpas de alvuras mais altas e mais estáveis. As aplicações de dióxido de cloro na cloração e do peróxido na segunda extração alcalina possibilitaram reduzir os custos de reagentes químicos para obtenção de polpa de elevado grau de qualidade.

1. INTRODUÇÃO

A seqüência CEDED é, atualmente, uma das mais importantes para o branqueamento de polpas kraft a altas alvuras. Algumas modificações têm, entretanto, sido sugeridas nessa seqüência, visando atenuar problemas econômicos, ambientais e de qualidade, uma vez que o mercado, especialmente o internacional, tem aumentado as exigências quanto à alvura e sua estabilidade e às propriedades de resistência. As quedas nas propriedades de resistência verificadas nas polpas branqueadas

* Departamento de Engenharia Florestal U.F.V. — 36.570 Viçosa, MG.



Dezembro 1983

artigo técnico

aspectos técnico-econômicos da futura tecnologia de branqueamento (*)

Ingemar Croon
Estocolmo, Suécia

APRESENTAÇÃO

Este artigo baseia-se no trabalho apresentado no Simpósio sobre Branqueamento da Tappi de 1981. O artigo discorre sobre o tratamento alcali-oxigênio, que se justificava inicialmente pela redução da poluição. Mas com o avanço da tecnologia alcali-oxigênio, verificou-se que numerosas aplicações de sistemas, simples ou complexos, de oxigênio serão usadas em toda a área de branqueamento.

Sumário

O tratamento alcali-oxigênio se justifica inicialmente pela redução da poluição. Como tornou-se evidente que a retenção do material aromático dentro da fábrica é a chave para a diminuição da poluição, isto será de grande importância no futuro. Contudo, com o avanço da tecnologia alcali-oxigênio, verificou-se que numerosas aplicações de sistemas, simples ou complexos, de oxigênio serão usadas em toda a área de branqueamento, aumentando assim o rendimento geral de uma fábrica kraft.

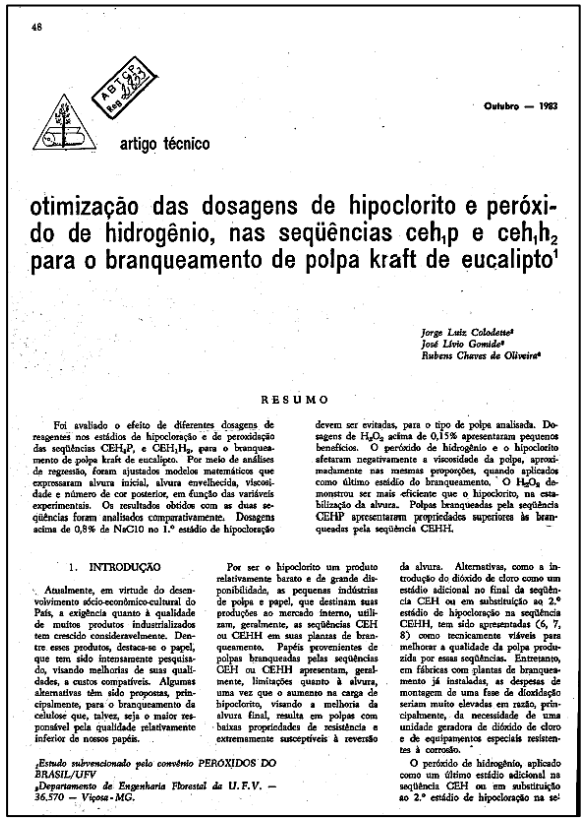
Uma seqüência futura de branqueamento O-C/D-Eo-D apresenta uma vantagem no custo de oito a quinze dólares sobre seqüências convencionais (CD-E-D-E-D). O custo energético cada vez maior forçará uma elevação de preço dos produtos químicos, como o cloro e principalmente o dióxido de cloro, em proporção maior do que o oxigênio.

Experiências recentes indicam claramente que o único caminho sensato para uma fábrica razoavelmente fechada é o emprego de um ou dois estágios de tratamentos alcali-oxigênio. O dióxido de cloro (com um pouco de cloro) serão usados certamente, sendo que neste caso, deverão ser considerados os fatores técnicos e econômicos para se decidir a quantidade que a fábrica poderá utilizar.

Introdução

A deslignificação a oxigênio da massa (em alta consistência) hoje em dia é um método convencionalmente comprovado. Os métodos de média consistência estão avançados, sendo que alguns já foram implantados em escala industrial. Inicialmente, a deslignificação alcali-oxigênio foi justificada principalmente pela redução da poluição. Como tornou-se evidente que a retenção do material aromático dentro da fábrica é a chave para a diminuição da poluição, isto é, e continuará a ser no futuro um fator importante na avaliação do processo alcali-oxigênio, e no branqueamento. Entretanto, com o desenvolvimento da tecnologia alcali-oxigênio tornou-se claro que numerosas aplicações para sistemas de oxigênio, simples e complexos, em toda a área do branqueamento contribuirão decisivamente para melhorar o rendimento da fábrica (energia, qualidade da massa e economia).

(*) artigo extraído da revista "Paperi ja Puu" n.º 3 — 1982.



48

Outubro — 1983

artigo técnico

otimização das dosagens de hipoclorito e peróxido de hidrogênio, nas seqüências ceh_1p e ceh_1h_2 para o branqueamento de polpa kraft de eucalipto[1]

Jorge Luiz Colodette[2]
José Lívio Gomide[2]
Rubens Chaves de Oliveira[2]

RESUMO

Foi avaliado o efeito de diferentes dosagens de reagentes nos estádios da hipocloração e de peroxidação das seqüências CEH_1P, e CEH_1H_2, para o branqueamento de polpa kraft de eucalipto. Por meio de análises de regressão, foram ajustados modelos matemáticos que expressaram alvura inicial, alvura envelhecida, viscosidade e número de cor posterior, em função das variáveis experimentais. Os resultados obtidos com as duas seqüências foram analisados comparativamente. Dosagens acima de 0,8% de NaClO no 1.º estádio de hipocloração devem ser evitadas, para o tipo de polpa analisada. Dosagens de H_2O_2 acima de 0,15% apresentaram pequenos benefícios. O peróxido de hidrogênio e o hipoclorito afetaram negativamente a viscosidade da polpa, aproximadamente nas mesmas proporções, quando aplicados como último estádio do branqueamento. O H_2O_2 demonstrou ser mais eficiente que o hipoclorito, na estabilização da alvura. Polpas branqueadas pela seqüência CEHP apresentaram propriedades superiores às branqueadas pela seqüência CEHH.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, em virtude do desenvolvimento sócio-econômico-cultural do País, a exigência quanto à qualidade de muitos produtos industrializados tem crescido consideravelmente. Dentre esses produtos, destaca-se o papel, que tem sido intensamente pesquisado, visando melhorias de suas qualidades, a custos compatíveis. Algumas alternativas têm sido propostas, principalmente, para o branqueamento da celulose que, talvez, seja o maior responsável pela qualidade relativamente inferior de nossos papéis.

Por ser o hipoclorito um produto relativamente barato e de grande disponibilidade, as pequenas indústrias de polpa e papel, que destinam suas produções ao mercado interno, utilizam, geralmente, as seqüências CEH ou CEHH em suas plantas de branqueamento. Papéis provenientes de polpas branqueadas pelas seqüências CEH ou CEHH apresentam, geralmente, limitações quanto à alvura, uma vez que o aumento na carga de hipoclorito, visando a melhoria da alvura final, resulta em polpas com baixas propriedades de resistência e extremamente susceptíveis à reversão da alvura. Alternativas, como a introdução do dióxido de cloro como um estádio adicional no final da seqüência CEH ou em substituição ao 2.º estádio de hipocloração na seqüência CEHH, tem sido apresentadas (6, 7, 8) como tecnicamente viáveis para melhorar a qualidade da polpa produzida por essas seqüências. Entretanto, em fábricas com plantas de branqueamento já instaladas, as despesas de montagem de uma fase de dioxidação seriam muito elevadas em razão, principalmente, da necessidade de uma unidade geradora de dióxido de cloro e de equipamentos especiais resistentes à corrosão.

O peróxido de hidrogênio, aplicado como um último estádio adicional na seqüência CEH ou em substituição ao 2.º estádio de hipocloração na se-

[1] *Estudo subvencionado pelo convênio PERÓXIDOS DO BRASIL/UFV*
[2] *Departamento de Engenharia Florestal da U.F.V. — 36.570 — Viçosa - MG.*

Avaliação estatística das características técnico-econômicas das sequências de branqueamento CED_1ED_2; D/CED_1ED_2; CED_1PD_2 e D/CED_1PD_2. J.L. Colodette; J.L. Gomide; R.C. Oliveira; B.R. Vital. 14º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 22 pp. (1981)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/ABTCP/1981_Avaliacao_estatistica_branqueamentos.pdf (em Português)

Aspectos técnico-econômicos da futura tecnologia de branqueamento. I. Croon. Revista O Papel (Dezembro): 175 – 178. (1983)
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1983_12_Futuras+Tecnologias.pdf (em Português)

Otimização das dosagens de hipoclorito e peróxido de hidrogênio, nas sequências CEH_1P e CEH_1H_2 para o branqueamento de polpa kraft de eucalipto. J.L. Colodette; J.L. Gomide; R.C. Oliveira. Revista O Papel (Outubro): 48 – 52. (1983)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1983_Hipo_peroxido.pdf (em Português)

Logotipo da ABTCP a partir de 1988, sendo posteriormente substituído pelo atual em 2001

Dentre os nossos estudos próprios (em autoria e coautoria) e publicados entre 1979 a 1987 sobre o branqueamento da celulose e gerados pela equipe da Riocell, incluem-se os seguintes:

Branqueamento gerando efluente fertilizante. J.V. Marengo; C.E.B. Foelkel; N. Butture; V.M. Sacon. 14º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 28 pp. (1981)

https://celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1981.%20Branqueamento%20gerando%20efleuente%20fertilizante.pdf (em Português)

Branqueamento em manta. A.F. Milanez; C.E.B. Foelkel; S.M.K. Borges; P.P.O. Barth. 14º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 23 pp. (1981)

https://celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1981.%20Branqueamento%20em%20manta.pdf (em Português)

Um processo de se melhorar a qualidade de efluentes do branqueamento de celulose kraft de eucalipto. C. Foelkel. Revista O Papel (Maio): 51 - 54. (1981)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/Processo%20melhorar%20qualidade%20efluentes%20branqueamento%20celulose.pdf (em Português)

Cloração/Dioxidação como estágio inicial do branqueamento de polpa kraft de eucalipto: Um estudo de otimização. J.V. Marengo; C.E.B. Foelkel; N.S. Butture; V.M. Sacon; M.S. Brito; J.S.F. Alves; M.F.B. Borssatto. 15º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 15 pp. (1982)

https://celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1982.%20clora%E7%E3o%20dioxida%E7%E3o.pdf (em Português)

Qualidade da madeira e da celulose kraft branqueada de treze espécies de *Eucalyptus.* J.V. Gonzaga; C.E.B. Foelkel; C.A. Busnardo; J.L. Gomide; C. Schmidt. 16º Congresso Anual. 3º Congresso Latino Americano de Celulose e Papel. ABCP – Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. V. 1: 07-29. (1983)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/11_Treze%20especies%20eucaliptos.pdf (em Português)

Branqueamento de celulose kraft de eucalipto por sequência CEH. N.S. Butture; V.M. Sacon; C.E.B. Foelkel; J.V. Marengo. 3º Congresso Latino-Americano de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (1983)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1983.%20Branqueamento%20CEH.pdf (em Português)

Otimização dos estágios EhDc de sequência de branqueamento de celulose kraft de eucalipto. C.E.B. Foelkel; J.V. Marengo; N.S. Butture; V.M. Sacon. 3º Congresso Latino-Americano de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 22 pp. (1983)

https://celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1983.%20Otimiza%E7%E3o%20EhDc%20de%20polpa%20eucalipto.pdf (em Português)

Branqueamento do papel: Princípios básicos, processos e finalidades. C.E.B. Foelkel. Revista O Papel (Maio): 21 – 26. (1983)

https://celso-foelkel.com.br/artigos/Branqueamento%20do%20papel_%20princ%EDpios%20b%E1sicos_%20processos%20e%20finalidades.pdf (em Português)

Novas fórmulas para dosagem de cloro ativo e soda cáustica nos estágios C&E$_1$ do branqueamento de celulose kraft de eucalipto. C. Foelkel; A.C.A. Cabrera; J.B.V. Vesz. Revista O Papel (Julho): 43 – 47. (1983)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1983_Formulas+Cloro+Ativo.pdf (em Português)

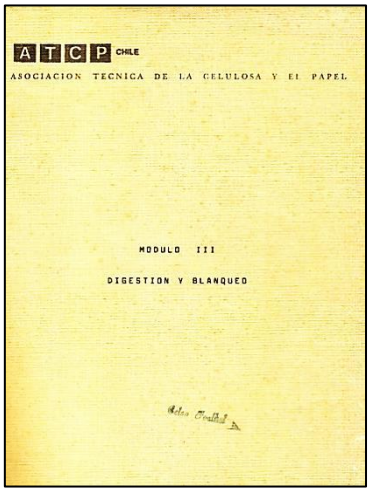
Branqueamento e caracterização das celuloses kraft a partir de cozimentos conjuntos de misturas de cavacos de *Eucalyptus saligna* e *Acacia mearnsii*. C.A. Busnardo; C.S. Benfato; J.V. Gonzaga; C.E.B. Foelkel. 17º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Volume 2: 533-550. (1984)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/06_Branqueamento%20misturas%20polpas%20eucalipto%20acacia.pdf (em Português)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1984%20%20celulose%20de%20misturas%20eucalipto%20e%20ac%E1cia.pdf (em Português)

Los eucaliptos en la fabricación de celulosa y papel en Brasil. C. Foelkel. Celulosa y Papel 3(5): 09 – 12. (1987)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/1987_3.5_Eucaliptos_Celso+Foelkel.pdf (em Espanhol)


ATCP CHILE

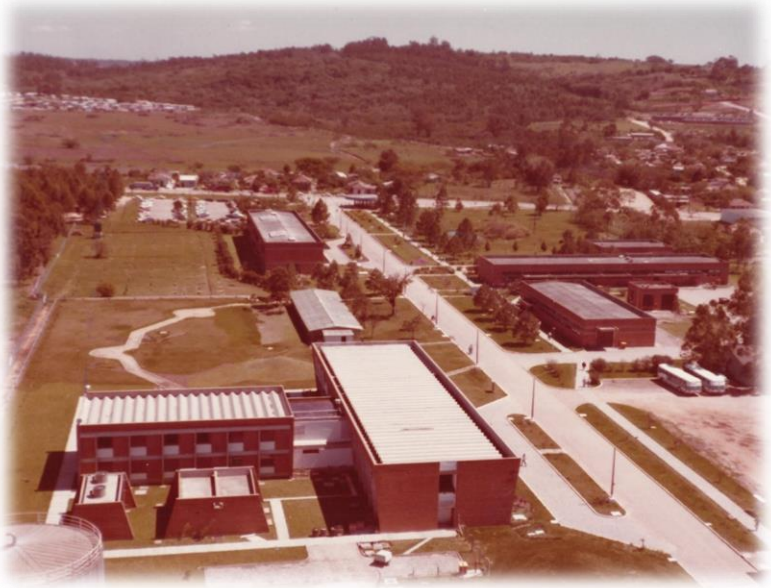
ASOCIACION TECNICA DE LA CELULOSA Y EL PAPEL

MODULO III

DIGESTION Y BLANQUEO

Isso sem se relacionar dezenas de relatórios técnicos e de publicações Riocell Pesquisa, por razões de propriedade dos desenvolvimentos internos não publicados e não disponibilizados ao público externo

Riocell em 1983/1984 – Ao iniciar seus projetos de complementação e modernização da fábrica em Guaíba/RS



Riocell em 1983/1984 – Centro Tecnológico em sua fase inicial, antes da ampliação quando o formato em T se converteria poucos mais tarde em um H

5.3. Tempos Gloriosos & Difíceis – "*Glorious and tough times*" do Celso Foelkel com o desenvolvimento dos processos de branqueamento da celulose kraft de eucalipto no Brasil:
Entre 1988 a 2000: *Riocell & UFSM & Grau Celsius*

Riocell

O período abrangido pelos anos 1988 a 2000 foi definitivamente aquele onde mais produzimos conhecimentos sobre o branqueamento das celuloses, quando mais fomos reconhecidos pelos avanços tecnológicos que trouxemos ao nosso setor em nível global, mas também a época onde mais fomos atacados pelas organizações não governamentais ambientalistas, pela mídia e por alguns políticos e professores universitários desejosos de ganharem espaço em suas carreiras. Por isso, considero esses anos muito gloriosos e gratificantes pelas nossas realizações tecnológicas e científicas, mas também os mais duros e pesados, por terem sido anos de muitos enfrentamentos, debates e noites mal dormidas pela necessidade de se conseguir mudar a imagem e a visão da sociedade em relação à nossa empresa e ao nosso setor de celulose e papel.

Tudo isso foi resultado do lançamento do já mencionado relatório pela EPA – Environmental Protection Agency dos Estados Unidos da América:

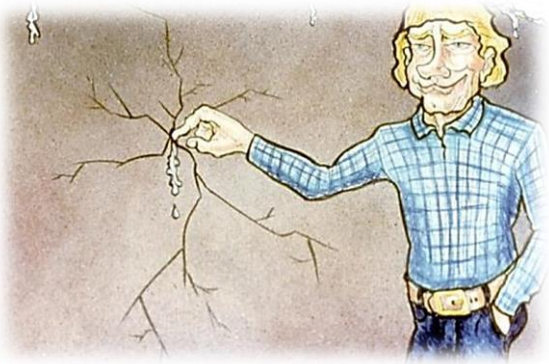
USEPA/Paper industry cooperative dioxin study: "The 104 mill study". USEPA – United States Environmental Protection Agency. 29 pp. (1990)

https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/91014E3L.PDF?Dockey=91014E3L.PDF (em Inglês)

Nem sempre os diálogos foram amigáveis – mas soubemos enfrentar as dificuldades com base no melhor conhecimento disponível e muita argumentação

A descoberta e a colocação pública de que em 104 fábricas de celulose e papel norte-americanas analisadas em inúmeras delas se encontraram presença de alguns dos mais perigosos poluentes orgânicos persistentes (dioxinas e furanos) acabaram se tornando o estopim para uma onda avassaladora de pânico sobre o uso do papel branco e sobre a presença de fábricas de celulose e papel lançando seus efluentes e resíduos sólidos contaminados com esses poluentes perigosíssimos. Os resultados imediatos foram questionamentos por todas as partes contra as fábricas que produziam celulose branqueada e ao mesmo tempo, a mobilização global para se estudar o problema.

Muitas preocupações e noites mal dormidas



Tempos difíceis vividos pelo setor de celulose e papel

A partir desse novo momento, o princípio da precaução passaria a ser predominante nos licenciamentos ambientais das novas fábricas e também naquelas já em operação

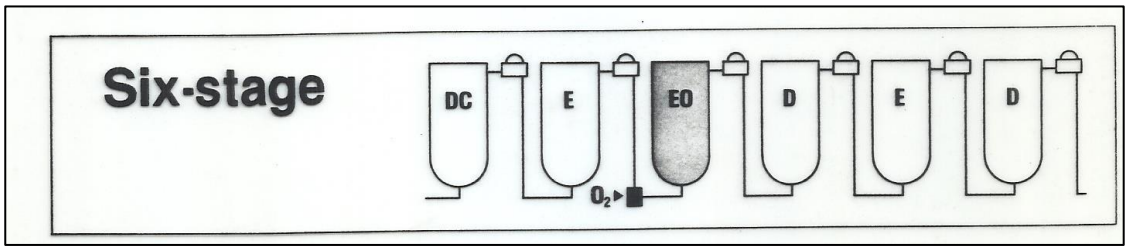
E outras sequências de branqueamento foram gradualmente sendo criadas, tanto nos laboratórios, como nas fábricas.

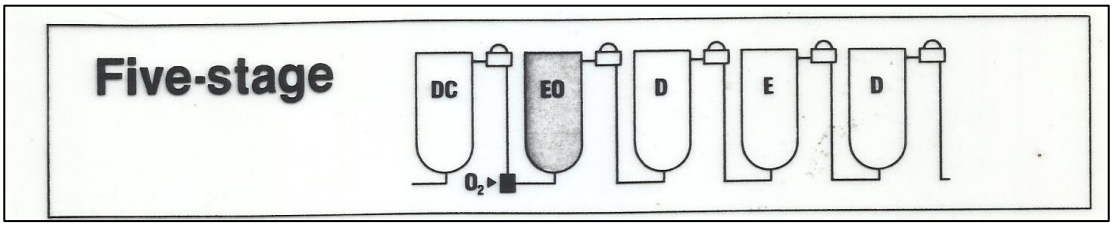
A meta passou a ser a simplificação tecnológica e a produção de polpas brancas com o menor efeito negativo possível para o meio ambiente, para a saúde das pessoas das fábricas, das circunvizinhanças e as usuárias dos produtos papeleiros

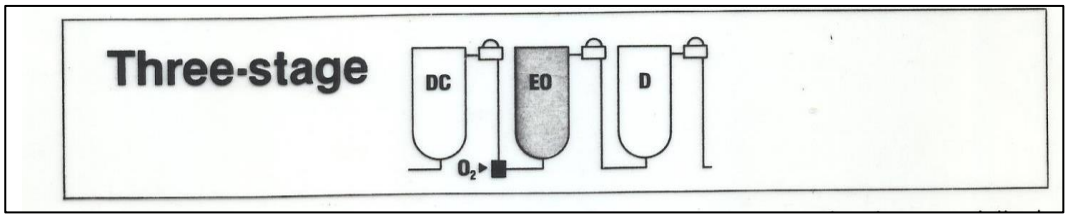
Bleaching process

Primeiras mudanças da época

Sequências mais curtas







E logo, o banimento do cloro elementar, inclusive do estágio de cloração sequencial D/C

E do hipoclorito nos estágios H de hipocloração e de extração alcalina Eh

No Brasil, as grandes produtoras e exportadoras de celulose branqueada de eucalipto passaram a sofrer ataques generalizados, a terem seus mercados ameaçados e isso conduziu a que também todas elas e outras empresas menores e produtoras de papel branco se interessassem em desvendar os mistérios ocultos e ainda não decifrados sobre o branqueamento da celulose contendo compostos de cloro. Riocell, Suzano, Aracruz, Cenibra, Jari, Bahia Sul, Ripasa, Champion, Papel Simão e demais se mobilizaram entre si e também através de suas associações principais: ANFPC – Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose; ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel e Abecel – Associação Brasileira de Exportadores de Celulose.

Os objetivos de todos nós do setor de celulose e papel, incluindo também as áreas geradoras de conhecimentos setoriais (universidades, institutos de pesquisas e associações técnicas) foram:

- Analisar os pontos de geração e liberação de compostos organoclorados nas nossas fábricas, sua composição e concentrações;
- Encontrar laboratórios capazes de avaliar esses compostos em concentrações tão baixas como partes por trilhão e partes por quatrilhão. Algo que não se conseguia realizar no Brasil, logo as avaliações dependiam de se colherem amostras e as enviar de forma segura e sem modificações qualitativas e quantitativas para os Estados Unidos, Canadá, Alemanha, Suécia, Finlândia, etc.
- Buscar literaturas e produzir estudos sobre o tema, de maneira a tornar o conhecimento sobre todas as vertentes científicas, técnicas e toxicológicas mais compreendidas pelos nossos técnicos e pela sociedade. Inclusive, era essencial que se pudesse dialogar, argumentar cientificamente com base nos mais recentes conhecimentos e esclarecer principalmente as pessoas que trabalhavam nas fábricas sobre quais os riscos e as precauções ao se trabalhar em áreas onde se geravam, liberavam e se tratavam esses poluentes.
- Obter rapidamente as requeridas certificações das séries IS0 9000 e IS0 14000, como forma de garantir que nossos números e afirmações sobre esses poluentes fossem críveis e obtidas a partir de testes fidedignos.
- Introduzir os bioensaios nas avaliações de efeitos ambientais dos poluentes, de forma complementar aos ensaios de concentrações.
- Estudar rapidamente as necessidades de adequações tecnológicas nas sequências do branqueamento da celulose, estudando os novos protagonistas que estavam surgindo como “salvadores da pátria”: os

compostos branqueadores baseados no oxigênio (peróxido de hidrogênio, ozônio e o próprio oxigênio), além de outros menos promissores, mas também estudados como ácido peroximonossulfúrico, ácido peracético, enzimas, etc.

- Promover intensa participação em eventos globais sobre o branqueamento de celulose, sendo que nós da Riocell, optamos não apenas em participar como ouvintes, mas em levar consistentemente nossas descobertas e nossos indicadores de avanços nessas áreas do conhecimento para esses eventos. E conseguimos muitos sucessos globais com essa postura "de peito aberto" e com enormes fundamentações para os debates.
- Formar parcerias com instituições com credibilidade para avaliações as mais realísticas possíveis de nossos efeitos ambientais nesse segmento.
- Ampliar e trocar literaturas entre as empresas brasileiras, pois o assunto era ameaçador não apenas para uma empresa, mas para todas as que branqueavam a celulose no País.
- Adotar uma postura serena, confiante, participativa e aberta em relação aos diálogos com as partes interessadas da sociedade. Ser o máximo possível transparente, claro e determinado nos diálogos com os veículos de informação e com as partes interessadas da sociedade, inclusive com "nossos inimigos", ou seja, aqueles que claramente não queriam a solução do problema, pois a eles interessava prolongar o tempo em que eles poderiam obter promoção pessoal. Curiosamente, essa tarefa e esse tipo de política necessitavam de convencimentos dentro das próprias empresas e entre elas.
- Nunca negar ou desabonar o nosso produto, pois notamos que empresas produtoras de celuloses brancas obtidas a partir do processo sulfito de polpação ou produtoras de pastas de alto rendimento no hemisfério norte, começavam a menosprezar o produto brasileiro obtido a partir da polpação kraft e a seguir branqueado.
- Buscar ampliação dos portfólios de produtos, não nos restringindo apenas às celuloses branqueadas com questionamentos, mas buscando também a produção de novos produtos alternativos.

Uma das demandas colocadas para as associações técnicas (ABTCP, Tappi, Paptac, etc.) foi a intensificação da produção de artigos científicos e técnicos sobre os organoclorados persistentes formados no branqueamento para que pudessem ser clareados os conhecimentos setoriais sobre esse assunto.

A ABTCP respondeu logo com inúmeros artigos, dos quais trago nesse momento apenas três deles por serem muito importantes para o setor e suas interfaces naqueles momentos:

Organoclorados em fábricas de celulose. Comitê de Efluentes da ABTCP. Revista O Papel (Julho): 40 – 45. (1993)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1993_Organoclorados+Fabricacao+Celulose.pdf (em Português)

Alternativas para a redução/eliminação de compostos organoclorados na fabricação de celulose. A.C. Oliveira Filho; M.M. Lima. Revista O Papel (Setembro): 49 – 50. (1993)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1993_09+Organoclorados.pdf (em Português)

Geração de compostos fenólicos clorados em sequências de branqueamento do tipo DEoD e AZEopD. J.L.F. Furtado; C.A. Zini; E.B. Caramão; M.C.R. Peralba. Revista O Papel (Dezembro): 56 – 61. (1999)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1999_Gerazao+Organoclorados.pdf (em Português)

Na Riocell, a vida mostrava-se efervescente, pois ao mesmo tempo em que se iniciava globalmente a crise das dioxinas, a empresa procurava crescer e tinha um projeto de expansão de capacidade para a fábrica de Guaíba a ser iniciado em princípios dos anos 1990's, além de um anunciado projeto para uma nova empresa/fábrica em Camaçari/Bahia, a Norcell, em parceria com a Copener.

Infelizmente, nenhuma dessas alternativas de crescimento aconteceu até o final da década dos anos 1990's, mesmo com todo esforço da equipe Riocell para fazer com que as coisas se materializassem. Falhamos todos nesse quesito de crescimento empresarial, mas geramos uma enorme produção de conteúdos tecnológicos que colocaram a fábrica e seus produtos com uma visibilidade muito favorável nos cenários globais. O que favoreceu sua venda para a Aracruz por um valor muito acima das expectativas em 2003.

Posso afirmar, sem medo algum de errar, que a Riocell acabou sendo pioneira em lançar diversos projetos tecnológicos inovativos e em antecipação às outras empresas do setor, seja em operação direta em sua planta de produção de celulose e papel, bem como em desenvolvimentos tecnológicos e gerenciais. Inclusive em nível internacional, a Riocell

despontava e era sempre convidada para apresentar suas conquistas na área ambiental.

Para facilitar a apresentação dos temas que a Riocell mostrou grande pioneirismo e trouxe fantásticos desenvolvimentos ao setor, vou tentar apresentar isso por grandes grupos de ações efetivas naquela época e período.

- ***Atividade 01:*** Melhores Tecnologias Disponíveis

  Decisão de incluir nos projetos de expansão da Riocell as melhores tecnologias disponíveis na época para estar na liderança tecnológica global.

  Dentre essas tecnologias, podemos relacionar a implantação da deslignificação com oxigênio em fase anterior ao branqueamento da celulose; a implantação e modernização de um efetivo sistema de tratamento de seus efluentes hídricos em nível terciário; o sistema de reciclagem de seus resíduos sólidos industriais; o fechamento de sistemas de águas internas; os estudos de novas tecnologias como a osmose reversa para novos ganhos em qualidade ambiental, etc.

  Exemplificando:

Deslignificação com oxigênio para polpas kraft. Vivências no desenvolvimento desse processo tecnológico no Brasil. C. Foelkel. Websites www.celso-foelkel.com.br e www.eucalyptus.com.br. 224 pp. (2023)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2023_Relato+Vida+CFoelkel+O2+Delignification.pdf (em Português)

Experiência de tratamento avançado de efluentes em fábrica de celulose kraft. J. Herrera; E. Ratnieks; V. Menegotto. 16º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 24 pp. (1983)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/79_1983_Tratamento%20avancado%20Riocell.pdf (em Português)

Resíduos sólidos industriais ou bens de produção? O conceito da Riocell. C. Steiner; J. Herrera; C.E.B. Foelkel. 21º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 14 pp. (1988)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1988.%20Res%EDduos%20ou%20bens%20de%20produ%E7%E3o.pdf (em Português)

Uma nova visão para fechamento de circuito. N.R. Lima. Seminário Internacional sobre "Fechamento de Circuito". ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (1997)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/60_1997_Nova%20Visao%20Fechamento%20Circuito.pdf (em Português)

Fechamento de circuito de água. N.R. Lima. Seminário "Fechamento de Circuito". ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 29 pp. (2000)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/56_2000_Fechamento%20Circuito%20Agua.pdf (em Português)

Tecnologia de osmose reversa para tratamento de efluentes hídricos de uma fábrica de celulose kraft branqueada. A.F. Lima; C.A.M. Gaia; M.R. Mensch; N.R. Lima; S.M. Vezzani. 26º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. p.: 545 - 563. (1993)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/73_1993_Tecnologia%20%20osmose%20reversa.pdf (em Português)

- ***Atividades 02:*** Novas Sequências de Branqueamento

Enorme esforço de pesquisas tecnológicas durante os anos de 1989 a 1994 para estabelecer as melhores e mais adequadas tecnologias para o branqueamento das celuloses tipos papel e para dissolução, frente ao projeto de expansão da capacidade da fábrica. Foram testadas inúmeras sequências TCF e ECF, com as mais variadas combinações de números e tipos de estágios, envolvendo dióxido de cloro, ozônio, peróxido de hidrogênio, quelantes, ácidos, etc.

Dentre os objetivos, não estavam apenas os relacionados aos níveis de alvura e sua reversão, viscosidade e propriedades físico-mecânicas das polpas, mas também e principalmente as potencialidades para fechamento dos circuitos de água, a redução de consumo de insumos (água, reagentes e energia) e as gerações associadas a elas de poluentes persistentes nos efluentes e nos lodos dos tratamentos desses efluentes.

A atividade foi realmente intensa, com geração de dezenas de relatórios internos e de algumas publicações em congressos e revistas

especializadas. Entretanto, como as definições precisavam ser referendadas em uma audiência pública, a maioria desses relatórios foi sendo produzida apenas para uso interno visando às definições das melhores tecnologias a serem utilizadas e enriquecendo nossas bases de conhecimentos para fundamentar nossas ambições de crescimento sustentável.

Dentre as novas oportunidades surgidas descobriu-se que uma lavagem ácida da celulose realizada a altas temperaturas conseguia reduzir significativamente o número kappa da polpa papel não branqueada e também da polpa deslignificada com oxigênio. Acreditámos inicialmente que o estágio ácido estaria removendo uma parcela importante do residual de compostos orgânicos previamente dissolvidos pelas etapas anteriores do processo (e retidos com a polpa) e também íons metálicos capazes de oferecer possibilidades de degradação do peróxido de hidrogênio. Não conseguíamos imaginar que o ácido estivesse tendo uma ação de deslignificação e nem que ele estaria hidrolisando compostos consumidores de cloro ativo.

Desconhecíamos o que estava acontecendo, pois não se conhecia ainda sobre a presença dos ácidos hexenurônicos nas polpas kraft obtidas de madeiras de eucalipto e de acácia negra. *Uma coisa é certa, descobrimos acidentalmente o Estágio Ácido a Quente*, somente que realizado por curto espaço de tempo (poucos minutos) e em temperatura ligeiramente acima de 100ºC e sob pressurização.

O fato curioso dessa descoberta está na forma como ela surgiu. Estávamos na época, por volta de 1995, tentando obter uma polpa branqueada por sistema TCF a partir da polpa Oxicell – uma polpa comercial da empresa, que era produzida após a deslignificação com oxigênio a partir da polpa kraft de eucalipto. A ideia era de facilitar a aplicação de um estágio de peroxidação, a partir da polpa Oxicell. Mas sabíamos que o peróxido era sensível à presença de íons metálicos na polpa: e eles existiam em nossa polpa Oxicell.

Entre diversas alternativas, o grupo de desenvolvimento foi criativo a ponto de conseguir uma situação bastante inovadora, conforme abaixo:

Branqueamento com peróxido de hidrogênio no sistema de secagem "flash" da Riocell. C. Zimmer; M.C. Malta; V. Oliveira; C.A.S.A. Santos; L.L. Silva Filho. 24º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 19 pp. (1991)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1991_Branqueamento+Flash+Dryer+Peroxido.pdf (em Português)

Ao longo dessa busca para se branquear ligeiramente a polpa deslignificada com oxigênio da Riocell surgiram diversos estudos sobre acidificação da polpa deslignificada com oxigênio, mas sem muitos resultados claros de redução dos principais íons metálicos degradadores do peróxido e também sem resultados na redução do número kappa. Esse tipo de situação, de busca de uma polpa TCF a partir de uma polpa deslignificada ao oxigênio estava sendo perseguida por diversas empresas nacionais, dentre as quais a famosa equipe da Aracruz Celulose, com muitas competências em pesquisa, da mesma forma que a Riocell.

Em um determinado momento, tivemos uma ideia meio maluca, de origem que não me lembro de quem, acredito que de minha própria iniciativa. Decidimos comprar uma panela de pressão, dessas de cozinhar mesmo, e fazer uma etapa ácida de curta duração com pH ligeiramente ácido, mas com temperaturas altas e sob pressão (usando os recursos que a operação da panela ofereceria).

Quando surgiram os primeiros resultados trazidos pela Vera Sacon, uma explosão de alegria – parecia que havíamos descoberto a pólvora: o número kappa da polpa Oxicell havia se reduzido de 12 para pouco mais do que 5. Era o momento de continuar a pesquisa com reatores melhores e com melhores metodologias e planejamento. Coube ao amigo Edvins Ratnieks a organização da pesquisa e a redação compartilhada do trabalho técnico-científico. Muitas expectativas e sonhos de todos nós da equipe envolvida.

Dai surgiu um trabalho escrito e que foi muito festejado por nós, mas ao mesmo tempo isso nos causou a decepção de constatar que na mesma conferência onde seria apresentado o mesmo pelo Edvins Ratnieks, foi apresentado por uma equipe mista composta de pesquisadores do VTT – Technical Research Centre of Finland e da HUT - Helsinki University of Technology (Finlândia) um trabalho que esclarecia sobre a presença dos ácidos hexenurônicos e a possibilidade de se degradar os mesmos por uma hidrólise de ácido a quente.

Essa é a vida do pesquisador, não é nada fácil ser o primeiro a se criar algo completamente novo.

Como já visto anteriormente, os HexAcds são compostos derivados da degradação das moléculas das hemiceluloses do tipo xilanas, as mais abundantes nas madeiras das angiospermas dicotiledôneas ("folhosas"). Essa degradação e a origem desses ácidos acontecem durante o processo de polpação kraft.

EFFECTS OF PULPING AND BLEACHING ON PULP CARBOHYDRATES AND TECHNICAL PROPERTIES

Buchert, J.[1], Tenkanen, M.[1], Ek, M[2], Teleman, A.[3], Viikari, L.[1], Vuorinen, T.[4]

1) VTT Biotechnology and Food Research, P.O. Box 1501, FIN-02044 VTT, Finland
2) Stora Corporate Research AB, S-661 29 Säffle, Sweden
3) VTT Chemical Technology , P.O. Box 1401, FIN-02044 VTT
4) Laboratory of Forest Products Chemistry, Department of Forest Products Technology, Helsinki University of Technology, FIN-02150 Espoo, Finland

ABSTRACT

Pulping and bleaching have a profound effect on the carbohydrate chemistry of the pulps. The chemical structure of xylan is modified due to the conversion of methylglucuronic acids side groups to hexenuronic acid side groups. Pulping conditions strongly affect the amount of hexenuronic acid present in the pulp and subsequently modified kraft pulps have different carboxyl group profiles as compared with conventionally cooked pulps. Due to its reactivity, hexenuronic acid is readily degraded when chlorine dioxide or ozone are used as bleaching chemicals. However, TCF- pulps bleached with peroxide and oxygen contain high amounts of hexenuronic acid. Thus, depending on the pulping and bleaching method, the quality and quantity of carboxylic acids in different types of pulps varies significantly. The differences in the uronic acid content are in turn reflected in the macroscale properties of the pulps, such as brightness stability.

destruction of fibres or solubilized carbohydrates occurs. Enzyme-aided analysis results in novel information on the structure and significance of pulp carbohydrates. In this work the effect of pulping and bleaching on carbohydrates, especially on the structure and amount of carboxyl groups is presented. The role of xylan and subsequently uronic acids on the macroscale properties of the pulps is evaluated by removing xylan from the pulps by specific enzymes.

EXPERIMENTAL

Pulps

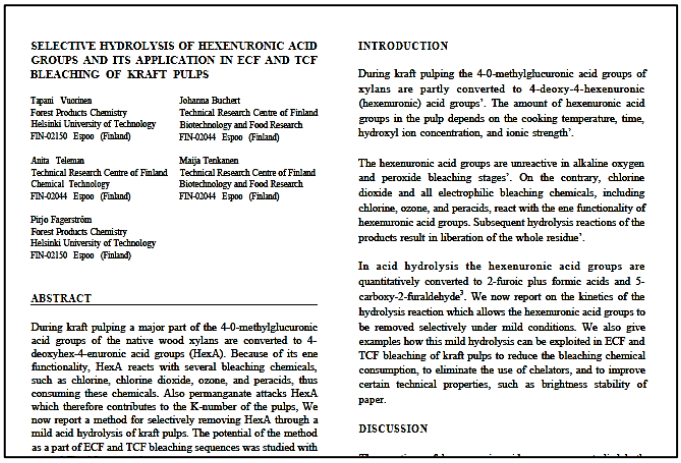
Different industrial and laboratory cooked pulps were characterized by xylanase peeling. Pine kraft pulp (kappa number 25.9) and birch kraft pulp (kappa number 19.9) were bleached with different bleaching chemicals as described previously (6,7).

Enzymatic Treatments

The extensive enzymatic solubilization of pulp xylans was carried out with *Trichoderma reesei* xylanase pI 9 (8) at pH 5 using a xylanase dosage of 5000 nkat/g and a hydrolysis time of 24h as described previously (6). Total enzymatic solubilization of pulp components was carried out as described previously (9). The xylanase treated and reference fibres were washed with distilled water twice and the pH of the pulp suspension was adjusted to 9 with NaOH. Thereafter the pulps were made into laboratory handsheets.

Analyses

Carbohydrates solubilized in the enzymatic peeling were analyzed with HPLC after a secondary enzymatic hydrolysis to monomers as described previously (9, 10). Carboxyl groups were measured by conductometric titrations as described previously (7).



SELECTIVE HYDROLYSIS OF HEXENURONIC ACID GROUPS AND ITS APPLICATION IN ECF AND TCF BLEACHING OF KRAFT PULPS

Tapani Vuorinen
Forest Products Chemistry
Helsinki University of Technology
FIN-02150 Espoo (Finland)

Johanna Buchert
Technical Research Centre of Finland
Biotechnology and Food Research
FIN-02044 Espoo (Finland)

Anita Teleman
Technical Research Centre of Finland
Chemical Technology
FIN-02044 Espoo (Finland)

Maija Tenkanen
Technical Research Centre of Finland
Biotechnology and Food Research
FIN-02044 Espoo (Finland)

Pirjo Fagerström
Forest Products Chemistry
Helsinki University of Technology
FIN-02150 Espoo (Finland)

ABSTRACT

During kraft pulping a major part of the 4-0-methylglucuronic acid groups of the native wood xylans are converted to 4-deoxyhex-4-enuronic acid groups (HexA). Because of its ene functionality, HexA reacts with several bleaching chemicals, such as chlorine, chlorine dioxide, ozone, and peracids, thus consuming these chemicals. Also permanganate attacks HexA which therefore contributes to the K-number of the pulps, We now report a method for selectively removing HexA through a mild acid hydrolysis of kraft pulps. The potential of the method as a part of ECF and TCF bleaching sequences was studied with

INTRODUCTION

During kraft pulping the 4-0-methylglucuronic acid groups of xylans are partly converted to 4-deoxy-4-hexenuronic (hexenuronic) acid groups'. The amount of hexenuronic acid groups in the pulp depends on the cooking temperature, time, hydroxyl ion concentration, and ionic strength'.

The hexenuronic acid groups are unreactive in alkaline oxygen and peroxide bleaching stages'. On the contrary, chlorine dioxide and all electrophilic bleaching chemicals, including chlorine, ozone, and peracids, react with the ene functionality of hexenuronic acid groups. Subsequent hydrolysis reactions of the products result in liberation of the whole residue'.

In acid hydrolysis the hexenuronic acid groups are quantitatively converted to 2-furoic plus formic acids and 5-carboxy-2-furaldehyde[3]. We now report on the kinetics of the hydrolysis reaction which allows the hexenuronic acid groups to be removed selectively under mild conditions. We also give examples how this mild hydrolysis can be exploited in ECF and TCF bleaching of kraft pulps to reduce the bleaching chemical consumption, to eliminate the use of chelators, and to improve certain technical properties, such as brightness stability of paper.

DISCUSSION

Artigos de 1996 que descreviam com detalhes origem e forma de degradar HexAcds

Disponíveis na bibliografia para acesso no Grupo 4

Outra de nossas descobertas importantes durante os estudos para eleição de novas sequências de branqueamento foi a *descoberta acidental do estágio Dhot ou mais apropriadamente de novas condições para o estágio D_0 (estágio de dioxidação inicial conduzido a temperatura alta e curto espaço de tempo).*

Inicialmente, a sequência de branqueamento da Riocell possuía um primeiro estágio de Cloração Ácida, realizado em uma torre onde o cloro gás era adicionado e as reações ocorriam a cerca de 50ºC por curto espaço de tempo (uns 15 minutos), conforme o tipo de polpa sendo branqueada. Quando surgiu a problemática ambiental de poluentes persistentes, a solução foi gradualmente ir substituindo o cloro por dióxido de cloro, em um estágio que passou a ser denominado de Cloração Sequencial. Com isso, reduzia-se o efeito nocivo do cloro na geração de compostos organoclorados.

Realizamos em laboratório ensaios de cloração sequencial, alterando gradualmente o percentual de substituição de 0% até 100% de dióxido de cloro. Mantinham-se as mesmas condições de tempo e temperatura do estágio, pois eram dados do projeto das torres.

Uma descoberta importante foi que quando se utilizava altas relações de substituição, principalmente para 100% de dióxido de cloro, o efeito do dióxido era precário: não havia temperatura suficiente para ele reagir e fazer o seu papel como reagente químico branqueador. Tentamos em laboratório elevar a temperatura para as temperaturas usuais para estágios de dioxidação (cerca de 70 a 80ºC) e os resultados foram muito positivos.

Com isso, chamamos a Kamyr para uma reunião para mostrar nossos resultados e verificar com eles a possibilidade de usar a torre de cloração para trabalhar com uma dioxidação em mais altas temperaturas. Eles se surpreenderam com os resultados, avaliaram a engenharia da torre e deram sua concordância para realizarmos o estágio Do a quente, ao invés da cloração sequencial com uma relação entre cloro e dióxido de cloro.

Ainda dentro das alternativas a serem avaliadas estava a utilização de enzimas para reduções das cargas de compostos de cloro, no caso do dióxido de cloro. A enzima mais utilizada e testada eram as xilanases, que degradavam ligeiramente as moléculas das xilanas presentes na parede celular das fibras. Com isso, as ligações da lignina dentro das fibras eram enfraquecidas. Facilitava-se assim a remoção de fragmentos de moléculas da lignina pelas etapas seguintes.

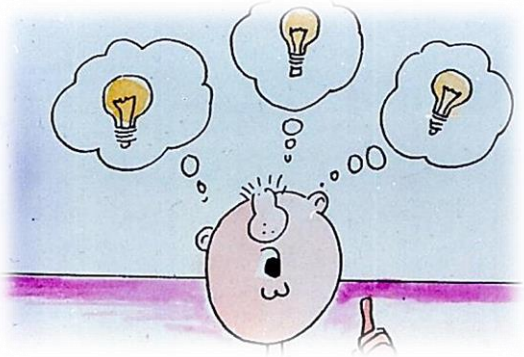
Nossa especialista em branqueamento, a química Vera Maria Sacon foi enviada para a University of Georgia, em Athens/USA, por um período de uns 2 meses para avaliar o potencial das xilanases através do processo de branqueamento TCF denominado Enzone, ali desenvolvido em uma associação de xilanase, oxônio e peróxido de hidrogênio: OXZP. Ali, Vera recebeu a orientação dos doutores Jan L. Yang e Karl-Erik L. Eriksson.

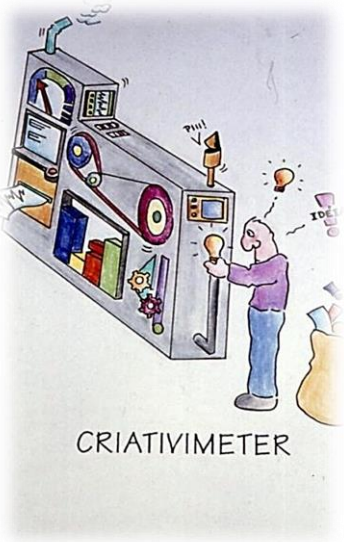
Apesar do potencial das xilanases, depois de outros estudos, optamos por descartar sua utilização em nossas sequências, em função de dois motivos: perda de mais de 0,5% de rendimento do branqueamento pela degradação de hemiceluloses e necessidade de baixas temperaturas para o estágio, pela incapacidade da enzima de suportar mais altas temperaturas.

- ***Atividade 03:*** Produção de produtos celulósicos sem a etapa de branqueamento, tais como a celulose Oxicell e o papel *offset* Ecograph.

Celulose Oxicell. Um novo produto no mercado. M.A.L. Martins; E. Ratnieks. Revista O Papel (Março): 21 - 27. (1991)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1991_03_Celulose+Oxicell.pdf (em Português)





Muitos estudos e muita imaginação e criatividade

Algumas das ilustrações desse Relato são produções da Alessandra Foelkel

- ***Atividade 04:*** Parcerias com a empresa Triangle Laboratories (USA) e Universidade de Tübingen (Dr. Peter Krauss – Alemanha) para avaliações de organoclorados em seus diversos compostos e isômeros. Essas determinações aconteciam tanto nas polpas, nos efluentes hídricos e nos resíduos sólidos.

https://www.trilabs.net/ (em Inglês)

https://www.researchgate.net/profile/Peter-Krauss (em Inglês)

- ***Atividade 05:*** Forte ênfase em avaliações de toxicidade e ecotoxicidade dos efluentes e resíduos sólidos através de bioensaios qualificados e padronizados.

Monitoramento ecotoxicológico de efluentes resíduos e insumos de uma fábrica de celulose kraft branqueada. V.R.B. Gallardo. Seminário de "Aplicação da Biotecnologia no Controle Ambiental". ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 05 pp. (1996)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/91_Monitoramento%20Ecotoxicologico%20Efluentes.pdf (em Português)

Controle ecotoxicológico e manejo de resíduo sólido (lodo) de uma indústria de papel e celulose. V.R.B. Gallardo; N.R. Lima; R. Maltz. 30º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (1997)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/17_manejo_ecotoxicol%F3gico_do_lodo.pdf (em Português)

A parceria com inúmeros pesquisadores acadêmicos e filósofos ambientais (como o professor José Lutzenberger e acadêmicos e consultores) foram muito importantes na alavancagem dos conhecimentos

Mudavam os cenários

Mudavam as tecnologias

Mudava-se a postura e a cultura das empresas e de suas pessoas

E o mundo setorial mudava também

- ***Atividade 06:*** Adquirir condições próprias e referendadas com cargos destinados para tal de forma a poder interferir positivamente nas ações de melhorias tecnológicas das fábricas do setor de celulose e papel, através ações associativas como as que eu tive como vice-presidente de meio ambiente, para o período 1992 a 1998 da ANFPC - Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose; como diretor de meio ambiente da Abecel – Associação Brasileira de Exportadores de Celulose e diretor técnico ou regional da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel.

- ***Atividade 07:*** Praticar a transparência nas informações a quem de direito fosse para ser informado sobre os indicadores ambientais das fábricas brasileiras de celulose e papel, em especial da nossa empresa Riocell, da qual seus indicadores eram admirados e motivo de visitações internacionais para verificação *in loco* de seus desempenhos no branqueamento da celulose e nos sistemas de tratamento de efluentes e resíduos sólidos.

  A confiança de que estávamos fazendo o melhor possível em termos de tecnologias e resultados ambientais e que nossos resultados estavam entre os das melhores fábricas de produção de celulose do mundo fez com que decidíssemos abrir completamente a divulgação sobre nossos dados ambientais.

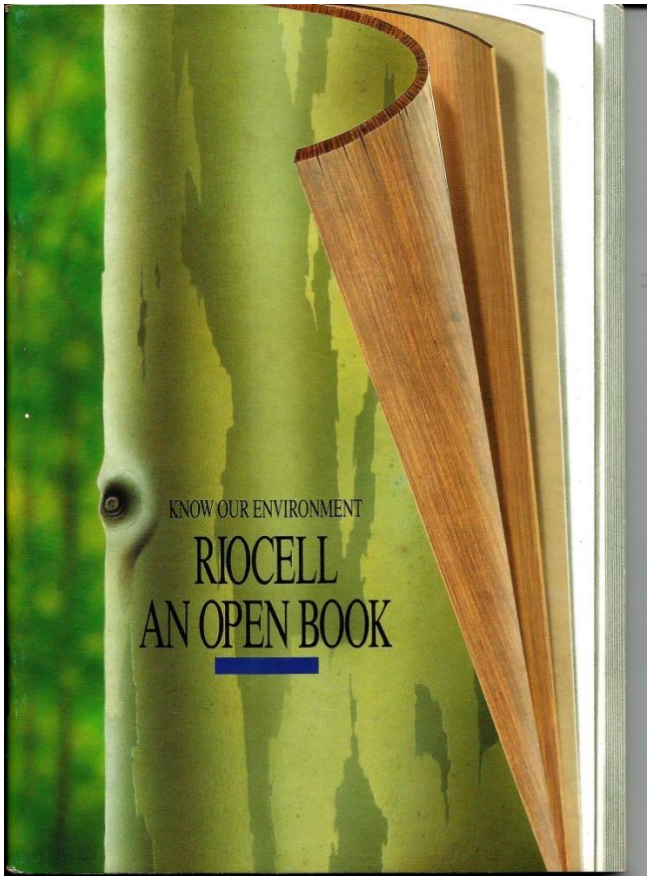
  Criamos então em 1991/19921 um pequeno livreto em dois idiomas, que denominamos de **"Riocell – An open book"** ou **"Riocell – Um livro aberto".**

  Esses dois documentos publicados com suas pouco mais de 40 páginas continham belíssimas figuras de nossas fábricas (papel e celulose), florestas, tecnologias e pessoas, incluindo as comunidades que nos relacionávamos. Era o que chamávamos de **Nosso Ambiente**.

  Apesar de termos relacionado com confiança e transparência nossos dados ambientais, inclusive nossos resultados dos conteúdos de dioxinas e furanos em polpas, efluentes e resíduos sólidos (recebemos elogios de muitos pela nossa transparência e abertura aos descortinar nossos dados ambientais), mas os mesmos dados serviram para que a oposição nos passasse a criticar sem fundamentações teóricas, apenas por criticar com finalidades políticas e partidárias.

Como consequência, essas aberturas nesses folhetos e em nossas palestras internacionais despertaram o desejo da EPA – Environmental Protection Agency dos Estados Unidos em vir visitar nossa fábrica em Guaíba. Objetivo deles: comprovar se eram realmente factíveis nossas ações para obtenção de resultados surpreendentemente tão bons como os que estávamos atingindo, considerados por eles como dos melhores do mundo.
Após a visita e confirmação de nossos resultados e procedimentos de proteção ambiental, nos confidenciaram que a partir dali teriam argumentos para colocar exigências mais rígidas nos limites das fábricas norte-americanas. Isso porque elas sempre argumentavam que não era possível se atingir resultados nos níveis que praticávamos com as tecnologias disponíveis no momento.

Curioso isso, naquela época nós éramos admirados "no além fronteiras" pelos especialistas nas tecnologias do setor de celulose e papel e seus aspectos ambientais, mas recebíamos críticas pesadas de pessoas e da mídia de nosso próprio estado onde gerávamos riquezas, empregos e competência: o Rio Grande do Sul.
Mas isso costuma ser comum em toda lugar "onde se acredita que santo de casa não faz milagres".



Know our environment
Riocell – An open book

RIOCELL'S FIGURES

Products (year-basis production)
205,000 admt of bleached eucalyptus market pulp
25,000 admt of bleached dissolving pulp
25,000 admt of oxygen delignified pulp
15,000 admt of semi-chemical unbleached pulp
38,000 mt of printing & writing papers

Wood species (according to grades)
Eucalyptus saligna, Eucalyptus grandis, Eucalyptus tereticornis, and *Acacia mearnsii.*

Wood yearly consumption
1,800,000 stacked cubic meters (steres)

Total area of land: 61,500 hectares
— area of planted forests:. . . . . 46,000 ha
— area of natural preservation:. . . . . 13,000 ha
— others (roads, lakes, brooks, swamps, etc):. . . . . 2,500 ha

Planting program
5,000 hectares/year
about 10,000,000 trees/year

Pulping processes
paper grade pulp: kraft process followed by oxygen delignification
dissolving grade pulp: pre-hydrolysis kraft process/oxygen delignification
semi-chemical pulp: refining of knots from brown stock screening

Brown pulp kappa number
after digester: 14 - 16 paper grade
8 - 12 dissolving grades
after oxygen delignification: 8 - 10 paper grade
5 - 7 dissolving grade

Oxygen consumption: 10 - 13 kg/admt unbleached pulp

Bleaching
Displacement bleaching technology
Sequence: D_C E D E_H D
Sulfurous acid final washing

Typical bleaching chemicals consumption per admt bleached pulp
15 kg of elemental chlorine
3.5 kg of sodium hipochlorite, as active chlorine
15 kg of chlorine dioxide, as ClO_2
27 kg of caustic soda
0.5 kg of sulfurous acid
18 m^3 of total water

Chlorine/chlorine dioxide ratio at D_C stage: 50/50, 70/30 or 85/15, according to grades

Effluent characteristics
Flow: 40,000 m^3/day
BOD_5: 6 - 8 ppm (0.3 kg/admt)
AOX: 5 - 8 ppm (0.20 - 0.35 kg/admt)
Phenol: 0.01 - 0.03 ppm
Hg: $<$0.0004 ppm

Emissions to the air
Recovery boiler: 1.0 ppm TRS, as H_2S (8%O_2)
Lime kiln: 1.5 ppm TRS, as H_2S (10%O_2)

Chlorinated organics in bleached market pulp

	LABORATORY		
	ISEGA West Germany	Triangle Labs. USA	UNIT
2, 3, 7, 8 TCDD	0.70	0.35	ppt
2, 3, 7, 8 TCDF	11.0	2.20	ppt
Total Toxic Equivalent (including all dioxins and furans measurable by present methodology)	1.87	1.32	ppt

- ***Atividade 08:*** Elaboração de plano de ação e efetiva implantação de um sistema de gestão ambiental para a fábrica da Riocell, do que resultou a certificação da gestão ambiental em conformidade aos requisitos da norma internacional IS0 14.001 para sistemas de gestão ambiental.
  A Riocell obteve o certificado ISO 14.001 em novembro de 1996, tendo sido a segunda empresa do setor de celulose e papel do Brasil a receber o certificado conferido por essa normativa, além de estar entre as dez primeiras empresas do País em todos os setores a receber essa certificação. Já o certificado ISO 9.001 a empresa o tinha conquistado em janeiro de 1993, sendo esse um pré-requisito para a candidatura ao certificado ISO 14001.

- ***Atividade 09:*** Fazer-se presente nos principais eventos nacionais e internacionais que debatessem o branqueamento das celuloses e seus efeitos ambientais.

  Tanto eu, como pessoas da equipe do centro tecnológico da Riocell (Edvins Ratnieks, Jorge Herrera, Vera Regina Bottini Gallardo; Cláudia

Alcaraz Zini, Nei Rubens Lima, Clóvis Zimmer, Rosane Escobar, etc.) divulgávamos nossos feitos com as tecnologias que adotávamos, que praticávamos com ecoeficiência e os dados ambientais eram completamente abertos e transparentemente divulgados.

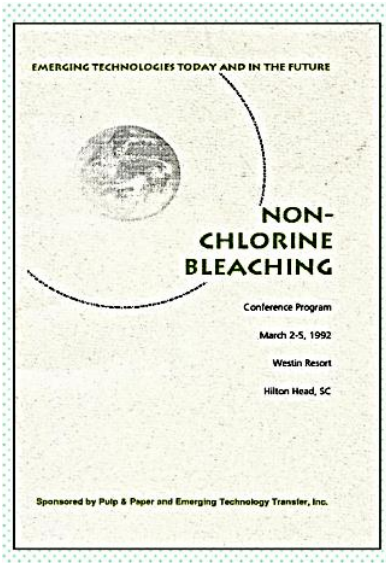
Internacionalmente, fizemos enorme sucesso com nossas apresentações sobre as conquistas da Riocell no branqueamento da celulose e nos sistemas de controle e tratamento dos poluentes industriais, particularmente em dois eventos globais de grande penetração: Tappi International Pulp Bleaching Conferences (Technical Association of the Pulp and Paper Industry) e International Non-Chlorine Bleaching Conferences (Miller Freemann e PPI – com organização do amigo professor doutor Rudra P. Sing e do sempre amigo Ken Patrick).

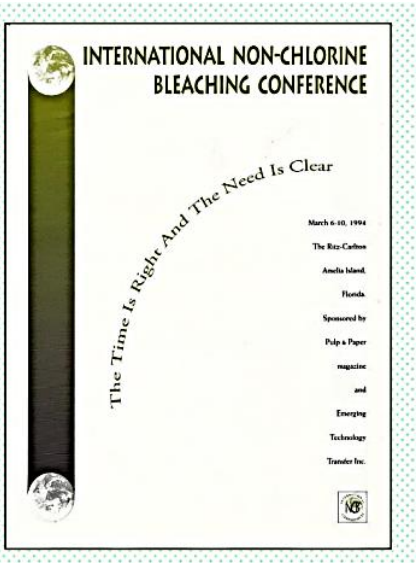
Um fato pitoresco dessas conferências era a forma de apresentação das nossas palestras. As conferências chegavam a ter mais de 500 participantes, em enormes auditórios para abrigar a todos. As palestras eram apresentadas em formato de slides tradicionais, com necessidade de molduras com proteção de vidro para que os slides em formato de revelações de filmes em acetato não se queimassem pelo calor das lâmpadas dos potentes projetores.

Eu precisava comprar essas molduras em viagens que fazia ao exterior (raras de encontrar no Brasil), montar todos os slides na ordem de apresentação e enviar para os organizadores dos eventos a caixinha contendo toda a apresentação. Usava-se o sistema de envio DHL ou TNT, o que custava cerca de 100 dólares o envio e tinha que se ficar torcendo para que a apresentação chegasse a tempo e sem danificar os slides com proteção de vidro. E na ordem correta da apresentação

Eram outras épocas, muito diferentes do que se faz hoje, com a oportunidade de se apresentar uma palestra online e com slides da

forma de arquivos em pdf. Ou de enviar um arquivo com um simples click para qualquer lugar do mundo em que exista internet.





Relatos de Vida: **International Non-Chlorine Bleaching Conferences.** C. Foelkel. *In:* Eucalyptus Newsletter nº 49. 10 pp. (2015)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/News49_Non_Chlorine_Bleaching.pdf (em Português)

- ***Atividade 10:*** Fornecimento de suporte tecnológico para a elaboração do projeto da fábrica da Bacell, uma parceria das empresas Klabin (Brasil) e Lenzing (Áustria), sendo que a maioria das pesquisas foi realizada pela equipe e nas instalações do centro tecnológico da Riocell para colaborar nas definições do processo de polpação pré-hidrólise kraft e de branqueamento TCF com vistas à produção de polpa solúvel ou para dissolução a partir de madeiras de espécies de eucalipto crescendo no estado da Bahia. Foram ensaiadas diversas sequências de branqueamento utilizando apenas compostos de oxigênio (ozônio e peróxido de hidrogênio), soda cáustica, ácidos e quelantes. Os resultados das avaliações laboratoriais envolveram grande produção de alternativas e colaboraram na definição das tecnologias e dos fornecedores. Esse estudo envolveu uma equipe interdisciplinar com pessoal da Riocell, Klabin, Lenzing e diversos fornecedores de tecnologias (Kvarner, Impco, Voest-Alpine, GLV e Union Camp).

Relatos de Vida: **Projeto Bacell – 1993 /1995 – Fabricação de celulose solúvel branqueada de mercado**. C. Foelkel. *In*: Eucalyptus Newsletter nº 47. 16 pp. (2015)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/News47_Relatos_Projeto_Bacell.pdf (em Português)

- ***Atividade 11:*** Em 1988, eu tive o privilégio de ser convidado para proferir o módulo "Branqueamento da Pasta Celulósica" no curso de especialização da ABTCP, o que fiz por alguns anos, inclusive no início dos anos 1990's, quando o curso foi especialmente contratado pela ABECEL – Associação Brasileira dos Exportadores de Celulose, para ser lecionado com ênfase em celulose de mercado para técnicos das empresas que compunham essa associação (Riocell, Aracruz, Suzano Bahia Sul, Jari e Cenibra).

  Mais tarde, a partir dos anos 2.000, quando abracei com mais intensidade o curso, passei a lecionar outras disciplinas; "Gestão da Produção: Resultados e Competitividade"; "Matérias-primas Fibrosas – Silvicultura e Colheita Florestal"; "Controle Ambiental: Ecoeficiência, Odor, Água, Efluentes e Resíduos Sólidos"; "Biorrefinarias e Biotecnologias".

  Ao longo de minhas aulas tive, e continuo tendo em outros cursos, alunos brilhantes, alguns dos quais cresceram e crescem ainda na carreira executiva e se confirmam como altos dirigentes das principais empresas brasileiras de produção de celulose e/ou papel e de empresas fornecedoras ao setor.

  Outros alunos seguiram a carreira técnica e são reconhecidos no setor pelas suas excepcionais contribuições tecnológicas.

  Muito bom isso, o maior orgulho de um professor certamente consiste no sucesso de seus alunos.

Relato de Vida por Celso Foelkel: **Cursos de Especialização em Celulose e Papel – ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel**. C. Foelkel. Relatos de Vida. *In:* PinusLetter nº 44. 14 pp. (2015)

https://www.celso-foelkel.com.br/pinus/PinusLetter44_Cursos_Especializacao_ABTCP.pdf (em Português)

REPORTAGEM

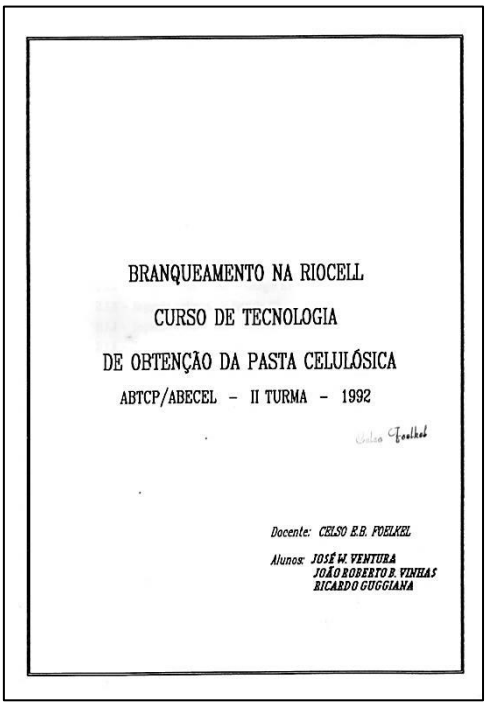
curso de especialização em celulose e papel: aula inaugural

No último dia 5 de maio foi realizada no prédio de Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo a aula inaugural do Curso de Especialização em Celulose e Papel que é resultado de um convênio firmado entre a Associação Técnica Brasileira de Papel e Celulose — ABCP, Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose — ANFPC, Associação Paulista dos Fabricantes de Papel e Celulose — APFPC, e Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo — FDTE, entidade responsável pela administração dos Programa permanente de Cursos de Atualização, criado pela Escola Politécnica em 1978, e que visa especialmente o treinamento profissional e a absorção de tecnologias existentes.

O Programa de Cursos de Atualização da Escola Politécnica, que conta ainda com o patrocínio de entidades como o IEE — Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo, IPT — Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo e NEP — Núcleo de Ligação Industrial, órgão da Escola Politécnica destinado a coordenar o relacionamento da Universidade com o sistema produtivo, através da pesquisa, desenvolvimento, consultoria e atualização, destina-se a engenheiros ligados à prática da engenharia, visando diretamente às atividades profissionais, diferenciando-se, portanto, dos cursos de pós-graduação que estão voltados aos aspectos básicos e de formação científica em áreas específicas, visando a formação de docentes e pesquisadores.

A partir desse convênio, a área de celulose e papel passa a integrar, pela primeira vez, o Programa de Cursos de Atualização da Escola Politécnica.

O Papel — Junho/1988 — 29



BRANQUEAMENTO NA RIOCELL

CURSO DE TECNOLOGIA

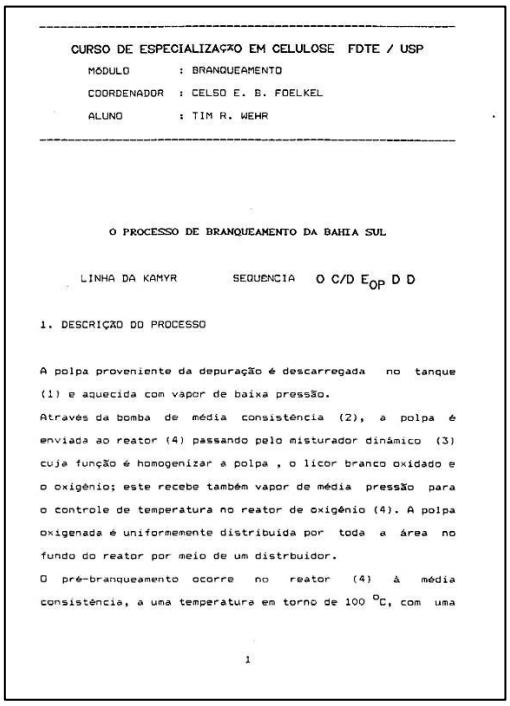
DE OBTENÇÃO DA PASTA CELULÓSICA

ABTCP/ABECEL - II TURMA - 1992

Celso Foelkel

Docente: CELSO E.B. FOELKEL

Alunos: JOSÉ W. VENTURA
JOÃO ROBERTO R. VINHAS
RICARDO GUGGIANA



CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM CELULOSE FDTE / USP

MÓDULO : BRANQUEAMENTO

COORDENADOR : CELSO E. B. FOELKEL

ALUNO : TIM R. WEHR

O PROCESSO DE BRANQUEAMENTO DA BAHIA SUL

LINHA DA KAMYR SEQUENCIA O C/D E_{OP} D D

1. DESCRIÇÃO DO PROCESSO

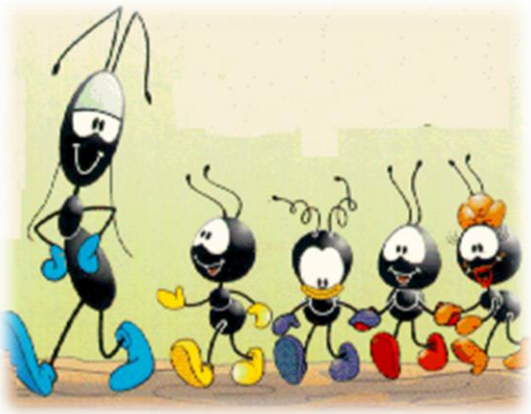
A polpa proveniente da depuração é descarregada no tanque (1) e aquecida com vapor de baixa pressão.

Através da bomba de média consistência (2), a polpa é enviada ao reator (4) passando pelo misturador dinâmico (3) cuja função é homogenizar a polpa , o licor branco oxidado e o oxigênio; este recebe também vapor de média pressão para o controle de temperatura no reator de oxigênio (4). A polpa oxigenada é uniformemente distribuida por toda a área no fundo do reator por meio de um distrbuidor.

O pré-branqueamento ocorre no reator (4) à média consistência, a uma temperatura em torno de 100 °C, com uma

1

Dentre os muitos alunos que tive em diversas das disciplinas que lecionei no curso de especialização da ABTCP, vou me conter porque a lembrança não abrange todos, mas apenas alguns dentre aqueles para os quais tive a honra de lhes ensinar sobre o branqueamento da celulose. Dentre eles, citaria alguns: Marcelo Castelli; Deusanilde de Jesus Silva; César Anfe, Jedaias Jorge Salum, José Wilhelms Ventura; Tim Wehr; José Eduardo Nardi; Elvécio Leôncio Galdino; Ricardo Guggiana; dentre outros.



Ensinar: um trabalho gratificante e de elevado nível de motivação

Para que gosta disso, em verdade...

Ilustrações da famosa e reconhecida coleção www.smilinguido.com.br

Riocell & UFSM

Prédio que abriga parte do Departamento de Ciências Florestais - UFSM

A partir dos anos 1990, passei a atuar como professor colaborador e voluntário da UFSM - do curso de pós-graduação em Engenharia Florestal, opção Tecnologia de Produtos Florestais, com ênfase em Tecnologia da Celulose e do Papel. As aulas eram realizadas tanto no *campus* da UFSM, em Santa Maria/RS, como no laboratório e na fábrica da Riocell.

Em 1998, com a instalação de uma estratégia de reduções de custos que era necessária para manter a empresa Riocell competitiva e até mesmo capaz de se tornar atrativa para venda (como acabou acontecendo com a venda para a Aracruz em 2003), o Centro Tecnológico passou a ser desmobilizado e assim, não tive outra opção: mudei de ares e tratei de realizar outros sonhos através da criação da minha empresa Grau Celsius. Por outro lado, havia o curso de pós-graduação na UFSM e que eu pretendia manter-me ligado a ele. Solicitamos então a permissão da Riocell para manter meus alunos em estágios e em trabalhos laboratoriais de teses e dissertações, o que nos foi concedida.

Em 1999, fui contratado como professor titular visitante, pela mesma universidade, pelo período janeiro de 1999 a dezembro de 2000.

Essa história toda pode ser bem entendida e conhecida pela leitura dos Relatos de Vida a seguir:

Relato de Vida por Celso Foelkel: **Curso de Mestrado UFSM – Universidade Federal de Santa Maria.** C. Foelkel. Website www.celso-foelkel.com.br. Acesso em 17.10.2023:

http://celso-foelkel.com.br/relatos2.html (em Português)

Relato de Vida por Celso Foelkel: **Apostilas e Teses do Curso de Pós Graduação da UFSM - Universidade Federal de Santa Maria – 1990 - 2000.** C. Foelkel. Website www.celso-foelkel.com.br. Acesso em 17.10.2023:

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos_ufsm2.html (em Português)

A maior parte dos estudos acadêmicos dos alunos se concentraram em temas de qualidade das madeiras e fibras, cavacos e polpação kraft, bem como alguns temas sobre controle ambiental e qualidade do papel. Entretanto, três dos estudos realizados pelos alunos tiveram relações diretas ou indiretas com o branqueamento da celulose.

Esses estudos específicos abordando o branqueamento da celulose resultaram em dissertações de mestrado e artigos em que tive a coautoria junto aos mestres Lúcia Helena Jerônimo, Luciano Xavier Mezzomo e André Freddo.

Esses materiais técnicos foram publicados e estão disponibilizados no Grupo 1 da seção 09, ou seja, da bibliografia geral desse presente documento.

UFSM & Grau Celsius

Em maio de 1998 deixei a Riocell, um sonho que terminou para mim naquele ano, mas que foi substituído por outro de dimensões tecnológicas ainda mais desafiadoras e audaciosas: a criação de uma empresa que chamei de Grau Celsius – Negócios em Gestão do Conhecimento, dedicada ao conhecimento e à sua transferência e compartilhamento através de cursos, palestras, consultoria. Essa empresa manteve-se viva e ativa até dezembro de 2021, quando, por razões da pandemia do Corona Virus, perdi muitos dos apoiadores de minhas publicações e tive que cancelar o seu CNPJ por ter-se tornada deficitária para ser mantida.

Através dessa empresa difundi como poucos indivíduos conseguiram fazer no Brasil e no mundo, informações técnicas relevantes sobre o setor de celulose e papel e também de seu setor de florestas plantadas.

Inúmeros materiais dos que produzi e difundi versaram como o branqueamento da celulose.

Relato de Vida por Celso Foelkel: **Grau Celsius: 1998 – 2021 - Vivências e experiências de um empreendedor do conhecimento de base florestal.** C. Foelkel. Website www.celso-foelkel.com.br. Acesso em 17.10.2023:

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2022_Relatos+Vida_Grau+%20Celsius.pdf (em Português)

Entre janeiro de 1999 a dezembro de 2000, eu me mantive ocupado tanto em criar raízes para a Grau Celsius, como em tentar encontrar um novo abrigo para minha produção didática e intelectual junto à UFSM – Universidade Federal de Santa Maria.

Infelizmente, por falta de oportunidades para ali continuar na atividade professoral, eu me decidi por não renovar meu contrato temporário com a universidade e tentar seguir uma carreira de consultoria través da Grau Celsius, o que foi por demais gratificante, também.

Dentre as diversas literaturas produzidas por autores nacionais e internacionais no Brasil ou globalmente e versando sobre o branqueamento da celulose e disponibilizadas entre os anos 1988 a 2000, eu coloco uma breve seleção de algumas que considerei relevantes para serem compartilhadas:

TOTAL CHLORINE-FREE BLEACHING OF EUCALYPT KRAFT PULP

Lima, M.M.de
Research Engineer
Aracruz Celulose R&D Center
Caixa Postal 46
29.190 - Aracruz,ES
Brazil

Manfredi, V.
Process & Technology Division
Aracruz Celulose R&D Center
Caixa Postal 46
29.190 - Aracruz,ES
Brazil

Cláudio-da-Silva Jr, E.
General Manager Technology
Aracruz Celulose S.A.
Caixa Postal 46
29.190 - Aracruz,ES
Brazil

ABSTRACT

Increasing pressures from the society are demanding drastic changes in the way chemical pulp is bleached. More than eliminating the use of chlorine gas, there is a clear trend to avoid the use of any chlorine compound in the bleaching of pulp. This paper discusses some preliminary results in the development of a chlorine-free bleaching sequence of eucalypt kraft pulp.

The study was developed around a sequence involving only oxygen and hydrogen peroxide, and a key intermediary acid treatment. The sequence can be described as OA(E+P+O)P, where A stands for the acid treatment.

A number of different acids with potential use in the pulp mill have been tried in this process. Ozone was also evaluated, since the reaction is preferably performed in acidic medium. The bleaching sequences were performed aiming at 80 %+ ISO brightness, from a kappa=20 pulp, and compared with a reference chlorine containing bleaching sequence.

The results demonstrated the significant influence of acid treatments on metal removal, and upon improvements in pulp reactivity in the additional alkaline stages. The brightness targets were achieved with extremely high chemicals consumption, and significant effects on pulp quality. Further improvements are expected from optimization of the acid treatment and peroxide usage, combined with slight modifications in the pulping process.

KEYWORDS: Chlorine-free Bleaching, Acid Treatment, Eucalypt Kraft Pulp, Ozone, Nitrogen Dioxide, Peracetic Acid, Hydrochloric Acid, Sulphur Dioxide, Oxygen, Hydrogen Peroxide.

INTRODUCTION

Environmental protection is a dominant issue in nineties, and new regulations are forcing industries to reduce their environmental impact. In pulp mills, one of the most important demands is the reduction of chlorinated organics in the effluent discharges. Consequently, pulp mills are improving the effluent treatment facilities and introducing process modifications to meet new chlorinated organics discharge limits.

In pulping manufacturing processes, the efforts are concentrated on the reduction of the total quantities of active chlorine added to the pulp during the bleaching process. Modifications, such as increasing the chlorine dioxide substitution, the use of oxidative extraction, improving the brown-stock washing, and reducing the unbleached kappa number by modified cooking and pulp pre-treatments are alternatives at present being introduced in the pulping and bleaching processes.

The elimination of molecular chlorine used in pulp bleaching is well underway. However to achieve market pulp quality, today's technology still requires the use of chlorine dioxide to reach 90 % ISO brightness in bleached kraft pulps. Technology for the complete elimination of both chlorine and chlorine dioxide in kraft pulp bleaching is still emergent; and fundamental studies must be developed before full scale mill trials can be applied.

This paper presents the initial results in the development of an eucalypt kraft pulp bleaching sequence, without chlorine and chlorine dioxide. The sequence involves oxygen pulp pre-bleaching, a patented acid pulp treatment, followed by an oxidative extraction stage with oxygen and hydrogen peroxide, and peroxide stages. An alternative bleaching sequence with ozone was also evaluated, and all results were compared with those obtained with the conventional chlorine-containing bleaching sequence. The alternative sequences were conducted aiming at 80 % + ISO brightness.

INITIAL STUDIES

The first step in the development of the chlorine-free bleaching sequence for eucalypt kraft pulp was to combine oxygen and hydrogen peroxide in the alkaline stages, after oxygen pre-delignification. The high chemical

Novos processos para branqueamento de polpa *kraft* de eucalipto

*Jorge Luiz Colodette, R.C. De Oliveira e José Lívio Gomide **
*A. K. Ghosh, U. P. Singh e R. P. Singh ***

1. Introdução

A tecnologia de branqueamento de polpa tem vivido momentos de grande turbulência nos últimos dez anos. Os processos convencionais de branqueamento com reagentes clorados são dominantes e deverão ainda manter esta hegemonia por algum tempo, especialmente na América do Norte e no Japão. Apesar de eficientes, tais processos têm sofrido grandes pressões em todo o mundo em função dos potenciais, mas não efetivamente comprovados, efeitos negativos de seus efluentes no meio ambiente. Estas pressões estão ocorrendo de várias formas, sendo mais significativa as mais severas legislações ambientais quanto à descarga de AOX, PCDD's e PCDF's, no efluente, e a crescente demanda, especialmente em alguns países da Europa, para papéis produzidos a partir de polpas livres de cloro (TCF). No Norte da Europa, a substituição dos processos convencionais de branqueamento por tecnologias "mais limpas" já está acontecendo de maneira gradativa, sendo o fim do cloro molecular iminente. Por outro lado, mesmo aqueles países com legislações ambientais menos severas, mas que exportam polpa e papel para a Europa, estão sendo compelidos a alterarem suas tecnologias convencionais de branqueamento para atenderem às demandas do mercado.

As chamadas tecnologias "limpas", que estão disponíveis e que potencialmente podem substituir os processos convencionais de branqueamento, envolvem o uso do oxigênio ou produtos derivados do oxigênio, tais como peróxido de hidrogênio e ozônio. O uso de tais tecnologias poderá conduzir ao fechamento dos circuitos de água na planta de branqueamento e, eventualmente, resultar na tão sonhada "fábrica totalmente livre de efluente"(TEF). Entretanto, as tecnologias baseadas no oxigênio e seus derivados, apesar de tecnicamente comprovadas em escalas de laboratório e industrial, ainda sofrem de alguns inconvenientes que precisam ser trabalhados. Estes incluem o elevado custo de capital para implantação (oxigênio e ozônio), o elevado custo operacional (ozônio e peróxido de hidrogênio) e a degradação da qualidade da fibra que pode ocorrer, especialmente nos processos contendo ozônio.

Nos últimos anos, uma infinidade de estudos tem apresentado potenciais alternativos para solucionar os inconvenientes acima mencionados, especialmente para o branqueamento de polpas de fibra longa, havendo um número apenas limitado de contribuições envolvendo polpas de fibra curta, especialmente de eucalipto (1-7).

A contribuição talvez mais significativa destes estudos foi o desenvolvimento de processos de branqueamento com ozônio e oxigênio em média consistência. Processos em média consistência demandam melhor custo de capital para implantação e, conseqüentemente, são mais atrativos para a indústria. Outra contribuição significativa foi o desenvolvimento dos chamados processos de cozimento com deslignificação intensiva (MCC, EMCC, ITC, Super-Batch, RDH etc.), que resultaram em substancial decréscimo da demanda de reagentes na operação de branqueamento. Por outro lado, a adequada otimização de variáveis do processo, bem como o uso de aditivos, tem aumentado a eficiência e seletividade do branqueamento com oxigênio, ozônio e peróxido de hidrogênio e, conseqüentemente, reduzido os requerimentos de reagentes químicos e o ataque às fibras celulósicas durante o branqueamento.

Apesar dos avanços conseguidos nos últimos anos, ainda há espaço para melhoria destes processos de branqueamento. Primeiro, o efeito de íons metálicos na *performance* destes processos é conhecido, mas não suficientemente compreendido. O conteúdo de metais na polpa deve ser tratado como uma das variáveis do processo de branqueamento com oxigênio e seus derivados. Nesse contexto, a instalação e adequada localização de uma etapa de tratamento da polpa com ácido ou quelante se tornam relevantes para reduzir o requerimento de reagentes e aumentar a seletividade do processo. Segundo, o número adequado de estágios de branqueamento, bem como suas localizações numa seqüência de branqueamento contendo somente oxigênio, ozônio e peróxido, pode afetar o requerimento de reagentes e a seletividade do processo; tal assunto é ainda disputado, sendo, aparentemente, dependente do

* Jorge Luiz Colodette, R.C. de Oliveira e José Lívio Gomide são da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.
** A.K. Ghosh, U.P. Singh e R.P. Singh são da Universidade do Estado da Carolina do Norte, Estados Unidos.
Trabalho apresentado no 26º Congresso Anual de Celulose e Papel da ABTCP, realizado em São Paulo-SP-Brasil, de 22 a 26 de novembro de 1993. Prêmio Kanyr do Brasil.

Ozone Bleaching

Pilot-plant experience with ozone in TCF bleaching of eucalypt pulp

Alfredo Mokfienski and Braz J. Demuner

ABSTRACT: A commercial mill producing totally-chlorine-free (TCF) and elemental-chlorine-free (ECF) kraft pulp from eucalypts sought to add an ozone stage to its bleach line. TCF bleach sequences with ozone stages were tested at two pilot plants using oxygen-delignified pulp from the mill. Brightness exceeding 89% ISO was obtained with lower chemical consumption than the mill's commercial ECF and TCF processes. However, the tensile strength, bulk, porosity, and opacity of the ozone-treated pulps were lower than the ECF and TCF pulps bleached without ozone treatment. The ozone charge and the pulp consistency during ozone bleaching greatly affect chemical consumption and product quality.

KEYWORDS: Bibliographies, chlorine free bleaching, eucalypts, evaluation, kraft pulps, multistage process, ozone, ozone bleaching, pilot plants, test methods.

Market demand and environmental pressures are forcing the pulp and paper industry to develop technological alternatives to conventional chlorine-based bleaching processes. Research efforts have focused on improving effluent characteristics while maintaining or improving product quality. Many mills are now bleaching pulp using totally chlorine-free (TCF) and elemental-chlorine-free (ECF) sequences.

The Aracruz pulp-production complex (Barra do Riacho, ES, Brazil) began producing ECF market pulp in 1988. At the same time, the mill initiated a research program to develop a TCF bleach sequence for eucalypt pulp (1). The mill was able to begin producing TCF market pulp in October 1991. By this time, it was clear from the accumulated research experience into TCF bleaching that additional technological development would be required to improve pulp brightness at a competitive cost and with minimum adverse impact on the environment.

Mokfienski, pulp technology specialist, and Demuner, manager of product development, are affiliated with Aracruz Celulose S/A, P.O. Box 1011, CEP 29797-000, Aracruz, ES, Brazil.

Ozone-bleaching technology appeared to be a promising alternative, so the mill undertook fundamental studies of ozone bleaching in the laboratory and in two pilot plants. Details about earlier phases of the mill's efforts to develop TCF pulp-bleaching technology have been published elsewhere (1-3). This article reports the main findings of the pilot-plant tests regarding the use of ozone in TCF bleaching of eucalypt pulp.

TCF bleaching

Mill experience, 1991–94

The Aracruz pulp-production complex currently operates with two eucalypt bleached-kraft pulp mills. The total annual pulp production is over 1,000,000 a.d. (air-dried) metric tons, consisting of standard, ECF, and TCF pulp grades. In 1992, the mill produced approximately 30,000 a.d. metric tons of TCF pulp. This jumped to 100,000 a.d. metric tons in 1993 and is expected to increase again in 1994.

Early TCF production runs utilized the sequence A(EPO)APA, with a target brightness of 89% ISO. In July 1992, the mill began producing TCF pulp with newly installed MCC (modified continuous cooking) and oxygen-delignification processes. By the end of 1992, other process improvements had been installed, including a new bleaching tower, mixing equipment, and process control. The result was a significant in-

Branqueamento de celulose de eucalipto com seqüências contendo oxigênio, xilanase, ozônio e peróxido

*Vera Maria Sacon **
*Jan L. Yang ***

1- Introdução

O uso do cloro e derivados do cloro, para o branqueamento de polpa *kraft*, são os mais importantes e dominam a técnica de branqueamento na indústria de polpa e papel hoje. Do total de produção mundial de 25,6 milhões de toneladas de polpa *kraft* branqueada de mercado produzida em 1992, somente cerca de 0,5 milhões de toneladas foram branqueadas sem compostos contendo cloro (1-2). Durante a última década, houve uma modernização sem precedentes do processo de polpação e branqueamento. Instalações de cozimento *kraft* extendido, deslignificação com oxigênio e representativa substituição do cloro elementar por dióxido de cloro, têm reduzido drasticamente a formação de dioxinas e AOX (*adsorbable organic halogen*). Por esta razão, seu impacto ambiental diminuiu significativamente (3-4).

Por outro lado, a preocupação pública com o ambiente tem ao mesmo tempo crescido enormemente. Este crescimento da consciência ambiental tornou-se uma força significativa no sentido de propiciar uma regulamentação mais rigorosa para compostos potencialmente perigosos nos efluentes. Depois de enormes esforços para melhorar a qualidade e modernização de suas operações, a própria indústria de polpa e papel ainda encontra-se em foco para o debate sobre possível impacto ambiental negativo dos processos de branqueamento de polpas.

A indústria de polpa e papel é uma indústria de capital intensivo e qualquer mudança envolve enormes custos.

No entanto, candidatos promissores para substituir o cloro e derivados do cloro, como o tratamento com xilanase ou deslignificação com o ozônio, como estágios individuais na seqüência de branqueamento, estão em ativa fase de comercialização (5-6), com algumas fábricas utilizando a evolução dessas tecnologias.

Tem-se estudado o efeito combinado para quatro estágios de branqueamento isentos de cloro, a saber, oxigênio, tratamento com xilanase, ozônio e peróxido de hidrogênio, em polpa *kraft* de fibras curtas e fibras longas.

Os resultados do uso do processo do ozônio para o branqueamento de polpa *kraft* de eucalipto são apresentados e discutidos neste trabalho.

2 - Materiais e métodos

A- Amostra de polpa

A polpa *kraft* não branqueada e a polpa *kraft* deslignificada foram coletadas na linha industrial da Riocell S.A. e, posteriormente, lavadas em laboratório da Universidade da Geórgia. As características destas polpas estão apresentadas na tabela 1.

B- Produção e preparação da enzima

A enzima foi produzida em batelada por fermentação de fungos *Aureobasidium pullulans*. O cultivo, e subseqüente preparação da cultura filtrada, foi previamente descrito (7). Através de teste com xilana, manose, carboximetilcelulose e arabinogalactana, da madeira de Bétula, verificou-se que a atividade hidrolítica dessa cultura filtrada consistia somente da atividade da endo-xilanase (480 unidades/ml). Uma unidade de atividade de xilanase foi definida como a quantidade de enzima liberada em uma µmol de xilose equivalente por minuto à temperatura presente.

C- Procedimento para branqueamento da polpa

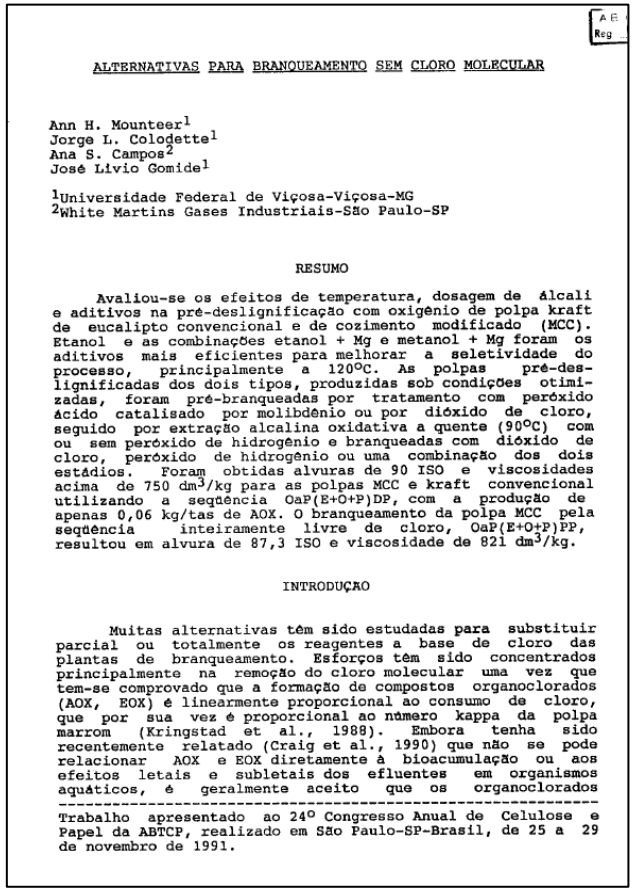
A polpa foi desintegrada a 10.000 revoluções em desintegrador (Noram, PQ, Canadá), em sala de temperatura controlada antes do branqueamento. A suspensão de polpa foi filtrada em funil Büchner e, então, colocada em sacos de poliéster de camada dupla. O tratamento de xilanase (X) foi conduzido a uma consistência da polpa 10% com solução tampão de acetato de sódio 5 mM e pH 5,0 com uma carga de xilanase de 2 unidades/g polpa a 50°C, durante 90 min. Após o tratamento enzimático, a polpa foi lavada com água. O tratamento de todas as polpas nas se-

Tabela 1: Características das polpas de eucalipto produzidas em fábrica

Polpa	Número *Kappa*	Viscosidade (mPas.s)	Alvura (% ISO)
Não branqueada	12,1	29,5	34,0
Branqueada com oxigênio	8,4	23,1	53,0

** Vera Maria Sacon, Riocell S. A - Guaíba - RS.*
*** Jan L. Yang, Universidade da Geórgia - EUA*
Trabalho apresentado no 26º Congresso Anual de Celulose e Papel da ABTCP, realizado em São Paulo - SP - Brasil, de 22 a 26 de novembro de 1993. Prêmio Peróxidos do Brasil.

20 O Papel



ALTERNATIVAS PARA BRANQUEAMENTO SEM CLORO MOLECULAR

Ann H. Mounteer[1]
Jorge L. Colodette[1]
Ana S. Campos[2]
José Livio Gomide[1]

[1]Universidade Federal de Viçosa-Viçosa-MG
[2]White Martins Gases Industriais-São Paulo-SP

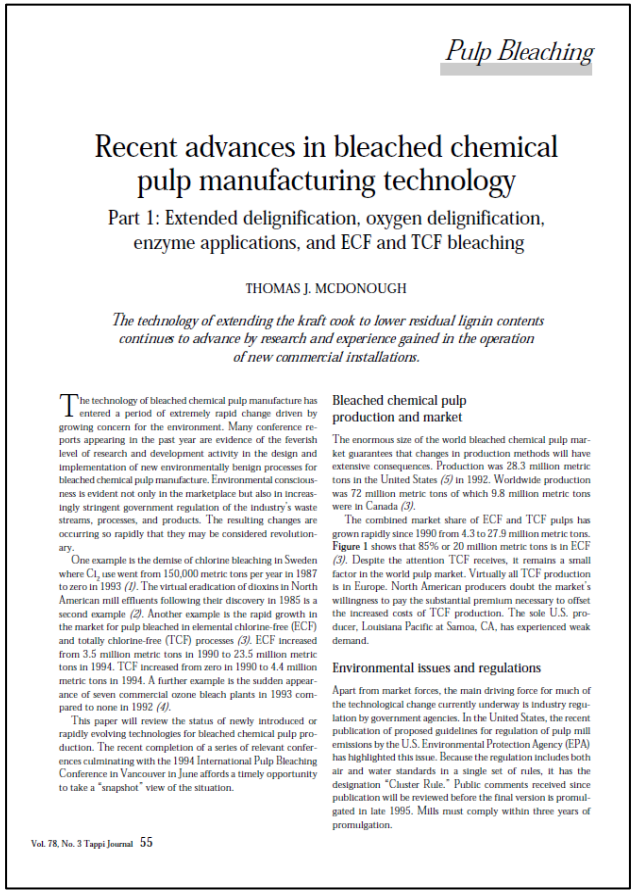
RESUMO

Avaliou-se os efeitos de temperatura, dosagem de álcali e aditivos na pré-deslignificação com oxigênio de polpa kraft de eucalipto convencional e de cozimento modificado (MCC). Etanol e as combinações etanol + Mg e metanol + Mg foram os aditivos mais eficientes para melhorar a seletividade do processo, principalmente a 120°C. As polpas pré-deslignificadas dos dois tipos, produzidas sob condições otimizadas, foram pré-branqueadas por tratamento com peróxido ácido catalisado por molibdênio ou por dióxido de cloro, seguido por extração alcalina oxidativa a quente (90°C) com ou sem peróxido de hidrogênio e branqueadas com dióxido de cloro, peróxido de hidrogênio ou uma combinação dos dois estádios. Foram obtidas alvuras de 90 ISO e viscosidades acima de 750 dm^3/kg para as polpas MCC e kraft convencional utilizando a seqüência OaP(E+O+P)DP, com a produção de apenas 0,06 kg/tas de AOX. O branqueamento da polpa MCC pela seqüência inteiramente livre de cloro, OaP(E+O+P)PP, resultou em alvura de 87,3 ISO e viscosidade de 821 dm^3/kg.

INTRODUÇAO

Muitas alternativas têm sido estudadas para substituir parcial ou totalmente os reagentes a base de cloro das plantas de branqueamento. Esforços têm sido concentrados principalmente na remoção do cloro molecular uma vez que tem-se comprovado que a formação de compostos organoclorados (AOX, EOX) é linearmente proporcional ao consumo de cloro, que por sua vez é proporcional ao número kappa da polpa marrom (Kringstad et al., 1988). Embora tenha sido recentemente relatado (Craig et al., 1990) que não se pode relacionar AOX e EOX diretamente à bioacumulação ou aos efeitos letais e subletais dos efluentes em organismos aquáticos, é geralmente aceito que os organoclorados

Trabalho apresentado ao 24º Congresso Anual de Celulose e Papel da ABTCP, realizado em São Paulo-SP-Brasil, de 25 a 29 de novembro de 1991.



Pulp Bleaching

Recent advances in bleached chemical pulp manufacturing technology

Part 1: Extended delignification, oxygen delignification, enzyme applications, and ECF and TCF bleaching

THOMAS J. MCDONOUGH

The technology of extending the kraft cook to lower residual lignin contents continues to advance by research and experience gained in the operation of new commercial installations.

The technology of bleached chemical pulp manufacture has entered a period of extremely rapid change driven by growing concern for the environment. Many conference reports appearing in the past year are evidence of the feverish level of research and development activity in the design and implementation of new environmentally benign processes for bleached chemical pulp manufacture. Environmental consciousness is evident not only in the marketplace but also in increasingly stringent government regulation of the industry's waste streams, processes, and products. The resulting changes are occurring so rapidly that they may be considered revolutionary.

One example is the demise of chlorine bleaching in Sweden where Cl_2 use went from 150,000 metric tons per year in 1987 to zero in 1993 *(1)*. The virtual eradication of dioxins in North American mill effluents following their discovery in 1985 is a second example *(2)*. Another example is the rapid growth in the market for pulp bleached in elemental chlorine-free (ECF) and totally chlorine-free (TCF) processes *(3)*. ECF increased from 3.5 million metric tons in 1990 to 23.5 million metric tons in 1994. TCF increased from zero in 1990 to 4.4 million metric tons in 1994. A further example is the sudden appearance of seven commercial ozone bleach plants in 1993 compared to none in 1992 *(4)*.

This paper will review the status of newly introduced or rapidly evolving technologies for bleached chemical pulp production. The recent completion of a series of relevant conferences culminating with the 1994 International Pulp Bleaching Conference in Vancouver in June affords a timely opportunity to take a "snapshot" view of the situation.

Bleached chemical pulp production and market

The enormous size of the world bleached chemical pulp market guarantees that changes in production methods will have extensive consequences. Production was 28.3 million metric tons in the United States *(5)* in 1992. Worldwide production was 72 million metric tons of which 9.8 million metric tons were in Canada *(3)*.

The combined market share of ECF and TCF pulps has grown rapidly since 1990 from 4.3 to 27.9 million metric tons. **Figure 1** shows that 85% or 20 million metric tons is in ECF *(3)*. Despite the attention TCF receives, it remains a small factor in the world pulp market. Virtually all TCF production is in Europe. North American producers doubt the market's willingness to pay the substantial premium necessary to offset the increased costs of TCF production. The sole U.S. producer, Louisiana Pacific at Samoa, CA, has experienced weak demand.

Environmental issues and regulations

Apart from market forces, the main driving force for much of the technological change currently underway is industry regulation by government agencies. In the United States, the recent publication of proposed guidelines for regulation of pulp mill emissions by the U.S. Environmental Protection Agency (EPA) has highlighted this issue. Because the regulation includes both air and water standards in a single set of rules, it has the designation "Cluster Rule." Public comments received since publication will be reviewed before the final version is promulgated in late 1995. Mills must comply within three years of promulgation.

Vol. 78, No. 3 Tappi Journal 55

Total chlorine-free bleaching of eucalypt kraft pulp. M.M. Lima; V. Manfredi; E. Cláudio-da-Silva Jr. Tappi Pulping Conference. 10 pp. (1990)

Sugiro visitar o website www.tappi.org para verificar o livre acesso ou para a aquisição do artigo (em Inglês)

Alternativas para branqueamento sem cloro molecular. A.H. Mounteer; J.L. Colodette; A.S. Campos; J.L. Gomide. 24º Congresso Anual. ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 18 pp. (1991)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/ABTCP/1991_Branqueamento_sem_Cloro_molecular.pdf (em Português)

Branqueamento de celulose de eucalipto com sequências contendo oxigénio, xilanases, ozônio e peróxido. V.M. Sacon; J.L. Yang. Revista O Papel (Fevereiro): 20 – 24. (1994)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1994_02+Branqueamento+Celulose+Eucalipto.pdf (em Português)

Novos processos para branqueamento de polpa kraft de eucalipto. J.L. Colodette; R.C. Oliveira; J.L. Gomide; A.K. Ghosh; U.P. Singh; R.P. Singh. Revista O Papel 55(2): 25 - 35. (1994)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1994_Novos_processos_branqueamento.pdf (em Português)

Pilot-plant experience with ozone in TCF bleaching of eucalypt pulp. A. Mokfienski; B.J. Demuner. Tappi Journal 77(11): 95 – 103. (1994)

Sugiro visitar o website www.tappi.org para verificar o livre acesso ou para a aquisição do artigo (em Inglês)

Recent advances in bleached chemical pulp manufacturing technology. Part 1: Extended delignification, oxygen delignification, enzyme applications, and ECF and TCF bleaching. T.J. McDonough. Tappi Journal 78(3): 55 – 62. (1994)

Sugiro visitar o website www.tappi.org para verificar o livre acesso ou para a aquisição do artigo (em Inglês)

Seguem também as minhas próprias escritas (isoladamente ou em coautorias), publicadas entre os anos 1988 a 2000, nas quais, de forma direta ou indireta, existem referências ou em que o branqueamento da celulose esteja citado ou envolvido nos textos.

Resultados prácticos logrados en la producción de celulosa kraft blanqueada y adaptados a los requerimientos del medio ambiente. C. Foelkel. 2º Congreso Internacional de la Celulosa y el Papel. AFCP – Asociación de Fabricantes de Celulosa y Papel. Argentina. 06 pp. (1991)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1991_AFCP+Argentina.pdf (em Espanhol)

Non-chlorine bleaching. Focus on South and Latin America. C. Foelkel. 1992 International Non-Chlorine Bleaching Conference. 21 pp. (1992)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1992_Focus_South_Latin_America.pdf (em Inglês)

Non-chlorine bleaching. Mill operations update. C. Foelkel. 1992 International Non-Chlorine Bleaching Conference. Apresentação em PowerPoint: 11 slides. (1992)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1992_Mill_operations_update.pdf (em Inglês)

Alternativas para o branqueamento de polpa kraft de eucalipto sem cloro molecular. A.H. Mounteer. Orientação: J.L. Colodette. Avaliador na banca de defesa: C.E.B. Foelkel. Dissertação de Mestrado. UFV Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 120 pp. (1992)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufv/Branqueamento%20sem%20Cloro%20Molecular.pdf (em Português)

High substitution rates and ECF bleaching. A todays' must. C. Foelkel. 1993 International Non-Chlorine Bleaching Conference. 20 pp. (1993)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1993_High_substitution_rates_ECF_bleaching.pdf (em Inglês)

Emerging technologies. How to make the new white (*and to be incidentally happy*). C. Foelkel. 1993 International Non-Chlorine Bleaching Conference. 57 pp. (1993)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1993_How_to_make_the_new_white.pdf (em Inglês)

A verdadeira eficiência da deslignificação com oxigênio. E. Ratnieks; V. Sacon; C. Zimmer; C. Foelkel. 1º Congresso Latino Americano de Deslignificação. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (1994)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1994.%20Verdadeira%20eficiencia%20do%20o2.pdf (em Português)

Effective TCF bleaching of *Eucalyptus* to high brightness. D. Lazar; C. Foelkel; D.F. Seiter. 1994 Tappi International Pulp Bleaching Conference. 14 pp. (1994)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/tappi/1995_Effective_TCF_bleaching.pdf (em Inglês)

Scenarios towards the minimum environmental impact. C. Foelkel. 1994 International Non-Chlorine Bleaching Conference. 09 pp. (1994)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1994_Scenarios_minimum_environmental_impact.pdf (em Inglês)

Commercial TCF bleach plant design and effect of solids and thermal balance on operations. L.D. Shackford; W.J. Miller; C. Foelkel. 1994 International Non-Chlorine Bleaching Conference. 21 pp. (1994)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1994_TCF_bleach_plant_design.pdf (em Inglês)

Projeto de planta de branqueamento TCF e efeitos dos sólidos e balanço térmico nas operações. L.D. Shackford; W.J. Miller; C. Foelkel. 1994 International Non-Chlorine Bleaching Conference. Republicado em Português pela ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 21 pp. (1994)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1994_Projeto_planta_TCF.pdf (Versão em Português)

Whats and hows in TCF bleaching. C. Foelkel. 1994 International Non-Chlorine Bleaching Conference. Apresentação em PowerPoint: 35 slides. (1994)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1994_Whats_Hows_TCF_bleaching.pdf (em Inglês)

Stepwise survey on oxygen delignification and pulp washing performance. E. Ratnieks; C. Foelkel; V. Sacon; C. Zimmer. 1995 Tappi Pulping Conference & AICHE Forest Products Symposium. 16 pp. (1995)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/tappi/1995_Survey_oxygen_delignification_pulp_washing.pdf (em Inglês)

Toxicologia de efluentes de branqueamentos com ozônio. C. Foelkel; V.R.B. Gallardo; S. Gonçalves; R. Almeida; S.M. Cardoso. Seminário Internacional "Branqueamento com ozônio". ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 30 slides. (1995)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/toxicologia%20branqueamento%20com%20ozonio.pdf (em Português)

Potencialidade de quatro espécies de *Eucalyptus* cultivados na Bahia para produção de celulose solúvel branqueada. L.X. Mezzomo; M.A. Martins; C.E.B. Foelkel; V. Sacon. 29º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 14 pp. (1996)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1996.%20Eucaliptos%20Bahia%20para%20polpa%20sol%FAvel.%20Mezzomo.pdf (em Português)

Enzima e tratamento ácido no branqueamento TCF: Polpa brasileira vs ibérica. V. Sacon; E. Ratnieks; C. Foelkel. Encontro Internacional de Branqueamento. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 13 slides. (1996)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/26_1996_ABTCP_EnzimaTratamentoAcido.pdf (em Português)

Acute ecotoxicity of the sixteen most usually found chemicals in bleaching plant effluents. C. Foelkel. 1996 International Non-Chlorine Bleaching Conference. Apresentação em PowerPoint: 38 slides. (1996)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1996_Ecotoxicity_bleaching_chemicals.pdf (em Inglês)

Riocell simplifies O_2 bleaching with "no moving parts" system. C. Foelkel; R. Szopinski; K.A. King. Pulp & Paper (October). 04 pp. (1996)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Riocell_simplifies_oxygen_bleaching.pdf (em Inglês)

Improved *Eucalyptus* pulp bleachability via high temperature acid treatment. E. Ratnieks; C. Foelkel; V. Sacon; M. Sauer. 1997 International Emerging Technologies Conference. Reapresentado em 30º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (1997)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1997_Improved_acid_treatment.pdf (em Inglês)

Improved *Eucalyptus* pulp bleachability via high temperature acid treatment. E. Ratnieks; C. Foelkel; V. Sacon; M. Sauer. 30º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (1997)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1997.%20Improved%20acid%20treatment.pdf (em Inglês)

Alternativas para a remoção de extrativos na produção de polpa solúvel totalmente isenta de cloro a partir de *Eucalyptus spp*. M.M. Costa. Orientação: J.L. Colodette. Avaliador na banca de defesa: C.E.B. Foelkel. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 111 pp. (1997)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufv/Producao%20de%20Polpa%20Soluvel.pdf (em Português)

Alternatives for removing extractives in the manufacture of total chlorine free pre-hydrolysis dissolving pulp from *Eucalyptus* spp. M.M. Costa; J.L. Colodette; C.E.B. Foelkel; J.L. Gomide. 5th Brazilian Symposium on the Chemistry of Lignin and Other Wood Components. Anais: 34 – 43. (1997)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1997_Dissolving_Pulps_Eucalyptus.pdf (em Inglês)

Produção de polpa solúvel totalmente isenta de cloro a partir de *Eucalyptus* spp. M.M. Costa; J.L. Colodette; J.L. Gomide; C.E.B. Foelkel. 30º Congresso Anual de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 11 pp. (1997)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1997.%20Polpa%20sol%FAvel%20TCF%20de%20eucalipto.pdf (em Português)

Avaliação preliminar do potencial de quatro madeiras de eucalipto na produção de polpa solúvel branqueada pela sequência OA(ZQ)P. M.M. Costa; J.L. Colodette; J.L. Gomide; C.E.B. Foelkel. Revista Árvore 21(3): 385 – 392. (1997)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1997_Polpa_Soluvel_4_Especies_Euca.pdf (em Português)

Adição de antraquinona na polpação alcalina e sua influência na branqueabilidade de celulose de *Eucalyptus saligna*. L.H. Jerônimo. Orientação: C.E.B. Foelkel. Dissertação de Mestrado. UFSM – Universidade Federal de Santa Maria. 85 pp. (1997)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufsm/L%FAcia%20Jeronimo.pdf (em Português)

Elementos minerais em madeiras de eucaliptos e acácia negra e sua influência na indústria de celulose kraft branqueada. A. Freddo. Orientação: C.E.B. Foelkel. Dissertação de Mestrado. UFSM – Universidade Federal de Santa Maria. 85 pp. (1997)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufsm/UFSM%20%20Andre%20Freddo.pdf (em Português)

Elementos minerais em madeiras de eucaliptos e acácia negra e sua influência na indústria de celulose kraft branqueada. A. Freddo; C.E.B. Foelkel; S.M.B. Frizzo; M.C.M. Silva. 1º Congresso de "Tecnologia da Polpa Celulósica". ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 13 pp. (1998)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1998.%20Elementos%20minerais%20Andr%E9.pdf (em Português)

Avaliação da qualidade da celulose kraft-AQ ECF e TCF de eucalipto. I.M. Bulhões Gomes. Orientação: L.E.G. Barrichelo. Avaliador na banca de defesa: C.E.B. Foelkel. Dissertação de Mestrado. E.S.A.L.Q. – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". USP – Universidade de São Paulo. 133 pp. (1998)

https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11149/tde-20191218-141131/publico/GomesIsabelMenezesBulhoes.pdf (em Português)

Os efeitos da tecnologia e da capacidade da linha de fibras sobre o consumo de químicos no branqueamento. E. Ratnieks; R. Zanchin; M. Sauer; C. Foelkel. 31º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 07 pp. (1998)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1998.%20linha%20de%20fibras%20e%20consumo%20quimicos%20branqueamento.pdf (em Português)

Pulp line technology and overcapacity effects on the bleaching chemicals consumption – Case studies. E. Ratnieks; R. Zanchin; M. Sauer; C. Foelkel. 1998 Tappi International Pulp Bleaching Conference. 06 pp. (1998)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/tappi/1998_Pulpline_technology_overcapacity.pdf (em Inglês)

Avaliação ecotoxicológica e da genotoxicidade de produtos químicos frequentemente utilizados nos processos de cozimento e de branqueamento de celulose kraft. L. Stenzel; C. Foelkel; V.R.B. Gallardo; L. Quaglia. 31º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. (1998)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/Artigo%20T%E9cnico%20ABTCP%201998.pdf (Texto: 13 pp. – em Português)

e

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/Palestra%2005.pdf (Apresentação em PowerPoint: 10 slides – em Português)

Elementos minerais em madeiras de eucaliptos e acácia negra e sua influência na indústria de celulose kraft branqueada. A. Freddo; C.E.B. Foelkel; S.M.B. Frizzo; M.C.M. Silva. Ciência Florestal 9(1): 193 – 209. (1999).

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ciencia_florestal/elementos%20minerais%201999.pdf (em Português)

Minerais, qualidade da madeira e novas tecnologias de produção de celulose. C. Foelkel. *In:* Seminário "Qualidade da Madeira como Fonte de Fibras para Produção de Celulose – Panorama e Estratégias". Apresentação em PowerPoint: 15 slides. (1999)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/Minerais%20e%20fechamento%20de%20circuitos.pdf (em Português)

Utilização de antraquinona na produção de polpa sulfato de *Eucalyptus saligna* e seus efeitos no branqueamento. L.H. Jerônimo; C.E.B. Foelkel; S.M.B. Frizzo. 1º CIADICYP – Congreso Ibero Americano de Investigación en Celulosa y Papel. 24 pp. (2000)

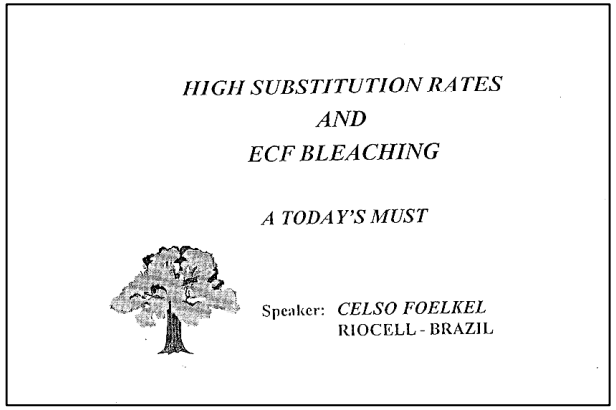
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2000_CIADICYP_Antraquinona.pdf (em Português)

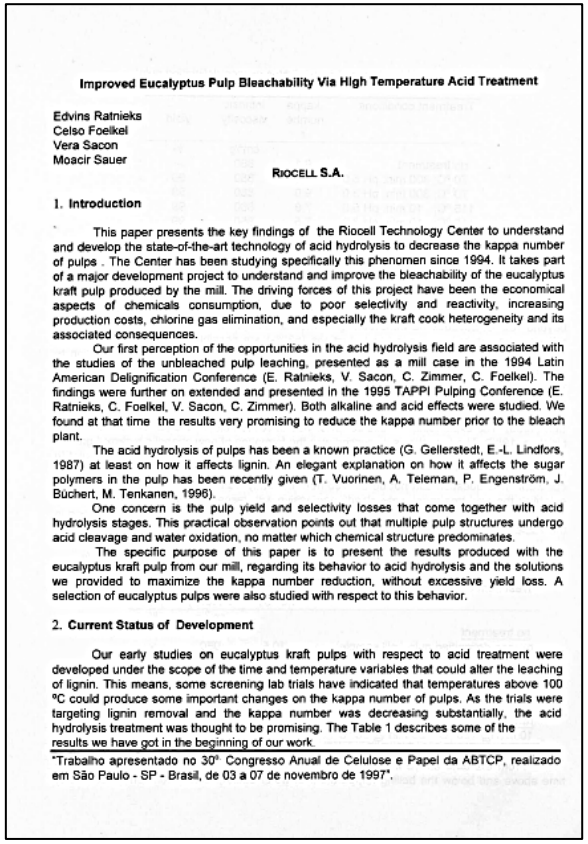
e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2000_CIADICYP+AQ+Jeronimo.pdf (em Português)

Desafios e oportunidades para desenvolvimentos tecnológicos na indústria de papel e celulose. C. Foelkel. 1º CIADICYP – Congreso Ibero Americano de Investigación en Celulosa y Papel. 06 pp. (2000)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2000_Desafios+oportunidades+tecnologicas.pdf (em Português)





Improved Eucalyptus Pulp Bleachability Via High Temperature Acid Treatment

Edvins Ratnieks
Celso Foelkel
Vera Sacon
Moacir Sauer

RIOCELL S.A.

1. Introduction

This paper presents the key findings of the Riocell Technology Center to understand and develop the state-of-the-art technology of acid hydrolysis to decrease the kappa number of pulps . The Center has been studying specifically this phenomen since 1994. It takes part of a major development project to understand and improve the bleachability of the eucalyptus kraft pulp produced by the mill. The driving forces of this project have been the economical aspects of chemicals consumption, due to poor selectivity and reactivity, increasing production costs, chlorine gas elimination, and especially the kraft cook heterogeneity and its associated consequences.

Our first perception of the opportunities in the acid hydrolysis field are associated with the studies of the unbleached pulp leaching, presented as a mill case in the 1994 Latin American Delignification Conference (E. Ratnieks, V. Sacon, C. Zimmer, C. Foelkel). The findings were further on extended and presented in the 1995 TAPPI Pulping Conference (E. Ratnieks, C. Foelkel, V. Sacon, C. Zimmer). Both alkaline and acid effects were studied. We found at that time the results very promising to reduce the kappa number prior to the bleach plant.

The acid hydrolysis of pulps has been a known practice (G. Gellerstedt, E.-L. Lindfors, 1987) at least on how it affects lignin. An elegant explanation on how it affects the sugar polymers in the pulp has been recently given (T. Vuorinen, A. Teleman, P. Engenström, J. Buchert, M. Tenkanen, 1996).

One concern is the pulp yield and selectivity losses that come together with acid hydrolysis stages. This practical observation points out that multiple pulp structures undergo acid cleavage and water oxidation, no matter which chemical structure predominates.

The specific purpose of this paper is to present the results produced with the eucalyptus kraft pulp from our mill, regarding its behavior to acid hydrolysis and the solutions we provided to maximize the kappa number reduction, without excessive yield loss. A selection of eucalyptus pulps were also studied with respect to this behavior.

2. Current Status of Development

Our early studies on eucalyptus kraft pulps with respect to acid treatment were developed under the scope of the time and temperature variables that could alter the leaching of lignin. This means, some screening lab trials have indicated that temperatures above 100 ºC could produce some important changes on the kappa number of pulps. As the trials were targeting lignin removal and the kappa number was decreasing substantially, the acid hydrolysis treatment was thought to be promising. The Table 1 describes some of the results we have got in the beginning of our work.

Trabalho apresentado no 30º Congresso Anual de Celulose e Papel da ABTCP, realizado em São Paulo - SP - Brasil, de 03 a 07 de novembro de 1997.

5.4. Anos de Sustentação – "*Sustaining years*" do Celso Foelkel com o desenvolvimento dos processos de branqueamento da celulose kraft de eucalipto no Brasil:
Entre 2001 aos dias atuais:

ABTCP & Tappi & Grau Celsius & Eucalyptus Online & PinusLetter & Profissional Liberal Autônomo

Após minha saída da UFSM – Universidade Federal de Santa Maria, onde fui professor titular visitante por 2 anos (1999 e 2000), mas na qual infelizmente não conseguimos minha efetivação, dediquei-me a organizar minha empresa Grau Celsius, a atuar mais fortemente em consultorias e a ter forte presença na gestão colegiada de duas associações técnicas: ABTCP (Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel) e Tappi (Technical Association of the Pulp and Paper Industry). Foram anos bastante envolventes, com muitas viagens técnicas, visitas a fábricas e instituições de pesquisa, participação em eventos e prestação de serviços técnicos a empresas.

A partir de 2001, minhas colaborações em pesquisar sobre o branqueamento da celulose se reduziram, até pela indisponibilidade de laboratórios para me darem suporte em estudos laboratoriais. Mas não me afastei dessa tecnologia e nem de sua evolução. Continuei lendo muito, assistindo palestras em eventos e acompanhando as mudanças tecnológicas e as novas conquistas nesse segmento industrial e técnico. E também escrevendo artigos de opinião sobre o branqueamento, sobre a celulose branqueada e sobre o papel branco e sobre as modernas linhas de fibras, as quais incluem o setor de branqueamento das polpas celulósicas.

Acontece que a partir de 2001, as novas linhas de fibra que surgiam já estavam com diversas adequações em suas sequências de

branqueamento para oferecerem polpas branqueadas com altas e mais estáveis alvuras. Já se havia descoberto a presença e o papel dos ácidos hexenurônicos e como resolver seus efeitos nefastos. Também a geração de organoclorados persistentes para a problemática contaminação de efluentes e para residuais nas polpas comerciais já não eram mais problemas, pois novas tecnologias e conhecimentos haviam resolvido de forma satisfatória os problemas. Houvera uma aparente pacificação e sentimento de que as coisas ruins já tinham passado.

As novas linhas de fibras que passaram a entrar em operação no Brasil (Linha C da Aracruz em Aracruz, Linha Riocell 2000 em Guaíba, VCP em Jacareí, Veracel em Eunápolis, Linha 1 da Fibria em Três Lagoas) todas já estavam adequadas em manter atenção nas corretas operações dos setores de branqueamento e de seus sofisticados tratamentos de efluentes.

As diferenças em termos de sequências e de suas respectivas sopas de letrinhas eram mais uma questão de seleção do fornecedor da linha de branqueamento, com ligeiras adequações solicitadas pelas empresas compradoras dessas linhas de fibras. Incluíam-se assim, as preferências e escolhas desses compradores. Dentre as novas linhas de fibras surgindo, a surpresa foi a utilização do ozônio como estágio inicial na fábrica de Jacareí, com o objetivo declarado da empresa em ali produzir uma polpa branqueada de eucalipto com sequência "ECF *Super Light*".

Acompanhando meus clientes em otimizações tecnológicas e implantação de programas de ecoeficiência, eu fui estudando, orientando e me mantendo atualizado sobre as evoluções do branqueamento da celulose. E eventualmente, usando minhas escritas em minhas publicações e artigos em revistas nacionais e internacionais para colocar minhas opiniões e posicionamentos sobre essa área tecnológica.

Eucalyptus Online Book & Newsletter

PinusLetter

A partir de 2021, com o encerramento da minha empresa Grau Celsius em dezembro, eu passei a manter minhas escritas na forma de artigos de opinião para algumas revistas e a escrever meus "***Relatos de Vida***", ***aproveitando para colocar a minha história de vida dentro da história das evoluções tecnológicas do setor brasileiro de celulose e papel***. Também tenho me dedicado a algumas consultorias para empresas selecionadas em função de minhas competências e preferências. O que me permite viver e desfrutar da vida de forma tecnológica aprazível, como me

agradaria que passem a serem os meus anos seguintes de uma intensa vida dedicada às tecnologias setoriais.

Entendo que a partir do início do atual milênio, os epicentros das pesquisas tecnológicas setoriais passaram a acontecer em diversas universidades brasileiras onde os estudos se intensificaram para tecnologias de processos e produtos para fabricação de celulose e papel, bioenergia e biorrefinarias. Inúmeras dissertações de mestrado e teses de doutorado bem como milhares de artigos científicos começaram a pipocar nessa temática. As rotas têm sido de investigações científicas e tecnológicas nos principais centros de conhecimentos nacionais, lideradas no passado e/ou no presente por professores e pesquisadores qualificados e dedicados em temas de processos e produtos celulósico-papeleiros. Em muitos casos ainda, existem estudos e trabalhos muito bem elaborados sobre o branqueamento das polpas celulósicas.

A partir dos fundamentos e dos passos seguros dessa caminhada histórica e com os excelentes níveis de qualificação que temos hoje nas engenharias florestal, industrial madeireira e química no Brasil, não tenho dúvidas que muita coisa aconteceu, mas que ainda poderão acontecer muitas coisas mais.

A pesquisa tecnológica setorial deverá continuar a crescer em importância, mas acredito que com a consolidação de empresas, o aumento da competição e a redução em dimensão e importância de muitas entidades de classe, o compartilhamento e a troca de informações e conhecimentos serão definitivamente afetados.

Entretanto, nem tudo está perdido nesse aspecto de "knowledge sharing", pelo contrário, as redes sociais estão rapidamente ganhando espaço para as interações e trocas entre os técnicos, profissionais e empresas. Portais de relacionamento técnico e profissional (Linkedin), científico (ResearchGate) e de relacionamento entre pessoas (FaceBook, Twitter e Instagram) estão cada vez mais ocupando o espaço deixado pelos processos convencionais e acelerando as trocas de aprendizado entre as pessoas que trafegam nesses veículos. Existem definitivamente muitos grupos técnicos atuando com sucesso nessas redes sociais.

E vamos em frente, ainda há muito a ser feito, sendo a principal missão das novas gerações de técnicos e profissionais do setor a manutenção da posição competitiva que o nosso País conseguiu nesse espaço de tempo de não mais que 50 anos. Sou definitivamente uma pessoa afortunada, pois vivenciei e tomei parte em quase tudo que aconteceu e continua acontecendo em nosso setor de produção de celulose e papel ao longo dessas últimas décadas. Agora estão surgindo novos desafios com as biorrefinarias e a bioeconomia, mas isso não nos atemoriza e sim nos oferecem novas oportunidades, pois somos ou não somos líderes em produção de biomassa florestal em nossas florestas plantadas de rápido crescimento?

Celso, Ester e Alessandra Foelkel
Equipe de geração de publicações e transferência de conhecimentos

Fonte da Imagem: Revista O Papel

Algumas referências interessantes sobre nossa atuação profissional e tecnológica:

Celso Foelkel: Propagando conhecimento. *(Spreading knowledge).* Entrevista. Revista B.Forest 6(61): 09 – 24. (2019)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2019_B.Forest_61_Celso+Foelkel.pdf (em Português)

e

https://revistabforest.com.br/2019/11/b-forest-a-revista-eletronica-do-setor-florestal-edicao-61-ano-06-n-10-2019/ (em Português)

Difusión para el conocimiento industrial y forestal. Celso Foelkel, agrónomo silvicultor. Entrevista. N. Saéz Barra. Revista Celulosa y Papel 35(4): 14 - 18. (2019)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2019_Celulosa+y+Papel_Chile_Celso+Foelkel.pdf (Uma cortesia ATCP-Chile - em Espanhol)

Google do eucalipto e do pinus. T. Santi. Revista O Papel (Maio): 44 - 47. (2012)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/google%20do%20eucalipto%20e%20do%20pinus.pdf (em Português)

Dentre as diversas literaturas mais recentes e produzidas por autores nacionais e internacionais no Brasil e versando sobre o branqueamento da celulose a partir do ano 2001, eu coloco uma breve seleção de algumas que considerei relevantes para serem compartilhadas:

Artigo Técnico *Technical Article*

Branqueamento de polpa kraft de eucalipto: nível atual da técnica e novos desenvolvimentos

Eucalyptus Kraft Pulp Bleaching: State-Of-The-Art and New Developments

Autores/*authors*: J. L. Colodette[1], C.M Gomes[2], M. S. Rabelo[3], K.M.M Eiras[4], A.F. Gomes[5], K. D. Oliveira[6]

Palavras-chave: Eucalipto, polpa kraft, branqueamento ECF, carga e tratabilidade de efluentes, estabilidade da alvura.

RESUMO

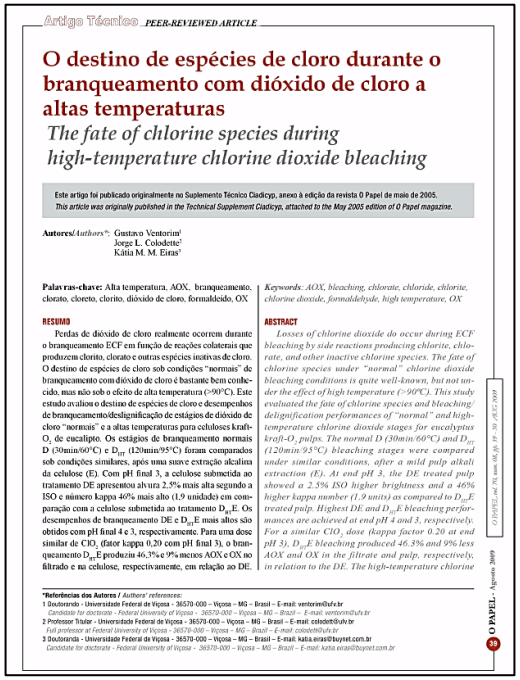
A demanda de produtos químicos, o rendimento, o consumo de água, a carga e a tratabilidade de efluentes, o teor de organoclorados (OX), a estabilidade da alvura, a refinabilidade e a resistência da celulose são fatores determinantes para a seleção da tecnologia de branqueamento. Este trabalho faz uma revisão crítica dos processos, correspondentes ao nível atual da técnica, de deslignificação por oxigênio e de branqueamento de primeiro estágio, segundo estágio e final de polpa kraft de eucalipto, à luz dos fatores determinantes supracitados. São discutidas tecnologias emergentes, tais como o branqueamento de estágio P_{ma} e com auxílio de formaldeído. A implementação da deslignificação por oxigênio de estágio único ou duplo é determinada pelo teor de lignina "genuína" da celulose. O elevado teor de HexA's da celulose de eucalipto e a baixa seletividade limitam a queda do número kappa abaixo de 9-10 nos estágios de O único ou duplo. A deslignificação por peróxido feito catalisado com Mo após o estágio de O permite uma redução adicional do número kappa para 3-4. Uma lavagem eficiente pós-oxigênio é a chave para um branqueamento a baixo custo, com um kg de DQO/t a.s. consumindo o equivalente a 0,085% de cloro ativo. Uma seqüência de três estágios do tipo D-(EP)-D é

Keywords: *Eucalyptus, kraft pulp, ECF bleaching, effluent load & treatability, brightness stability.*

ABSTRACT

Chemical demand, yield, water consumption, effluent load & treatability, pulp OX, brightness stability, refinability and strength are drivers for choosing bleaching technology. This work critically reviews the state-of-the-art processes for oxygen delignification, first stage, second stage and final bleaching of eucalyptus kraft pulp in the light of the aforementioned drivers. Emerging technologies such as the P_{ma} stage and formaldehyde assisted bleaching are discussed. Implementation of single or double-stage oxygen delignification is determined by the pulp "true" lignin content. High pulp HexA's content and poor selectivity limits dropping kappa number under 9-10 in single or double O-stage. Mo-catalyzed acid peroxide delignification after O-stage allows further reduction of kappa number to 3-4. Efficient post-oxygen washing is the key for low cost bleaching, with a kg of COD/odt consuming the equivalent to 0.085% active chlorine. A D-(EP)-D type three-stage sequence suffices for bleaching eucalyptus kraft pulps. The inclusion of a fourth stage is desirable for high brightness/low reversion pulps. Chemical consump-

Referências dos autores/*Authors' references*:
Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Avenida P.H. Rolfs, s/n, 36570-000, Viçosa, MG, Brasil
[1]colodette@ufv.br; [2]eduardogomes@ufv.br; [3]marabelo2003@yahoo.com.br; [4]eiras@suano.com.br; [5]agomes@ufv.br; [6]katiadiniz@yahoo.com.br



Artigo Técnico *PEER-REVIEWED ARTICLE*

O destino de espécies de cloro durante o branqueamento com dióxido de cloro a altas temperaturas

The fate of chlorine species during high-temperature chlorine dioxide bleaching

Este artigo foi publicado originalmente no Suplemento Técnico Cladicyp, anexo à edição da revista O Papel de maio de 2005.
This article was originally published in the Technical Supplement Cladicyp, attached to the May 2005 edition of O Papel magazine.

Autores/*Authors:** Gustavo Ventorim[1], Jorge L. Colodette[2], Káttia M. M. Eiras[3]

Palavras-chave: Alta temperatura, AOX, branqueamento, clorato, cloreto, clorito, dióxido de cloro, formaldeído, OX

RESUMO

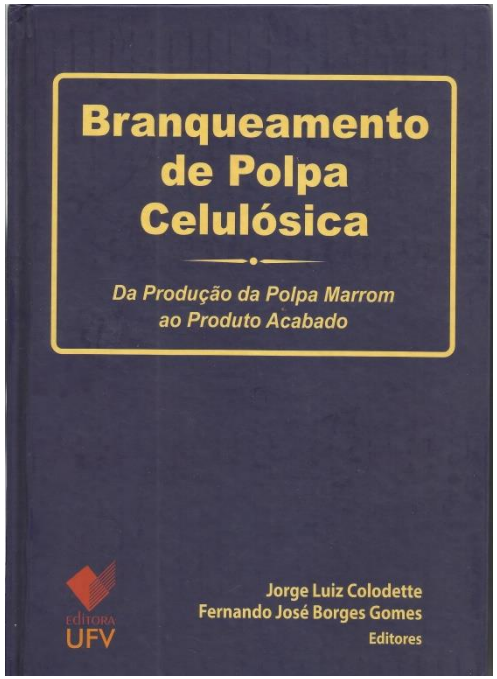
Perdas de dióxido de cloro realmente ocorrem durante o branqueamento ECF em função de reações colaterais que produzem clorito, clorato e outras espécies inativas de cloro. O destino de espécies de cloro sob condições "normais" de branqueamento com dióxido de cloro é bastante bem conhecido, mas não sob o efeito de alta temperatura (>90°C). Este estudo avaliou o destino de espécies de cloro e desempenhos de branqueamento/deslignificação de estágios de dióxido de cloro "normais" e a altas temperaturas para celuloses kraft-O_2 de eucalipto. Os estágios de branqueamento normais D (30min/60°C) e D_{HT} (120min/95°C) foram comparados sob condições similares, após uma suave extração alcalina da celulose (E). Com pH final 3, a celulose submetida ao tratamento DE apresentou alvura 2,5% mais alta segundo a ISO e número kappa 46% mais alto (1,9 unidades) em comparação com a celulose submetida ao tratamento $D_{HT}E$. Os desempenhos de branqueamento DE e $D_{HT}E$ mais altos são obtidos com pH final 4 e 3, respectivamente. Para uma dose similar de ClO_2 (fator kappa 0,20 com pH final 3), o branqueamento $D_{HT}E$ produziu 46,3% e 9% menos AOX e OX no filtrado e na celulose, respectivamente, em relação ao DE.

Keywords: *AOX, bleaching, chlorate, chloride, chlorite, chlorine dioxide, formaldehyde, high temperature, OX*

ABSTRACT

Losses of chlorine dioxide do occur during ECF bleaching by side reactions producing chlorite, chlorate, and other inactive chlorine species. The fate of chlorine species under "normal" chlorine dioxide bleaching conditions is quite well-known, but not under the effect of high temperature (>90°C). This study evaluated the fate of chlorine species and bleaching/delignification performances of "normal" and high-temperature chlorine dioxide stages for eucalyptus kraft-O_2 pulps. The normal D (30min/60°C) and D_{HT} (120min/95°C) bleaching stages were compared under similar conditions, after a mild pulp alkali extraction (E). At end pH 3, the DE treated pulp showed a 2.5% ISO higher brightness and a 46% higher kappa number (1.9 units) as compared to $D_{HT}E$ treated pulp. Highest DE and $D_{HT}E$ bleaching performances are achieved at end pH 4 and 3, respectively. For a similar ClO_2 dose (kappa factor 0.20 at end pH 3), $D_{HT}E$ bleaching produced 46.3% and 9% less AOX and OX in the filtrate and pulp, respectively, in relation to the DE. The high-temperature chlorine

***Referências dos Autores / *Authors' references*:**
1 Doutorando - Universidade Federal de Viçosa - 36570-000 – Viçosa – MG – Brasil – E-mail: ventorim@ufv.br
Candidate for doctorate - Federal University of Viçosa - 36570-000 – Viçosa – MG – Brazil – E-mail: ventorim@ufv.br
2 Professor Titular - Universidade Federal de Viçosa - 36570-000 – Viçosa – MG – Brasil – E-mail: colodette@ufv.br
Full professor at Federal University of Viçosa - 36570-000 – Viçosa – MG – Brazil – E-mail: colodette@ufv.br
3 Doutoranda - Universidade Federal de Viçosa - 36570-000 – Viçosa – MG – Brasil – E-mail: kattia.eiras@bsynet.com.br
Candidate for doctorate - Federal University of Viçosa - 36570-000 – Viçosa – MG – Brazil - E-mail: kattia.eiras@bsynet.com.br



Branqueamento de Polpa Celulósica

Da Produção da Polpa Marrom ao Produto Acabado

EDITORA UFV

Jorge Luiz Colodette
Fernando José Borges Gomes
Editores

O PAPEL, vol. 83, N.º 1, pp. 74 • 76 • JAN 2022

BLEACH PLANT MODERNIZATION OF CENIBRA'S LINE 01 IN BELO ORIENTE, MG, BRAZIL

Authors: Flavio M. Correia[1], Hericon L. Silva[1], J. Manoel L. Neto[1], Leandro T. Coelho[1], Andre Domingues[1], Fernando Heinze[2], Gustavo Meller[2]

[1] *CENIBRA - Celulose Nipo-Brasileira S.A.* *Brazil*
[2] *Valmet Celulose, Papel e Energia Ltda.* *Brazil*

ABSTRACT

CENIBRA Celulose Nipo-Brasileira S.A., is a Bleached Eucalyptus Kraft Pulp producer located in Belo Oriente, MG, Brazil, with an annual capacity of 1.2 million ADt and includes two fiber lines. In order to modernize its existing Fiberline 01, inaugurated in 1977, a new bleach plant was installed with Twinkoll Press *Evolution* (TRPE®). With a challenging construction layout and tight startup schedule, the new compact bleach plant started up simultaneously with Line 1's permanent shutdown. Nominal capacity was achieved in less than one week, resulting in minimum production losses. With an ECF sequence $D_{nap}EpD_1P$, the bleach plant provided a 10%-15% reduction in bleaching chemicals such as sodium hydroxide, chlorine dioxide and hydrogen peroxide, while sulfuric acid consumption dropped roughly 22%. Energy and steam had their consumptions reduced around 40% and 50%, respectively, while water consumption and effluent generation decreased 50%. As a result, the modernization project had an incredibly positive outcome, preserving product quality and continuous operation while improving operational and environmental results.

Keywords: *Eucalyptus Kraft Pulp, ECF Bleaching, Washing Machines.*

INTRODUCTION

CENIBRA (Celulose Nipo-Brasileira S.A.) has been producing bleached eucalyptus market pulp using two bleaching plants: Line 1, operating since the plant's startup in 1977, and Line 2, which has been operating since 1995. Each one was designed to use different washing systems, i.e., vacuum filter (Line 1) and atmospheric diffuser (Line 2). Maintenance costs, utilities and bleaching chemicals consumption increased over the years in Line 1, leading the company to study and approve a new bleaching plant investment (Line 3) in 2016.

Presenting a solution to rebuild the existing D_{hot} Stage and three totally new bleaching stages (Ep, D_1 and P), taking advantage of compact layout and low chemical and utilities consumption, Valmet won the contract and started construction in the first quarter of 2017.

Composed of four (4) stages, including fifth-generation press washer (Twin Roll Press Evolution, TRPE), reaction towers and all MC Pumps, among other equipment, Valmet's solution was held within the schedule with minor interference in Line 1, which operated in parallel until the startup of Line 3. A controlled transition did not impact the annual production rate.

This report presents the details of the bleaching plant and improvement status of utilities and chemicals consumption rate with Line 3's implementation, which started up in April 2018.

Cenibra Pulp Mill

CENIBRA is a bleached eucalyptus kraft pulp producer based in Belo Oriente, Minas Gerais, Brazil. The company started operating in 1977 and today produces roughly 1.2 million ADt/y, with more than 90% being sold externally as market pulp.

NEW BLEACHING PLANT LINE 3

In planning the new bleaching plant's installation compared to Line 1, CENIBRA aimed to reduce maintenance costs, consumption of utilities, bleaching chemicals, water, and steam, while also improve product quality. For such, before starting to build Line 3, CENIBRA thoroughly examined the latest trends in bleaching technology and machine technical characteristics in order to have a new bleaching process equipped with the latest technologies.

Construction work was undertaken by Valmet under an EPCC contract that started in October 2016 (engineering phase), and scheduled to start up 18 months later, in April 2018.

Corresponding author: André Domingues. Valmet Celulose, Papel e Energia LTDA – Araucária, PR, Brazil – 83.704-530. Phone: +55 41 99235-9541. E-mail: andre.domingues@valmet.com

Imagens: Folhas-rosto de materiais técnicos selecionados referentes ao período 2001 a 2023

Progress in Eucalyptus Kraft Pulp Bleaching

Jorge L. Colodette, Full Professor, Federal University of Viçosa, Viçosa, MG Brazil, colodett@ufv.br
Cláudia M. Gomes, M.S. Candidate, Federal University of Viçosa, Viçosa, MG Brazil, claudia@vicosa.ufv.br
Marcos Rabelo, Ph.D. Candidate, Federal University of Viçosa, Viçosa, MG Brazil, mrabelo@ufv.br
Kátia M.M. Eiras, Ph.D. Candidate, Federal University of Viçosa, Viçosa, MG Brazil, katia@ufv.br

Keywords: Eucalyptus, kraft pulp, hot chlorine dioxide bleaching, effluent load & treatability, brightness stability, organically bound chlorine, catalyzed peroxide bleaching.

ABSTRACT

Bleached eucalyptus kraft pulps are largely used for manufacturing tissue and print & writing (P&W) paper grades. High final brightness (92˚ % ISO) and brightness stability (<2% ISO) are rather significant for P&W for it affects optical brighteners demand. Bleaching chemical demand, bleaching yield, water consumption, effluent load & treatability, pulp OX, brightness stability, refinability and strength are drivers for choosing bleaching technology. This work critically reviews the state-of-the-art processes for oxygen delignification, first stage, second stage and final bleaching of eucalyptus kraft pulp in the light of the aforementioned drivers. The potential of new bleaching technologies such as the P_{Mo} stage and the use of formaldehyde in D-stages are also presented. Implementation of single or double-stage oxygen delignification is determined by the true pulp lignin content (discounted the HexA´s). The high pulp HexA´s content and poor oxygen stage selectivity limits dropping kappa number under 9-10 in single or double O-stage. Application of Mo-catalyzed acid peroxide delignification after O-stage allows further reduction of kappa number to 3-4. Efficient post-oxygen washing is the key for low cost bleaching, with a kg of COD/odt consuming the equivalent to 0.085% active chlorine. A D-(EP)-D type three stage sequences suffices for bleaching eucalyptus kraft pulps. The inclusion of a fourth stage is desirable for production of high brightness/ low reversion pulps. Bleaching chemical consumption is strongly influenced by brown pulp origin, with variations of 3.2 to 7.7% active Cl_2 demand depending upon the pulp type. The type of ECF Bleaching technology, based on chlorine dioxide, affects chemical consumption only slightly. Hot acid/hot chlorine dioxide bleaching technology saves small amounts of active chlorine for high bleachability pulps but none for low bleachability ones. Atmospheric extraction (EP) suffices for eucalyptus kraft pulp bleaching. Formaldehyde saves more chlorine dioxide when used in D_1 than in D_0/D_{HT} stages. A final peroxide stage significantly improves pulp brightness stability. The production or organically bound chlorine decreases by 30% with hot chlorine dioxide bleaching but this gain disappears after effluent biological treatment.

INTRODUCTION

Eucalyptus wood has become the most important source of bleached market pulp in the world. The demand for market pulp from eucalyptus reached 8 million tons in 2003 and this number is projected to reach 14 million tons in 2015 (1). This high demand is motivated by the fact that fibers derived from single species are currently the world's preferred market pulps. Unlike mixed species pulps, single species offer specific benefits and well-defined attributes. In this regard, eucalyptus pulp fibers produced from cloned plantations have emerged as the most desired fibers in the market.

Bleached eucalyptus kraft pulps are largely used to manufacture tissue and print & writing (P&W) paper grades. Particularly for P&W grades, final brightness and brightness stability are rather strict for it affects optical brighteners demand during paper manufacture. The pulp bleaching technology for tissue grades is quite well established, with a three stage sequence of the D-(EPO)-D type being sufficient (88-90% ISO

ADVANCES IN EUCALYPTUS PULP BLEACHING TECHNOLOGY

Olavi Pikka
Director, Technology
Andritz Oy
P.O. Box 500
FIN-48601 Kotka, Finland
olavi.pikka@andritz.com

Janne Vehmaa
R&D Manager
Andritz Oy
P.O. Box 500
FIN-48601 Kotka, Finland
janne.vehmaa@andritz.com

ABSTRACT

Pulping and bleaching of eucalyptus is subject to intensive research. The goal is to improve the pulp quality, decrease discharges and reduce capital investment. Today pulp of 92+ISO brightness can be produced at low chemical consumptions, less than 25 kg act Cl/adt. There are several options for bleaching sequence. Oxygen, ozone, peroxide and chlorine dioxide can be used in different ways. The removal of HexA has been adopted as an essential part of eucalyptus bleaching.

Pulp washing in bleaching has come to play an important role. When chemical consumptions are lowered, the carry-over amounts in each bleach stage must be maintained as low as possible. This feature is emphasized with reduced use of fresh water.

Today the capacity of a modern single-line mill exceeds 1 million tons of pulp annually, and the trend seems to be only growing. This means that there is a continuous need for the development of new machineries and solutions to meet this demand.

INTRODUCTION

The 1980's saw an intense increase in the use of eucalyptus as raw material for pulp. We then learned about the use of short-fibred pulp and its advantages in paper manufacturing and witnessed a dramatic increase in its demand. Today eucalyptus pulp is the most desirable raw material for fine paper. This is thanks to its good fiber properties and, above all, its uniform quality. Approximately 15 million tons of eucalyptus pulp is produced annually today, and this quantity is rapidly increasing. The increase in the pulp production capacity has been in the southern hemisphere. In this area the fast-wood plantations produce advantageous pulp raw material of uniform quality and in the vicinity of the production plants. The circulation speed of these fast-wood plantations is between six and eight years, and consequently the wood supply areas need not be large. Hence, to lower the investments costs, efforts are made to dimension the mills' production capacities as high as possible in single-line implementations. At this moment, the maximum size is 1-1.2 million t/a and the trend seems to be only growing. There is no seasonal variation in the wooden raw material as in the northern hemisphere and hence the maximum pulp production potential can be taken out of the mill equipment on a continuous basis.

The wooden raw material from the plantations is of uniform quality and this quality is continuously enhanced. Good care is taken of the plantations, which are under strict control. A new generation of trees has been developed, superior to previous generations. Numerous eucalyptus species have been developed for the use of pulp mills. Eucalyptus chips normally delignify uniformly and the pulp brightens easily. However, there are wood species that differ from each other in terms of pulping, brightness development and drainage properties. For this reason, the raw material used by the mills must always be considered in the selection of process technical concepts and in the dimensioning of the equipment.

BLEACHING PROCESS

Only a couple of decades ago pulp bleaching was mainly based on the use of chlorine and a minor amount of chlorine dioxide. The sequences normally included five or more bleaching stages. A little later brownstock oxygen delignification, the oxygen reinforced alkali stage, and peroxide as a bleaching agent were adopted in bleaching. Sequence chlorination was developed to solve the pulp quality problem caused by increasing process closure and elevated pulp temperature in chlorine bleaching. Kappa number before bleaching was between 14 and 18 and the total active chlorine consumption up to 60-70 kg/adt. Pulp brightness was typically between 88 and 90 ISO. Since then there has been a dramatic decrease in chemical consumptions (Fig.1).

Bleach line production capacities were limited to 1500 adt/d due to limited equipment capabilities. At the beginning of the 1980's, medium consistency technology was developed and in many respects this technology opened new opportunities in fiberline unit operations and development. Medium consistency pumping enabled an increase in the pumping volume and

TJ ONLINE EXCLUSIVE PEER-REVIEWED | PULPING

Eucalyptus kraft pulp bleaching: state-of-the-art and new developments

JORGE LUIZ COLODETTE, CLÁUDIA MÁRCIA GOMES, MARCOS SOUZA RABELO, KÁTIA MARIA MORAIS EIRAS, ADRIANA DE FÁTIMA GOMES, AND KÁTIA DIONÍSIO OLIVEIRA

ABSTRACT: Chemical demand, yield, water consumption, effluent load and treatability, pulp organic chlorine compounds (OX), brightness stability, refinability, and strength are drivers for choosing bleaching technology. This work critically reviews the state-of-the-art processes for oxygen delignification, first stage, second stage, and final bleaching of eucalyptus kraft pulp in light of those drivers. Emerging technologies, such as the P_{Mo} stage and formaldehyde assisted bleaching, are discussed. Implementation of single- or double-stage oxygen delignification is determined by the pulp "true" lignin content. High pulp HexAs content and poor selectivity limits dropping kappa number under 9-10 in single or double O-stage. Mo-catalyzed acid peroxide delignification after O-stage allows further reduction of kappa number to 3-4. Efficient post-oxygen washing is the key for low cost bleaching, with a kilogram of COD/o.d. ton consuming the equivalent to 0.085% active chlorine. A/D-(EP)-D type three-stage sequence suffices for bleaching eucalyptus kraft pulps. The inclusion of a fourth stage is desirable for high brightness/low reversion pulps. Chemical consumption is strongly influenced by brown pulp origin, with variations of 3.2% to 7.7% active Cl_2 demand, depending upon the pulp type. The type of elemental chlorine free (ECF) bleaching technology, based on chlorine dioxide, affects chemical consumption only slightly. Hot acid/hot chlorine dioxide bleaching technology saves small amounts of active chlorine for high bleachability pulps, but none for low bleachability ones. Atmospheric extraction (EP) suffices for eucalyptus kraft pulp bleaching. Formaldehyde saves more chlorine dioxide when used in D_1 than in D_0/D_{HT} stages. A final peroxide stage improves pulp brightness stability. The production of organically bound chlorine decreases by 30% with hot chlorine dioxide bleaching, but this gain disappears after effluent biological treatment.

Application: This paper will help pulp mill engineers better understand the phenomena involved in hardwood pulp bleaching, including process best practices and their effects on product quality and effluent load. It summarizes recent developments in hardwood pulp bleaching. This information will allow readers, particularly bleach plant operators, to better optimize their processes when dealing with hardwood fibers.

Eucalyptus wood has become the most important source of bleached market pulp in the world. The demand for market pulp from eucalyptus reached 8 million tons in 2003 and is projected to reach 14 million tons in 2015 [1]. Fibers derived from single species are currently the world's preferred market pulps. Unlike mixed species pulps, single species offer specific benefits and well-defined attributes. In this regard, eucalyptus pulp fibers produced from cloned plantations have emerged as the most desired fibers in the market.

Bleached eucalyptus kraft pulps are largely used to manufacture tissue and printing and writing (P&W) paper grades. Particularly for P&W grades, final brightness and brightness stability are rigorous parameters that affect optical brightener demand during paper manufacture. The pulp bleaching technology for tissue grades is quite well established, with a three-stage sequence of the D-(EPO)-D type being sufficient (88%-90% ISO brightness). For P&W grades, however, the best bleaching technology is still a matter of debate. Four-stage bleaching sequences of the D-(EPO)-D-D and D-(EPO)-D-P types are recommended to guarantee brightness of at least 92% ISO, with reversion lower than 2% ISO.

Bleaching chemical demand, bleaching yield, water consumption, effluent load and treatability, and pulp organic chlorine compounds (OX), brightness stability, refinability, and strength are drivers that decide bleaching technology. Issues such as first stage bleaching with D_0 vs. A_{HT}/D vs. D_{HT} vs. Z_{HC}/E vs. Z/D, fully pressurized (PO) vs. partially pressurized (EPO) vs. atmospheric (EP) second stage and final bleaching with D vs. D_0/D vs. DD vs. DP stages are not yet settled. In addition, emerging bleaching technologies such as the molybdenum (Mo) catalyzed acid peroxide delignification (P_{Mo} stage) and the use of formaldehyde in D-stages are currently a matter of discussion in regard to eucalyptus kraft pulp bleaching.

This paper addresses such issues using data collected at Federal University of Viçosa (Brazil) Pulp and Paper Laboratory and the pertinent literature. The main purpose of the work is to present a progress on eucalyptus kraft pulp bleaching through a critical review of the state-of-the-art and emerging technologies.

EXPERIMENTAL

Two brown pulp samples of about kappa 17 and various oxygen delignified eucalyptus kraft pulps (industrial and laboratory made) of kappa number in the range of 9-11 were used throughout this study. Single/double stage oxygen delignifica-

18A TAPPI JOURNAL | FEBRUARY 2008 | TJ ONLINE EXCLUSIVE

Imagens: Folhas-rosto de materiais técnicos selecionados referentes ao período 2001 a 2023

Progress in *Eucalyptus* kraft pulp bleaching. J.L. Colodette; C.M. Gomes; M. Rabelo; K.M.M. Eiras. 2nd ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 18 pp. (2005)
https://www.eucalyptus.com.br/icep02/jorge_colodette.pdf (em Inglês)

Branqueamento de polpa kraft e eucalipto: Nível atual da técnica e novos desenvolvimentos. J.L Colodette; C.M. Gomes; M.S. Rabelo; K.M. Eiras; A.F. Gomes; K.D. Oliveira. Revista O Papel (Setembro): 88 – 111. (2006)
https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2003.pdf (em Português)
e
http://www.revistaopapel.org.br/noticia-anexos/1311963480_0b950051406a149b0b2cad0c6778b8ff_567146782.pdf (em Português)

***Eucalyptus* kraft pulp bleaching: State-of-the-art and new developments.** J.L. Colodette; C.M. Gomes; M.S. Rabelo; K.M.M. Eiras; A.D.F. Gomes; K.D. Oliveira. Tappi Journal (February): 18A – 18M. (2008)
https://www.researchgate.net/publication/289710845_Eucalyptus_kraft_pulp_bleaching_State-of-the-art_and_new_developments (em Inglês)

Advances in *Eucalyptus* pulp bleaching technology. O. Pikka; J. Vehmaa. 3rd ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. (2007)
https://www.eucalyptus.com.br/icep03/80Pikka.text.pdf (Texto: 14 pp. - em Inglês).
e
https://www.eucalyptus.com.br/icep03/81Pikka.ppt.pdf (Apresentação: 58 slides – em Inglês)

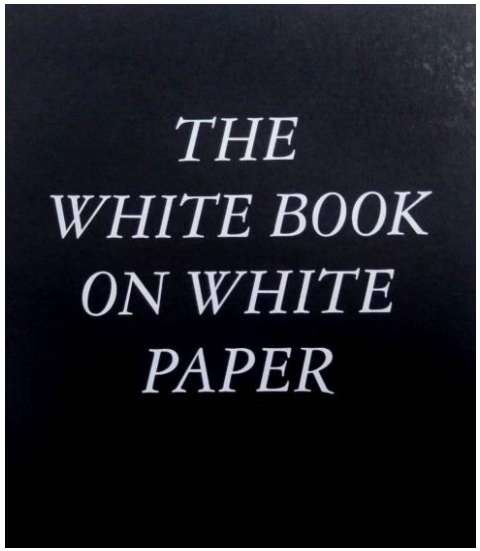
O destino de espécies de cloro durante o branqueamento com dióxido de cloro a altas temperaturas. *(The fate of chlorine species during high-temperature chlorine dioxide bleaching).* G. Ventorim; J.L. Colodette; KM.M. Eiras. Revista O Papel 70(08): 39 – 50. (2009)
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2009_Destinos+Cloro+Branqueamento.pdf (em Português)
e
http://revistaopapel.org.br/noticia-anexos/1251312643_b0532a67897cef4be29e85c8221139cb_1134896273.pdf (em Português)

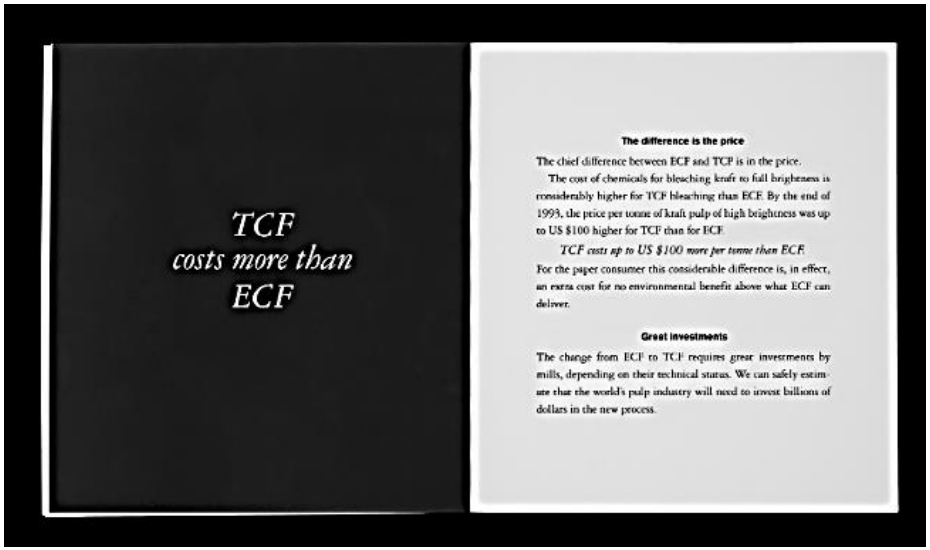
Livro: **Branqueamento de polpa celulósica. Da produção da polpa marrom ao produto acabado**. J.L. Colodette; F.J.B. Gomes (Editores). Livraria e Editora da UFV. 816 pp. (2015)
https://www.editoraufv.com.br/produto/branqueamento-de-polpa-celulosica/1112613 (Para aquisição - em Português)

Bleach plant modernization of Cenibras's line 01 in Belo Oriente, MG, Brasil. F.M. Correia; H.L. Silva; J. Manoel L. Neto; L.D. Coelho; A. Domingues; F. Heinze; G. Meller. Revista O Papel 83(01): 74 – 76. (2022)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2022_Cenibra+Bleaching+Modernization.pdf (em Inglês)

e
http://revistaopapel.org.br/noticia-anexos/1643307976_633b09e6625ea86c4c5c6bc25310972a_866099969.pdf (em Inglês)





Fonte da Imagem: *Eka Nobel*

https://www.henriknygrendesign.se/projects/eka-nobel/the-white-book-on-white-paper/ (em Inglês)

Seguem também as minhas próprias escritas (isoladamente ou em coautorias) a partir do início de 2001 até o presente momento, nas quais, de forma direta ou indireta, existem referências em que o branqueamento da celulose esteja citado ou envolvido nos textos.

Z-Span testing of *Eucalyptus* bleached pulps obtained from different bleaching sequences. W.F. Cowan; J. Cowan; C. Foelkel. 35º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 12 pp. (2002)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2002_Zero+Spam.pdf (em Inglês)

e

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/abtcp.%20para%20site%202002f.pdf (em Inglês)

Livro: **A história da indústria de celulose e papel no Brasil**. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Coordenação e colaboração geral redacional: Gastão Estevão Campanaro; Celso Foelkel. 158 pp. (2004)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2004_Historia+Industria+C&P_ABTCP.pdf (em Português)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2004_Historia+Industria+C&P_ABTCP_English.pdf (em Inglês)

Lavando e limpando as polpas de eucalipto. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 03. (2006)

https://eucalyptus.com.br/newspt_jan06.html#quatorze (em Português)

Washing and cleaning *Eucalyptus* pulps. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 03. (2006)

https://www.eucalyptus.com.br/newseng_jan06.html#quatorze (em Inglês)

Modern fiberlines in Latin America. C. Foelkel. Tappi *Eucalyptus* tutorial Seminar. 2006 Tappi EPE – Engineering, Pulping & Environmental Conference 2006. Apresentação em PowerPoint: 22 slides. (2006)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/Modern%20fiberlines%20in%20Latin%20America.pdf (em Inglês)

Environmentally friendly *Eucalyptus* pulp production in South America. C. Foelkel. Tappi *Eucalyptus* Tutorial. Apresentação em PowerPoint: 27 slides. (2006)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/TAPPI%20Eucalyptus%20Tutorial%20%20Environmental%20Performances.pdf (em Inglês)

Secuencias ECF y TCF de blanqueamiento de celulosa kraft de eucalipto. C. Foelkel. Celulosa y Papel 22(3): 24 - 25. (2006)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/2006_22.3_Blanqueo+ECF+TCF.pdf (em Espanhol)

Sequências ECF e TCF de branqueamento da celulose kraft de eucalipto. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 04. (2006)

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_may06.html#quatorze (em Português)

ECF and TCF bleaching sequences for *eucalyptus* kraft pulps. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 04. (2006)

https://www.eucalyptus.com.br/newseng_may06.html#quatorze (em Inglês)

Minerais e nutrientes das árvores dos eucaliptos: Aspectos ambientais, fisiológicos, silviculturais e industriais acerca dos elementos inorgânicos presentes nas árvores. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo nº 02. 133 pp. (2006)

https://www.eucalyptus.com.br/capitulos/capitulo_minerais.pdf (em Português)

Environmentally sound technologies and clean technologies. Best Available Technologies to the pulp & paper industrial segment. Bleached kraft process. C. Foelkel. Websites Grau Celsius. 04 pp. (2006)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2006_Environmentally+Sound+Technologies.pdf (em Inglês)

Branqueamento das celuloses kraft de eucaliptos. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 09. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_maio07.html#seis (em Português)

Bleaching of the *Eucalyptus* kraft pulps. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 07. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/newseng_may07.html#seis (em Inglês)

Modernas linhas de fibras de celulose kraft branqueada de eucaliptos. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 07. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_jan07.html#quatorze (em Português)

Modern bleached kraft *Eucalyptus* pulp fiberlines. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 07. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/newseng_jan07.html#quatorze (em Inglês)

As melhores tecnologias e práticas ambientalmente disponíveis para produção de polpa kraft branqueada de eucalipto. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 08. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_mar07.html#quatorze (em Português)

Best available technologies and best environmental practices to the production of *Eucalyptus* bleached kraft pulps. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 08. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/newseng_mar07.html#quatorze (em Inglês)

Melhores tecnologias disponíveis para fabricação de celulose de eucalipto. (Uma continuação sobre esse tema). C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 10. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_julho07.html#cinco (em Português)

Best available techniques to the manufacture of *Eucalyptus* pulp. (A continuation on this topic). C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 10. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/newseng_july07.html#cinco (em Inglês)

Evaluation of kraft pulp mill compliance with the BAT's - Environmentally sound technologies & clean technologies. (*Best Available Techniques to the pulp & paper industrial segment bleached kraft process*). C. Foelkel. Websites Grau Celsius. 35 pp. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/BATs+ESTs_Questionnaire.pdf (em Inglês)

A fabricação de celulose kraft branqueada de eucalipto e o consumo de água. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 09. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_maio07.html#quatorze (em Português)

The *Eucalyptus* bleached kraft pulp manufacturing and the water consumption. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 09. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/newseng_may07.html#quatorze (em Inglês)

Fechando os circuitos para se reduzir ainda mais o consumo de água na fabricação de celulose kraft branqueada de eucalipto. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 10. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_julho07.html#quatorze (em Português)

Closing water cycle for further reductions on water consumption in the manufacture of *Eucalyptus* bleached kraft pulp. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 10. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/newseng_july07.html#quatorze (em Inglês)

Tratando os efluentes hídricos das fábricas de celulose kraft branqueada de eucalipto. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 18. (2008)

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_dez08.html#quatorze (em Português)

Treating the wastewaters generated in the *Eucalyptus* bleached kraft pulp mills. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 18. (2008)

https://www.eucalyptus.com.br/newseng_dec08.html#quatorze (em Inglês)

Aspectos da evolução tecnológica da fabricação da celulose e do papel. C. Foelkel. Revista Ciência & Ambiente 40: 49-59. (2010)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/01_C&A_Evolucao%20celulose%20papel.pdf (em Português)

Celuloses de eucalipto para fabricação de papel e de derivados de celulose. De volta às origens. C. Foelkel. Website Grau Celsius. Apresentação em PowerPoint: 37 slides. (2010)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/Polpas%20papel%20e%20sol%FAvel.pdf (em Português)

Indicadores de desempenho e de produtividade para fábricas de celulose e papel de eucalipto. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 30. (2010)

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_out10.html#quatorze (em Português)

Indicadores de performance ambiental para fábricas de celulose kraft branqueada de eucalipto. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 29. (2010)

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_set10.html#quatorze (em Português)

Critical overview of water consumption in the pulp and paper industry. C. Foelkel. Workshop Kemira/VTT "Use and reuse of water in the industries". Apresentação em PowerPoint: 25 slides. (2011)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/Water%20in%20Pulp%20and%20Paper%20Industry.pdf (em Inglês)

Aspectos da evolução tecnológica dos processos de produção de celulose e papel. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 34. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_abril11.html#quatorze (em Português)

Os eucaliptos e os elementos não processuais na fabricação de celulose kraft. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 24. 122 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT24_ElementosNproces.pdf (em Português)

Sustainability and environmental issues in the kraft pulp industry. C. Foelkel. 5th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Apresentação em PowerPoint: 52 slides. (2011)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/Sustainability%20and%20Environmental%20Issues_ICEP%202011_Final2.pdf (em Inglês)

As futuras fábricas de celulose kraft branqueada – O que podemos esperar para elas? C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 39. (2012)

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_fev12.html#quatorze (em Português)

The future bleached kraft pulp mills - What can we expect for them? C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 39. (2012)

https://www.eucalyptus.com.br/newseng_feb12.html#quatorze (em Inglês)

Reflexões sobre os avanços tecnológicos do setor. C. Foelkel. Revista O Papel (Fevereiro): 05 – 06. (2012)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/OPapel_Reflexoes%20sobre%20avancos%20tecnologicos_CF.pdf (em Português)

Reflexões acerca da competitividade da indústria brasileira de celulose kraft branqueada de eucalipto. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 27. 171 pp. (2012)

https://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT27_CompetitividadeCelulose.pdf (em Português)

A sustentabilidade das florestas plantadas de eucalipto na rede de valor da celulose e papel no Brasil. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 30. 182 pp. (2012)

https://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT30_SustentabilidadeEucaliptos.pdf (em Português)

Aspectos práticos e conceituais sobre a fabricação de celulose de mercado do tipo kraft branqueada a partir de madeira de eucalipto. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 31. 370 pp. (2013)

https://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT31_ProcessoKraftEucalipto.pdf (em Português)

Aplicações da biotecnologia em processos industriais de fabricação de celulose de eucalipto. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 32. 146 pp. (2013)

https://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT32_Biotecnologia_Celulose.pdf (em Português)

Para onde caminha a indústria do papel. C. Foelkel. Info@Tecnicelpa - Folha Informativa Tecnicelpa 43: 14 – 15. Websites Grau Celsius. (2014)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2014_Tecnicelpa+43.pdf (em Português)

e

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Para_onde_caminha_a_industria_do_papel.pdf (em Português)

Meio século de avanços tecnológicos setoriais. C. Foelkel. Info@Tecnicelpa - Folha Informativa Tecnicelpa 45: 15 - 16. Websites Grau Celsius. (2015)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015_Tecnicelpa+45.pdf (em Português)

e

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/TECNICELPA_Meio_Seculo_de_Avancos_Tecnologicos.pdf (em Português)

Relatos de Vida: Projeto Bacell - 1993 /1995 - Fabricação de celulose solúvel branqueada de mercado. C. Foelkel. *In*: Eucalyptus Newsletter nº 47. 16 pp. (2015)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/News47_Relatos_Projeto_Bacell.pdf (em Português)

Relatos de Vida: International Non-Chlorine Bleaching Conferences. C. Foelkel. *In:* Eucalyptus Newsletter nº 49. 10 pp. (2015)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/News49_Non_Chlorine_Bleaching.pdf (em Português)

Livro: **A evolução tecnológica do setor de celulose e papel no Brasil.** E.S. Campos; C. Foelkel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 228 pp. (2017)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/2017_Livro_EvolucaoTecnologica_Celulose_Papel_Brasil.pdf (em Português)

Materiais de Evento: **Colóquios Internacionais sobre Celulose de Eucalipto - ICEP's - International *Colloquia* on *Eucalyptus* Pulp**. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 55. 72 pp. (2017)

https://www.eucalyptus.com.br/news/pt_ago17.pdf (em Português)

A construção da competência tecnológica eucalíptica para produção de celulose e papel. C. Foelkel. Info@Tecnicelpa - Folha Informativa Tecnicelpa 53: 14 – 16. Website Grau Celsius. (2017)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2017_Competencia+Tecnologica+Eucalipttica.pdf (em Português)

e

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/2017_TECNICELPA_Competencia_eucaliptica.pdf (em Português)

A madeira do eucalipto para produção de celulose: Entendendo a construção do indicador de consumo específico de madeira para produção de celulose kraft. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 46. 106 pp. (2017)

https://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT46_Consumo+Especifico+Madeira+Celulose.pdf (em Português)

Materiais sobre Associação Tecnológica: **RIADICYP & suas Publicações. RIADICYP - Red IberoAmericana de Docencia e Investigación en Celulosa, Papel y Productos Lignocelulósicos*. Parte I – Livros, oficinas, boletins, apresentações e artigos*.** C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 61. 79 pp. (2018)

https://www.eucalyptus.com.br/news/pt_jun18.pdf (em Português)

Materiais de Eventos: **International Symposium on Lignocellulosic Materials & Conferência IberoAmericana sobre Bioeconomia. Rede RIADICYP & Publicações. Red IberoAmericana de Docencia e Investigación en Celulosa, Papel y Productos Lignocelulósicos.** C. Foelkel. PinusLetter nº 54. 105 pp. (2018)

https://www.celso-foelkel.com.br/pinus/pinus_54.pdf (em Português)

Dilemas ao eucalipto para produção de celulose e papel: Perspectivas para o futuro. C. Foelkel. Info@Tecnicelpa - Folha Informativa Tecnicelpa 54: 22 - 24. Website Grau Celsius. (2018)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2018_Tecnicelpa+54.pdf (em Português)

e

https://celso-foelkel.com.br/artigos/Tecnicelpa_Futuro+do+Melhoramento+Eucalipto.pdf (em Português)

Os limites do branco do papel branco. C. Foelkel. Info@Tecnicelpa - Folha Informativa Tecnicelpa 55: 18 - 20. Website Grau Celsius. (2018)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2018_Tecnicelpa+55.pdf (em Português)

e

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Tecnicelpa_Limites_do_branco_do_papel_branco.pdf (em Português)

Indústria do futuro. O setor brasileiro de celulose e papel em sua rota competitiva de futuro tecnológico. C. Foelkel. *In:* Eucalyptus Newsletter nº 79. 30 pp. (2020)

https://www.eucalyptus.com.br/news/Coletanea_Industria+Futuro.pdf (em Português)

Materiais de Evento: **Simpósios Brasileiros sobre a Química das Ligninas e outros Componentes da Madeira.** (*Brazilian Symposium on the Chemistry of Lignins and other Wood Components*). C. Foelkel. PinusLetter nº 56. 122 pp. (2020)

https://www.celso-foelkel.com.br/pinus/pinus_56.pdf (em Português)

Projetando o "muito além" para a construção do futuro do setor de celulose e papel. Info@Tecnicelpa - Folha Informativa Tecnicelpa 66: 26 - 27. (2021)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2021_Tecnicelpa_Projetando+Muito+Alem.pdf (em Português)

06. Grandes autores, especialistas e estudiosos sobre o desenvolvimento científico e tecnológico dos processos de branqueamento da celulose kraft, com ênfase nas polpas de eucalipto

Fonte da Imagem adaptada acima:

https://umaine.edu/pdc/facilities-available-for-use/bleaching/

(The Process Development Center – University of Maine)

Essa seção tem a missão de lhes oferecer possibilidades para que conheçam grandes autores, estudiosos, técnicos e especialistas que tenham publicado ou que estejam estudando o branqueamento da celulose e áreas do conhecimento associadas à ciência e tecnologias do branqueamento. Daremos ênfase aos autores e especialistas com destaque em estudos sobre o segmento de produção de celulose e papel de eucalipto. Entretanto, teremos também muitas citações de autores que se dedicam a outros tipos de matérias-primas fibrosas. Para cada um dos autores relacionados, ofereceremos chances de navegação em suas publicações relevantes, valendo-se de buscadores especializados em publicações técnicas e científicas.

Para a maioria deles, será possível encontrar também alguns de seus estudos em artigos, livros ou palestras relacionados em seções do nosso presente Relato de Vida. Por isso, naveguem e busquem nesse presente documento, que muito provavelmente poderão encontrar trabalhos técnicos de muitos desses *experts* nas literaturas referenciadas.

É possível se perceber que é enorme a quantidade de estudiosos sobre os processos tecnológicos acerca do branqueamento da celulose. É fácil entender, por serem bastante amplas as possiblidades de estudos e descobertas de novos processos e também de otimização dos processos

atuais vigentes. Isso acabou por levar a que a maioria dos estudiosos e pesquisadores do setor de celulose e papel se concentrasse nesses temas de ampla popularidade em alguns momentos da evolução dessas tecnologias setoriais e possibilidades de novas patentes e de obtenção de recursos financeiros de potenciais interessados.

Enfim, estamos relacionando algumas dezenas de pesquisadores, autores e estudiosos sobre o branqueamento das celuloses, mas essa minha listagem é infinitamente menor do que se nós fossemos buscar e até mesmo ter capacidade de encontrar os milhares de nomes de pessoas que tenham se dedicado a esses campos de estudos.

De qualquer forma, mesmo sendo uma relação limitada contendo pouco mais de 250 autores, nossa listagem contém muitos dos principais autores, pesquisadores, ícones, gurus e estudiosos do branqueamento da celulose e muitos deles são brasileiros, o que demonstra a nossa importância nessa geração de conhecimentos tecnológicos.

Praticamente, todos os autores relacionados, cujos nomes estão em fonte vermelha, constituem-se em fontes de magníficas de publicações nos principais segmentos tecnológicos do branqueamento das polpas kraft de eucalipto. Já os nomes citados em fonte de cor preta, são também autores importantes, mas os buscadores de web não conseguiram localizar seus trabalhos publicados.

Conheçam então e naveguem nessa nossa seleção de autores que atuam em estudos sobre o branqueamento da celulose

Grandes autores navegados nos websites do Google Acadêmico e/ou Semantic Scholar e/ou ResearchGate e/ou Academia.edu e/ou Repositórios Acadêmicos

(mas que podem também serem pesquisados e encontrados em outros buscadores de autores científicos, tais como: Publons, ORCID, etc.)

E vamos a essa seleção de "Grandes Experts sobre o Branqueamento das Polpas Kraft", desde um passado de algumas décadas até o presente, através de suas realizações em termos de descobertas de novos conhecimentos científicos e tecnológicos

Atenção: Autores com os nomes escritos em fonte preta são aqueles que não possuem referências de publicações pelos buscadores em geral em função de serem trabalhos muito antigos

- **Aki Vilpponen**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22a+vilpponen%22+bleaching&btnG=

- **Alan Sulato de Andrade**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22as+andrade%22+branqueamento&btnG=

- **Alan W. Rudie**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22AW+Rudie%22+bleaching&btnG=

- **Alberto Daniel Venica**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22AD+Venica%22+bleaching&btnG=

- **Alberto Ferreira Lima**

https://www.eucalyptus.com.br/news/03_news47_Alberto_Lima_Biografia.pdf

- **Alexandre Bassa**

https://scholar.google.com/citations?user=SlIf_cgAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

- **Alexis Métais**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22a+metais%22+bleaching&btnG=

- **Alfredo Mokfienski**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22a+mokfienski%22+bleaching&btnG=

- **Ana Gabriela Monnerat de Carvalho (Bassa)**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22agmc+bassa%22+branqueamento&btnG=

- **Ana Márcia Macedo Ladeira Carvalho**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22amml+carvalho%22+branqueamento&btnG=

- **Ana Paula Almeida Ferraz**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22apa+ferraz%22+branqueamento&btnG=

- **Ana Paula Duarte**

https://scholar.google.com/citations?user=9pIYsZwAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

- **Ana Sabino Campos H. de Brito**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22ac+brito%22+branqueamento&btnG=

- **Andréia da Silva Magaton**

https://www.semanticscholar.org/author/A.-S.-Magaton/88613688

e

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22as+magaton%+branqueamento+hemicelulose&btnG=

- **Anita Teleman**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22a+teleman%22+bleaching&btnG=

- **Ann Honor Mounteer**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22ah+mounteer%22+branqueamento&btnG=

e

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22ah+mounteer%22+bleaching+pulp+&btnG=

- **Antanas Stonis**

Procurar nesse documento com o buscador do próprio arquivo pela expressão "A. Stonis"

- **Antônio Aprígio da Silva Curvelo**

https://scholar.google.com/citations?user=sbPhvk8AAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

- **Ants Teder**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22a.+teder%22+bleaching&btnG=

- **Armando Jorge Domingues Silvestre**

https://scholar.google.com/citations?user=F74KCWcAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22ajd%2Bsilvestre%22+bleaching+pulp+branqueamento&btnG=

- **Arthur J. Ragauskas**

https://www.semanticscholar.org/author/A.-Ragauskas/50787151

e

https://scholar.google.com.br/citations?user=FFZAU_kAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22aj+ragauskas%22+bleaching+pulp&btnG=

- **Ashok Kumar Ghosh**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22ak+ghosh%22%22+bleaching+kraft+pulp&btnG=

- **Ashok K. Jain**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22ak%2BJain%22+bleaching+pulp+ncasi&btnG=

- **Augusto Fernandes Milanez**

https://www.semanticscholar.org/author/A.-Milanez/152838073

e

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22af+milanez%22+pulp+bleaching+&btnG=

e

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22af+milanez%22+branqueamento+celulose&btnG=

- **Barbara van Lierop**

https://www.researchgate.net/scientific-contributions/B-van-Lierop-2126940969

e
https://www.google.com.br/search?q=%22bv+Lierop%22+bleaching+pulp

- **Beatriz Vera Pozzi Redko**

https://www.celso-foelkel.com.br/pinus_37.html#quatro

- **Bertil Strömberg**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22b+stromberg%22+bleaching+pulp+&btnG=

- **Birgit Backlund**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22b+backlund%22+bleaching&btnG=

- **Björn Dillner**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22b+dillner%22+bleaching&btnG=

- **Braz José Demuner**

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/EucalyptusNewsletter51_Braz_Demuner.pdf

- **Brian N. Brogdon**

https://scholar.google.com/citations?user=z8rS57oAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

- **Bruce Fleming**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22b+fleming%22+bleaching&btnG=

- **Carlos Alberto dos Santos**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22ca+santos%22+branqueamento&btnG=
e
https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22ca+santos%22+bleaching+pulp&btnG=

- **Carlos Augusto Soares do Amaral Santos**

Procurar nesse documento com o buscador do próprio arquivo pela expressão "C.A.S.A. Santos" , Infelizmente, a quantidade de nomes do Carlos acaba prejudicando a busca de suas publicações pelos websites científicos tradicionais

- **Carlos Pascoal Neto**

https://scholar.google.com.br/citations?hl=pt-BR&user=eXhFRBIAAAAJ
e
https://www.semanticscholar.org/author/C.-Pascoal-Neto/7611368

- **Carl W. Dence**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22cw+dence%22+bleaching+pulp&btnG=

- **Caroline Wilke**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22c+wilke%22+bleaching+pulp&btnG=

- **Celso Foelkel**

https://scholar.google.com/citations?hl=pt-BR&user=SYnAlVAAAAAJ
e
https://www.semanticscholar.org/author/C.-Foelkel/88115034
e
https://www.semanticscholar.org/author/C.E.B-Foelkel/92573086
e
https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22C+FOELKEL%22+branqueamento+bleaching&btnG=

- **César Leporini Filho**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22c+leporini+filho%22+bleaching+pulp&btnG=

- **Ceslavas Zvinakevicius**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22c+zvinakevicius%22+branqueamento+&btnG=

- **Charles E. Courchene**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22CE+Courchene%22+bleaching&btnG=

- **Christine Chirat**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22c+chirat%22+bleaching+pulp+&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/C.-Chirat/16031620

- **Cláudia Alcaraz Zini**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22ca+zini%22+bleaching&btnG=

- **Cláudia Marcela Méndez**

https://scholar.google.pt/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22cm+m%C3%A9ndez%22+bleaching&btnG=

- **Cláudia Márcia Gomes**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22cm+gomes%22+bleaching&btnG=

- **Cláudia Rodrigues Oliveira**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22CR+Oliveira%22+branqueamento&btnG=

- **Cláudio Mudadu Silva**

https://scholar.google.pt/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22cm+silva%22+bleaching+pulp&btnG=

- **Cleide de Castro Justino Guimarães**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22ccj+guimar%C3%A3es%22+branqueamento&btnG=

- **Cristiane Pedrazzi**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22c.+pedrazzi%22+bleaching+pulp&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/Cristiane-Pedrazzi/2069818138

- **Dalton Longue Júnior**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22d+longue+junior%22+bleaching+branqueamento&btnG=

- **Danforth G. Bodien**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22dg+bodien%22+bleaching+&btnG=

- **Daniel Moreira Saturnino**

https://scholar.google.com/citations?user=VYsubNIAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

- **Daniela Correia Martino**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22dc+martino%22+bleaching+branqueamento&btnG=

- **Danila Morais de Carvalho**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22dm+carvalho%22+bleaching+branqueamento&btnG=

- **Danyella Perissotto**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22d.+perissotto%22+branqueamento+&btnG=

- **Denilson Silva Perez**

https://scholar.google.com/citations?user=z5Z5ds0AAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://www.semanticscholar.org/author/D.-S.-Perez/12259312

- **Deusanilde de Jesus Silva**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22dj+silva%22+bleaching+branqueamento&btnG=

- **Diego Pierre de Almeida**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22dp+almeida%22+bleaching+branqueamento&btnG=

- **Dimitris Argyropoulos**

https://projects.cos.ncsu.edu/dsargyro/

e

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22d+argyropoulos%22+Bleaching+kraft&btnG=

- **Dmitry Victorovitch Evtuguin**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22d+evtuguin%22+Bleaching+kraft+branqueamento&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/D.-Evtuguin/5394434

- **Dominique Lachenal**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22d+lachenal%22+bleaching+pulp&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/D.-Lachenal/3242418

- **Dorila Piló-Veloso**

https://scholar.google.com/citations?user=MzY0ZVQAAAAJ&hl=pt-BR&oi=ao

e

https://www.semanticscholar.org/author/D.-Pil%C3%B3%E2%80%90Veloso/1398928419

- **Douglas C. Pryke**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22d+pryke%22+bleaching+dioxide&btnG=

- **Douglas W. Reeve**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22dw+reeve%22+bleaching+pulp&btnG=

- **Eduardo Guedes Filho**

https://www.google.com.br/search?q=%22eduardo+guedes+filho%22+oxig%C3%AAnio&sca_esv=

- **Edvins Ratnieks**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22e+ratnieks%22+bleaching+pulp&btnG=

e

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22e+ratnieks%22+branqueamento+celulose&btnG=

- **Elenice Pereira Maia**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22ep+maia%22+branqueamento+bleaching&btnG=

- **Elenice Rodrigues Pereira**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22er+pereira%22+branqueamento+-%C3%89R&oq=%22er+pereira%22+branqueamento+-%C3%89R

- **Eliane Lopes Silva**

https://scholar.google.com/citations?user=LVGCPnkAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

- **Elias Salvador**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22e+salvador%22+branqueamento&btnG=

- **Elisabet Brännvall**

https://scholar.google.com.br/citations?user=prcCZPwAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://www.semanticscholar.org/author/E.-Br%C3%A4nnvall/13376151

e

https://orcid.org/0000-0002-8992-3623

- **Emil Germer**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22e+germer%22+bleaching+pulp&btnG=

- **Ergílio Cláudio-da-Silva Jr.**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22e+claudio-da-silva+junior%22+&btnG=

- **Ericka Ferreira Alves Redmond**

https://scholar.google.com/citations?user=IJnqXqQAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

- **Erik Dahlquist**

https://scholar.google.com/citations?user=_FFtZfEAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://www.semanticscholar.org/author/E.-Dahlquist/49037296

- **Erika Nascimben Santos**

https://scholar.google.com/citations?user=AOtrtQcAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

- **Estefania Isaza Ferro**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22ei+ferro%22+bleaching&oq=

- **Eva Wackerberg**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22e+wackerberg%22+bleaching&btnG=

- **Ewellyn A. Capanema**

https://scholar.google.com/citations?user=_oBEbkAAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://www.semanticscholar.org/author/E.-Capanema/5842907

- **Fabrício José Silva**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0,5&q=%22fj+silva%22+bleaching+kraft

- **Fernando E. Felissia**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22fe+felissia%22++bleaching+blanqueo&btnG=

- **Fernando José Borges Gomes**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22fjb+gomes%22+bleaching+pulp+branqueamento&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/F.-Gomes/48918647

- **Flávio Marcelo Correia**

https://scholar.google.com.br/citations?user=xs5U7SAAAAAJ&hl=pt-BR&oi=ao

- **Francides Gomes da Silva Júnior**

https://scholar.google.com.br/citations?user=VBxNJqQAAAAJ&hl=pt-BR&oi=ao

e

https://repositorio.usp.br/result.php?search%5B%5D=francides+gomes+da+silva+j%C3%BAnior

- **Fred Munro**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22f+munro%22+bleaching&btnG=

- **Frederic Pouyet**

https://scholar.google.com/citations?user=GuDlsCUAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

- **Gabriel Valim Cardoso**

https://scholar.google.com.br/citations?user=YdJyWdkAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

- **Gabriela Lombardo Maranesi**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22gl+maranesi%22+bleaching+branqueamento&btnG=

- **George Papageorges**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22g+papageorges%22+bleaching&btnG=

- **Gilberto Araújo Paiva**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22ga+paiva%22+branqueamento+&btnG=

- **Gilson da Silva Cardoso**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22gs+cardoso%22+branqueamento+celulose&btnG=

- **Gopal C. Goyal**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22gopal+goyal%22++bleaching+kraft+pulp&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/G.-C.-Goyal/151010242

- **Goran Gellerstedt**

https://scholar.google.com.br/citations?user=6g7yujoAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://www.semanticscholar.org/author/G.-Gellerstedt/10005558

- **Graciela Inês Bolsón de Múniz**

https://scholar.google.com/citations?user=tBCYYhgAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

- **Gunnar Carré**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22g+carr%C3%A9%22+bleaching+pulp&btnG=

- **Gustavo Ventorim**

https://scholar.google.com/citations?user=5DLV6GoAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

- **Hans Ulrich Süss**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22hu+suss%22+bleaching+pulp&btnG=

- **Harry Akim**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22h+akim%22+bleaching+pulp&btnG=

- **Hasan Jameel**

https://scholar.google.com.br/citations?hl=pt-BR&user=V9vpI00AAAAJ

e

https://www.semanticscholar.org/author/H.-Jameel/2701666

- **Helena Pereira**

https://scholar.google.com.br/citations?user=uCfh9lEAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra
e
https://www.semanticscholar.org/author/H.-Pereira/144995717

- **Helena Wedin**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22h+wedin%22+bleaching+kraft+pulp&btnG=

- **Herbert Sixta**

https://scholar.google.com/citations?user=7JGBDowAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra
e
https://www.semanticscholar.org/author/H.-Sixta/6000988

- **Hou-Min Chang**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22hm+chang%22+biorefining+&btnG=
e
https://www.semanticscholar.org/author/Hou%E2%80%90min-Chang/13105768

- **Iara Fontes Demuner**

https://www.semanticscholar.org/author/I.-F.-Demuner/87948006
e
https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22if+demuner%22+biorrefinaria&btnG=

- **Iliane Rodrigues de Oliveira**

https://scholar.google.com/citations?user=iQRb2vYAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

- **Ingemar Croon**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22i+croon%22+bleaching&btnG=

- **Isabel Menezes de Bulhões Gomes**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22imb+gomes%22+branqueamento&btnG=

- **Isaiah Gellman**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22i+gellman%22+bleaching+dioxin&btnG=

- **Ivan Venson**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22i+venson+%22+bleaching&btnG=

- **Jan L. Yang**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22jl+yang%22+bleaching&btnG=

- **Janne Vehmaa**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22J+Vehmaa+%22+bleaching&btnG=

- **Jaqueline Silveira Comelato Fávaro**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22jsc+favaro%22+branqueamento&btnG=

- **Jean-Christophe Hostachy**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22jc+hostachy%22+bleaching&btnG=

- **Jeffery S. Hsieh**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22js+hsieh%22+bleaching+&btnG=

- **Jerome E. Andrew**

https://scholar.google.com/citations?user=3br1gBQAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

- **Jiri Basta**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22j+basta%22+bleaching+&btnG=

- **João Carlos Gil Muner**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22jcg+muner%22+branqueamento&btnG=

- **Johan Gullichsen**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22j+gullichsen%22+bleaching+&btnG=

- **Johanna Buchert**

https://scholar.google.com/citations?user=N590_zMAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

- **Jorge Luiz Colodette** (com inquestionável certeza, um dos autores que mais estudou e publicou globalmente com sua diversificada equipe de estudos e parcerias sobre as tecnologias e a ciência do branqueamento da celulose. Sua liderança e sua preferência por estudos sobre o branqueamento da celulose em muito colaborou para a liderança da UFV – Universidade Federal de Viçosa no desenvolvimento de pesquisas de tecnologias para esse segmento industrial de produção de celulose kraft)

https://www.semanticscholar.org/author/J.-Colodette/3653691

e

https://scholar.google.com/citations?hl=pt-BR&user=McRLfRwAAAAJ

- **José António Garcia-Hortal**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22ja+garcia+hortal%22+blanqueo&btnG=

- **José Barna**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22j+barna%22+pulp+bleaching&btnG=

- **José Carlos del Rio**

https://scholar.google.com/citations?user=SMsGoNYAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://www.semanticscholar.org/author/J.-C.-R%C3%ADo/90652680

- **José Cláudio Caraschi**

https://scholar.google.com/citations?user=7RtGvxIAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

- **José Francisco Colon Pastor**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22JF+Colom+Pastor+%22+blanqueo&btnG=

- **José Luiz Dutra Siqueira**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22JLD+Siqueira%22+branqueamento&btnG=

- **José Mangolini Neves**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22JM+Neves%22+branqueamento&btnG=

- **José Mariano Bonfatti**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22JM+Bonfatti%22+&btnG=

- **José Maurício Lino**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22JM+Lino%22+branqueamento+celulose&btnG=

- **José Mauro de Almeida**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22JM+Almeida%22+branqueamento+&btnG=

- **José Wilhelms Ventura**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0,5&q=%22JW+Ventura%22+bleaching

- **Josef S. Gratzl**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22Js+gratzl%22+bleaching&btnG=

- **José Lívio Gomide**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22jl+gomide%22+bleaching+branqueamento&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/J.-L.-Gomide/21564271

- **Juan Carlos Villar**

https://scholar.google.com/citations?user=eqr_4acAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra
e
https://www.semanticscholar.org/author/J.-C.-Villar/40197572

- **Juha Fiskari**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22j+fiskari%22+biorefining+&btnG=
e
https://www.semanticscholar.org/author/J.-Fiskari/92578685

- **Juliana Marangon Jardim**

https://scholar.google.com.br/citations?user=VOS11_kAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

- **Jurgen D. Kramer**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22jd+kramer%22+bleaching&btnG=

- **Kari Kovasin**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22k+kovasin%22+bleaching+pulp+&btnG=
e
https://www.researchgate.net/scientific-contributions/Kari-Kovasin-2094883821

- **Karl E. Lorber**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22ke+lorber%22+bleaching+pulp+&btnG=

- **Karl-Erik L. Eriksson**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22kel+eriksson%22+bleaching+pulp+&btnG=

- **Kátia Maria Morais Eiras**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22kmm+eiras%22+bleaching+branqueamento&btnG=

- **Keyla Gleysys Salomão**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22kg+salom%C3%A3o%22+branqueabilidade&btnG=

- **Kyosti Ruuttunen**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22k+ruuttunen%22+bleaching&btnG=

- **Krister Sjöblom**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22k.+sjoblom%22+bleaching+pulp+&btnG=

- **Larissa Aparecida Ribas Batalha**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22lar+batalha%22+branqueamento+bleaching&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/L.-A.-R.-Batalha/11729845

- **Leandro Coelho Dalvi**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22lc+dalvi%22+branqueamento&btnG=

- **Leelo Olm**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22l.+olm%22+bleaching+pulp+&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/L.-Olm/90131923

- **Leonardo de Almeida Batista**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22la+batista%22+branqueamento+celulose&btnG=

- **Leonardo Mendonça Pimenta**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22lm+pimenta%22+branqueamento+bleaching&btnG=

- **Leonardo Rodrigo Pimenta**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22lr+pimenta%22+branqueamento+bleaching&btnG=

- **Leonardo Souza de Caux**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22ls+caux%22+branqueamento+bleaching&btnG=

- **Lewis D. Shackford**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22l+shackford%22+bleaching&btnG=

- **Liisa Viikari**

https://scholar.google.com/citations?user=Cn1L924AAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

- **Lucas Recla Lombardi**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22lr+lombardi%22+branqueamento+celulose&btnG=

- **Lucian A. Lucia**

https://scholar.google.com/citations?user=p6hikTUAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://www.semanticscholar.org/author/L.-Lucia/7495953

- **Luciana Cerqueira Souza**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22LC+Souza%22+bleaching&btnG=

- **Luis Soria**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22l+soria%22+blanqueo+pulpa&btnG=

- **Luiz Ernesto George Barrichelo**

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_jan08.html#sete

- **Luiz Leonardo da Silva Filho**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22ll+silva+filho+%22+bleaching&btnG=

- **Luiz Pereira Ramos**

https://scholar.google.com/citations?user=ekDy8foAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

- **Magnos Alan Vívian**

https://scholar.google.com.br/citations?hl=pt-BR&user=W4mH3j8AAAAJ

- **Marc Hoyos**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22m+hoyos+%22+bleaching&btnG=

- **Marcela Freitas Andrade**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22mf+andrade%22+branqueamento+bleaching+-dental&btnG=

- **Marcelo Coelho dos Santos Muguet Soares**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22mcs+muguet%22+Bleaching+kraft&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/M.-Muguet/92570594

- **Marcelo Moreira da Costa**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22mm+costa%22+bleaching+kraft&btnG=

e

https://www.researchgate.net/scientific-contributions/Marcelo-Moreira-da-Costa-2195820968

- **Marcelo Moreira Leite**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22mm+leite%22+bleaching+pulp&btnG=

- **Marcelo Rodrigues da Silva**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22mr+silva%22+branqueamento+&btnG=

- **Marco Antônio Lopes Peixoto**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22mal+peixoto%22+kraft&btnG=

- **Marcos Souza Rabelo**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22ms+rabelo%22+kraft&btnG=

- **Maria Angels Pèlach Serra**

https://scholar.google.com/citations?user=xAulqFoAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

- **Maria Blanca Roncero Vivero**

https://scholar.google.com/citations?user=I4eF1D4AAAAJ

- **Maria Cristina Area**

https://scholar.google.com.br/citations?user=rEJId5gAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sraG=
e
https://www.semanticscholar.org/author/M.-C.-Area/15010407

- **Maria da Graça Videira de Sousa Carvalho**

https://scholar.google.com/citations?user=VxOCIM8AAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra
e
https://www.semanticscholar.org/author/M.-G.-Carvalho/32876515

- **Maria José de Oliveira Fonseca**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22mjo+fonseca%22+branqueamento&btnG=

- **Maria Luiza Otero D'Almeida Lamardo**

https://scholar.google.com/citations?user=9htpowoAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

- **Maria Teresa Borges Pimenta**

https://scholar.google.com/citations?user=jzWExT0AAAAJ&hl=pt-BR&oi=ao

- **Martin A. Hubbe**

https://www.semanticscholar.org/author/M.-Hubbe/4468386

e

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22Ma+hubbe%22+&btnG=

- **Martin MacLeod**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22m+macleod%22+bleaching+kraft+pulp&btnG=

- **Martin Ragnar**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22m+ragnar%22+bleaching+kraft+pulp&btnG=

- **Mats-Olof Hedblom**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22mo+hedblom%22+bleaching+pulp&btnG=

- **Mauro Manfredi**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22m+manfredi%22+branqueamento&btnG=

- **Michael Paleologou**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22M.+Paleologou%22+biorefining&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/M.-Paleologou/48556610

- **Miguel Ángel Osses Montecinos**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22mao+montecinos%22+blanqueo&btnG=

- **Miguel Ángel Zanuttini**

https://scholar.google.com/citations?user=MegBmc0AAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

- **Mikael E. Lindström**

https://scholar.google.com.br/citations?user=jwT36wIAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra
e
https://www.semanticscholar.org/author/M.-Lindstr%C3%B6m/91092222

- **Mirtha G. Maximino**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22mg+maximino%22+bleaching&btnG=

- **Monica Ek**

https://scholar.google.com/citations?user=fZC7TZYAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

- **Neil McCubbin**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22n+mccubbin%22+bleaching&btnG=

- **Nelson Eduardo Durán Caballero**

https://scholar.google.com/citations?user=254iajwAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

- **Nils Hartler**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22n+hartler%22+pulp+bleaching&btnG

- **Norman Liebbergott**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22n+liebergott%22+pulp+bleaching&btnG=

- **Olavi Pikka**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22o+pikka+%22+bleaching&btnG=

- **Olena Sevastyanova**

https://scholar.google.com.br/citations?user=49eYJZAAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra
e
https://www.semanticscholar.org/author/O.-Sevastyanova/13667675

- **Orlando J. Rojas**

https://www.semanticscholar.org/author/O.-Rojas/1837589
e
https://scholar.google.com/citations?user=10Tfs5cAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

- **Otávio Mambrim Filho**

https://scholar.google.com.br/citations?user=XvM6nn4AAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra
e
https://www.semanticscholar.org/author/O.-M.-Filho/90219392

- **Panu O. Tikka**

https://www.semanticscholar.org/author/Docent-Panu-Tikka/113252332
e
https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22p+tikka%22+bleaching+kraft+pulp+&btnG=

- **Paul F. Earl**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22pf+earl%22+pulp+bleaching&btnG=

- **Paulo Sérgio Gaia Maciel**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22psg+maciel%22+kraft+&btnG=

- **Peder Waern Brugge**

Infeizmente, apesar da excelência desse autor, não consegui encontrar referências nos buscadores sobre ele, mas guardo muito bem na memória suas magniíficas palestras em eventos da ABTCP

- **Pedro Emanuel Garcia Loureiro**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0,5&q=%22peg+loureiro%22+branqueamento

- **Pedro Fardim**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22p+fardim%22+biorefining&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/P.-Fardim/3244660

- **Pere Mutjé Pujol**

https://scholar.google.com/citations?user=eEW-ffUAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://www.semanticscholar.org/author/P.-M.-Pujol/2070785678

- **Pérsio Giordano Caldas**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22pg+caldas%22+branqueamento&btnG=

- **Peter Axegärd**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22p+axegard%22+biorefining&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/P.-Axeg%C3%A5rd/92499149

- **Peter J. Nelson**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22pj+nelson%22+bleaching+&btnG=

- **Peter Tibbling**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22p+tibbling%22+bleaching+&btnG=

- **Peter W. Hart**

https://scholar.google.com.br/citations?user=q8ZDtEEAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://www.semanticscholar.org/author/P.-Hart/47627693

- **Pia Jour**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22p+jour%22+bleaching+&btnG=

- **Pratima Bajpai**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22pratima+bajpai%22+biorefining&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/P.-Bajpai/143608147

- **Régis Teixeira Mendonça**

https://scholar.google.com/citations?user=X2LuiCUAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

- **Ricardo Balleirini Santos**

https://scholar.google.com/citations?user=gugmDnAAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

- **Richard Berry**

" https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22r+berry%22+bleaching+kraft&btnG=

- **Richard Kerekes**

https://scholar.google.com/citations?user=FRcpyMoAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://www.semanticscholar.org/author/R.-Kerekes/92199779

- **Richard Phillips**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22r+phillips%22+bleaching+kraft&btnG=

- **Roberto Melo Sanhueza**

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_jan09.html#dois

- **Robisnéia Adriana Ribeiro**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22RA+Ribeiro%22+bleaching&btnG=

- **Rod C. Secombe**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22rc+secombe%22&btnG=

- **Romeu Antônio Zanchin**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22ra+zanchin%22&btnG=

- **Rubens Chaves de Oliveira**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22RC+oliveira%22+bleaching+Branqueamento&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/Rubens-Chaves-de-Oliveira/2109598774

- **Rudine Antes**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22r+antes%22+bleaching&btnG=

- **Rudra P. Singh**

https://www.google.com.br/search?q=%22Rudra+P.+Singh%22+bleaching+pulp&sca_esv=562224050&biw=&bshm=rimc/1

e

https://www.google.com.br/search?sca_esv=562224050&q=%22Rudra+P.+Singh%22+bleaching+pulp&tbm=

- **Sari Asikainen**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22s+asikainen%22+bleaching&btnG=

- **Sílvia Bugajer**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22s+bugajer%22+kraft&btnG=

- **Song Won Park**

https://scholar.google.com/citations?user=QK-QoMcAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

- **Steve Andtbacka**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22s+andtbacka%22+kamyr&btnG=

- **Steve Moldenius**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22s+moldenius%22+bleaching&btnG=

- **Tapani Vuorinen**

https://scholar.google.com.br/citations?user=2Fhv_I4AAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://www.semanticscholar.org/author/T.-Vuorinen/4920564

- **Tarja Tamminen**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22t+tamminen%22+bleaching&btnG=

- **Tatiana Hurley Furley**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22th+furley%22+bleaching&btnG=

- **Teresa Vidal Llociá**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22tv+llucia%22+blanqueo&btnG=

- **Thomas Dietz**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22t+dietz%22+bleaching&btnG=

- **Thomas Joseph McDonough**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22TJ+McDonough%22+bleaching&btnG=

- **Tiago de Assis**

https://scholar.google.com/citations?user=jqJbCD0AAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

- **Tiago Edson Simkunas Segura**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22tes+segura%22+bleaching+branqueamento&btnG=

- **Ulf Germgard**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22u+germgard%22+bleaching+&btnG=

- **Umberto Klock**

https://scholar.google.com/citations?user=NCnGyt0AAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

- **Ursulla Fillat Latorre**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22uf+latorre%22+blanqueo&btnG=

- **Vail Manfredi**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22v+manfredi%22+bleaching&btnG=

- **Valéria Juste Gomes**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22vj+gomes%22+bleaching&btnG=

- **Vanessa Lopes Silva**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22vl+silva%22+bleaching&btnG=

- **Vera Maria Sacon**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22vm+sacon%22+bleaching&btnG=

- **Vincent L. Magnotta**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22v+magnotta%22+bleaching&btnG=

- **V.R. (Perry) Parthasarathy**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22V.R.+Parthasarathy%22++bleaching&btnG=

- **Yoni Armando Minchola Robles**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22YAM+Robles%22+bleaching&btnG=

e

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22YAM+Robles%22+branqueamento&btnG=

- **Wendel Pianca Demuner**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22wp+demuner%22+bleaching&btnG=

- **William Howard Rapson**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22WR+Rapson%22+bleaching&btnG=

e

https://www.thecanadianencyclopedia.ca/en/article/william-howard-rapson

- **Zhen Zhou**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22z+zhou%22+bleaching+cellulose+pulp&btnG=

Além dos renomados autores, recém-relacionados acima nessa seção, é importante lembrar que existem muitos outros técnicos, pesquisadores, especialistas e estudiosos brasileiros ou não, que foram ou têm sido bastante importantes no presente e no passado para o desenvolvimento de conhecimentos para a evolução das tecnologias e dos conhecimentos científicos sobre o branqueamento da celulose. Alguns deles terão referências de literaturas citadas em seções desse meu documento,

enquanto outros, mesmo não tendo publicações aqui relacionadas, apresentam seus nomes associados por suas importantes participações no desenvolvimento dessas tecnologias, principalmente no Brasil.

Nossos agradecimentos e sinceros cumprimentos a todos eles, alguns dos quais nominados ao longo desse relato pelo meu conhecimento mais direto sobre suas atuações profissionais, enquanto muitos nomes foram incidentalmente esquecidos por minha memória e pelo fato que meu conhecimento não ser totalmente pleno sobre todos os envolvidos na produção técnica em nosso setor. Alguns inclusive infelizmente já nos deixaram.

Por essa razão, eu lhes trago uma listagem mais singela, logo a seguir, com nomes de profissionais, que também têm colaborado e deixado um legado em suas carreiras para o crescimento das tecnologias relacionadas ao branqueamento das polpas celulósicas. Mas sem serem encontrados mais diretamente pelos websites buscadores de publicações científicas e tecnológicas sobre celulose e papel

Portanto, meu reconhecimento, melhor dizendo, nosso reconhecimento, aos talentos dos seguintes profissionais que atuam ou atuaram nesse setor de estudos:

Alberto Resende

André Ferraz

Benjamin A. Thorp

César Roberto de Miranda

Doug Lazar

Heizir F. de Castro

John Rogers

Jorge Don

Mário Hitoshi Ito

Matthieu Tubino

Rafael dos Santos

Renata Maggion Danilas

Sérgio Carreño Moscoso

Silvana Nigoski

Ted M. Poulin

Vinicius Bassan Sierra

William J. Miller

A todos os amigos relacionados, a maioria dos quais eu tive ou ainda tenho o prazer de conhecê-los pessoalmente e a muitos outros, incidentalmente esquecidos pelas dificuldades de memorizar tantos nomes ao longo dos tempos, um especial MUITO OBRIGADO pelos excelentes diálogos tecnológicos e busca da melhoria contínua nos produtos e processos relacionados ao branqueamento das polpas celulósicas, em particular das fibras celulósicas dos eucaliptos.

Vocês todos foram muito importantes – OBRIGADO MESMO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

Departamento de Engenharia Florestal

Laboratório de Celulose e Papel

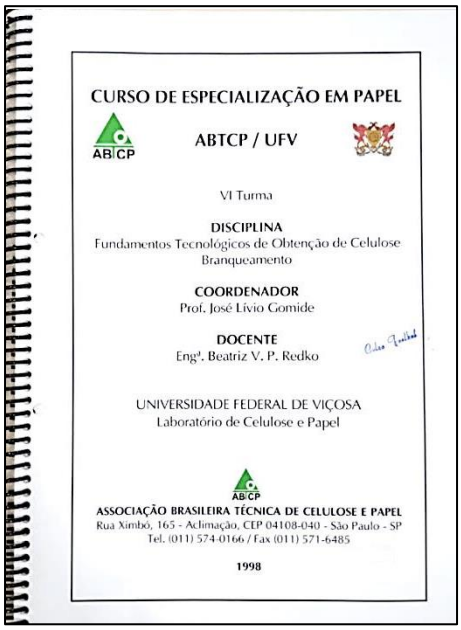
TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE CELULOSE KRAFT BRANQUEADA E SEU IMPACTO AMBIENTAL

FUNDAMENTOS E TENDÊNCIAS

Coordenador: Prof. Jorge Luiz Colodette (UFV)

Instrutores:
Jorge Luiz Colodette (UFV)
José Lívio Gomide (UFV)
Cláudio Mudado Silva (UFV)
Edvins Ratnieks (Klabin Riocell)

Porto Alegre, RS
08-11 Outubro 2.001



CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM PAPEL

ABTCP / UFV

VI Turma

DISCIPLINA
Fundamentos Tecnológicos de Obtenção de Celulose
Branqueamento

COORDENADOR
Prof. José Lívio Gomide

DOCENTE
Engª. Beatriz V. P. Redko

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
Laboratório de Celulose e Papel

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL
Rua Ximbó, 165 - Aclimação, CEP 04108-040 - São Paulo - SP
Tel. (011) 574-0166 / Fax (011) 571-6485

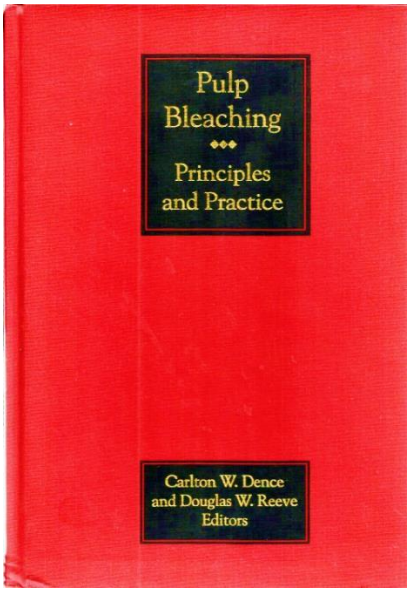
1998

Revista "O Papel" – maio 85, pág. 49/56

A utilização do oxigênio na extração alcalina

Autor: Eduardo Guedes Filho – *Engenheiro Aplicações e Processos - AGA S.A.*

Trabalho apresentado durante o 17º Congresso Anual de Celulose e Papel. O autor descreve observações práticas da técnica de utilização de oxigênio no primeiro estágio de extração alcalina, bem como testes realizados em laboratório com amostras de polpa de eucalipto.



2001
HOWARD RAPSON AWARD

Acid stage improves production in eucalyptus fibre line

The technology has given the Brazilian mill numerous advantages

By E. Ratnieks, J.W. Ventura, M.R. Mensch and R.A. Zanchin

The present paper describes the development of an acid stage in the fibre line at the Klabin Riocell mill in Guaíba, Brazil. The technology described is an innovative concept [1], which was applied nationwide for the first time in the world to eucalyptus pulp [2].

Before the reactor at Klabin Riocell was installed, other three Finish mills of UPM-Kymmene had reported in use, namely at the Pietarsaari, Kaukas and Kymmenlaakso mills [3]. The technology is based on hydrolysis of the fiber chemical structures under selective conditions. The predominant structure seems to be the fraction of hexuronic acids present within the macromolecules of hemicelluloses. Recent reviews of the chemistry of this technology can be found in the literature [4, 5, 6].

THE MILL

The Klabin Riocell mill, which belongs to the Klabin Group, produces 500 000 air-dried tonnes/year (adt/y) of eucalyptus pulp, mostly in bales of bleached pulp for the market. Due to the limitation of the bleach plant, part of the unoxygen-delignified pulp (semi-bleached) is diverted and baled in an auxiliary drying line.

The 500 000-adt/y fiber line is based on a Kamyr continuous digester that unloads the pulp in a series of three washers, one atmospheric diffuser and two vacuum drums. The pulp is then fed to a pressurized oxygen delignification reactor and again washed in a series of two compression baffle washers. The washed pulp can be sent directly to bleaching, or can be partially diverted for auxiliary "Flash Drier"-type drying. In the last few years about 255 000 adt/y were bleached, and about 45 000 adt were dried and sold as unbleached pulp. One of the objectives of the acid stage installation was to increase the production of bleached pulp at the expense of reducing the production of unbleached pulp.

Before installing the acid stage, the bleaching sequence was DcEDED0W for standard pulp production (70% substitution of ClO_2 at the Dc stage) and DEDEDW for ECF production. The acid stage was installed in one available oxygen-delignified pulp storage tower. The ECF sequence, for example, presently operates as (AD)EDEDW. Another twin tower receives oxygen-delignified pulp without acid treatment, which is stored and sent to the unbleached pulp drying.

MILL APPLICATION: OBJECTIVES

The economic factors behind the investment in the acid stage were:

- Increase bleached pulp production;
- Opportunity to increase the digester kappa number.
- Improve the acid washing of calcium salts.

CONSTRUCTION: ACID STAGE

The acid stage was constructed using the equipment shown in Fig.1. It feeds one of two 1000-m³ towers used for storage of delignified pulp made of concrete lined with anti-acid resin. Each tower has a height-to-width ratio of approximately 3:1. No channelling problems were expected [7]. Pulp is stored at approximately 10.5% consistency. The tower structure is able to operate up to 95°C. The tower operates between 70-90% of total capacity, with retention times of 300 to 150 min.

Due to the intensive use of chlorine dioxide bleaching, no intermediary washing was used. The hot acid pulp flows directly to the first chlorine dioxide bleaching stage, after the acid reaction. The conjugated stages (AD) are fully compatible and synergetic.

A very dynamic steam mixer installed at the input line of the acid reactor adjusts the acid stage temperature. The operation of the steam mixer is highly stable and the inlet target temperature is 90°C.

Occasionally, the system is operated up to a maximum of 95°C. Due to heat loss, the presumed output temperature is 85°C. The pH is adjusted by direct injection of 98% sulphuric acid in the body of the medium-consistency pump. Such an arrangement was evaluated and recommended by the pump and steam mixer manufacturer. This system of mixing acid and steam began continuous operation in September 1998. To implement the modifications described above took an investment of approximately US$ 300 000.

EXPERIMENTAL SUPPORT

The mill has been studying lignin hydrolysis and leaching systems in pulp since 1992. Between 1992 and 1996, our research group reported on alkaline and acid leaching mechanisms in papers published in Brazil [8] and abroad [9,10]. Ivorra's priviledge for this phenomenon [2] was re-opened both in Brazil and in the United States in 1995. In 1995 the Finnish patent on hexuronic acids was made public [11], thereby allowing

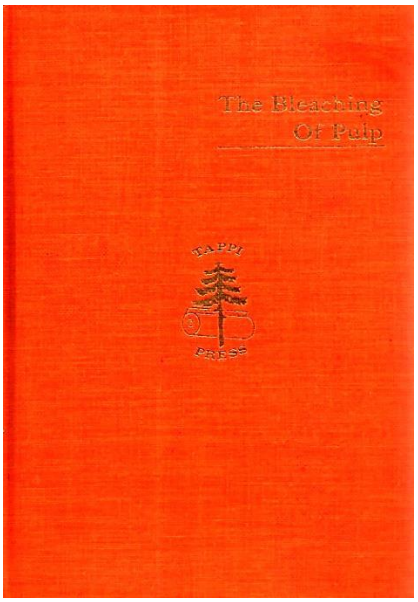
E. RATNIEKS
Klabin Riocell S.A.
Guaíba, Brazil
eratniekS@excel.com.br

J.W. VENTURA
Klabin Riocell S.A.
Guaíba, Brazil

M.R. MENSCH
Klabin Riocell S.A.
Guaíba, Brazil

R.A. ZANCHIN
Klabin Riocell S.A.
Guaíba, Brazil

Pulp & Paper Canada T 345 102:12 (2001) 93



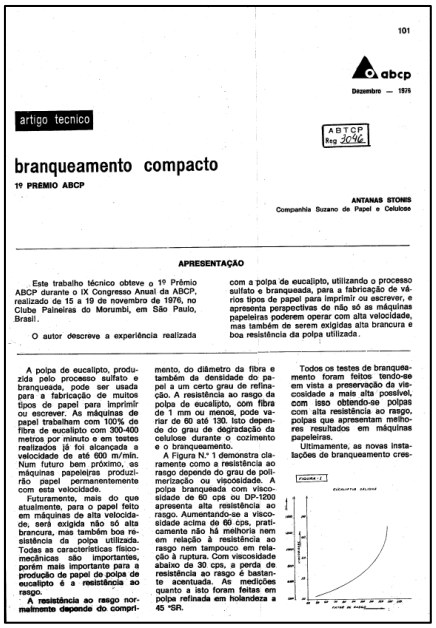
Para estudar sobre essas tecnologias todas é só querer e ter vontade...

Com tantas possibilidades de encontrar informações e conhecimentos disponibilizados gratuitamente por todas as partes...

Basta encontrar determinação para:

Estudar os fundamentos científicos e tecnológicos, não importando onde possam estar... Basta procurar para se achar

A maioria dos livros e das publicações está praticamente ao dispor de todos na atual ***Era do Conhecimento Compartilhado***



101

abcp
Dezembro — 1976

artigo tecnico

ABTCP Reg 3046

branqueamento compacto

1º PRÊMIO ABCP

ANTANAS STONIS
Companhia Suzano de Papel e Celulose

APRESENTAÇÃO

Este trabalho técnico obteve o 1º Prêmio ABCP durante o IX Congresso Anual da ABCP, realizado de 15 a 19 de novembro de 1976, no Clube Paineiras do Morumbi, em São Paulo, Brasil.

O autor descreve a experiência realizada com a polpa de eucalipto, utilizando o processo sulfato e branqueada, para a fabricação de vários tipos de papel para imprimir ou escrever, e apresenta perspectivas de não só as máquinas papeleiras poderem operar com alta velocidade, mas também de serem exigidas alta brancura e boa resistência da polpa utilizada.

A polpa de eucalipto, produzida pelo processo sulfato e branqueada, pode ser usada para a fabricação de muitos tipos de papel para imprimir ou escrever. As máquinas de papel trabalham com 100% de fibra de eucalipto com 300-400 metros por minuto e em testes realizados já foi alcançada a velocidade de até 600 m/min. Num futuro bem próximo, as máquinas papeleiras produzirão papel permanentemente com esta velocidade.

Futuramente, mais do que atualmente, para o papel feito em máquinas de alta velocidade, será exigida não só alta brancura, mas também boa resistência da polpa utilizada. Todas as características físico-mecânicas são importantes, porém mais importante para a produção de papel de polpa de eucalipto é a resistência ao rasgo.

A resistência ao rasgo normalmente depende do comprimento, do diâmetro da fibra e também da densidade do papel a um certo grau de refinação. A resistência ao rasgo da polpa de eucalipto, com fibra de 1 mm ou menos, pode variar de 60 até 130, isto depende do grau de degradação da celulose durante o cozimento e o branqueamento.

A Figura N.º 1 demonstra claramente como a resistência ao rasgo depende do grau de polimerização ou viscosidade. A polpa branqueada com viscosidade acima de 60 cps ou DP-1200 apresenta alta resistência ao rasgo. Aumentando-se a viscosidade acima de 60 cps, praticamente não há melhoria nem em relação à resistência ao rasgo nem tampouco em relação à ruptura. Com viscosidade abaixo de 30 cps, a perda de resistência ao rasgo é bastante acentuada. As medições quanto a isto foram feitas em polpa refinada em holandeza a 45 °SR.

Todos os testes de branqueamento foram feitos tendo-se em vista a preservação da viscosidade a mais alta possível, com isso obtendo-se polpas com alta resistência ao rasgo. polpas que apresentam melhores resultados em máquinas papeleiras.

Ultimamente, as novas instalações de branqueamento cres-

figura 1

Branqueamento da Polpa

Pulp Bleaching Conference / Conference de Blanqueo de la Pulpa

Experiências no branqueamento da polpa mobilizam brasileiros à conferência promovida nos EUA

Pulp bleaching experiences attract Brazilians to a conference in the USA
Experiencias en el blanqueo de la pulpa atraen brasileños a conferencia en EE.UU.

A representatividade de brasileiros na 2002 International Pulp Bleaching Conference, ocorrida entre os dias 19 e 23 de maio último, constatou a posição de destaque dos pesquisadores do País como promotores de tecnologias de branqueamento. Após quatro dias de palestras, a comitiva nacional seguiu viagem, visitando uma fábrica de papel e celulose, um vulcão e um museu de ciências florestais nos EUA

Redação: Renata Mercante Savastano

No Brasil, um setor de celulose forte, no qual as pesquisas na área de branqueamento são destaque pelo desenvolvimento nacional. No cenário mundial, quatro entidades ligadas a este setor, unidas para um só fim: divulgar conhecimento e compartilhar experiências mundiais. O encontro do time formado pelos 11 técnicos brasileiros com outros números especialistas em ciência e tecnologia de branqueamento da polpa aconteceu em Portland, Estados Unidos, durante a *2002 International Pulp Bleaching Conference*.

"A participação do Brasil no evento foi notável e demonstrou ao mundo que o País está entre os maiores promotores de tecnologias de branqueamento", avalia Marcelo Rodrigues da Silva, da VCP-Jacareí, que apresentou o trabalho "Uma experiência de fábrica usando estágio ácido a quente para o branqueamento de polpa *kraft* de eucalipto", dentro da sessão sobre experiências de fábrica. Além da VCP, também marcaram presença no evento, promovido pela CPPA – Canadian Pulp and Paper Association, EUCEPA – European Liaison Committe for Pulp and Paper, TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry e ABTCP, profissionais da Arauco, Cenibra e Universidade Federal de Viçosa (UFV). Outra participação brasileira foi nos bastidores da conferência, preparação e organização, em que atuou o professor da UFV, Jorge Luiz Colodette.

Para representar a ABTCP na conferência internacional, embarcou na comitiva brasileira o conselheiro fiscal da Associação, Alfredo Mokfienski, também professor da UFV. "No geral, comparada às últimas conferências sobre o tema, a *2002 International Pulp Bleaching Conference* não apresentou grandes descobertas, mas aprofundou a química da superfície das fibras", opina Mokfienski.

Em termos de tecnologias destacadas durante o evento, o representante da ABTCP refere as abordagens sobre adsorção, distribuição de lignina na polpa e sua reativação eficiente no branqueamento; na cinética do branqueamento com oxigênio com abordagens no branqueabilidade da polpa e nas condições operacionais do estágio; na explicação e aplicação do estágio ácido no branqueamento; no uso de novos aditivos para melhorar o desempenho da planta de branqueamento, como aldeídos, sulfito de magnésio e água ionizada; na redução dos números da planta de branqueamento com e sem integração de estágios; e, talvez com menos ênfase neste evento, nos usos e destinos da água na planta de branqueamento.

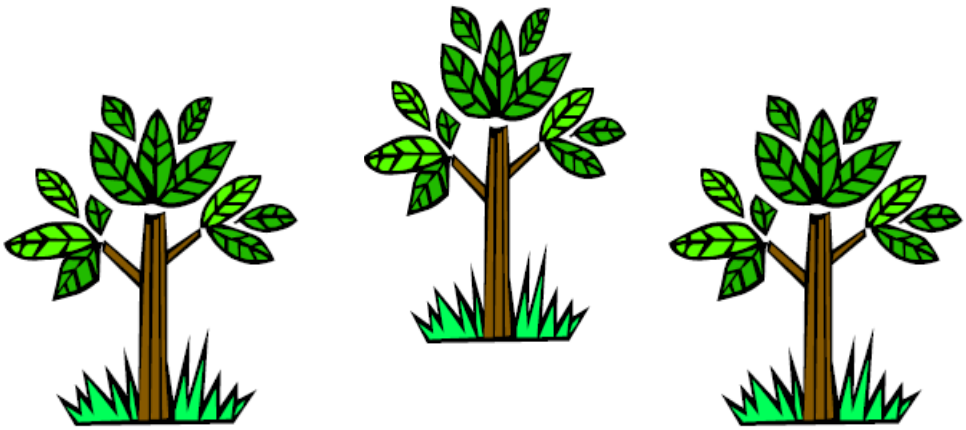
A edição *2002 da International Pulp Bleaching Conference* foi dividida em 11 sessões, tendo sido 9 dedicadas à apresentação oral de 31 trabalhos e 1 para a apresentação de 15 pôsteres. Para os que gostam de história, a palestra de Jurgens D. Kramer – "The International Pulp Bleaching Conference – Mover or Mirror of Progress in Bleaching Technology" – fez uma interessante revisão dos pontos marcantes e assuntos que mereceram maior destaque nas conferências do período de 1995 a 2002. "O Brasil apareceu em 5º lugar, com 16 trabalhos apresentados no período", conta Mokfienski.

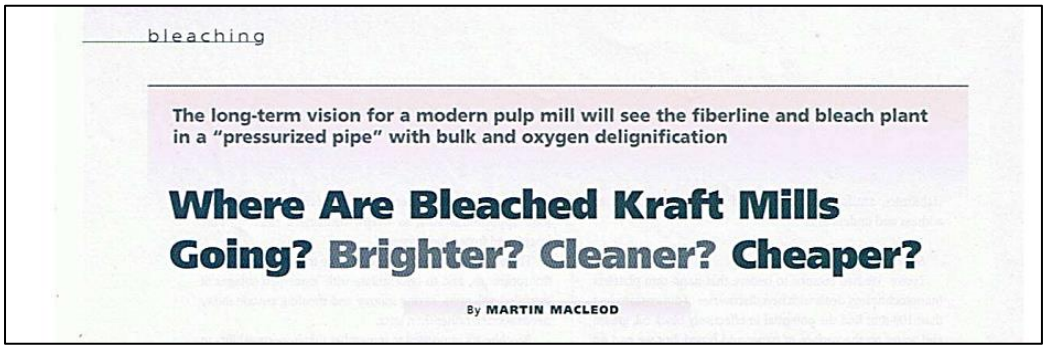
Dentre outros assuntos abordados estiveram palestras sobre lavagem da polpa; fundamentos de branqueamento; des-

Reportagem: Alfredo Mokfienski, conselheiro fiscal da ABTCP e representante da *Associação na 2002 International Pulp Bleaching Conference*
E-mail: al.mokf@terra.com.br

Alfredo Mokfienski, da UFV

07. Desafios e transformações futuras nas tecnologias de se branquear celulose kraft: A busca da sustentabilidade não acabou





bleaching

The long-term vision for a modern pulp mill will see the fiberline and bleach plant in a "pressurized pipe" with bulk and oxygen delignification

Where Are Bleached Kraft Mills Going? Brighter? Cleaner? Cheaper?

By MARTIN MACLEOD

Fonte do artigo para acesso:

http://www.kraftpulpingcourse.knowledgefirstwebsites.com/f/Johnson2008.pdf

O branqueamento da celulose kraft, principalmente aquele das polpas de fibras curtas como as obtidas de eucaliptos, consiste no principal fator de agregação de valor econômico para esse tipo de produto. Isso porque as polpas de fibras curtas não branqueadas possuem um mercado muito restrito; porém, após o branqueamento, essas mesmas polpas abraçam um enorme e crescente mercado, inclusive substituindo quantidades cada vez maiores de fibras longas branqueadas.

Apesar do enorme sucesso e dos inúmeros desafios que o branqueamento da celulose tem enfrentado e vencido, os princípios básicos para a realização do branqueamento são mantidos praticamente os mesmos, como já visto anteriormente nesse relato, desde que se iniciaram os primeiros branqueamentos de fibras naturais vegetais utilizando compostos de cloro (cloro gás e hipocloritos), isso no final do século 18.

As operações de branqueamento em múltiplos estágios da celulose sempre se valeram do uso intensivo de recursos naturais (água e energia)

em função dos conceitos e passos fundamentais que norteiam a sua realização, quais sejam:

1. Aquecimento da massa em baixa ou média consistência (3,5 a 12%) até atingir a temperatura do estágio;

2. Mistura com agitação intensa dos reagentes na massa para contato dos mesmos com as fibras;

3. Tempo de retenção adequado para que os reagentes sejam consumidos e façam seu efeito;

4. Lavagem intensa para remoção de residuais dos agentes de branqueamento e de compostos químicos removidos da polpa, os quais foram modificados e solubilizados pelas reações.

Na quase totalidade, as operações de cada estágio são realizadas em consistências de aproximadamente 10% e temperaturas variando entre 60 a 95ºC. Portanto, o branqueamento demanda enormes quantidades de água, energia térmica e energia mecânica. E muito disso é depois desperdiçado através dos efluentes ou liberado para a atmosfera na forma de vapor. Observe-se que a simples necessidade de se manter a polpa a uma consistência de 10% implica em uma necessidade de água de 9 m^3 para cada tonelada de polpa seca. E essa água toda precisa também ser aquecida por vapor e movimentada consumindo energia elétrica.

A cada estágio, existe a operação de lavagem que visa a substituir um líquido sujo por um líquido mais limpo. Logo, mais e mais água vai sendo usada e muito calor sendo jogado fora pelos efluentes.

Historicamente, o branqueamento da celulose se manteve relativamente estável em suas tecnologias originais até meados do século 20. Durante décadas, o branqueamento se baseou em dois ou três estágios incluindo estágios ácidos (cloração) e alcalinos (extração e hipocloração). A entrada industrial de um novo e poderoso reagente branqueador em pH ácido, o dióxido de cloro, por volta dos anos 1950's/1960's, trouxe uma enorme melhoria do aspecto e da qualidade das polpas e papéis branqueados. Os novos branqueamentos passaram a produzir polpas e papéis mais brancos e mais estáveis, e isso praticamente enfeitiçou os mercados, que passaram a gostar do "branco mais branco", associando isso a maior limpeza e pureza.

Entretanto, já por volta dos anos 1980's, a ciência havia descoberto que o branqueamento com compostos de cloro gerava a formação de compostos orgânicos clorados, como consequência da reação dos mesmos com os constituintes químicos das fibras. Esses organoclorados se

mostravam mais resistentes ao tratamento dos efluentes e resíduos sólidos e também apareciam em pequenas concentrações nas polpas branqueadas e nos respectivos papéis.

Um fato que realmente veio a causar uma enorme revolução tecnológica para o branqueamento foi a descoberta da presença de alguns compostos organoclorados altamente tóxicos, mesmo que em concentrações baixíssimas em níveis de partes por trilhão ou quatrilhão: alguns dos isômeros da série das dioxinas e furanos. Isso ocorria tanto nas polpas e papéis brancos como nos efluentes e resíduos sólidos que saiam das fábricas de celulose branqueada e eram dispostos no ambiente.

A preocupação se tornou enorme na sociedade e o setor de C&P teve que se unir e se mobilizar para revolucionar pela primeira vez algo que estava relativamente estável e confortável: ou seja, o branqueamento precisava mudar e urgente.

Entre 1988 até 2005, a geração de novos conhecimentos permitiu se atingir um nível bastante seguro quanto aos impactos do branqueamento em termos de geração e eliminação dos organoclorados críticos. O desenvolvimento de sequências isentas de cloro elementar ou totalmente isentas de cloro, o fechamento de muitos circuitos d'água e a adoção de novos reagentes químicos como os compostos de oxigênio ajudaram a resolver os mais graves problemas. Melhorias também foram introduzidas na gestão e tratamento dos efluentes e de seus lodos.

A partir dos anos 1990's, os compostos de oxigênio (peróxido de hidrogênio, oxigênio, ozônio) além de enzimas (xilanases e lacases) passaram a encontrar importantes posições de utilização em sequências de branqueamento com menor uso de compostos clorados.

Entretanto, mudaram-se os componentes das receitas de químicos, mas os princípios básicos do branqueamento continuaram os mesmos: aquecimento a altas temperaturas; uso de média consistência nas diferentes etapas, adição dos reagentes químicos, tempo de retenção em torres e forte lavagem para finalizar a etapa e remover a maior parte do lixo químico gerado.

Em resumo: os problemas de formação de organoclorados perigosos foram minimizados, mas o consumo elevado de água e energia persiste. Em alguns casos, foram obtidas reduções importantes pelo maior fechamento dos circuitos e reuso de águas setoriais, mas o problema ainda permanece para ser resolvido.

Para mim, não existem claras evidências de que teremos isso solucionado com a atual lógica das pesquisas e estudos tecnológicos.

Tenho estudado muito a temática do branqueamento da celulose kraft de eucalipto e lido centenas de artigos, teses, relatórios, palestras, etc.

Minha conclusão é a de que a grande maioria dos estudos acadêmicos se dedica a sobrevoar os mesmos tópicos, agregando pouco de novos conhecimentos disruptivos. Muito pouco tenho encontrado de tecnologias que possam mudar o "*status quo*" da forma com a qual o branqueamento vem sendo realizado. A ênfase é sempre no aperfeiçoamento dos processos, mas com a manutenção dos mesmos conceitos fundamentais já enunciados anteriormente. Isso porque é mais seguro para os pesquisadores, que não precisam se arriscar no âmbito do desconhecido.

Pela disponibilização na web de milhares de publicações livres para acesso público, percebe-se que ainda se investiga bastante o branqueamento da celulose kraft, principalmente nas universidades, empresas produtoras de celulose e papel, de reagentes químicos, de engenharia e de equipamentos tecnológicos de processo.

Mas infelizmente, muitas são pesquisas repetitivas e levam a resultados parciais e pontuais, quase todas sem oferecer soluções aos quatro pontos mais críticos para o setor de branquear celulose kraft, quais sejam:

- O ainda elevado consumo de água, que se situa entre 10 a 18 m^3/adt, embora, em alguns casos, esse valor possa incluir alguma proporção de água recuperada de outros setores.

- O elevado consumo de calor, pois quase todos os estágios estão trabalhando com temperaturas acima de 70 a 80ºC. Com o maior fechamento de circuitos, os efluentes do branqueamento saem muito quentes e assim vão exigir torres de resfriamento para não criarem problemas para as ETE's – Estações de Tratamento de Efluentes. E o calor excedente é jogado para a atmosfera na forma de neblinas, com mais desperdício de água, também.

- A alta quantidade de materiais orgânicos modificados quimicamente e que se apresentam como DQO (Demanda Química de Oxigênio) nos efluentes a serem tratados. A perda de rendimento no branqueamento de celulose kraft de eucalipto se situa entre 2,5 a 3,5%, após a deslignificação com oxigênio. Essa perda engloba também uma pequena (mas não desprezível) fração de fibras e finos celulósicos, que se perdem com as diversas lavagens da polpa. A maior parte disso tudo acaba se convertendo em resíduos sólidos altamente úmidos e que precisam ser descartados.

- Presença de compostos orgânicos clorados que podem trazer algum tipo de impedimento à utilização dos lodos ou dos compostos liberados como DQO para as emergentes biorrefinarias integradas.

Imaginem agora uma fábrica moderna de celulose kraft branqueada de eucalipto que produza 4.000 toneladas de polpa por dia. Ela terá, como consequência da perda em rendimento no branqueamento, cerca de 120 a 130 toneladas/dia de sólidos orgânicos dissolvidos e modificados nos filtrados desse setor, tudo isso acompanhando um líquido destinado a efluente com mais de 70ºC e com um volume mínimo de 40.000 m^3/dia. Algo definitivamente muito grande e que demanda soluções técnicas e científicas para minimização de impactos. E um custo elevado, também.

Levantados esses pontos preliminares, é fácil se concluir que temos que começar a revolucionar e não apenas otimizar o branqueamento da celulose kraft. É óbvio que o aperfeiçoamento dos processos deve continuar sendo uma bandeira para todos, mas isso não é tudo. Temos que nos preparar para um futuro com mais restrições e menos recursos naturais, como água e energia. Uma fábrica que hoje se considera em estado-da-arte e que acaba de entrar em operação pode durar mais de 50 anos até se tornar obsoleta, embora ela possa receber modernizações ao longo de sua vida. Esse período de tempo parece curto em termos de tempo do planeta Terra, mas é suficientemente longo para que esse empreendimento venha a receber muitos impactos das atuais mudanças climáticas. Logo, essas enormes fábricas de mais de 2 milhões de toneladas de celulose por ano podem enfrentar ainda em vida situações de restrições severas de uso da água e de energia não renovável. Espero não estar vivo quando fábricas maravilhosas como essa tenham que ser fechadas por falta de água para operarem.

Consequentemente, precisamos que os estudiosos e pesquisadores não fiquem todos sobrevoando o pote de mel para ver onde pousar para sugar algum alimento já conhecido. Temos que nos arriscar mais em pesquisar o desconhecido promissor, principalmente nas universidades. Mesmo que a pesquisa resulte em pouca agregação de novos conhecimentos ou de novas tecnologias, o desconhecido deve ser enfrentado.

Li recentemente uma tese de doutorado de autoria da Dra. Maria Teresa Borges Pimenta, com a orientação do grande mestre e amigo Dr. Antônio Aprígio da Silva Curvelo, defendida em 2005, na Universidade de São Paulo, *campus* de São Carlos. Essa tese está disponível em link para ser lida em seção mais adiante desse nosso documento. O objetivo da tese foi estudar a polpação da madeira utilizando fluídos em estágios sub e supercríticos associados com co-solventes. Apesar de os resultados não terem sido tão animadores com esses novos processos de polpação, a tese teve enorme valor por buscar alternativas novas e eventualmente promissoras. Além disso, abriu as portas para outros estudos seguintes, utilizando como plataforma de lançamento os conhecimentos adquiridos

sobre o uso desses reagentes em diferentes tipos de polpação das madeiras. É um excelente início para que se sigam as investigações para busca de evoluções científicas e tecnológicas.

Então, o que podemos estudar como alternativas para se branquear ou clarear as polpas kraft? E até que limite devemos realmente branquear as polpas?

Acredito que existam muitas áreas da ciência que ainda não foram caminhadas, sequer olhadas com uma alça de mira. E a mirada deve ser com visão de helicóptero, olhando o branqueamento e as áreas afins, como a polpação, a deslignificação com oxigênio e o tratamento de efluentes e de resíduos sólidos, dentre outros setores.

Dentre as oportunidades potenciais que poderiam representar novas fronteiras para esse nosso setor de branquear a celulose kraft, coloco algumas para reflexões, tais como as seguintes:

- Líquidos iônicos;
- Fluidos supercríticos;
- Co-solventes;
- Solventes neutros;
- Ativações catalíticas nas oxidações/reduções;
- Enzimas obtidos a partir de organismos extremófilos;
- Biobranqueamento;
- Fotodescoloração e alvejamento de compostos orgânicos;
- Branqueamento em alta consistência (acima de 45%);
- Branqueamento com gases e não em soluções líquidas: dióxido de cloro, ozônio, amônia, etc.
- Uso de raios infravermelho, ultrassom, micro-ondas, etc.;
- Geração de efluentes fertilizantes pelo branqueamento, permitindo que os mesmos possam ser aplicados diretamente nas florestas;

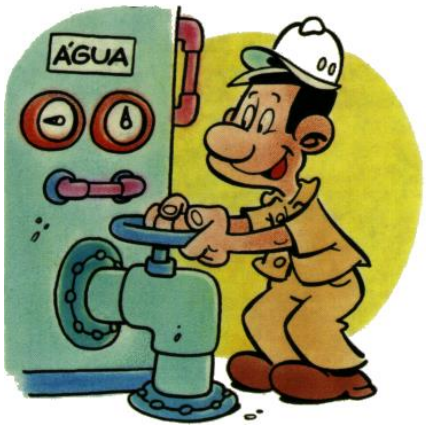
- Desenvolvimento de processos de tratamento setoriais das águas residuárias do próprio branqueamento para reuso interno (osmose reversa, microfiltração, trocadores de calor, etc.);

- Aproveitamento das perdas orgânicas e de elementos minerais liberados pelo branqueamento para alguma aplicação nas emergentes biorrefinarias integradas. Afinal, elas não existem apenas para se extrair lignina do licor preto ou se produzir nanoceluloses.

- Etc., etc.,...

Em resumo e como mensagem final: precisamos sair dos "mesmismos'. Chega de estudar apenas novas sopas de letrinhas para novos arranjos de mesmos tipos de estágios em sequências de branqueamento. Ou com as mesmas letrinhas indicativas dos estágios e na mesma ordem, mas apenas variando as condições operacionais.

O setor de C&P tem competências, talentos e dinheiro suficientes para criar mais do que isso, investindo também em descobrir o novo, o revolucionário e não apenas em aperfeiçoar as suas tecnologias sobejamente comprovadas.



Fonte da Imagem: Folder Cenibra

E como ficam os projetos tecnológicos de melhorias contínuas...

Apesar da necessidade de se buscar novas rotas viáveis para o branqueamento da celulose, também se precisa manter a pavimentação e a melhoria dos caminhos atuais sendo percorridos com as tecnologias vigentes. Por essa razão, é fundamental manter o aprimoramento das tecnologias sendo adotadas pelas atuais linhas de fibras em operação nas

fábricas de celulose branqueadas. Ou em outras que eventualmente estejam para entrar em operação.

As otimizações e as tendências tecnológicas atuais podem ser relacionadas como a seguir:

1. Nota-se uma gradual substituição da filosofia de se tratar os efluentes do branqueamento no "final do tubo" da fábrica, ou seja, na Estação de Tratamento de Efluentes. Já se percebe que surgem iniciativas de resolução dos problemas de geração, recuperação e/ou descarte de efluentes do branqueamento no próprio local onde eles são gerados.

2. Potencial introdução de "kidneys" para tratar localmente o que pode ser tratado e recuperado na própria área do branqueamento: trocadores de calor, microfiltração ou osmose reversa, etc.

3. Existe uma forte tendência de redução dos objetivos de alvura para as polpas branqueadas, quando produzidas nas fábricas de celulose de mercado. A tendência oferece inclusive uma diversificação em níveis de alvura conforme as necessidades dos clientes. Para produção de papéis "tissue", as alvuras objetivadas ficam entre 87 a 88%IS0; para papéis de impressão tradicionais objetiva-se 88 a 89% e para papéis especiais entre 89 e 90%IS0.

   Entretanto, em minha opinião, essa redução de metas para alvuras ainda é modesta e poderia ser mais drástica para alguns tipos de papéis onde o branco total não é fundamental. Principalmente, para os papéis sanitários e de impressão tipo papéis cópia, offset, etc.

   Sugiro a leitura de meu artigo de 2018 publicado pela Folha Informativa Tecnicelpa de número 55:

Os limites do branco do papel branco. C. Foelkel. Info@Tecnicelpa - Folha Informativa Tecnicelpa 55: 18 - 20. Website Grau Celsius. (2018)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2018_Tecnicelpa+55.pdf (em Português)

4. Tornou-se padrão a utilização da pré-deslignificação com oxigênio (com um ou dois reatores) como etapa preparatória para o envio da polpa kraft de eucalipto para o seu branqueamento. Em algumas situações, descartou-se o uso de

licor branco oxidado como fonte de álcali para a etapa de deslignificação com oxigênio.

5. Forte controle nas entradas de água industrial limpa no processo, com implantação online de balanços de massa e avaliação contínua de propriedades chaves dos filtrados do branqueamento. Existe um forte movimento para fechamento de circuitos através da recuperação de águas de outras áreas pelo setor de branqueamento e vice-versa. Por exemplo: o setor de branqueamento é grande consumidor da água branca do setor de formação da folha de celulose. Também consome efluentes ácidos da planta química e oferece calor recuperado para aquecimento da água industrial. Dentre muitos outros exemplos.

6. Como etapa inicial do branqueamento existem três tecnologias sendo adotadas, conforme a linha de fibra sendo considerada (e também da idade tecnológica dessa linha) : estágio Dhot, estágio Ahot e estágio Z.

7. Em praticamente todas as linhas de fibras, a extração alcalina se faz com adição de peróxido de hidrogênio, podendo ou não ser um estágio também contendo oxigênio (menos frequente).

8. Em caso de sequências com quatro estágios, os dois últimos estágios costumam ser DP (mais frequente) ou DnD ou DD.

9. Em caso de branqueamentos compactos com apenas 3 estágios, o estágio final sempre tem sido o de dioxidação.

10. Nota-se intima integração entre o branqueamento e os dois processos que o antecedem: deslignificação com oxigênio e polpação kraft. Essa integração envolve o controle dos parâmetros qualitativos da polpa sendo branqueada, a utilização de calor reciclado, a recuperação de águas de lavagens, etc.

11. Em algumas linhas de fibras foram instalados trocadores de calor para recuperação de calor dos efluentes do branqueamento em troca térmica com água ou outros fluidos da fábrica.

12. Utilização de misturadores dinâmicos bastante eficientes, embora misturadores estáticos sem consumo de energia possam ser utilizados em algumas posições na linha de fibras.

13. Adoção praticamente total de torres de fluxos ascendentes para com isso melhorar o consumo dos químicos adicionados e também para aproveitar a ação da gravidade para "bombeamento" da polpa de cada torre para sua respectiva prensa de lavagem.

14. Contínua busca de maneiras para redução do consumo de água fresca industrial e substituição da mesma por algum tipo de água recuperada.

15. Especial atenção no balanço de íons não processuais em toda a linha de fibras e também no sistema de recuperação do licor kraft. O principal objetivo é evitar acumulação de íons problemáticos no branqueamento: Manganês e Ferro, que afetam o desempenho de peróxido e ozônio; Cálcio e Magnésio, causadores de incrustações localizadas.

16. Implantação generalizada de sistemas automáticos de controle online dos processos, tendo como base balanços de massa e de energia.

Além de todas essas relevantes ações anteriormente relacionadas, tenho como sugestão para que uma opção, que criamos em 1981 e que não tem sido observada pelo setor de celulose branqueada, pudesse pelo menos ser investigada.

Trata-se da mistura controlada dos efluentes ácidos e alcalinos do branqueamento a um nível de pH que favoreça a auto-floculação de compostos orgânicos dissolvidos pela mistura dos mesmos.

Como em geral acontece nas atuais linhas de fibra, o fluxo de efluentes ácidos do branqueamento é bem superior ao de efluente alcalino, essa é uma oportunidade que não deve ficar esquecida.

Conheçam então:

Um processo de se melhorar a qualidade de efluentes do branqueamento de celulose kraft de eucalipto. C. Foelkel. Revista O Papel (Maio): 51 - 54. (1981)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/Processo%20melhorar%20qualidade%20efluentes%20branqueamento%20celulose.pdf (em Português)

Observação: A sequência de branqueamento da qual se coletaram as amostras de efluentes para esse estudo foi CE_1HE_2D. Existe um erro datilográfico no corpo do artigo, onde se colocou como O o último estágio da sequência.

ARTIGOS DE OPINIÃO

CELSO FOELKEL
Sócio n.º 842

Os Limites do Branco do Papel Branco

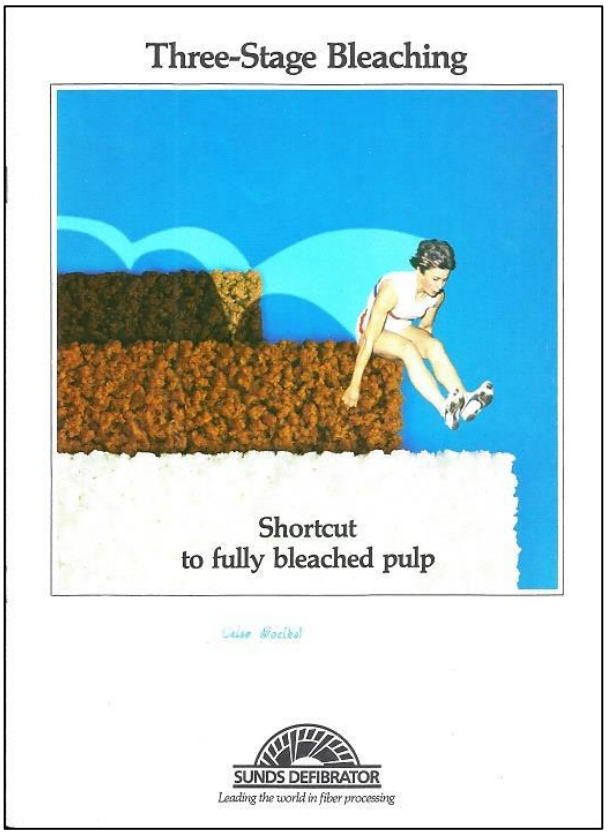
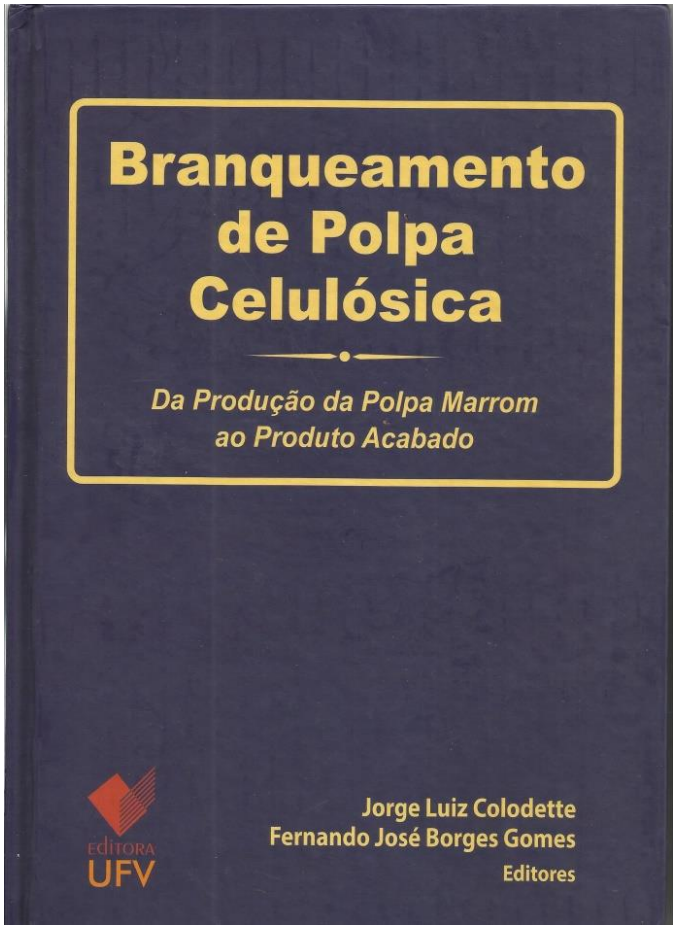
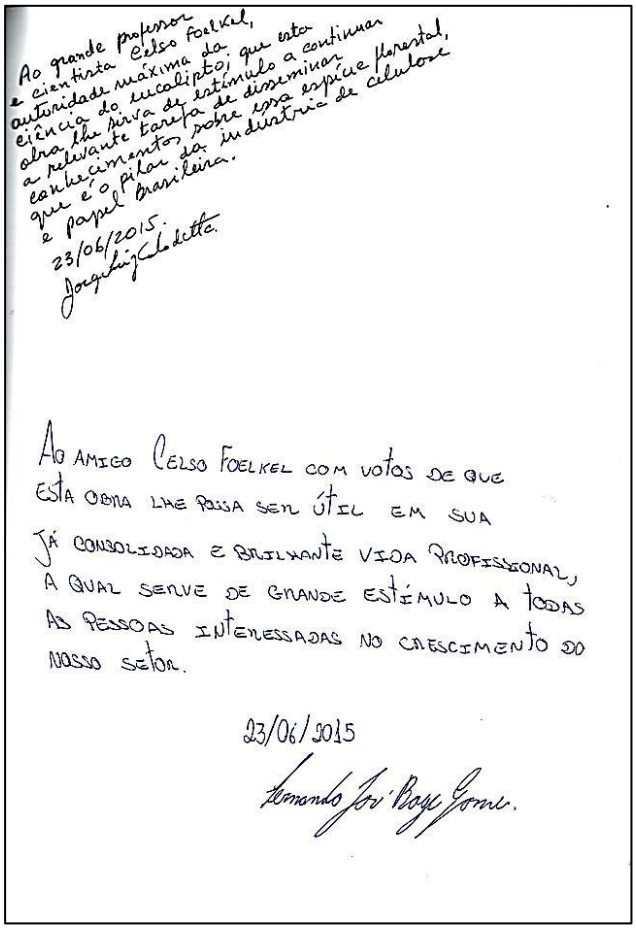


Imagem:
Folha rosto de catálogo da antiga empresa Sunds Defibrator (anos 1990's) anunciando o branqueamento compacto com três estágios

Muito válido para polpas kraft de eucaliptos





Ao grande professor e cientista Celso Foelkel, autoridade máxima da ciência do eucalipto, que esta obra lhe sirva de estímulo a continuar a relevante tarefa de disseminar conhecimentos sobre essa espécie florestal, que é o pilar da indústria de celulose e papel brasileira.
23/06/2015.
Jorge Luiz Colodette

Ao amigo Celso Foelkel com votos de que esta obra lhe possa ser útil em sua já consolidada e brilhante vida profissional, a qual serve de grande estímulo a todas as pessoas interessadas no crescimento do nosso setor.

23/06/2015
Fernando José Borges Gomes.

A emoção de receber dedicatórias tão amigas e carinhosas de dois dos maiores talentos da tecnologia do branqueamento da celulose kraft do eucalipto

E assim caminharemos em busca de nossos futuros...

Quer sejam futuros sonhados, planejados, ou então, nada disso ainda...

07. UM ENORME MUITO OBRIGADO a todos os leitores e apoiadores

A todos os amigos e colegas de trabalho, com os quais desbravamos rotas e encontramos vitórias e algumas decepções, como costumam também acontecer, só posso concluir e afirmar para vocês todos, que esses meus anos estudando e pesquisando sobre o branqueamento das polpas celulósicas dos eucaliptos foram enormemente abrilhantados pelas integrações tecnológicas entre todos nós: professores, alunos, pesquisadores e técnicos das inúmeras fábricas, associações, fornecedores e universidades onde eu tive as oportunidades de atuar

Foram privilégios profissionais em minha carreira

Conseguimos de forma integrada criar rotas de novos conhecimentos e de conquistas para o Brasil nessa área setorial

Com o somatório de conhecimentos, integração, determinação e competências, nós brasileiros continuaremos a caminhar por rotas vitoriosas no setor de produção e comercialização de polpas celulósicas e dos muitos tipos de papéis e muitos dos outros produtos produzidos a partir das fibras celulósicas branqueadas, sejam as obtidas dos eucaliptos, pinheiros e outras matérias-primas fibrosas que venham a ser desenvolvidas pelos nossos esforços

Assim espero...

E vamos em frente...

Fazendo os maiores e melhores esforços para o nosso sucesso...

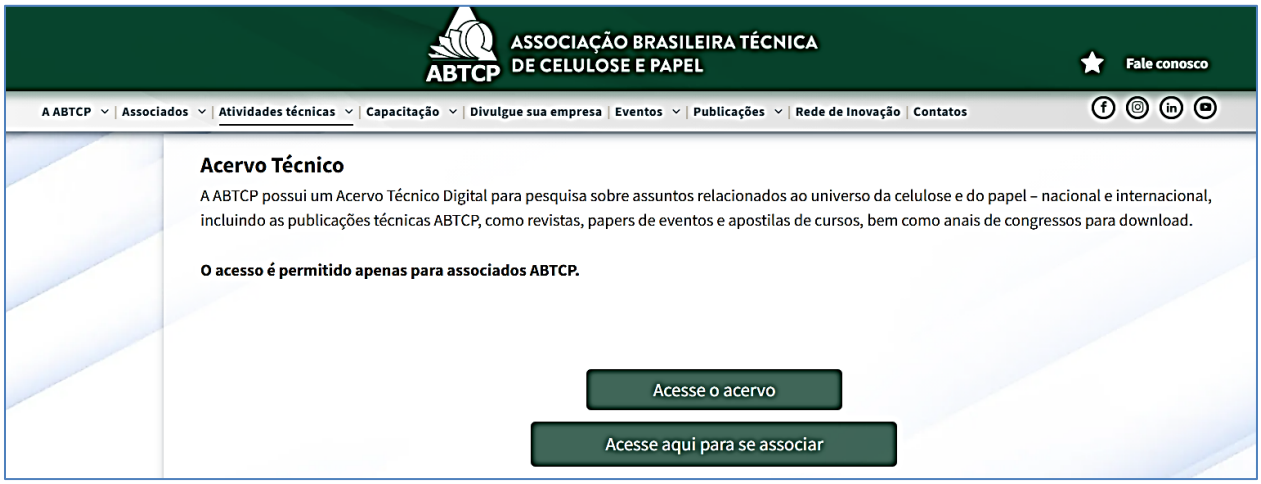
Relatos de Vida do Professor Celso Foelkel

Redes tecnológicas favorecendo a transferência de conhecimentos setoriais

09. Coletânea de publicações selecionadas por temas a partir de materiais publicados por consagrados autores em assuntos relacionados às tecnologias de branqueamento da celulose kraft

Fonte das Imagens: Revista O Papel - ABTCP

A literatura global sobre a ciência e tecnologias para o branqueamento das polpas kraft é vasta, rica e muito diversificada, principalmente em publicações e websites de países como Brasil, Estados Unidos da América, Canadá, Finlândia, Suécia, Alemanha, França, Japão, Portugal, etc.



O Brasil com muita propriedade deve liderar as pesquisas e publicações sobre o branqueamento das polpas kraft de eucalipto, nada mais natural em função da liderança que detém na produção e

comercialização desse tipo de produto global. Também deve ser do Brasil a liderança em produção e quantidade de artigos, teses e materiais para estudos sobre as ciências, tecnologias e casos operacionais sobre o branqueamento das celuloses kraft de eucalipto. Em relação a isso, talvez o local onde mais se possa obter acesso a publicações sobre o branqueamento desse tipo de celulose seja o Acervo Técnico da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel.

A seguir, estão apresentadas para acesso público, inúmeras publicações sobre as diferentes vertentes técnicas e científicas do branqueamento de polpas. Essa listagem de livros, artigos, teses, relatórios, websites, apostilas e materiais de cursos e palestras não teve o objetivo de ser exaustiva, pelo contrário, ela traz apenas uma pequena amostra do muito que se pode encontrar em buscas que se venham a realizar na web e em publicações em formato papel em bibliotecas e repositórios acadêmicos. Essa seção tem a finalidade de complementar as dezenas de referências bibliográficas já relacionadas ao longo desse nosso texto.

Foram referenciados para a composição dessa coletânea de textos, muitos materiais que pudessem agregar conhecimentos e que estivessem relacionados aos propósitos desse ***Relato de Vida do professor Celso Foelkel***. São algumas centenas de produções técnicas selecionadas e relacionadas para acesso, todas nesse momento disponíveis na web para serem consultadas na maioria dos casos, gratuitamente.

Tenho certeza que muitas etapas da história e da evolução tecnológica do branqueamento das polpas celulósicas no Brasil e internacionalmente estão sendo resgatadas por esses trabalhos técnicos. Por isso, sugiro aos interessados que naveguem com atenção para extrair uma fantástica dose de conhecimentos úteis daquilo que os autores dos mesmos nos ofereceram.

Os materiais dessa presente coletânea estão dispostos em ordem de data crescente de produção, ou seja, iniciando-se pelos mais antigos e terminando pelos mais recentemente produzidos.

Os materiais disponibilizados para acesso público foram separados em quatro grupos para abrigarem publicações de conteúdos importantes e de temáticas similares em cada um desses grupos. Todas as publicações referenciadas estão direta ou indiretamente relacionadas ao branqueamento da celulose e às principais necessidades de obtenção de conhecimentos sobre esse segmento da produção de celulose, dando-se ênfases à evolução das tecnologias e da aplicação das mesmas para o setor de celulose e papel.

Importante também lembrar, que os estudos sobre branqueamento das polpas kraft possuem forte relação com a química das madeiras e das polpas e das reações entre os componentes das matérias-primas e das variáveis operacionais dos processos de polpação e de recuperação do licor de cozimento. Por essa razão, estão incluídas algumas literaturas que podem dar embasamento e suporte ao melhor entendimento dessas importantes áreas de conhecimento.

Um sincero agradecimento aos nossos parceiros e apoiadores técnicos relacionados na Seção 01 e às páginas 08 e 09 desse documento de Relato de Vida

A seguir, estão relacionados os tipos de grupos de publicações que foram criados para abrigarem algumas centenas de endereçamentos para permitir o acesso a materiais técnicos de inestimáveis valores científicos e tecnológicos:

Grupo 1: Referências bibliográficas de artigos, palestras, publicações, livros, capítulos e demais tipos de "Materiais publicados pelo Professor Celso Foelkel acerca do branqueamento da celulose kraft e temas associados"

Grupo 2: Referências de "Materiais de livros/cursos/eventos/vídeos relacionados ao branqueamento da celulose kraft" com acesso público e gratuito

Grupo 3: Seleção de alguns "Websites onde se podem encontrar materiais disponíveis sobre o branqueamento da celulose kraft" com acesso público e gratuito

Grupo 4: Algumas referências de literaturas disponibilizadas em mídia eletrônica e referentes aos "Processos e tecnologias para o branqueamento de celulose kraft, com ênfase às do eucalipto" – Uma complementação às dezenas de referências citadas em outras seções desse Relato de Vida

Fonte das Ilustrações: **Folder Cenibra e smilinguido.com.br**

Vivendo, buscando novos conhecimentos e sempre estudando e ensinando para poder ajudar e acompanhar a evolução tecnológica

E a seguir:

Uma biblioteca digital de valor inestimável que se complementa às demais seleções de bibliografias já sugeridas e destinadas a todos àqueles que desejarem aprender mais sobre o branqueamento das polpas celulósicas

Grupo 1: Referências bibliográficas de artigos, palestras, publicações, livros, capítulos e demais tipos de "Materiais publicados pelo Professor Celso Foelkel acerca do branqueamento da celulose kraft e temas associados"

Tecnologia de celulose e papel. C.E.B. Foelkel; L.E.G. Barrichelo. ESALQ/USP/CALQ – Universidade de São Paulo. 213 pp. (1975)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/TecnologiaCelulosePapel_ESALQ_1975.pdf (em Português)

Estudo de algumas sequências de branqueamento para celulose kraft de *Eucalyptus saligna*. L.E.G. Barrichelo; C.E.B. Foelkel; J.O. Brito. 10º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 05 pp. (1977)

https://celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1977.%20diversas%20sequencias%20branqueamento.pdf (em Português)

Ensaios em laboratório para se otimizar a sequência CEHDED no branqueamento de celulose kraft de eucalipto. C.E.B. Foelkel; C. Zvinakevicius; J.O.M. Andrade; L.R.O. Siqueira; J. Kato. 10º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 13 pp. (1977)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1977.%20Otimiza%E7%E3o%20CEHDED.pdf (em Português)

Sequências exóticas para branqueamento em múltiplos estágios de celulose kraft de eucalipto. C. Zvinakevicius; C.E.B. Foelkel; J. Kato; M.J.O. Fonseca. 11º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 11 pp. (1978)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1978.%20sequ%EAncias%20ex%F3ticas.pdf (em Português)

Química dos processos de produção de celulose. C.E.B. Foelkel. Apostila de curso. Curso de pós-graduação em Tecnologia de Celulose e Papel. UFV – Universidade Federal de Viçosa. CENIBRA – Celulose Nipo-Brasileira. 286 pp. (1979)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufv/03.%20Qu%EDmica%20dos%20Processos%20de%20Produ%E7ao%20de%20Celulose.%201977.1979.pdf (em Português)

Tecnologia de celulose: Aulas teóricas, problemas e provas. A.F. Milanez; C. Foelkel. Apostila de curso. Curso de pós-graduação em Tecnologia de Celulose e Papel. UFV – Universidade Federal de Viçosa. CENIBRA – Celulose Nipo-Brasileira. 96 pp. (1979)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufv/04.%20Tecnologia%20da%20Celulose.%201977.1979.pdf (em Português)

Branqueamento em multi-mini estágios. C.E.B. Foelkel; C. Zvinakevicius; A.F. Milanez; M.J.O. Fonseca; O.M. Gadioli. 12º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (1979)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1979.%20Multiminiest%E1gios.pdf (em Português)

Efeito da adição de cloreto de sódio no estágio da dioxidação em sequências de branqueamento de celulose kraft de eucalipto. C. Zvinakevicius; J.O.M. Andrade; C.E.B. Foelkel. Revista O Papel (Outubro): 41 - 46. (1979)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/1979_Cloreto_Sodio.pdf (em Português)

Influência da secagem sobre as características da celulose kraft branqueada de eucalipto. J. Kato; C.E.B. Foelkel; V.V. Rosa; J.C. Terra. 12º Congresso Anual. ABCP – Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. 06 pp. (1979)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1979.%20influencia%20secagem.pdf (em Português)

Hardwood pulping in Brazil. C.E.B. Foelkel; C. Zvinakevicius. Tappi Journal 63(3): 39 – 42. (1980)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/13_Hardwood%20pulping%20in%20Brazil.pdf (em Inglês)

Controle da cloração e da extração alcalina I pela alvura da polpa. J. Kato; C.E.B. Foelkel. Revista O Papel (Novembro): 47 – 48. (1980)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/1980_Controle_CE_Branqueamento.pdf (em Português)

Branqueamento de celuloses com sequências contendo oxigênio. I – Celuloses kraft de eucalipto. C.E.B. Foelkel; C. Zvinakevicius; A.F. Milanez; J. Kato; J.C. Terra. 13º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (1980)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1980.%20sequencias%20contendo%20oxig%EAnio%20I.pdf (em Português)

Branqueamento de celuloses com sequências contendo oxigênio. II – Celuloses pré-hidrólise kraft de eucalipto e acácia negra. C.E.B. Foelkel; C. Zvinakevicius; J. Kato; A.F. Milanez; J. Medeiros Sobrinho. 13º Congresso Anual. ABTCP – Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. 10 pp. (1980)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1980.%20Branqueamento%20oxig%EAnio%20polpas%20sol%FAveis%20ac%E1cia%20e%20eucali.pdf (em Português)

Branqueamento com ar. C. Zvinakevicius; C.E.B. Foelkel; A.F. Milanez; J. Kato; M.J.O. Fonseca. 13º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 09 pp. (1980)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1980.%20Branqueamento%20com%20ar.pdf (em Português)

Novos relatos sobre sequências exóticas para branqueamento de celulose kraft de eucalipto. C.E.B. Foelkel; C. Zvinakevicius; J. Kato; M.J.O. Fonseca. 14º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 19 pp. (1981)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1981.%20Novas%20ex%F3ticas.pdf (em Português)

Processos de deslignificação com oxigênio para a produção de celulose de eucalipto. A.F. Milanez; C.E.B. Foelkel. 14º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 72 pp. (1981)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1981.%20processos%20com%20O2.%20Milanez.pdf (em Português)

Branqueamento gerando efluente fertilizante. J.V. Marengo; C.E.B. Foelkel; N. Butture; V.M. Sacon. 14º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 28 pp. (1981)

https://celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1981.%20Branqueamento%20gerando%20efleuente%20fertilizante.pdf (em Português)

Branqueamento em manta. A.F. Milanez; C.E.B. Foelkel; S.M.K. Borges; P.P.O. Barth. 14º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 23 pp. (1981)

https://celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1981.%20Branqueamento%20em%20manta.pdf (em Português)

Um processo de se melhorar a qualidade de efluentes do branqueamento de celulose kraft de eucalipto. C. Foelkel. Revista O Papel (Maio): 51 - 54. (1981)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/Processo%20melhorar%20qualidade%20efluentes%20branqueamento%20celulose.pdf (em Português)

Cloração/Dioxidação como estágio inicial do branqueamento de polpa kraft de eucalipto: Um estudo de otimização. J.V. Marengo; C.E.B. Foelkel; N.S. Butture; V.M. Sacon; M.S. Brito; J.S.F. Alves; M.F.B. Borssatto. 15º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 15 pp. (1982)

https://celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1982.%20clora%E7%E3o%20dioxida%E7%E3o.pdf (em Português)

Qualidade da madeira e da celulose kraft branqueada de treze espécies de *Eucalyptus.* J.V. Gonzaga; C.E.B. Foelkel; C.A. Busnardo; J.L. Gomide; C. Schmidt. 16º Congresso Anual. 3º Congresso Latino Americano de Celulose e Papel. ABCP – Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. V. 1: 07-29. (1983)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/11_Treze%20especies%20eucaliptos.pdf (em Português)

Branqueamento de celulose kraft de eucalipto por sequência CEH. N.S. Butture; V.M. Sacon; C.E.B. Foelkel; J.V. Marengo. 3º Congresso Latino-Americano de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (1983)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1983.%20Branqueamento%20CEH.pdf (em Português)

Otimização dos estágios EhDc de sequência de branqueamento de celulose kraft de eucalipto. C.E.B. Foelkel; J.V. Marengo; N.S. Butture; V.M. Sacon. 3º Congresso Latino-Americano de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 22 pp. (1983)

https://celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1983.%20Otimiza%E7%E3o%20EhDc%20de%20polpa%20eucalipto.pdf (em Português)

Branqueamento do papel: Princípios básicos, processos e finalidades. C.E.B. Foelkel. Revista O Papel (Maio): 21 – 26. (1983)

https://celso-foelkel.com.br/artigos/Branqueamento%20do%20papel_%20princ%EDpios%20b%E1sicos_%20processos%20e%20finalidades.pdf (em Português)

Novas fórmulas para dosagem de cloro ativo e soda cáustica nos estágios C&E$_1$ do branqueamento de celulose kraft de eucalipto. C. Foelkel; A.C.A. Cabrera; J.B.V. Vesz. Revista O Papel (Julho): 43 – 47. (1983)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1983_Formulas+Cloro+Ativo.pdf (em Português)

Branqueamento e caracterização das celuloses kraft a partir de cozimentos conjuntos de misturas de cavacos de *Eucalyptus saligna* e *Acacia mearnsii*. C.A. Busnardo; C.S. Benfato; J.V. Gonzaga; C.E.B. Foelkel. 17º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Volume 2: 533-550. (1984)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/06_Branqueamento%20misturas%20polpas%20eucalipto%20acacia.pdf (em Português)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1984%20%20celulose%20de%20misturas%20eucalipto%20e%20ac%E1cia.pdf (em Português)

Los eucaliptos en la fabricación de celulosa y papel en Brasil. C. Foelkel. Celulosa y Papel 3(5): 09 – 12. (1987)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/1987_3.5_Eucaliptos_Celso+Foelkel.pdf (em Espanhol)

Resultados prácticos logrados en la producción de celulosa kraft blanqueada y adaptados a los requerimientos del medio ambiente. C. Foelkel. 2º Congreso Internacional de la Celulosa y el Papel. AFCP – Asociación de Fabricantes de Celulosa y Papel. Argentina. 06 pp. (1991)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1991_AFCP+Argentina.pdf (em Espanhol)

Non-chlorine bleaching. Focus on South and Latin America. C. Foelkel. 1992 International Non-Chlorine Bleaching Conference. 21 pp. (1992)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1992_Focus_South_Latin_America.pdf (em Inglês)

Non-chlorine bleaching. Mill operations update. C. Foelkel. 1992 International Non-Chlorine Bleaching Conference. Apresentação em PowerPoint: 11 slides. (1992)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1992_Mill_operations_update.pdf (em Inglês)

Alternativas para o branqueamento de polpa kraft de eucalipto sem cloro molecular. A.H. Mounteer. Orientação: J.L. Colodette. Avaliador na banca de defesa: C.E.B. Foelkel. Dissertação de Mestrado. UFV Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 120 pp. (1992)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufv/Branqueamento%20sem%20Cloro%20Molecular.pdf (em Português)

High substitution rates and ECF bleaching. A todays' must. C. Foelkel. 1993 International Non-Chlorine Bleaching Conference. 20 pp. (1993)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1993_High_substitution_rates_ECF_bleaching.pdf (em Inglês)

Emerging technologies. How to make the new white (*and to be incidentally happy*). C. Foelkel. 1993 International Non-Chlorine Bleaching Conference. 57 pp. (1993)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1993_How_to_make_the_new_white.pdf (em Inglês)

A verdadeira eficiência da deslignificação com oxigênio. E. Ratnieks; V. Sacon; C. Zimmer; C. Foelkel. 1º Congresso Latino Americano de Deslignificação. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (1994)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1994.%20Verdadeira%20eficiencia%20do%20o2.pdf (em Português)

Effective TCF bleaching of *Eucalyptus* to high brightness. D. Lazar; C. Foelkel; D.F. Seiter. 1994 Tappi International Pulp Bleaching Conference. 14 pp. (1994)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/tappi/1995_Effective_TCF_bleaching.pdf (em Inglês)

Scenarios towards the minimum environmental impact. C. Foelkel. 1994 International Non-Chlorine Bleaching Conference. 09 pp. (1994)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1994_Scenarios_minimum_environmental_impact.pdf (em Inglês)

Commercial TCF bleach plant design and effect of solids and thermal balance on operations. L.D. Shackford; W.J. Miller; C. Foelkel. 1994 International Non-Chlorine Bleaching Conference. 21 pp. (1994)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1994_TCF_bleach_plant_design.pdf (em Inglês)

Projeto de planta de branqueamento TCF e efeitos dos sólidos e balanço térmico nas operações. L.D. Shackford; W.J. Miller; C. Foelkel. 1994 International Non-Chlorine Bleaching Conference. Republicado em Português pela ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 21 pp. (1994)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1994_Projeto_planta_TCF.pdf (Versão em Português)

Whats and hows in TCF bleaching. C. Foelkel. 1994 International Non-Chlorine Bleaching Conference. Apresentação em PowerPoint: 35 slides. (1994)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1994_Whats_Hows_TCF_bleaching.pdf (em Inglês)

Stepwise survey on oxygen delignification and pulp washing performance. E. Ratnieks; C. Foelkel; V. Sacon; C. Zimmer. 1995 Tappi Pulping Conference & AICHE Forest Products Symposium. 16 pp. (1995)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/tappi/1995_Survey_oxygen_delignification_pulp_washing.pdf (em Inglês)

Toxicologia de efluentes de branqueamentos com ozônio. C. Foelkel; V.R.B. Gallardo; S. Gonçalves; R. Almeida; S.M. Cardoso. Seminário Internacional "Branqueamento com ozônio". ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 30 slides. (1995)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/toxicologia%20branqueamento%20com%20ozonio.pdf (em Português)

Potencialidade de quatro espécies de *Eucalyptus* cultivados na Bahia para produção de celulose solúvel branqueada. L.X. Mezzomo; M.A. Martins; C.E.B. Foelkel; V. Sacon. 29º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 14 pp. (1996)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1996.%20Eucaliptos%20Bahia%20para%20polpa%20sol%FAvel.%20Mezzomo.pdf (em Português)

Enzima e tratamento ácido no branqueamento TCF: Polpa brasileira vs ibérica. V. Sacon; E. Ratnieks; C. Foelkel. Encontro Internacional de Branqueamento. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 13 slides. (1996)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/26_1996_ABTCP_EnzimaTratamentoAcido.pdf (em Português)

Acute ecotoxicity of the sixteen most usually found chemicals in bleaching plant effluents. C. Foelkel. 1996 International Non-Chlorine Bleaching Conference. Apresentação em PowerPoint: 38 slides. (1996)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1996_Ecotoxicity_bleaching_chemicals.pdf (em Inglês)

Riocell simplifies O_2 bleaching with "no moving parts" system. C. Foelkel; R. Szopinski; K.A. King. Pulp & Paper (October). 04 pp. (1996)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Riocell_simplifies_oxygen_bleaching.pdf (em Inglês)

Improved *Eucalyptus* pulp bleachability via high temperature acid treatment. E. Ratnieks; C. Foelkel; V. Sacon; M. Sauer. 1997 International Emerging Technologies Conference. Reapresentado em 30º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (1997)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1997_Improved_acid_treatment.pdf (em Inglês)

Improved *Eucalyptus* pulp bleachability via high temperature acid treatment. E. Ratnieks; C. Foelkel; V. Sacon; M. Sauer. 30º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (1997)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1997.%20Improved%20acid%20treatment.pdf (em Inglês)

Alternativas para a remoção de extrativos na produção de polpa solúvel totalmente isenta de cloro a partir de *Eucalyptus spp*. M.M. Costa. Orientação: J.L. Colodette. Avaliador na banca de defesa: C.E.B. Foelkel. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 111 pp. (1997)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufv/Producao%20de%20Polpa%20Soluvel.pdf (em Português)

Alternatives for removing extractives in the manufacture of total chlorine free pre-hydrolysis dissolving pulp from *Eucalyptus* spp. M.M. Costa; J.L. Colodette; C.E.B. Foelkel; J.L. Gomide. 5th Brazilian Symposium on the Chemistry of Lignin and Other Wood Components. Anais: 34 – 43. (1997)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1997_Dissolving_Pulps_Eucalyptus.pdf (em Inglês)

Produção de polpa solúvel totalmente isenta de cloro a partir de *Eucalyptus* spp. M.M. Costa; J.L. Colodette; J.L. Gomide; C.E.B. Foelkel. 30º Congresso Anual de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 11 pp. (1997)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1997.%20Polpa%20sol%FAvel%20TCF%20de%20eucalipto.pdf (em Português)

Avaliação preliminar do potencial de quatro madeiras de eucalipto na produção de polpa solúvel branqueada pela sequência OA(ZQ)P. M.M. Costa; J.L. Colodette; J.L. Gomide; C.E.B. Foelkel. Revista Árvore 21(3): 385 – 392. (1997)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1997_Polpa_Soluvel_4_Especies_Euca.pdf (em Português)

Adição de antraquinona na polpação alcalina e sua influência na branqueabilidade de celulose de *Eucalyptus saligna*. L.H. Jerônimo. Orientação: C.E.B. Foelkel. Dissertação de Mestrado. UFSM – Universidade Federal de Santa Maria. 85 pp. (1997)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufsm/L%FAcia%20Jeronimo.pdf (em Português)

Elementos minerais em madeiras de eucaliptos e acácia negra e sua influência na indústria de celulose kraft branqueada. A. Freddo. Orientação: C.E.B. Foelkel. Dissertação de Mestrado. UFSM – Universidade Federal de Santa Maria. 85 pp. (1997)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufsm/UFSM%20%20Andre%20Freddo.pdf (em Português)

Elementos minerais em madeiras de eucaliptos e acácia negra e sua influência na indústria de celulose kraft branqueada. A. Freddo; C.E.B. Foelkel; S.M.B. Frizzo; M.C.M. Silva. 1º Congresso de "Tecnologia da Polpa Celulósica". ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 13 pp. (1998)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1998.%20Elementos%20minerais%20Andr%E9.pdf (em Português)

Avaliação da qualidade da celulose kraft-AQ ECF e TCF de eucalipto. I.M. Bulhões Gomes. Orientação: L.E.G. Barrichelo. Avaliador na banca de defesa: C.E.B. Foelkel. Dissertação de Mestrado. E.S.A.L.Q. – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". USP – Universidade de São Paulo. 133 pp. (1998)

https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11149/tde-20191218-141131/publico/GomesIsabelMenezesBulhoes.pdf (em Português)

Os efeitos da tecnologia e da capacidade da linha de fibras sobre o consumo de químicos no branqueamento. E. Ratnieks; R. Zanchin; M. Sauer; C. Foelkel. 31º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 07 pp. (1998)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1998.%20linha%20de%20fibras%20e%20consumo%20quimicos%20branqueamento.pdf (em Português)

Pulp line technology and overcapacity effects on the bleaching chemicals consumption – Case studies. E. Ratnieks; R. Zanchin; M. Sauer; C. Foelkel. 1998 Tappi International Pulp Bleaching Conference. 06 pp. (1998)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/tappi/1998_Pulpline_technology_overcapacity.pdf (em Inglês)

Avaliação ecotoxicológica e da genotoxicidade de produtos químicos frequentemente utilizados nos processos de cozimento e de branqueamento de celulose kraft. L. Stenzel; C. Foelkel; V.R.B. Gallardo; L. Quaglia. 31º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. (1998)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/Artigo%20T%E9cnico%20ABTCP%201998.pdf (Texto: 13 pp. – em Português)

e

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/Palestra%2005.pdf (Apresentação em PowerPoint: 10 slides – em Português)

Elementos minerais em madeiras de eucaliptos e acácia negra e sua influência na indústria de celulose kraft branqueada. A. Freddo; C.E.B. Foelkel; S.M.B. Frizzo; M.C.M. Silva. Ciência Florestal 9(1): 193 – 209. (1999).

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ciencia_florestal/elementos%20minerais%201999.pdf (em Português)

Minerais, qualidade da madeira e novas tecnologias de produção de celulose. C. Foelkel. *In:* Seminário "Qualidade da Madeira como Fonte de Fibras para Produção de Celulose – Panorama e Estratégias". Apresentação em PowerPoint: 15 slides. (1999)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/Minerais%20e%20fechamento%20de%20circuitos.pdf (em Português)

Utilização de antraquinona na produção de polpa sulfato de *Eucalyptus saligna* e seus efeitos no branqueamento. L.H. Jerônimo; C.E.B. Foelkel; S.M.B. Frizzo. 1º CIADICYP – Congreso Ibero Americano de Investigación en Celulosa y Papel. 24 pp. (2000)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2000_CIADICYP_Antraquinona.pdf (em Português)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2000_CIADICYP+AQ+Jeronimo.pdf (em Português)

Desafios e oportunidades para desenvolvimentos tecnológicos na indústria de papel e celulose. C. Foelkel. 1º CIADICYP – Congreso Ibero Americano de Investigación en Celulosa y Papel. 06 pp. (2000)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2000_Desafios+oportunidades+tecnologicas.pdf (em Português)

Z-Span testing of *Eucalyptus* bleached pulps obtained from different bleaching sequences. W.F. Cowan; J. Cowan; C. Foelkel. 35º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 12 pp. (2002)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2002_Zero+Spam.pdf (em Inglês)

e

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/abtcp.%20para%20site%202002f.pdf (em Inglês)

Livro: **A história da indústria de celulose e papel no Brasil**. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Coordenação e colaboração geral redacional: Gastão Estevão Campanaro; Celso Foelkel. 158 pp. (2004)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2004_Historia+Industria+C&P_ABTCP.pdf (em Português)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2004_Historia+Industria+C&P_ABTCP_English.pdf (em Inglês)

Lavando e limpando as polpas de eucalipto. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 03. (2006)

https://eucalyptus.com.br/newspt_jan06.html#quatorze (em Português)

Washing and cleaning *Eucalyptus* pulps. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 03. (2006)

https://www.eucalyptus.com.br/newseng_jan06.html#quatorze (em Inglês)

Modern fiberlines in Latin America. C. Foelkel. Tappi *Eucalyptus* tutorial Seminar. 2006 Tappi EPE – Engineering, Pulping & Environmental Conference 2006. Apresentação em PowerPoint: 22 slides. (2006)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/Modern%20fiberlines%20in%20Latin%20America.pdf (em Inglês)

Environmentally friendly *Eucalyptus* pulp production in South America. C. Foelkel. Tappi *Eucalyptus* Tutorial. Apresentação em PowerPoint: 27 slides. (2006)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/TAPPI%20Eucalyptus%20Tutorial%20%20Environmental%20Performances.pdf (em Inglês)

Secuencias ECF y TCF de blanqueamiento de celulosa kraft de eucalipto. C. Foelkel. Celulosa y Papel 22(3): 24 - 25. (2006)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/2006_22.3_Blanqueo+ECF+TCF.pdf (em Espanhol)

Sequências ECF e TCF de branqueamento da celulose kraft de eucalipto. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 04. (2006)

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_may06.html#quatorze (em Português)

ECF and TCF bleaching sequences for *eucalyptus* kraft pulps. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 04. (2006)

https://www.eucalyptus.com.br/newseng_may06.html#quatorze (em Inglês)

Minerais e nutrientes das árvores dos eucaliptos: Aspectos ambientais, fisiológicos, silviculturais e industriais acerca dos elementos inorgânicos presentes nas árvores. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo nº 02. 133 pp. (2006)

https://www.eucalyptus.com.br/capitulos/capitulo_minerais.pdf (em Português)

Environmentally sound technologies and clean technologies. Best Available Technologies to the pulp & paper industrial segment. Bleached kraft process. C. Foelkel. Websites Grau Celsius. 04 pp. (2006)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2006_Environmentally+Sound+Technologies.pdf (em Inglês)

Branqueamento das celuloses kraft de eucaliptos. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 09. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_maio07.html#seis (em Português)

Bleaching of the *Eucalyptus* kraft pulps. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 07. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/newseng_may07.html#seis (em Inglês)

Modernas linhas de fibras de celulose kraft branqueada de eucaliptos. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 07. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_jan07.html#quatorze (em Português)

Modern bleached kraft *Eucalyptus* pulp fiberlines. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 07. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/newseng_jan07.html#quatorze (em Inglês)

As melhores tecnologias e práticas ambientalmente disponíveis para produção de polpa kraft branqueada de eucalipto. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 08. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_mar07.html#quatorze (em Português)

Best available technologies and best environmental practices to the production of *Eucalyptus* bleached kraft pulps. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 08. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/newseng_mar07.html#quatorze (em Inglês)

Melhores tecnologias disponíveis para fabricação de celulose de eucalipto. (Uma continuação sobre esse tema). C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 10. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_julho07.html#cinco (em Português)

Best available techniques to the manufacture of *Eucalyptus* pulp. (A continuation on this topic). C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 10. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/newseng_july07.html#cinco (em Inglês)

Evaluation of kraft pulp mill compliance with the BAT's - Environmentally sound technologies & clean technologies. (*Best Available Techniques to the pulp & paper industrial segment bleached kraft process*). C. Foelkel. Websites Grau Celsius. 35 pp. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/BATs+ESTs_Questionnaire.pdf (em Inglês)

A fabricação de celulose kraft branqueada de eucalipto e o consumo de água. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 09. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_maio07.html#quatorze (em Português)

The *Eucalyptus* bleached kraft pulp manufacturing and the water consumption. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 09. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/newseng_may07.html#quatorze (em Inglês)

Fechando os circuitos para se reduzir ainda mais o consumo de água na fabricação de celulose kraft branqueada de eucalipto. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 10. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_julho07.html#quatorze (em Português)

Closing water cycle for further reductions on water consumption in the manufacture of *Eucalyptus* bleached kraft pulp. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 10. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/newseng_july07.html#quatorze (em Inglês)

Tratando os efluentes hídricos das fábricas de celulose kraft branqueada de eucalipto. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 18. (2008)

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_dez08.html#quatorze (em Português)

Treating the wastewaters generated in the *Eucalyptus* bleached kraft pulp mills. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 18. (2008)

https://www.eucalyptus.com.br/newseng_dec08.html#quatorze (em Inglês)

Aspectos da evolução tecnológica da fabricação da celulose e do papel. C. Foelkel. Revista Ciência & Ambiente 40: 49-59. (2010)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/01_C&A_Evolucao%20celulose%20papel.pdf (em Português)

Celuloses de eucalipto para fabricação de papel e de derivados de celulose. De volta às origens. C. Foelkel. Website Grau Celsius. Apresentação em PowerPoint: 37 slides. (2010)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/Polpas%20papel%20e%20sol%FAvel.pdf (em Português)

Indicadores de desempenho e de produtividade para fábricas de celulose e papel de eucalipto. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 30. (2010)

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_out10.html#quatorze (em Português)

Indicadores de performance ambiental para fábricas de celulose kraft branqueada de eucalipto. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 29. (2010)

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_set10.html#quatorze (em Português)

Critical overview of water consumption in the pulp and paper industry. C. Foelkel. Workshop Kemira/VTT "Use and reuse of water in the industries". Apresentação em PowerPoint: 25 slides. (2011)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/Water%20in%20Pulp%20and%20Paper%20Industry.pdf (em Inglês)

Aspectos da evolução tecnológica dos processos de produção de celulose e papel. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 34. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_abril11.html#quatorze (em Português)

Os eucaliptos e os elementos não processuais na fabricação de celulose kraft. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 24. 122 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT24_ElementosNproces.pdf (em Português)

Sustainability and environmental issues in the kraft pulp industry. C. Foelkel. 5th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Apresentação em PowerPoint: 52 slides. (2011)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/Sustainability%20and%20Environmental%20Issues_ICEP%202011_Final2.pdf (em Inglês)

As futuras fábricas de celulose kraft branqueada – O que podemos esperar para elas? C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 39. (2012)

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_fev12.html#quatorze (em Português)

The future bleached kraft pulp mills - What can we expect for them? C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 39. (2012)

https://www.eucalyptus.com.br/newseng_feb12.html#quatorze (em Inglês)

Reflexões sobre os avanços tecnológicos do setor. C. Foelkel. Revista O Papel (Fevereiro): 05 – 06. (2012)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/OPapel_Reflexoes%20sobre%20avancos%20tecnologicos_CF.pdf (em Português)

Reflexões acerca da competitividade da indústria brasileira de celulose kraft branqueada de eucalipto. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 27. 171 pp. (2012)

https://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT27_CompetitividadeCelulose.pdf (em Português)

A sustentabilidade das florestas plantadas de eucalipto na rede de valor da celulose e papel no Brasil. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 30. 182 pp. (2012)

https://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT30_SustentabilidadeEucaliptos.pdf (em Português)

Aspectos práticos e conceituais sobre a fabricação de celulose de mercado do tipo kraft branqueada a partir de madeira de eucalipto. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 31. 370 pp. (2013)

https://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT31_ProcessoKraftEucalipto.pdf (em Português)

Aplicações da biotecnologia em processos industriais de fabricação de celulose de eucalipto. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 32. 146 pp. (2013)

https://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT32_Biotecnologia_Celulose.pdf (em Português)

Para onde caminha a indústria do papel. C. Foelkel. Info@Tecnicelpa - Folha Informativa Tecnicelpa 43: 14 – 15. Websites Grau Celsius. (2014)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2014_Tecnicelpa+43.pdf (em Português)

e

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Para_onde_caminha_a_industria_do_papel.pdf (em Português)

Meio século de avanços tecnológicos setoriais. C. Foelkel. Info@Tecnicelpa - Folha Informativa Tecnicelpa 45: 15 - 16. Websites Grau Celsius. (2015)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015_Tecnicelpa+45.pdf (em Português)

e

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/TECNICELPA_Meio_Seculo_de_Avancos_Tecnologicos.pdf (em Português)

Relatos de Vida: Projeto Bacell - 1993 /1995 - Fabricação de celulose solúvel branqueada de mercado. C. Foelkel. *In*: Eucalyptus Newsletter nº 47. 16 pp. (2015)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/News47_Relatos_Projeto_Bacell.pdf (em Português)

Relatos de Vida: International Non-Chlorine Bleaching Conferences. C. Foelkel. *In:* Eucalyptus Newsletter nº 49. 10 pp. (2015)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/News49_Non_Chlorine_Bleaching.pdf (em Português)

Livro: **A evolução tecnológica do setor de celulose e papel no Brasil.** E.S. Campos; C. Foelkel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 228 pp. (2017)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/2017_Livro_EvolucaoTecnologica_Celulose_Papel_Brasil.pdf (em Português)

Materiais de Evento: **Colóquios Internacionais sobre Celulose de Eucalipto - ICEP's - International *Colloquia* on *Eucalyptus* Pulp**. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 55. 72 pp. (2017)

https://www.eucalyptus.com.br/news/pt_ago17.pdf (em Português)

A construção da competência tecnológica eucalíptica para produção de celulose e papel. C. Foelkel. Info@Tecnicelpa - Folha Informativa Tecnicelpa 53: 14 – 16. Website Grau Celsius. (2017)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2017_Competencia+Tecnologica+Eucalipttica.pdf (em Português)

e

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/2017_TECNICELPA_Competencia_eucaliptica.pdf (em Português)

A madeira do eucalipto para produção de celulose: Entendendo a construção do indicador de consumo específico de madeira para produção de celulose kraft. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 46. 106 pp. (2017)

https://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT46_Consumo+Especifico+Madeira+Celulose.pdf (em Português)

Materiais sobre Associação Tecnológica: **RIADICYP & suas Publicações. RIADICYP - Red IberoAmericana de Docencia e Investigación en Celulosa, Papel y Productos Lignocelulósicos*. Parte I – Livros, oficinas, boletins, apresentações e artigos*.** C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 61. 79 pp. (2018)

https://www.eucalyptus.com.br/news/pt_jun18.pdf (em Português)

Materiais de Eventos: **International Symposium on Lignocellulosic Materials & Conferência IberoAmericana sobre Bioeconomia. Rede RIADICYP & Publicações. Red IberoAmericana de Docencia e Investigación en Celulosa, Papel y Productos Lignocelulósicos.** C. Foelkel. PinusLetter nº 54. 105 pp. (2018)

https://www.celso-foelkel.com.br/pinus/pinus_54.pdf (em Português)

Dilemas ao eucalipto para produção de celulose e papel: Perspectivas para o futuro. C. Foelkel. Info@Tecnicelpa - Folha Informativa Tecnicelpa 54: 22 - 24. Website Grau Celsius. (2018)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2018_Tecnicelpa+54.pdf (em Português)

e

https://celso-foelkel.com.br/artigos/Tecnicelpa_Futuro+do+Melhoramento+Eucalipto.pdf (em Português)

Os limites do branco do papel branco. C. Foelkel. Info@Tecnicelpa - Folha Informativa Tecnicelpa 55: 18 - 20. Website Grau Celsius. (2018)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2018_Tecnicelpa+55.pdf (em Português)

e

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Tecnicelpa_Limites_do_branco_do_papel_branco.pdf (em Português)

Indústria do futuro. O setor brasileiro de celulose e papel em sua rota competitiva de futuro tecnológico. C. Foelkel. *In:* Eucalyptus Newsletter nº 79. 30 pp. (2020)

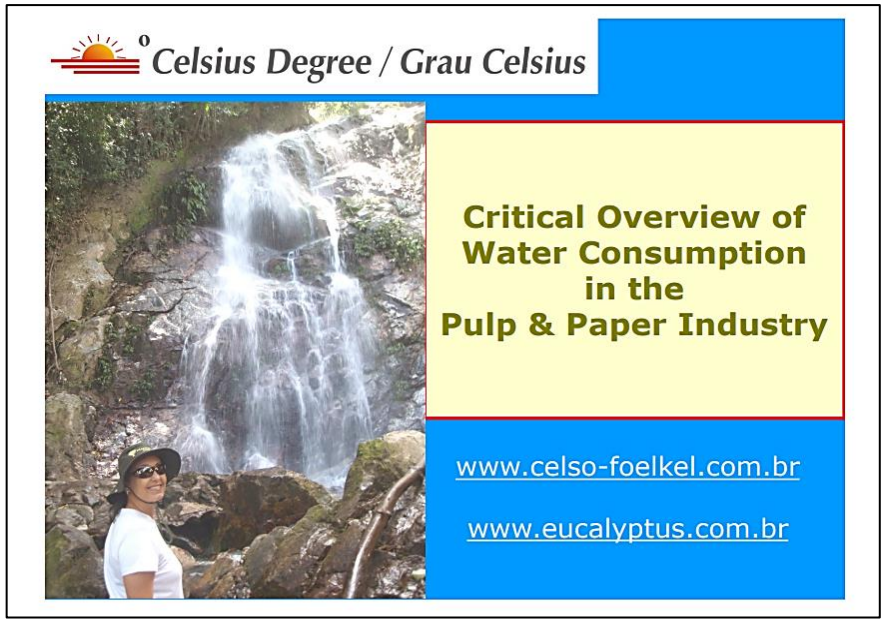
https://www.eucalyptus.com.br/news/Coletanea_Industria+Futuro.pdf (em Português)

Materiais de Evento: **Simpósios Brasileiros sobre a Química das Ligninas e outros Componentes da Madeira.** (*Brazilian Symposium on the Chemistry of Lignins and other Wood Components*). C. Foelkel. PinusLetter nº 56. 122 pp. (2020)

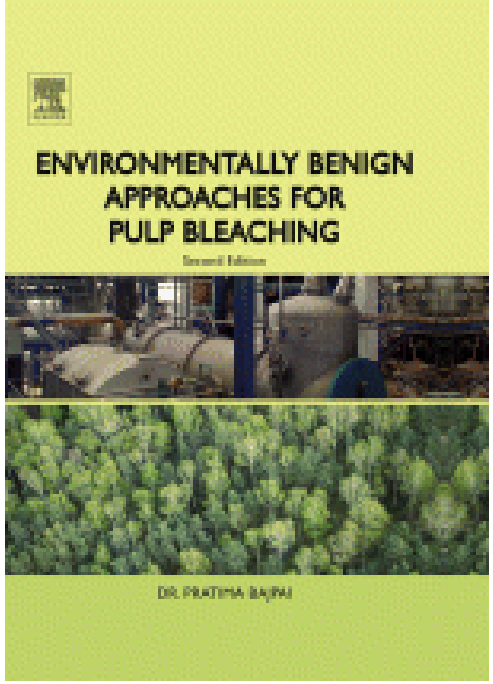
https://www.celso-foelkel.com.br/pinus/pinus_56.pdf (em Português)

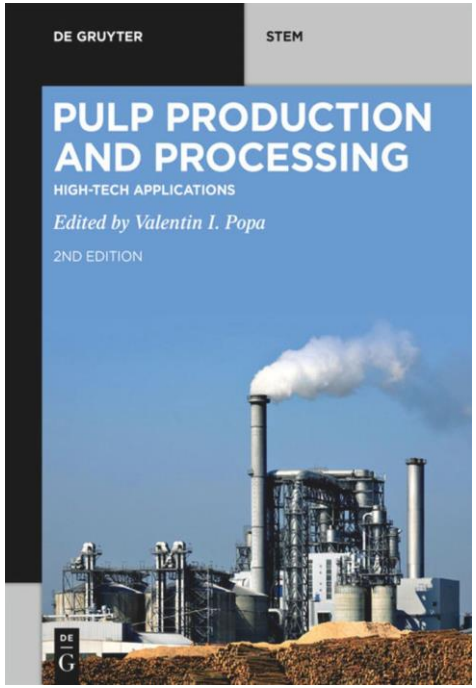
Projetando o "muito além" para a construção do futuro do setor de celulose e papel. Info@Tecnicelpa - Folha Informativa Tecnicelpa 66: 26 - 27. (2021)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2021_Tecnicelpa_Projetando+Muito+Alem.pdf (em Português)



Grupo 2: Referências de "Materiais de livros/cursos/eventos/vídeos relacionados ao branqueamento da celulose kraft" com acesso público e gratuito





Apostila de Curso: **Branqueamento de pastas celulósicas.** M.L.O. D'Almeida. CTCP – Centro Técnico em Celulose e Papel. IPT/SP – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 122 pp. (1978)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1978_Branqueamento+Pastas+Celulosicas+Malu.pdf (em Português)

Material de curso: **Branqueamento de celulose. Aulas teóricas.** A.F. Milanez. Apostila Curso de Mestrado UFV. 175 pp. (1979)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufv/05.%20Branqueamento%20de%20Celulose.%201979.pdf (em Português)

Material de Curso: **Química dos processos de produção de celulose.** C.E.B. Foelkel. Curso de Pós-Graduação em Tecnologia de Celulose e Papel. UFV – Universidade Federal de Viçosa. CENIBRA – Celulose Nipo-Brasileira. 286 pp. (1979)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufv/03.%20Qu%EDmica%20dos%20Processos%20de%20Produ%E7ao%20de%20Celulose.%201977.1979.pdf (em Português)

Material de Curso: **Tecnologia de celulose: Aulas teóricas, problemas e provas.** A.F. Milanez; C. Foelkel. Curso de Pós-Graduação em Tecnologia de Celulose e Papel. UFV – Universidade Federal de Viçosa. CENIBRA – Celulose Nipo-Brasileira. 96 pp. (1979)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufv/04.%20Tecnologia%20da%20Celulose.%201977.1979.pdf (em Português)

Livro: **Blanqueo de pastas en la indústria papelera.** J.A. Garcia-Hortal; T. Vidal-Lluccià. Universidad Politécnica de Cataluña. 370 pp. (1984)

https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.3/36483/1400510078.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Espanhol)

Livro: **Celulose e papel: Tecnologia de fabricação da pasta celulósica**. M.L.O. D'Almeida (Coordenação técnica e autoria de capítulos). P. Phillip (Revisão técnica). IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Escola SENAI "Theobaldo de Nigris". SENAI-SP - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. 2ª Edição. Volume 1. 573 pp. (1988)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1988_Livro_IPT+SENAI+Celulose+Papel_Vol.01.pdf (em Português)

Capítulo de Livro: **Chapter 04: Pulp bleaching technology.** *In:* "Technologies for reducing dioxin in the manufacture of bleached wood pulp". Congress of the United States Background Paper. Princeton University. 14 pp. (1989)

https://www.princeton.edu/~ota/disk1/1989/8931/893106.PDF (em Inglês)

Capítulo de Livro: **Chapter 05: Technologies for reducing chlorinated organics in pulp manufacture.** *In:* "Technologies for reducing dioxin in the manufacture of bleached wood pulp". Congress of the United States Background Paper. Princeton University. 22 pp. (1989)

https://www.princeton.edu/~ota/disk1/1989/8931/893107.PDF (em Inglês)

Livro: **Technologies for reducing dioxin in the manufacture of bleached wood pulp.** U.S. Congress, Office of Technology Assessment. 79 pp. (1989)

https://www.princeton.edu/~ota/disk1/1989/8931/8931.PDF (em Inglês)

Apostila: **Avances en la fabricación de pastas químicas.** L. Soria. Udelar – Universidad de la Republica. Facultad de Agronomia. Notas Técnicas nº 15. 25 pp. (1992)

https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/32936/1/notas_tecnicas_1992_15.pdf (em Espanhol)

Tese de Doutorado: **Emergência e consolidação do "padrão eucalipto" na indústria brasileira de celulose de mercado.** M.O.M. Jorge. UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas. 180 pp. (1992)

https://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=490074

Material de Evento: **Proceeedings of the International Symposium on "Pollution Prevention in the Manufacture of Pulp and Paper. Oportunities and barriers".** USEPA - United States Environmental Protection Agency. Office of Pollution Prevention and Toxics. 343 pp. (1993)

https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=91013V3C.TXT (em Inglês)

e

https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/91013V3C.PDF?Dockey=91013V3C.PDF (em Inglês)

Livro: **Pollution prevention technologies for the bleached kraft segment of the U.S. pulp and paper industry.** J. Woodman. USEPA **-** United States Environmental Protection Agency. Office of Pollution Prevention and Toxics. 190 pp. (1993)

https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/9100PTP2.PDF?Dockey=9100PTP2.PDF (em Inglês)

Livro: **Handbook on pollution prevention opportunities for bleached kraft pulp and paper mills.** J. Woodman. United States Environmental Protection Agency. Office of Pollution Prevention and Toxics. 71 pp. (1993)

https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/30002TZ9.PDF?Dockey=30002TZ9.PDF (em Inglês)

Livro: **Essentials of pulping and papermaking**. C.J. Biermann. Academic Press. 506 pp. (1993)

https://archive.org/details/essentialsofpulp0000bier/mode/2up (em Inglês)

Livro: **Handbook of pulping and papermaking.** C.J. Biermann. Academic Press. 796 pp. (1996)

https://archive.org/details/handbookofpulpin0002bier (em Inglês)

Livro: **Pulp bleaching: Principles and practice.** C.W. Dence; D.W. Reeve (Editores). Tappi – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 880 pp. (1996)

https://www.tappi.org/content/PRESS/TOC/0102B061.pdf (Para aquisição - em Inglês)

Livro: **Environmentally friendly technologies for the pulp and paper industry.** R.A. Young; M. Akhtar. John Wiley & Sons. 592 pp. (1998)

https://www.google.com.br/books/edition/Environmentally_Friendly_Technologies_fo/_H_f12RuG98C?hl=pt-BR&gbpv=1 (em Inglês)

Capítulo de Livro: **Industria del papel y de la pasta de papel.** K. Teschke; P. Demers. *In:* "Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo". Oficina Internacional del Trabajo y el Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España. 22 pp. (1998)

https://www.google.com/url?client=internal-element-cse&cx=004929548151442167585:hlvetmgqfdl&q=https://www.insst.es/documents/94886/161971/Cap%25C3%25ADtulo%252072.%2520Industria%2520del%2520papel%2520y%2520de%2520la%2520pasta%2520de%2520papel.pdf/54cdf8b5-26d9-4bde-b1a3-5d16482cd016%3Fversion%3D1.0%26t%3D1526457680640%26download%3Dtrue&sa=U&ved=2ahUKEwjln97u4Z2CAxV6qpUCHYVQDRMQFnoECAIQAQ&usg=AOvVaw0cjaLCa0KpuAVINrDN_Jcj (Capítulo 72 - 22 pp. (em Espanhol)

Material de curso: **Aspectos do branqueamento da celulose**. B.V.P. Redko. Apresentação em PowerPoint: 216 slides. (1999)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/08_Branqueamento.pdf (em Português)

Texto didático: **Pulping & bleaching.** Pulp & Paper Canadá. (2003)

https://www.pulpandpapercanada.com/pulping-bleaching-1000143592/ (em Inglês)

Livro: **A história da indústria de celulose e papel no Brasil**. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Coordenação e colaboração geral redacional: Gastão Estevão Campanaro; Celso Foelkel. 158 pp. (2004)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2004_Historia+Industria+C&P_ABTCP.pdf (em Português)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2004_Historia+Industria+C&P_ABTCP_English.pdf (em Inglês)

Material de curso: **Tecnologia e química da produção de celulose. Parte 01.** J.L. Gomide. Curso de Especialização ABTCP/UFV. Apresentação em PowerPoint: 218 slides. (2005)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2003-%20Tecnologia_e_Quimica_da_Produ%E7%E3o_de_Celulose_-_P.pdf (em Português)

Material de curso: **Tecnologia e química da produção de celulose. Parte 02.** J.L. Gomide. Curso de Especialização ABTCP/UFV. Apresentação em PowerPoint: 229 slides. (2005)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2004%20-Tecnologia_e_Quimica_da_Produ%E7%E3o_de_Celulose_-_P.pdf (em Português)

Livro: **Handbook of pulp.** H. Sixta (Editor). Wiley VCH-Verlag. 2 Volumes. 1369 pp. (2006)

https://www.lcrl.ppc.ubc.ca/files/2013/01/2006-Pulp-Handbook.pdf (em Inglês)

Folheto técnico: **Bleaching 101: The basics.** W. Bucher. Frontline Focus. Tappi – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. p.: 01 – 03. (2006)

https://www.tappi.org/content/pdf/journal/06julff.pdf (em Inglês)

Livro: **Handbook of paper and board.** H. Holik (Editor). Wiley-VCH Verlag. 524 pp. (2006)

https://www.academia.edu/9910786/handbook_of_paper_and_board (em Inglês)

Livro: **A celulose de eucalipto - Uma oportunidade brasileira.** L.R.S. Queiroz; L.E.G. Barrichelo. Avis Brasilis Editora. 156 pp. (2008)
https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/A%20celulose%20de%20eucalipto.pdf

Livro: **Guidelines on best available techniques and provisional guidance on best environmental practices relevant to Article 5 and Annex C of the Stockholm Convention on POPs - Persistent Organic Pollutants.** *Section V-C: Production of pulp using elemental chlorine or chemicals generating elemental chlorine.* Secretariat of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. UNEP - United Nations Environment Programme. 29 pp. (2008)

http://toolkit.pops.int/Publish/Downloads/ENG_04-Production%20of%20pulp%20using%20elemental%20chlorine%20or%20chemicals%20generating%20elemental%20chlorine.pdf (em Inglês)

Capítulo de livro: **Blanqueo de pastas.** J.A. Garcia-Hortal; M. Blanca-Roncero; T. Vidal. *In:* "Panorama de la indústria de celulosa y papel en Ibero América". Editores: M.C. Area; S.W. Park. 1ª Edição. 48 pp. (2008)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2008_RIADICYP_III_Blanqueo+Pulpa.pdf (em Espanhol)

Livro: **Panorama de la indústria de celulosa y papel en Ibero America 2008.** Edição M.C. Area. 1ª Edição. 568 pp. (2008)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2008_Area_Panorama+Industria+Celulosa+Papel.pdf (Livro completo em pdf – 7 MB – em Inglês, Português e/ou Espanhol)

Curso: **Branqueamento de celulose.** A. Mokfienski. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 35 slides. (2009)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2009_Branqueamento_Alfredo.pdf (em Português)

Livro: **Pulp and paper chemistry and technology. *Volume 1. Wood chemistry and wood biotechnology.*** M. Ek; G. Gellerstedt; G.Henriksson (Editores). Walter De Gruyter Publishing. 320 pp. (2009)

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5597684/mod_resource/content/2/Wood%20Chemistry%20and%20Wood%20Biotechnology%20-%20Vol1%20-%20De%20Gruyter.pdf (em Inglês)

Livro: **Pulp and paper chemistry and technology. *Volume 2: Pulping chemistry and technology.*** M. Ek; G. Gellerstedt; G.Henriksson (Editores). Walter De GruyterPublishing. 484 pp. (2009)

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5597689/mod_resource/content/1/Pulping%20Chemistry%20and%20Technology%20-Vol%202-%20De%20Gruyter.pdf (em Inglês)

Material de curso: **Papel e celulose. Apostila 4. Processos Químicos Industriais II.** H.F. Castro. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de Lorena. 30 pp. (2009)

https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5840556/434/apostila4papelecelulose.pdf (em Português)

Livro: **Pulp bleaching today.** H.U. Süss. Walter de Gruyter Editora. 319 pp. (2010)

https://books.google.com.br/books?id=1_VtiCiISZkC&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false (em Inglês)

e

https://www.academia.edu/1882863/Pulp_bleaching_today (em Inglês)

Material de Curso: **Fabricação da celulose.** F.M. Gomes. Disciplina Processos Qumicos Industriais II. Escola de Engenharia de Lorena. Departamento de Química. USP – Universidade de São Paulo. Apresentação em PowerPoint: 13 slides. (2011)

http://dequi.eel.usp.br/~fabricio/papel2.pdf (em Português)

Material de Curso: **Branqueamento da celulose.** F.M. Gomes. Disciplina Processos Qumicos Industriais II. Escola de Engenharia de Lorena. Departamento de Química. USP – Universidade de São Paulo. Apresentação em PowerPoint: 27 slides. (2011)

http://dequi.eel.usp.br/~fabricio/branqueamento.pdf (em Português)

Livro: **The bleaching of pulp.** A.W. Rudie; P.W. Hart. Tappi Press. Tappi - Technical Association of the Pulp and Paper Industry. (2012)

https://www.yumpu.com/en/document/read/3402161/the-bleaching-of-pulp-5-edition-bypeter-w-hart-alan-w-tappi (em Inglês)

Livro: **Environmentally benign approaches for pulp bleaching.** P. Bajpai. Elsevier. 416 pp. (2012)

https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=xtOdqAUaamAC&oi=fnd&pg=PP2&dq=%22Emerging+Bleaching+Technologies%22&ots=ksGO7iETTU&sig=8SeUE8HwXZ0SKC2TI90jCd_8ToQ#v=onepage&q=%22Emerging%20Bleaching%20Technologies%22&f=false (em Inglês)

Livro: **Bleach plant effluents from the pulp and paper industry.** P. Bajpai. Elsevier. 88 pp. (2013)

https://www.google.com.br/books/edition/Bleach_Plant_Effluents_from_the_Pulp_and/VdFDAAAAQBAJ?hl=pt-BR&gbpv=1 (em Inglês)

Capítulo de Livro: **Pulp bleaching - An overview.** ScienceDirect Topics. Advances in Inorganic Chemistry. 13 pp. (2013)

https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/pulp-bleaching (em Inglês)

Livro: **Branqueamento de polpa celulósica. Da produção da polpa marrom ao produto acabado**. J.L. Colodette; F.J.B. Gomes (Editores). Livraria e Editora da UFV. 816 pp. (2015)

https://www.editoraufv.com.br/produto/branqueamento-de-polpa-celulosica/1112613 (Para aquisição - em Português)

Livro: **Green chemistry and sustainability in pulp and paper industry.** P. Bajpai. Springer International Publishing. 273 pp. (2015)

https://books.google.com.br/books?id=WbT-CQAAQBAJ&printsec=copyright&source=gbs_pub_info_r#v=onepage&q&f=false (em Inglês)

Livro: **BREF Pulp & Paper 2015 - Best Available Techniques (BAT) reference document for the production of pulp, paper and board.** Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control). European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau. 906 pp. (2015)

https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2019-11/PP_revised_BREF_2015.pdf (em Inglês)

Capítulo de Livro: **Color and color reversion of cellulosic and lignocellulosic fibers.** A. Castellan; S. Grelier. *In:* "Lignocellulosic Fibers and Wood Handbook". N. Belgacem; A. Pizzi (Editores.) Scrivener Publishing LLC. 22 pp. (2016)

https://www.researchgate.net/publication/315798756_Color_and_Color_Reversion_of_Cellulosic_and_Lignocellulosic_Fibers (em Inglês)

Livro: **Panorama de la indústria de celulosa y papel y materiales lignocelulosicos 2016.** Edição M.C. Area; S.W. Park. 1ª Edição. 460 pp. (2016)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_Area+Park_Livro_Panorama_Celulose+Papel.pdf (Capítulos em Espanhol, Português ou Inglês)

Livro: **A evolução tecnológica do setor de celulose e papel no Brasil.** E.S. Campos; C. Foelkel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 228 pp. (2017)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/2017_Livro_EvolucaoTecnologica_Celulose_Papel_Brasil.pdf (em Português)

Material de Curso: **Química da madeira e dos processos de cozimento e de branqueamento.** V. Lucas. Curso intensivo "Processo de Produção de Pasta". Tecnicelpa - Associação Portuguesa dos Técnicos das Indústrias de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 100 slides. (2017)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2017_Processo_kraft+Tecnicelpa.pdf (em Português)

Capítulo de Livro: **Pulp bleaching: An overview.** P. Bajpai. Advances in Inorganic Chemistry. Biermann's Handbook of Pulp and Paper. (2018)

https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/pulp-bleaching (em Inglês)

Capítulo de Livro: **Pulp bleaching.** P.W. Hart. Kirk-Othmer Encyclopedia. ResearchGate. 30 pp. (2019)

https://www.researchgate.net/publication/333715181_Pulp_Bleaching (em Inglês)

Livro: **Pulp production and processing: High-tech applications.** V.I. Poppa (Editor). De Gruyter. (2020)

https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/9783110658842/html (Referência - em Inglês)

Documento: **A indústria de papel e celulose no Brasil e no mundo. Panorama geral.** EPE - Empresa de Pesquisa Energética; IEA - International Energy Agency; IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. 23 pp. (2022)

https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-650/Pulp%20and%20paper_EPE+IEA_Portugu%C3%AAs_2022_01_25_IBA.pdf (em Português)

Relato de Vida por Celso Foelkel: **Deslignificação com oxigênio para polpas kraft. Vivências no desenvolvimento desse processo tecnológico no Brasil.** C. Foelkel. Website www.celso-foelkel.com.br. 224 pp. (2023)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2023_Relato+Vida+CFoelkel+O2+Delignification.pdf (em Português)

Curso: **Introduction to kraft pulping and bleaching course.** Tappi – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. (2024)

https://www.tappi.org/event/calendar/courses/introduction-to-kraft-pulping-and-bleaching-course/ (em Inglês)

Curso: **Tappi Academy Course: Bleaching.** Tappi – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. Acesso em 30.10.2023:

https://www.tappi.org/education/tappi-academy/TAPPI-Academy--eLearning/Pulping-Courses/bleaching/ (Para aquisição – em Inglês)

Material de Curso: **The kraft pulping (and bleaching) course.** J.M. MacLeod. Website Kraftpulping.com. Acesso em 30.10.2023:

https://www.kraftpulping.com/ (em Inglês)

e

https://www.kraftpulping.com/courses.html (em Inglês)

Material de Curso: **Processos de obtenção de pastas.** R. Simões. Tecnicelpa - Associação Portuguesa dos Técnicos das Indústrias de Celulose e Papel. Diversos arquivos em duas partes. Apresentações em PowerPoint. Acesso em 30.10.2023:

Parte 1: https://www.tecnicelpa.com/files/20170607_RogerioSimoes1.pdf (em Português)

Parte 2: https://www.tecnicelpa.com/files/20170607_RogerioSimoes2.pdf (em Português)

Material Demonstrativo de Curso: **Bleaching.** Knowpulp.com. Acesso em 30.10.2023:

https://www.knowpulp.com/www_demo_version/english/pulping/general/6_bleaching/frame.htm (em Inglês)

Programa de Curso de Celso Foelkel: **Processo kraft de fabricação de celulose branqueada de eucalipto. *Para iniciantes no setor*.** C. Foelkel. Website celso-foelkel.com.br. Acesso em 30.10.2023:

https://www.celso-foelkel.com.br/cursos/Curso 03_ Processo kraft para iniciantes.pdf (Programa de curso presencial ou virtual - em Português)

Bleaching of wood pulp. Wikipedia – The Free Encyclopedia. Acesso em 30.10.2023:
https://en.wikipedia.org/wiki/Bleaching_of_wood_pulp (em Inglês)

Pulp bleaching. Vídeos da Vector Industrial Solutions. Vídeos YouTube. Acesso em 09.11.2023:
https://www.youtube.com/results?search_query=%22vector+solutions+industrial%22bleaching+pulp (em Inglês)

Bleaching. Vídeos da Tappi – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. Vídeos YouTube. Acesso em 09.11.2023:
https://www.youtube.com/results?search_query=%22tappi%22+bleaching+pulp (em Inglês)

Pulp and Paper. Vídeos da Aalto University. Vídeos YouTube. Acesso em 09.11.2023:
https://www.youtube.com/results?search_query=+bleaching+pulp+kraft+aalto (em Inglês)

Bleaching. Vídeo da Aalto University. Vídeos YouTube. Acesso em 09.11.2023:
https://www.youtube.com/watch?v=d43q0j831f8 (em Inglês)

Grupo 3: Seleção de alguns "Websites onde se podem encontrar materiais disponíveis sobre o branqueamento da celulose kraft" com acesso público e gratuito

Imagens de abertura de alguns dos websites recomendados

Seguem algumas recomendações de websites para navegação:

ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Brasil. Acesso em 27.10.2023:
https://www.abtcp.org.br/ (em Português)

Academia.edu. Repositório de literaturas técnicas e científicas. Acesso em 27.10.2023:
https://www.academia.edu/ (em Inglês)

Andritz. Fabricante de equipamentos e desenvolvedor de tecnologias. Acesso em 27.10.2023:

https://www.andritz.com/group-en/industries (em Inglês)

e

https://www.andritz.com/products-en/pulp-and-paper/pulp-production/kraft-pulp/fiberline/bleaching-kraft-pulp (em Inglês)

ATCP – Chile – Asociación Técnica de la Celulosa y el Papel de Chile. Chile. Acesso em 27.10.2023:

https://www.atcp.cl/ (em Espanhol)

e

https://issuu.com/atcpchile (Revista Celulosa y Papel - em Espanhol)

Biblioteca Digital de Teses e Dissertações do IBICT. Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia. Brasil. Acesso em 27.10.2023:

http://bdtd.ibict.br/vufind/ (em Português)

Biblioteca Florestal Digital. UFV – Universidade Federal de Viçosa. Repositório de literaturas técnicas e científicas do setor de base florestal. Brasil. Acesso em 27.10.2023:

http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/ (em Português)

Bleaching & biorefinery. Professor Arthur J. Ragauskas. Estados Unidos da América. Acesso em 27.10.2023:

http://biorefinery.utk.edu/ (em Inglês)

e

http://biorefinery.utk.edu/people/arthur-j-ragauskas/ (em Inglês)

e

https://utk.academia.edu/ArthurRagauskas (em Inglês)

Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES. Coordenação de Apoio ao Ensino Superior. Brasil. Acesso em 27.10.2023:

http://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/ (em Português)

Celsius Degree. Página do Professor Celso-Foelkel. C. Foelkel. Brasil. Acesso em 27.10.2023:

https://www.celso-foelkel.com.br/index.html (em Português)

e

https://www.celso-foelkel.com.br/english.html (em Inglês)

CORE - The world's largest collection of open access research papers. Acesso em 27.10.2023:

https://core.ac.uk/ (em Inglês)

e

https://core.ac.uk/search?q=%22ecf%20bleaching%22%20eucalyptus (Pesquisa sobre "ECF bleaching"+Eucalyptus)

DSpace – UPCommons - Universitat Politècnica de Catalunya. Espanha. Acesso em 27.10.2023:

https://upcommons.upc.edu/ (em Inglês)

EPA National Library Catalog – U.S. Environmental Protection Agency. Estados Unidos da América. Acesso em 27.10.2023:

https://cfpub.epa.gov/ols/catalog/catalog_lookup.cfm?search_type=new (em Inglês)

Eucalyptus Online Book & Newsletter. Página do Professor Celso Foelkel. Brasil. Acesso em 27.10.2023:

https://www.eucalyptus.com.br/ (em Português)

e

https://www.eucalyptus.com.br/index_eng.html (em Inglês)

FPInnovations. Canadá. Acesso em 27.10.2023:

https://web.fpinnovations.ca/ (em Inglês)

Google Books. Google Livros. Website internacional. Acesso em 27.10.2023:

https://books.google.com.br/ (em Português e em Inglês)

e

https://www.google.com/search?q=pulp+bleaching+industry&sca_esv=580956334&tbm=bks&sxsrf=AM9HkKmuz3cjFkno6qlxi7oc4zEslW1uUw%3A1699563427477&ei=o0dNZYHkHPT85OUPvdC0cA&oq=pulp+bleaching+indutry&gs_lp=Eg1nd3Mtd2l6LWJvb2tzIhZwdWxwIGJsZWFjaGluZyBpbmR1dHJ5KgIIADIEECEYCkjGClAAWABwAHgAkAEAmAF9oAF9qgEDMC4xuAEByAEAiAYB&sclient=gws-wiz-books (Pesquisa sobre livros contendo as palavras Bleaching + Pulp + Industry)

IMAM – Instituto de Materiales de Misiones. Programa de Celulosa y Papel. UNaM – Universidade Nacional de Misiones. Argentina. Acesso em 27.10.2023:

https://www.procyp.unam.edu.ar/index.php/ (em Espanhol)

Internet Archive – Digital Library - Pesquisas de Textos (livros, artigos, relatórios antigos). Acesso em 27.10.2023:

https://archive.org/details/texts (em Inglês)

e

https://archive.org/search?query=Bleaching+kraft+pulp&sin=TXT (Pesquisa de livros, artigos, reports em formato texto sobre "bleaching kraft pulp" – em Inglês)

KTH Publication Database DiVA. KTH – The Royal Institute of Technology. Finlândia. Acesso em 27.10.2023:

https://kth.diva-portal.org/smash/search.jsf?dswid=561 (em Inglês)

LCP – UFV – Laboratório de Celulose e Papel. Universidade Federal de Viçosa. Brasil. Acesso em 27.10.2023:

https://www.lcp.ufv.br/ (em Português)

e

https://www.linkedin.com/company/lcp-ufv/?originalSubdomain=br (em Português)

LCP – UFSC – Laboratório de Celulose e Papel. Universidade Federal Santa Catarina. Brasil. Acesso em 27.10.2023:

https://lcp.paginas.ufsc.br/ (em Português)

Locus UFV – Repositório Institucional da UFV – Universidade Federal de Viçosa. Brasil. Acesso em 27.10.2023:

https://www.locus.ufv.br/ (Locus apresenta não apenas as teses de pós-graduandos, mas também artigos de alunos e professores da UFV - em Português)

LQCE – USP – Laboratório de Química, Celulose e Energia. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". USP – Universidade de São Paulo. Brasil. Acesso em 27.10.2023:

https://lqce.org/ (em Inglês)

National Forest Service Library - USDA Forest Service. Estados Unidos da América. Acesso em 27.10.2023:

https://www.fs.usda.gov/library/ (em Inglês)

Open Access Discovery Library. Malásia. Acesso em 27.10.2023:

https://openaccess.library.uitm.edu.my/ (em Inglês)

e

https://openaccess.library.uitm.edu.my/Search/Results?lookfor=bleaching+kraft+pulp&type=AllFields (Pesquisa sobre "Bleaching kraft pulp")

Open Library. Internet Archive. Acesso em 27.10.2023:

https://openlibrary.org/ (em Inglês)

PAPTAC – Pulp and Paper Technical Association of Canada. Canadá. Acesso em 27.10.2023:

https://www.paptac.ca/ (em Inglês)

PI – The Finnish Paper Engineers' Association. Finlândia. Acesso em 27.10.2023:

https://www.puunjalostusinsinoorit.fi/en/about-pi/pis-story/ (em Inglês)

Red de Repositório Latinoamericanos. Universidad de Chile. Chile. Acesso em 27.10.2023:
https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/ (em Espanhol)

ResearchGate. Repositório de literaturas técnicas e científicas. Acesso em 27.10.2023:
https://www.researchgate.net/ (em Inglês)

Revista O Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Brasil. Acesso em 27.10.2023:
https://www.revistaopapel.org.br/ (em Português)
e
https://www.opapeldigital.org.br/pub/papel/ (em Português)

SMARTech Repository. **Georgia Tech Library**. Repositório de literaturas técnicas e científicas do IPST – Institute of Paper Science and Technology. Estados Unidos da América. Acesso em 27.10.2023:
https://smartech.gatech.edu/ (em Inglês)

Tappi – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. Estados Unidos da América. Acesso em 27.10.2023:
https://www.Tappi.org/ (em Inglês)

Tecnicelpa – Associação Portuguesa dos Técnicos das Indústrias de Celulose e Papel. Portugal. Acesso em 27.10.2023:
https://www.tecnicelpa.com/ (em Português)

Valmet. Fabricante de equipamentos e desenvolvedor de tecnologias. Acesso em 27.03.2023:

https://www.valmet.com/pulp/ (em Inglês)

e

https://www.valmet.com/pulp/cooking-and-fiberline/bleaching/

VTT - Technical Research Centre of Finland. Finlândia. Acesso em 27.10.2023:

https://www.vttresearch.com/en (em Inglês)

Way Back Machine - Internet Archive sobre websites em diferentes posições no tempo. Acesso em 27.10.2023:

https://archive.org/web/ (em Inglês)

Conheçam essa maravilhosa biblioteca digital florestal, com muita literatura sobre o branqueamento da celulose

Grupo 4: Algumas referências de literaturas disponibilizadas em mídia eletrônica e referentes aos "Processos e tecnologias para o branqueamento de celulose kraft, com ênfase às do eucalipto" – Uma complementação às dezenas de referências citadas em outras seções desse Relato de Vida

As tecnologias vêm sendo aperfeiçoadas através de inovações, otimizações de desempenhos, operacionalizações e em escalas de produção

Construindo os alicerces dos nossos processos atuais de branqueamento da celulose kraft

Muitas conquistas e alegrias, mas algumas preocupações também...

Uma das principais fontes de informações globais sobre o branqueamento de celulose kraft de eucalipto

Associem-se à ABTCP para desfrutar dessa riqueza de conhecimentos

Seguem nossas sugestões:

Bleaching kraft pulp. R.L. Davis. Dissertação de Mestrado. The Institute of Paper Chemistry. 37 pp. (1931)
https://repository.gatech.edu/bitstreams/948fd8fb-329f-4278-b3c7-6f330560fe17/download (em Inglês)

The coloring matter in kraft pulp. H. Schwartz. Tese de Doutorado. McGill University. 146 pp. (1939)
https://escholarship.mcgill.ca/downloads/k643b4150 (em Inglês)

Ensaios de branqueamentos com pastas celulósicas de E*ucalyptus saligna* obtidas pelo processo sulfato. W. Overbeck. Revista O Papel (Janeiro): 16 - 22. (1969)
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1969_1_Branqueamento+Celulose+Eucalipto+IPT.pdf (em Português)

Branqueamento sem poluição. A. Stonis. V Convenção Anual. ABCP – Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. 07 pp. (1972)

https://eucalyptus.com.br/Artigos/1972_Branqueamento+Sem+Poluizao.pdf (em Português)

Introdução do peróxido de hidrogênio nos estágios de extração alcalina durante o alvejamento das pastas kraft. M.G. Delattre; G. Papageorges. VI Convenção Anual. ABCP – Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. 18 pp. (1973)

https://eucalyptus.com.br/Artigos/1973_Peroxido+Extrazao+Alcalina.pdf (em Português)

Branqueamento compacto. A. Stonis. 9º Congresso Anual. ABCP – Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. 08 pp. (1976)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1976_Branqueamento+Compacto+Stonis.pdf (em Português)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1976_12_Branqueamento+Compacto_Stonis.pdf - Republicado na Revista O Papel 37(12): 101 – 107. (1976) - (em Português)

Displacement bleaching. J. Gullichsen. *In:* International Seminar "Non-Waste Technology and Production". p.: 409 – 414. (1976)

https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=IxQSBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA405&dq=%22j+gullichsen%22+bleaching+&ots=cmo4bx4Pxw&sig=3b4Bf38MHYNWlClcRu78t14t46M&redir_esc=y#v=onepage&q=%22j%20gullichsen%22%20bleaching&f=false (em Inglês)

Estudos sobre testes de branqueabilidade: Relacionamento entre número de permanganato e número de cloro. A.F. Lima; M.R.R. Pinho. O Papel (Julho): 47 – 52. (1977)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1977_Testes_Branqueabilidade.pdf (em Português)

Aspectos do comportamento do eucalipto e da bétula frente aos agentes de branqueamento. B.V.P. Redko. 11º Congresso Anual. ABCP – Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. 13 pp. (1978)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1978_Branqueamento+Betula+Eucalipto+Redko.pdf (em Português)

Branqueamento de polpa de eucalipto. A. Stonis. Revista O Papel (Fevereiro): 55 – 60. (1978)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1978_2_Branqueamento+Celulose+Eucalipto.pdf (em Português)

Branqueamento compacto (DCH)n. A. Stonis. 12º Congresso Anual. ABCP – Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. 13 pp. (1979)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1979_Branqueamento+Compacto+DCHn.pdf (em Português)

Pastas celulósicas sulfato branqueadas de folhosas. Ênfase especial ao eucalipto brasileiro. S. Bugajer. Revista O Papel (Agosto): 47 - 53. (1979)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1979_8_Pastas+Eucalipto+Brasileiro.pdf (em Português)

Branqueamento por deslocamento: Um relato da situação. G. Collin. Revista O Papel (Março): 37 – 44. (1979)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1979_3_Branqueamento+Deslocamento.pdf (em Português)

A influência da deslignificação e do branqueamento na cristalinidade da celulose. B.V.P. Redko; R. Maggion; S. Bugajer. Revista O Papel (Março): 51 – 53. (1979)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1979_3_Efeito+Deslig+Cristalinidade+Celulose.pdf (em Português)

Utilização do peróxido de hidrogênio no branqueamento de polpa kraft de eucalipto. J.L. Colodette. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 87 pp. (1981)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufv/Jorge%20Colodette.pdf (em Português)

Utilização do peróxido de hidrogênio no branqueamento de polpa kraft de eucalipto. J.L. Colodette; J.L. Gomide; R.C. Oliveira. 14º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 38 pp. (1981)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/ABTCP/1981_Uso_peroxido_branqueamento_polpa.pdf (em Português)

Aplicações práticas de várias sequências de branqueamento no processo industrial. C. Zvinakevicius. 14º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 23 pp. (1981)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1981_Sequencias+Ceslavas.pdf (em Português)

Utilização do peróxido de hidrogênio no branqueamento de polpa kraft de eucalipto. J.L.Colodette; J.L. Gomide; R.C. Oliveira. 14º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 38 pp. (1981)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1981_Utilizazao+Peroxido+UFV.pdf (em Português)

Avaliação estatística das características técnico-econômicas das sequências de branqueamento CED_1ED_2; D/CED_1ED_2; CED_1PD_2 e D/CED_1PD_2. J.L. Colodette; J.L. Gomide; R.C. Oliveira; B.R. Vital. 14º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 22 pp. (1981)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/ABTCP/1981_Avaliacao_estatistica_branqueamentos.pdf (em Português)

Experiência de tratamento avançado de efluentes em fábrica de celulose kraft. J. Herrera; E. Ratnieks; V. Menegotto. 16º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 24 pp. (1983)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/79_1983_Tratamento%20avancado%20Riocell.pdf (em Português)

Aspectos técnico-econômicos da futura tecnologia de branqueamento. I. Croon. Revista O Papel (Dezembro): 175 – 178. (1983)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1983_12_Futuras+Tecnologias.pdf (em Português)

The basic technology of the pulp and paper industry and its environmental protection practices. N. McCubbin. Environment Canada. 215 pp. (1983)

https://publications.gc.ca/collections/collection_2019/eccc/en42-1/En42-1-83-1-eng.pdf (em Inglês)

Otimização das dosagens de hipoclorito e peróxido de hidrogênio, nas sequências CEH1P e CEH1H2 para o branqueamento de polpa kraft de eucalipto. J.L. Colodette; J.L. Gomide; R.C. Oliveira. Revista O Papel (Outubro): 48 – 52. (1983)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1983_Hipo_peroxido.pdf (em Português)

Otimização dos parâmetros da peroxidação, na sequencia CE/HHP, para branqueamento de polpa kraft de eucalipto. J.L. Colodette; J.L. Gomide. Revista Árvore 8(1): 28 – 38. (1984)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1984_Otimizando_Peroxidacao.pdf (em Português)

A utilização do oxigênio na extração alcalina. E. Guedes Filho. Revista O Papel (Maio): 49 – 56. (1985)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1985_05_Uso+Oxigenio+Extrazao+Alcalina.pdf (em Português)

Utilização de NaClO residual nos estágios iniciais do branqueamento. V. Manfredi; J.E. Moreira; J.A. Cisconetti. 17º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. p.: 551 – 565. (1985)

https://www.eucalyptus.com.br/VailManfredi/1984_NaClO_Residual.pdf (em Português)

Avaliação do estágio da hipocloração-lavagem no branqueamento industrial C/DEHDED. V. Manfredi; R. Vargas. Revista O Papel (Abril): 37 – 44. (1986)

https://www.eucalyptus.com.br/VailManfredi/1986_Avaliacao_Hipocloracao.pdf (em Português)

A comparison between bleaching sequences with alkaline extraction in the presence of oxidazing agents. S. Bugajer; R.M. Danilas. Pulp & Paper Canada 88(12): 169 – 172. (1987)

https://eucalyptus.com.br/artigos/1987_Alkaline+Extraction_Bugajer+Danilas.pdf (Uma cortesia da Dra. Sílvia Bugajer - em Inglês)

National dioxin study. Report to Congress. USEPA – United States Environmental Protection Agency. 170 pp. (1987)

https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=2000EQDL.TXT (em Inglês)

Obtención de pulpas química blanca sin uso de compuestos clorados. G. Salvadores; J. Paz; R. Melo. 12 pp. (1987)
https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2020_Obtencion%20de%20pulpas%20quimica%20blanca%20sin%20uso%20de%20com.pdf (em Espanhol)

Aplicação de peróxido de hidrogênio como agente de deslignificação de pastas celulósicas: Novas sequências de branqueamento. L. Soria. Revista O Papel (Maio): 33 – 40. (1987)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1987_05_Novas+Sequencias+Peroxido.pdf (em Português)

Environmental effects of paper industry wastewaters – An overview. I. Gellman. Water Science & Technology 20(2): 59 -65. (1988)

https://iwaponline.com/wst/article-abstract/20/2/59/23167/Environmental-Effects-of-Paper-Industry?redirectedFrom=PDF (em Inglês)

Pulp and paper mill in-plant and closed cycle technologies - A review of operating experience, current status, and research needs. I. Gellman. NCASI Technical Bulletin # 557. p.: 20 – 27. (1988)

https://www.ncasi.org/wp-content/uploads/2019/02/tb557.pdf (em Inglês)

Resíduos sólidos industriais ou bens de produção? O conceito da Riocell. C. Steiner; J. Herrera; C.E.B. Foelkel. 21º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 14 pp. (1988)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1988.%20Res%EDduos%20ou%20bens%20de%20produ%E7%E3o.pdf (em Português)

Hypo-washing bleaching: Development and combined use with oxygen in alkaline extraction. V. Manfredi; E. Cláudio-da-Silva Jr.; K. Sjöblom. Pulp & Paper Canada 90(12): T464 – T469. (1989)

https://www.eucalyptus.com.br/VailManfredi/1989_Hypo_Washing.pdf (em Inglês)

New concepts for short sequence bleaching. B. Stromberg. Paper Southern Africa (Março/Abril): 20 – 29. (1989)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1989_Short+Sequences+Kamyr.pdf (em Inglês)

Pulp and paper: Bleaching and the environment. Report 01. Australian Government Publishing Service. 125 pp. (1990)

https://www.pc.gov.au/__data/assets/pdf_file/0004/156712/01pulp.pdf (em Inglês)

Formation of chlorinated dioxins and furans in kraft pulp bleaching. T.J. McDonough; L.E. la Fleur; R. Brunck; E.W. Malcon. IPST – Institute of Paper Science and Technology. Technical Paper Series Number 362. 14 pp. (1990)

https://repository.gatech.edu/bitstreams/3ad8bbfa-528f-4709-8386-5a26309dffec/download (em Inglês)

A estabilidade do peróxido de hidrogênio durante o branqueamento da polpa. Parte 1: Na ausência de silicato de sódio. J.L. Colodette. Revista O Papel (Novembro): 80 – 112. (1990)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1990_11_Estabilidade+Peroxido_Parte1.pdf (em Português)

A estabilidade do peróxido de hidrogênio durante o branqueamento da polpa. Parte 2: Na presença de silicato de sódio. J.L. Colodette. Revista O Papel (Dezembro): 121 – 130. (1990)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1990_12_Estabilidade+Peroxido_Parte2.pdf (em Português)

Total chlorine-free bleaching of eucalypt kraft pulp. M.M. Lima; V. Manfredi; E. Cláudio-da-Silva Jr. Tappi Pulping Conference. 10 pp. (1990)

Sugiro visitar o website www.tappi.org para verificar o livre acesso ou para a aquisição do artigo (em Inglês)

USEPA/Paper industry cooperative dioxin study: "The 104 mill study". USEPA – United States Environmental Protection Agency. 29 pp. (1990)

https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/91014E3L.PDF?Dockey=91014E3L.PDF (em Inglês)

Development of new techniques to reduce environmental impact of pulp bleaching. K.E.L. Eriksson. 2º Simpósio Brasileiro sobre Química das Ligninas e Outros Componentes da Madeira. 23 pp. (1991)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1991_Reducing+Bleaching+Environmental+Impacts.pdf (em Inglês)

Facts affecting formation of PCDD/F in kraft pulp bleaching. T.J. McDonough; L.E. la Fleur; R. Brunck; E.W. Malcon. IPST – Institute of Paper Science and Technology. Technical Paper Series Number 376. 22 pp. (1991)

https://repository.gatech.edu/server/api/core/bitstreams/703ed8a6-d751-4a81-b859-fb75bf46614f/content (em Inglês)

In search of the ideal pulp mill. T.J. McDonough. IPST – Institute of Paper Science and Technology. Technical Paper Series Number 375. 10 pp. (1990)

https://repository.gatech.edu/bitstreams/111c2ebc-6d92-471f-bb2f-1165a8d37650/download (em Inglês)

Alternativas para branqueamento sem cloro molecular. A.H. Mounteer; J.L. Colodette; A.S. Campos; J.L. Gomide. 24º Congresso Anual. ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 18 pp. (1991)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/ABTCP/1991_Branqueamento_sem_Cloro_molecular.pdf (em Português)

Bleaching of eucalypt kraft pulp to 90 ISO in short sequences without molecular chlorine. A.H. Mounteer; J.L. Colodette; J.L. Gomide; A.S. Campos. Tappi International Pulp Bleaching Conference. Technical Association of the Pulp and Paper Industry. Volume 3: 83 - 102. (1991)

Sugiro visitar o website www.tappi.org para verificar o livre acesso ou para a aquisição do artigo (em Inglês)

Bleaching of *Eucalyptus* kraft pulps with environmentally friendly sequences. C. Christien; M. Hoyos; C.A.S.A. Santos. Revista ATIP 45(4): 128 – 133. (1991)

https://eucalyptus.com.br/artigos/1991_Environmentally+Friendly+Eucalyptus+Pulps.pdf (Uma cortesia do amigo Carlos Augusto Soares do Amaral Santos - em Inglês)

Ensayos de pulpaje y blanqueo de madera de eucaliptos (*Eucalyptus spp*.). R. Melo; J. Paz; A. Solís; V. Carrasco. Revista Celulosa y Papel 7(1). 10 pp. (1991)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2002a_%20Ensayos%20de%20pulpaje%20y%20blanqueo%20de%20madera%20de%20euca.pdf (Uma cortesia ATCP-Chile - em Espanhol)

Carta Patente Brasileira: **Processo para branqueamento de polpas químicas livre de contaminação ambiental.** M.M. Lima; E. Cláudio-da-Silva Jr.; V. Manfredi. Patente PI9003078-8. INPI - Instituto Nacional de Propriedade Industrial. 01 pp. (1991)

https://www.eucalyptus.com.br/VailManfredi/1991_Patente.PI9003078-8.pdf (Uma cortesia do mestre Vail Manfredi - em Português)

Branqueamento com peróxido de hidrogênio no sistema de secagem "flash" da Riocell. C. Zimmer; M.C. Malta; V. Oliveira; C.A.S.A. Santos; L.L. Silva Filho. 24º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 19 pp. (1991)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1991_Branqueamento+Flash+Dryer+Peroxido.pdf (em Português)

Como duplicar a produção de uma planta de branqueamento C/DEoDED. G.A. Paiva; J.L. Colodette; A.S. Campos. 24º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 18 pp. (1991)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1991_Duplicar+Planta+Branqueamento.pdf (em Português)

Cozimento modificado, deslignificação por oxigênio, branqueamento e efluentes. Polpa de *Eucalyptus*. G.A. Ferreira; J.J.V. Don. 24º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 21 pp. (1991)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1991_Cozimento+Modificado.pdf (em Português)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1992_3_Cozimento+Modificado.pdf (Republicado na Revista O Papel, Março, 1992 – 11 pp. – em Português)

Branqueamento de polpa kraft de eucalipto em sequências curtas de oxigênio. G.A. Paiva. Dissertação de Mestrado. UFV - Universidade Federal de Viçosa. 108 pp. (1991)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1992_Branqueabilidade_Gilberto_Paiva.pdf (em Português)

Celulose Oxicell. Um novo produto no mercado. M.A.L. Martins; E. Ratnieks. Revista O Papel (Março): 21 - 27. (1991)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1991_03_Celulose+Oxicell.pdf (em Português)

Flexibilização de sequências curtas de branqueamento utilizando-se o peróxido de hidrogênio em polpa de *Eucalyptus* sp. O. Mambrim Filho; C.A.S.A. Santos. Revista O Papel (Maio): 24 – 36. (1991)

https://eucalyptus.com.br/artigos/1991_05_Flexibilizando_Sequencias+Contendo+H2O2.pdf (em Português)

Experimentan con ozono para blanquear pulpa. R. Melo. Revista Celulosa y Papel 8(3). 1 pp. (1992)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/23_Experimentan%20con%20ozono%20para%20blanquear%20pulpa.pdf (Uma cortesia ATCP-Chile - em Espanhol)

Alternativas para branqueamento de polpa kraft de eucalipto sem cloro molecular. A.H. Mounteer. Dissertação de Mestrado. UFV - Universidade Federal de Viçosa. 120 pp. (1992)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufv/Branqueamento%20sem%20Cloro%20Molecular.pdf (em Português)

Alternativas para branqueamento sem cloro molecular. A.H. Mounteer; J.L. Colodette; A.S. Campos; J.L. Gomide. Revista O Papel (Abril): 25 - 35. (1992)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/ABTCP/1992_Branqueamento_sem_Cloro_molecular.pdf (em Português)

Substituição de cloro por dioxido no branqueamento da celulose pela Riocell S.A. C. Zimmer; J.R.B. Vinhas; P.R.P. Silveira; R.M. Escobar. 25º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 13 pp. (1992)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1992_Substituindo+Cloro+por+Dioxido.pdf (em Português)

Compostos fenólicos clorados em efluente de fábrica kraft de celulose utilizando 80% de substituição por dióxido de cloro no estágio Dc. C.A. Zini. 26º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 14 pp. (1993)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1993_Compostos+Organicos+Clorados+Zini.pdf (em Português)

Bleaching of *Eucalyptus* kraft pulp with the EnZone process. J.L. Yang; V.M. Sacon; S.E. Law; K.-E.L Eriksson. Tappi Journal 76(7): 91 – 96. (1993)

https://imisrise.tappi.org/TAPPI/Products/93/JUL/93JUL091.aspx (em Inglês)

Estudio del efecto activador del ozono durante la pre-deslignificación con oxigeno. Proceso OxO. J. Pinilla; R. Melo; A. Solis. V Jornadas Técnicas de la Celulosa y el Papel. ATCP-Chile. 10 pp. (1993)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/22_Estudio%20del%20efecto%20activador%20del%20ozono%20durante%20la%20predesl.pdf (em Espanhol)

Organoclorados em fábricas de celulose. Comitê de Efluentes da ABTCP. Revista O Papel (Julho): 40 – 45. (1993)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1993_Organoclorados+Fabricacao+Celulose.pdf (em Português)

Análise de dioxinas. C.A. Zini. Revista O Papel (Agosto): 26 – 31. (1993)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/17_Analise%20de%20dioxinas.pdf (em Português)

Alternativas para a redução/eliminação de compostos organoclorados na fabricação de celulose. A.C. Oliveira Filho; M.M. Lima. Revista O Papel (Setembro): 49 – 50. (1993)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1993_09+Organoclorados.pdf (em Português)

Tecnologia de osmose reversa para tratamento de efluentes hídricos de uma fábrica de celulose kraft branqueada. A.F. Lima; C.A.M. Gaia; M.R. Mensch; N.R. Lima; S.M. Vezzani. 26º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. p.: 545 - 563. (1993)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/73_1993_Tecnologia%20%20osmose%20reversa.pdf (em Português)

Branqueamento com ozônio. Deslignïficação e branqueamento de polpas químicas com ozônio: Um retrospecto. M.V. Byrd Jr.; S. Gratzl; R.P. Singh. Revista O Papel (Fevereiro): 40 – 47. (1993)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1993_Branqueamento+Ozonio.pdf (em Português)

Towards effluent-free TCF-bleaching of *Eucalyptus* prehydrolysis kraft pulp. H. Sixta; J. Schuster; C. Mayrhofer; A.W. Krotscheck; W. Rückl. International Non-Chlorine Bleaching Conference. 24 pp. (1994)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1994_Towards_Effluent_free_TCF_bleaching.pdf (em Inglês)

Overview of closed-cycle technology for kraft pulping and bleaching. T.N. Adams. IPST – Institute of Paper Science and Technology. IPST Technical Report Number 01. 50 pp. (1994)

https://repository.gatech.edu/bitstreams/9eca5572-5b75-425a-a6c6-7ab1cb5bda1b/download (em Inglês)

Branqueamento de celulose de eucalipto com sequências contendo oxigénio, xilanases, ozônio e peróxido V.M. Sacon; J.L. Yang. Revista O Papel (Fevereiro): 20 – 24. (1994)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1994_02+Branqueamento+Celulose+Eucalipto.pdf (em Português)

Novos processos para branqueamento de polpa kraft de eucalipto. J.L. Colodette; R.C. Oliveira; J.L. Gomide; A.K. Ghosh; U.P. Singh; R.P. Singh. Revista O Papel 55(2): 25 - 35. (1994)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1994_Novos_processos_branqueamento.pdf (em Português)

Pilot-plant experience with ozone in TCF bleaching of eucalypt pulp. A. Mokfienski; B.J. Demuner. Tappi Journal 77(11): 95 – 103. (1994)

Sugiro visitar o website www.tappi.org para verificar o livre acesso ou para a aquisição do artigo (em Inglês)

Bleaching processes for market grade TCF pulps. J.L. Colodette; A.K. Ghosh; B. Dhasmana; U.P. Singh; J.L. Gomide; R.P. Singh. International Non-Chlorine Bleaching Conference. 22 pp. (1994)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1994_Bleaching_Processes_TCF_Pulps.pdf (em Inglês)

Introdução à biossíntese, ocorrência, estrutura e reações da lignina. A. Mounteer; J.L. Colodette; J.L. Gomide. Primeiro Congresso Latino-Americano de Deslignificação. ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Anais: 01 – 20. (1994)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1994_Congresso_Deslig.pdf (em Português)

Using oxygen and peroxide to bleach kraft pulps. B. van Lierop; N. Liebergott; M.G. Faubert. Journal of Pulp and Paper Science 20(7): J192 – J198. (1994)

https://www.academia.edu/70182801/Using_oxygen_and_peroxide_to_bleach_kraft_pulps (em Inglês)

Deslignificação intensiva com oxigênio: Uma alternativa para aumentar o rendimento da linha de fibra. J.L. Colodette; J.L. Gomide; D.V.C. Salles; A.S.C.H. Brito; A.C. Oliveira Filho. 27º Congresso Anual. ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 16 pp. (1994)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/ABTCP/1994_Deslignificacao_intensiva_oxigenio.pdf (em Português)

Recent advances in bleached chemical pulp manufacturing technology. Part 1: Extended delignification, oxygen delignification, enzyme applications, and ECF and TCF bleaching. T.J. McDonough. Tappi Journal 78(3): 55 – 62. (1995)

Sugiro visitar o website www.tappi.org para verificar o livre acesso ou para a aquisição do artigo (em Inglês)

Deslignificação intensiva com oxigênio: Uma alternativa para aumentar o rendimento da linha de fibra. J.L. Colodette; J.L. Gomide; D.V.C. Salles; A.S.C.H. Brito; A.C. Oliveira Filho. Revista O Papel (Setembro): 40 – 47. (1995)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/ABTCP/1995_Deslignificacao_oxigenio.pdf (em Português)

Effect of the brown-stock kappa number on fiber line bleached yield. J.L. Colodette; J.L. Gomide; D.V. Sales; A.C.H. Brito. Tappí Pulping Conference. Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 09 pp. (1995)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1995_Brownstock_Kappa.pdf (em Inglês)

Fatores que afetam a branqueabilidade de polpas kraft com oxidantes derivados do oxigênio. J.L. Colodette; J.L. Gomide; D.V.C. Salles; A.S.C.H. Brito. 28º Congresso Anual. ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 20 pp. (1995)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/ABTCP/1995_Fatores_branqueabilidade_oxidantes.pdf (em Português)

Balanço de metais e não metais numa fábrica de celulose kraft. Um conceito para circuito fechado. V.M. Sacon; J.W. Ventura; F. Heinrich. 28º Congresso Anual ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. p. 941-955. (1995)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/70_1995_Balanco%20metais%20e%20nao%20metais.pdf (em Português)

Fechamento do circuito de efluentes do branqueamento. Um passo para a fábrica "fechada" ou fábrica com "impacto zero". M.M. Leite. Revista O Papel (Janeiro): 39-43. (1995)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/65_1995_Fechamento%20efluentes%20branqueamento.pdf (em Português)

Branqueamento com peróxido em sistemas pressurizados: Efeito da temperatura e da consistência de reação. E.R. Pereira; J.L. Colodette; J. Barna. Revista O Papel (Dezembro): 61 – 67. (1995)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1995_Branqueamento+Pressurizado+Peroxido.pdf (em Português)

Enzimas de importância na indústria de polpa de celulose e papel. N. Durán; E. Espósito; J.S. Araújo Neto. Revista O Papel (Dezembro): 68 – 85. (1995)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1995_Enzimas+Importancia.pdf (em Português)

Utilização de perácidos no branqueamento de polpas de *Eucalyptus.* L.L. Silva Filho; C.R. Miranda. Revista O Papel (Março): 28 – 31. (1995)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1995_Peracidos+Branqueamento.pdf (em Português)

Metals management in the fiberline. P.S. Bryant. IPST – Institute of Paper Science and Technology. IPST Technical Paper Series Number 599. 08 pp. (1995)

https://repository.gatech.edu/server/api/core/bitstreams/69919e92-8013-40f5-aaba-e8e7a3b4bfde/content (em Inglês)

Efeito do residual de cloro na solução de dióxido de cloro durante o branqueamento ECF. C.J.G. Carneiro; C.A. Santos; V. Manfredi. Revista O Papel (Agosto): 48 – 52. (1995)

https//www.eucalyptus.com.br/VailManfredi/1995_Efeito_Residual_Cloro.pdf (em Português)

ECF and TCF bleaching technical and economical alternatives for *Eucalyptus* pulps. H. Dahlloef; M.M. Leite. 29º Congresso Annual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 11 pp. (1996)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1996_ECF+TCF+Bleaching+Euca+Pulps.pdf (em Inglês)

Branqueamento com oxigênio: Fundamentos e tendências. J.L. Colodette; J.L. Gomide; A.C.H. Brito. Encontro Internacional de "Branqueamento da Pasta Celulósica". ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 34 pp. (1996)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1996_O2_Delig.pdf (em Português)

O uso do dióxido de cloro na Bahia Sul Celulose. P.G. Caldas; V. Manfredi. Encontro Internacional de "Branqueamento da Pasta Celulósica". ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 21 slides. (1996)

https://www.eucalyptus.com.br/VailManfredi/1996_Dioxido_Cloro_Bahia_Sul.pdf (em Português)

Hydrogen peroxide in chemical pulp bleaching. An overview. H.U. Suess. Encontro Internacional de "Branqueamento da Pasta Celulósica". ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 24 pp. (1996)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1996_Evento+ABTCP_Hans+Suess.pdf (em Inglês)

Ways to close a TCF bleaching sequence. U. Germgard. Encontro Internacional de "Branqueamento da Pasta Celulósica". ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 06 pp. (1996)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1996_Evento+ABTCP_Ulf+Germgard.pdf (em Inglês)

Mill closure using ECF bleaching Technologies. D.W. Reeve. Encontro Internacional de "Branqueamento da Pasta Celulósica". ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 12 pp. (1996)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1996_Evento+ABTCP_Doug+Reeve.pdf (em Inglês)

Assessment of bleaching technology and emission control in the pulp and paper industry. Jaakko Poyry Report. Towards a Sustainable Paper Cycle Report. 176 pp. (1996)

https://www.iied.org/sites/default/files/pdfs/migrate/8069IIED.pdf (em Inglês)

Towards zero-effluent and paper production: The pivotal role of totally chlorine-free bleaching. P.A. Johnston; R.L. Stringer; D. Santillo; A.D. Stephenson; I. Labounskaia; H.M.A. McCartney. Greenpeace Research Laboratories. 34 pp. (1996)

https://www.greenpeace.to/publications/TCF10.pdf (em Inglês)

Chlorine in the bleaching of pulp and paper. K.R. Solomon. Pure and Applied Chemistry 68(9): 1721 -1730. (1996)

https://www.researchgate.net/publication/237300446_Chlorine_in_the_Bleaching_of_Pulp_and_Paper (em Inglês)

Caso practico: Sustitución del cloro en el blanqueo de papel. E.B. Martin. Revista Daphnia nº 3(Maio). (1996)

https://www.daphnia.es/revista/03/articulo/550/ (em Espanhol)

Bacell: A new dissolving pulp mill with latest technology. W. Peter; A.F. Lima. International Non-Chlorine Bleaching Conference. Orlando/USA. 23 pp. (1996)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1996_Start_up_Bacell.pdf (em Inglês)

ECF bleaching sequences for *Eucalyptus*. J.C.G. Muner; F.G. Silva Jr.; L.N. Santos; A. Resende; E. Tonelli. Tappi International Pulp Bleaching Conference. 02 pp. (1996)

Sugiro visitar o website www.tappi.org para verificar o livre acesso ou para a aquisição do artigo (em Inglês)

Efecto de la carga de ozono en la degradación de la lignina residual en pulpas kraft. R. Melo; S. Acevedo. Revista Celulosa y Papel 12(1): 18 - 22. (1996)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/18_Efecto%20de%20la%20carga%20de%20ozono%20en%20la%20degradaci%F3n%20de%20la%20ligni.pdf (Uma cortesia ATCP-Chile - em Espanhol)

Fatores que afetam a branqueabilidade de polpas kraft com oxidantes derivados do oxigênio. J.L. Colodette; J.L. Gomide; D.V.C. Salles; A.S.C.H. Brito. Revista O Papel (Fevereiro): 41 – 49. (1996)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/ABTCP/1996_Fatores_afetam_branqueabilidade_polpas.pdf (em Português)

Branqueamento com peróxido pressurizado e perácidos: Uma alternativa para processos ECF e TCF. J. Barna; E. Salvador; E.R. Pereira; J.L. Colodette. Revista O Papel (Novembro): 69 – 77. (1996)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1996_Branqueamento+Peroxido+Peracidos.pdf (em Português)

Novos aspectos de branqueamento livre de cloro elementar (ECF) sobre celulose de eucalipto. J. Basta; G. Wäne; L. Meuller; S. Herstad-Svärt; L. Birath; N. Fujiwara. Revista O Papel (Maio): 39 – 46. (1996)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1996_Novos+Aspectos+ECF+Bleaching.pdf (em Português)

A química do branqueamento com ozônio: Uma revisão. Parte 1. D.J. Silva; J.L. Colodette; A.S.C.F. Brito. Revista O Papel (Junho): 46 – 54. (1996)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1996_Quimica+Branqueamento+Ozonio_Parte1.pdf (em Português)

A química do branqueamento com ozônio: Uma revisão. Parte 2. D.J. Silva; J.L. Colodette; A.S.C.F. Brito. Revista O Papel (Julho): 75 - 82. (1996)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1996_Quimica+Branqueamento+Ozonio_Parte2.pdf (em Português)

Impacto da qualidade da madeira na deslignificação, no branqueamento e nas propriedades físico-mecânicas da polpa kraft de eucalipto. D.J. Silva. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 117 pp. (1996)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/3131/1/texto%20completo.pdf (em Português)

The chemistry of peroxide bleaching of kraft pulps. G. Gellerstedt; A. Gärtner; L. Heuts. 1996 Tappi International Pulp Bleaching Conference. 04 pp. (1996)

Sugiro visitar o website www.tappi.org para verificar o livre acesso ou para a aquisição do artigo (em Inglês)

Bleach plant operation and its environmental relationship at Bahia Sul Celulose: A mill case. C.A. Santos; P.G. Caldas. 1996 Tappi International Pulp Bleaching Conference. 14 pp. (1996)

Sugiro visitar o website www.tappi.org para verificar o livre acesso ou para a aquisição do artigo (em Inglês)

Selective hydrolysis of hexenuronic acid groups and its application in ECF and TCF bleaching of kraft pulps. T. Vuorinen; J. Buchert; A. Teleman; M. Tenkanen; P. Fagerström. 1996 Tappi International Pulp Bleaching Conference. 09 pp. (1996)

https://cris.vtt.fi/en/publications/selective-hydrolysis-of-hexenuronic-acid-groups-and-its-applicati (em Inglês)

Effects of pulping and bleaching on pulp carbohydrates and technical properties. J. Buchert; M. Tenkanen; M. Ek; A. Teleman; L. Viikari; T. Vuorinen. 1996 Tappi International Pulp Bleaching Conference. 04 pp. (1996)

https://swepub.kb.se/bib/swepub:oai:DiVA.org:kth-79833?vw=full&tab2=abs (em Inglês)

Flexibilização da sequência de branqueamento ECF da Bahia Sul Celulose S.A. C.A. Santos; H.U. Süss; O. Mambrim Filho. Revista O Papel (Janeiro): 53 – 60. (1996)

https://eucalyptus.com.br/artigos/1996_Branqueamento+ECF+Bahia+Sul.pdf (em Português)

Monitoramento ecotoxicológico de efluentes resíduos e insumos de uma fábrica de celulose kraft branqueada. V.R.B. Gallardo. Seminário de "Aplicação da Biotecnologia no Controle Ambiental". ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 05 pp. (1996)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/91_Monitoramento%20Ecotoxicologico%20Efluentes.pdf (em Português)

Controle ecotoxicológico e manejo de resíduo sólido (lodo) de uma indústria de papel e celulose. V.R.B. Gallardo; N.R. Lima; R. Maltz. 30º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (1997)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/17_manejo_ecotoxicol%F3gico_do_lodo.pdf (em Português)

Uma nova visão para fechamento de circuito. N.R. Lima. Seminário Internacional sobre "Fechamento de Circuito". ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (1997)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/60_1997_Nova%20Visao%20Fechamento%20Circuito.pdf (em Português)

Produção contínua de celulose ECF na Bahia Sul Celulose S.A. C.A. Santos; C.A.S.A. Santos. Revista O Papel (Janeiro): 60 – 73. (1997)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1997_Branqueamento+ECF+Bahia+Sul.pdf (em Português)

Otimização da temperatura no estágio Eop – A experiência industrial da Jari. L.N.D. Santos; G.S. Barbosa; S.M.S. Mallet; J.P. Silva Filho; P.S.G. Maciel. Revista O Papel (Junho): 62 – 65. (1997)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1997_EOP+Jari.pdf (em Português)

A sequência de branqueamento ideal para um processo de circuito fechado. M.R. Silva; A.C.H. Brito; J.L. Colodette. Revista O Papel (Março): 35 – 45. (1997)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1997_Fechamento+Circuitos+Branqueamento.pdf (em Português)

Tecnologias de branqueamento livre de cloro ainda mantêm obstáculos ao fechamento de sistemas de águas. P. Capo. Revista O Papel (Novembro): 52 - 56. (1997)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/59_1997_Tecnologias%20TCF%20fechamento%20circuitos.pdf (em Português)

Impacto da qualidade da madeira na deslignificação, no branqueamento e na qualidade da polpa kraft de clones de eucalipto. D.J. Silva; R.C. Oliveira; J.L. Colodette; J.L. Gomide. Revista O Papel (Fevereiro): 33 – 43. (1997)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1997_Qualidade_madeira.pdf (em Português)

e

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2020%20-%20Impacto%20da%20qualidade%20da%20madeira.1997.pdf (em Português)

Ozone-bleached kraft dissolving pulp mill cracks tough nuts in first year. K.L. Patrick. Pulp and Paper International 71(10). (1997)

https://prod-images.risiinfo.com/db_area/archive/p_p_mag/1997/9710/focus3.htm (em Inglês)

Advances in non-chlorine bleaching technology: The effects of pretreatments, metal management and additives on Z-stage performance. J.L. Colodette; U.P. Singh. 5º Simpósio Brasileiro sobre Química das Ligninas e Outros Componentes da Madeira. 09 pp. (1997)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1995_4th_BSCLWC_Non+Chlorine+Bleaching.pdf (em Inglês)

Impact of the bleaching process on kraft pulp mill closure. M.M. Costa; J.L. Colodette; A.C.H. Brito. 5º Simpósio Brasileiro sobre Química das Ligninas e Outros Componentes da Madeira. 11 pp. (1997)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1997_TCF+Bleaching_Mill+Closure.pdf (em Inglês)

Selectivity and flexibility improvement in the ECF bleaching of *Eucalyptus* kraft pulp. O. Mambrim Filho; M. Tubino. 5º Simpósio Brasileiro sobre Química das Ligninas e Outros Componentes da Madeira. 10 pp. (1997)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1997_ECF+Bleaching+Eucalyptus+Pulp.pdf (em Inglês)

Alternativas para remoção de extrativos na produção de polpa solúvel totalmente isenta de cloro a partir de *Eucalyptus* spp. M.M. Costa. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 111 pp. (1997)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufv/Producao%20de%20Polpa%20Soluvel.pdf (em Português)

Bleaching of *Eucalyptus grandis* chemimechanical pulps. M.C. Area; O.M. Barboza; J.L. Valade. Tappi Journal 80(3): 141- 145. (1997)

https://www.academia.edu/25049591/Bleaching_of_Eucalyptus_grandis_chemimechanical_pulps (em Inglês)

Efeito da idade de corte da madeira e de variáveis de refino nas propriedades da celulose kraft branqueada de eucalipto. H.G. Carvalho. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 212 pp. (1997)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2001_TESE-%20HUBEMAR.pdf (em Português)

TCF bleaching of *Eucalyptus* kraft pulp. The selection of the right sequence and the best conditions H.U. Suess; N. Nimmerfroh; O. Mambrim Filho. Journal of Pulp and Paper Science 23(11): J517 – J521. (1997)

https://eucalyptus.com.br/artigos/1997_TCF+Bleaching+Eucalyptus.pdf (Uma cortesia do Dr. Otávio Mambrim Filho - em Inglês)

Otimização do estágio Eop no branqueamento de polpa de eucalipto. F.G. Silva Jr.; A. Resende. Revista O Papel (Outubro): 68 - 72. (1997)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/35_otimizacao%20estagio%20EOP.pdf (em Português)

Optimization of ECF bleaching. D.C. Pryke. 1998 Tappi Pulping Conference. Technical Association of the Pulp and Paper Industry 18 pp. (1998)

Sugiro visitar o website www.tappi.org para verificar o livre acesso ou para a aquisição do artigo (em Inglês)

Minimum-impact mills: Issues and challenges. P. Axegård; J. Carey; J. Folke; P. Gleadow; J. Gullichsen; D.C. Pryke; D.W. Reeve; B. Swan. 1998 Tappi Pulping Conference. Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 13 pp. (1998)

https://www.researchgate.net/publication/237835378_Minimum-Impact_Mills_Issues_and_Challenges (em Inglês)

e

https://www.tappi.org/content/pdf/member_groups/Pulp/97MinImpMillsAxegard.pdf (em Inglês)

Branqueamento ECF: Equilibrando os efeitos do branqueamento com peróxido de hidrogênio com o rendimento da polpa. H.U. Süss; C. Leporini Filho. Revista O Papel (Fevereiro): 36 – 43. (1998)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1998_Branqueamento+ECF+Peroxido.pdf (em Português)

Branqueamento seletivo com peróxido de hidrogênio: Estudos cinéticos e mecanísticos visando a catálise inteligente. M. Tubino; O. Mambrim Filho. Revista O Papel (Fevereiro): 44 – 54. (1998)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1998_Branqueamento+Seletivo+Peroxido.pdf (em Português)

Estudo do branqueamento de polpa kraft de eucalipto utilizando peróxido como oxidante. M.R. Bonaldo; E. Trabuco. Revista O Papel (Julho): 48 – 52. (1998)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1998_Peroxido+Oxidante.pdf (em Português)

Effect of the pulping process on pulp bleachability with ECF, Z-ECF and TCF bleaching sequences. J.L. Colodette; J.L. Gomide; Y.A.M. Robles; J.M. Almeida; A.C.H. Brito; S.K. Mehlman; D.S. Argyropoulos. 1998 International Pulp Bleaching Conference. Book 1: 61 – 70. (1998)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1998_Bleaching.pdf (em Inglês)

Aplicación de peróxido de hidrógeno a alta temperatura en blanqueo de pulpas kraft de eucalipto. J. Escalona; J. Reyes; R. Gonzáles; R. Melo. Revista Celulosa y Papel 14(2): 14 - 22. (1998)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/16_Aplicaci%F3n%20de%20per%F3xido%20de%20hidr%F3geno%20a%20alta%20temperatura%20en.pdf (Uma cortesia ATCP-Chile - em Espanhol)

High temperature chlorine dioxide bleaching of kraft pulp. D. Lachenal; C. Chirat. 1998 Tappi Pulping Conference. Tappi – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 05 pp. (1998)

https://www.researchgate.net/publication/272349703_High_temperature_chlorine_dioxide_bleaching_of_kraft_pulp (em Inglês)

Steps towards selecting a bleaching sequence in Aracruz's modernization project. A. Mokfienski; B.J. Demuner; G.F. Manhães; P.H.Y Cesena; G.A.T. Araújo; R.G. Neves. 1998 Tappi International Pulp Bleaching Conference. Tappi – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 07 pp. (1998)

Sugiro visitar o website www.tappi.org para verificar o livre acesso ou para a aquisição do artigo (em Inglês)

Branqueabilidade de pastas kraft de *E. globulus*. M.G.V. Carvalho; S.I.C. Saleiro; A.A. Martins; M.M.L. Figueiredo. 16º Encontro Nacional Tecnicelpa. 08pp. (1998)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/53_branqueabilidade%20globulus.pdf (em Português)

Aplicações do ozônio no branqueamento ECF de polpa kraft. M.R. Silva; J.L. Colodette; A.C.H. Brito. Revista O Papel (Janeiro): 55 – 62. (1998)

https://eucalyptus.com.br/artigos/1998_Ozonio+ECF+Bleaching.pdf (em Português)

The ideal fibre line. J.L. Rogers. 31º Congresso Annual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 15 pp. (1998)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1998_Ideal+Fiberline.pdf (em Inglês)

Effect of pulping processes on bleachability with ECF, Z-ECF and TCF bleaching. J.L. Colodette; J.L. Gomide; D.S. Argyropoulos; Y.A.M. Robles; J.M. Almeida; S.K. Mehlman; A.G.H. Brito. Appita Journal 52(5): 368 – 374. (1999)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1999_Bleachability_Pulping.pdf (Uma cortesia do Dr. José Lívio Gomide - em Inglês)

Efeitos do acúmulo de NPEs em plantas de branqueamento ECF parcialmente fechadas. C. Gonçalves; T. McDonough; J.M. Neves. 32º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 22 pp. (1999)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1999_Acumulo+NPE.pdf (em Português)

Bleaching *Eucalyptus* pulps. A review. J.D. Kramer. 32º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 13 pp. (1999)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1999_Review+Bleaching+Euca+Pulps.pdf (em Inglês)

Geração de compostos fenólicos clorados em sequências de branqueamento do tipo DEoD e AZEopD. J.L.F. Furtado; C.A. Zini; E.B. Caramão; M.C.R. Peralba. Revista O Papel (Dezembro): 56 – 61. (1999)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1999_Gerazao+Organoclorados.pdf (em Português)

Fatores que afetam a branqueabilidade de polpas kraft de *Eucalyptus* por sequências ECF, Z-ECF e TCF: Influência do processo de polpação. J.L. Colodette; J.L. Gomide; Y.A.M. Robles; J.M. Almeida; A.C. Brito; S.K. Mehlman; D.S. Argyropoulus. Revista O Papel (Maio): 45 - 56. (1999)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2017%20-%20Fatores%20que%20afetam%20a%20branqueabilidade.1999.pdf (em Português)

A comparative evaluation of low-AOX hardwood kraft pulp bleaching sequences *(Uma avaliação comparativa de seqüências de branqueamento de polpa kraft de fibra curta com baixa geração de AOX)***.** T. McDonough; C. Courchene; A. Ragauskas; B. Khandelwal; V. Magnotta. Institute of Paper Science and Technology. IPST Technical Paper Series Number 771. 11 pp. (1999)

https://repository.gatech.edu/server/api/core/bitstreams/710ff4dc-558f-4fb3-bcab-fc056e128812/content (em Inglês)

Bleaching of *Eucalyptus* kraft pulp with low residual of halogenated compounds - ECF Light. H.U. Suess; C. Leporini Filho; K.Schmidt. 32º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (1999)

https://eucalyptus.com.br/artigos/1999_Baixo+AOX+ECF-Light.pdf (em Inglês)

Characterization of TCF-bleached kraft pulps derived from an industrial bleaching sequence. E.L. Silva; L.P. Ramos. 6º Simpósio Brasileiro sobre Química das Ligninas e Outros Componentes da Madeira. 06 pp. (1999)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1999_TCF+Bleached+Pulp.pdf (em Inglês)

Developments in pulping and bleaching. R. Patt; O. Kordsachia. 6º Simpósio Brasileiro sobre Química das Ligninas e Outros Componentes da Madeira. 10 pp. (1999)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1999_Developments+Pulping+Bleaching.pdf (em Inglês)

Lignin structures: Recent developments. J. Ralph. 6º Simpósio Brasileiro sobre Química das Ligninas e Outros Componentes da Madeira. 16 pp. (1999)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1999_Lignin+Structure+Review.pdf (em Inglês)

Lignin structure and wood properties. H.S. Abreu; A.M. Nascimento; M.A. Maria. Wood and Fiber Science 31(4): 426 – 433. (1999)

https://wfs.swst.org/index.php/wfs/article/view/1808/1808 (em Inglês)

Novidades no branqueamento da polpa. E. Hanninen; O. Pikka; A. Villponen. Revista O Papel (Fevereiro): 50 – 56. (1999)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1999_Novidades+Branqueamento+ECF+TCF.pdf (em Português)

Branqueamento de pasta kraft de eucalipto com baixo teor residual de compostos halogenados (OX) – ECF-Light. H.U. Suess; C. Leporini Filho; K. Schmidt. Revista O Papel (Maio): 63 – 68. (2000)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2000_Low-OX+Celulose.pdf (em Português)

Estudos de solubilização química de incrustações no estágio D_2 de sequência ECF – $D_0E_0D_1D_2$. M.M. Costa; F.M. Correia; J.I. Bissiati; P. Molinar. Revista O Papel (Fevereiro): 52 – 59. (2000)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2000_Incrustazoes+Branqueamento.pdf (em Português)

Redutor hidrossulfito ou ditionito de sódio ($Na_2S_2O_4$) como reagente alternativo no uso em sequência de branqueamento de pasta kraft. J.M. Neves; M.C. Maistro. Revista O Papel (Dezembro): 71 – 78. (2000)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2000_Redutor+Hidrossulfito.pdf (em Português)

Fatores que afetam a eficiência e a seletividade do branqueamento com ozônio. E.R. Pereira; J.L. Colodette; A.C.H. Brito. Revista O Papel (Fevereiro): 37 - 48. (2000)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2000_Seletividade+Eficiencia+Branqueamento+O3.pdf (em Português)

Bleaching of *Eucalyptus* kraft pulp to very high brightness *(Branqueamento de celulose kraft de eucalipto para muito alta alvura).* H.U. Suess; C. Leporini Filho; K. Schmidt. 33º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 11 pp. (2000)

https://eucalyptus.com.br/artigos/2000_Bleaching+Very+High+Brigthness.pdf (em Inglês)

Controle do número kappa com o estágio ácido. Experiência pioneira com celulose de eucalipto. E. Ratnieks; R.A. Zanchin; R.P. Pinto; J.W. Ventura; P.R.P. Silva; F.F. Pereira; J.M. Dias; C.L. Hepp; M.J. Sauer. 33º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (2000)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2000_Controle+Kappa+Ahot.pdf (em Português)

Developing new bleaching sequences for ECF *Eucalyptus* pulps. M.M. Leite. Workshop "Kvaerner Pulping". 33º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 12 pp. (2000)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2000_New+Bleaching+Sequences.pdf (em Inglês)

Aspectos cinéticos del blanqueo con ozono. M. Blanca-Roncero; J.F. Colom, T. Vidal. I CIADICYP – Congreso IberoAmericano de Investigación en Celulosa y Papel. 08 pp. (2000)

https://eucalyptus.com.br/artigos/2000_Blanqueo+Ozono.pdf (em Espanhol)

Efectividad de diferentes pretratamientos en el blanqueo al peróxido de pulpas industriales. O.M. Barboza; M.C. Area; F.E. Felissia; A.D. Venica. I CIADICYP – Congreso IberoAmericano de Investigación en Celulosa y Papel. 04 pp. (2000)

https://eucalyptus.com.br/artigos/2000_Blanqueo+Peroxidos.pdf (em Espanhol)

Estudos de branqueabilidade de pastas *kraft* de *Eucalyptus globulus* igualmente deslenhificadas. M.G. Carvalho; M.M. Figueiredo. I CIADICYP – Congreso IberoAmericano de Investigación en Celulosa y Papel. 10 pp. (2000)

https://eucalyptus.com.br/artigos/2000_Branqueabilidade_Polpas+Euca+globulus.pdf (em Português)

Fechamento de circuito de água. N.R. Lima. Seminário "Fechamento de Circuito". ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 29 pp. (2000)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/56_2000_Fechamento%20Circuito%20Agua.pdf (em Português)

Branqueamento ECF de baixo investimento para a produção de 1 milhão adt/ano na Cenibra. M.M. Costa; M.J.O. Fonseca; D.L. Pimenta; J.L. Colodette. I CIADICYP – Congreso IberoAmericano de Investigación en Celulosa y Papel. 12 pp. (2000)

https://eucalyptus.com.br/artigos/2000_Branqueamento+ECF+Cenibra.pdf (em Português)

Emerging bleaching technologies. T.J. McDonough. I CIADICYP – Congreso IberoAmericano de Investigación en Celulosa y Papel. 17 pp. (2000)

https://eucalyptus.com.br/artigos/2000_Emerging+Bleaching+Techs.pdf (em Inglês)

Incremento de la eficacia del blanqueo con ozono de pastas de eucalipto. M.B. Roncero; J.F. Colom; T. Vidal. I CIADICYP – Congreso IberoAmericano de Investigación en Celulosa y Papel. 19 pp. (2000)

https://eucalyptus.com.br/artigos/2000_Ozono+Pastas+Eucaliptos.pdf (em Espanhol)

Aplicação de redutor (ditionito ou hidrossulfito de sódio) em sequência de branqueamento TCF. M.C. Maistro; J.M. Neves. I CIADICYP – Congreso IberoAmericano de Investigación en Celulosa y Papel. 11 pp. (2000)

https://eucalyptus.com.br/artigos/2000_Redutores_Sequencia+Branqueamento.pdf (em Português)

Branqueamento de eucalipto com baixo efluente e efeito na recirculação de filtrado no balanço de materiais e energia. L.D. Shackford; S. Minami; C.A. Santos. 3º Seminário de Meio Ambiente. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 13 pp. (2000)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/57_2000_Branqueamento%20Baixo%20Efluente.pdf (em Português)

Industrial evaluation for continuous production of ECF pulp at Bahia Sul Celulose. P.G. Caldas; C.J.G. Carneiro; V. Manfredi. 16th International Pulp Bleaching Conference. 04 pp. (2000)

https://www.eucalyptus.com.br/VailManfredi/2000_Industrial_Evaluation_Pulp_Production.pdf (em Inglês)

Avaliação de sequências de branqueamento ECF e TCF com ozônio e peróxido de hidrogênio na Bahia Sul Celulose. (*Evaluation of ECF and TCF bleaching sequences with ozone and hydrogen peroxide at Bahia Sul Celulose*). C.A. Santos; V. Manfredi. Revista O Papel (Abril): 71 - 80. (2000)

https://www.eucalyptus.com.br/VailManfredi/2000_Branqueamentos_ECF_TCF.pdf (em Português e em Inglês)

Estudo dos extrativos da polpa kraft de *Eucalyptus*. Parte 2 – Branqueamento dos extrativos e da polpa kraft. D.O. Perissotto; E.A. Nascimento; S.A.L. Moraes. Revista O Papel (Agosto): 69 - 72. (2000)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2000_Extrativos+Polpa+Parte02.pdf (em Português)

Características e branqueabilidade de polpas kraft/polissulfeto de madeiras de *Eucalyptus* e de *Pinus.* K.G. Salomão; J.L. Gomide; J.L. Colodette; J. Kogan; A.S. Jaaskelainen; D.S. Argyropoulos. 33º Congresso Anual. ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 09 pp. (2000)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/ABTCP/2000_Polpa_Polissulfeto_Eucalipto_Pinus.pdf (em Português)

Colagem alcalina de papéis produzidos com polpas ECF e TCF de eucalipto. José Vieira Monteiro. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 103 pp. (2000)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/3186/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Estudio de la efectividad de diferentes pretratamientos en el blanqueo al peróxido de pulpas celulósicas industriales. O.M. Barboza; M.C. Area; F.E. Felissia; A.D. Venica. PowerPoint Presentation: 30 slides. 33º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 30 slides. (2000)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/MariaCristinaArea04.pdf (em Espanhol)

Fatores que afetam a branqueabilidade de polpas kraft de *Eucalyptus*. 2. Influência de parâmetros da polpação. J.L. Gomide; J.L. Colodette; R.C. Oliveira; R. Girard; D.S. Argyropoulus. Revista O Papel (Dezembro): 61 - 70. (2000)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2000_Fatores_polpacao_branqueabilidade.pdf (em Português)

Comparative evaluation of TCF bleached hardwood dissolving pulps. H. Sixta. Lenzinger Berichte nº 79. 10 pp. (2000)

https://www.yumpu.com/en/document/view/13650467/comparative-evaluation-of-tcf-bleached-hardwood-lenzing (em Inglês)

ECF bleaching for the minimum impact *Eucalyptus* kraft pulp mill. J.L. Colodette; M.R. Silva; A.C. Brito. Revista Celulosa Y Papel 16(4). ATCP-Chile. 09 pp. (2000)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2000_ECF+Modern+Bleaching+Sequences.pdf (Uma cortesia ATCP-Chile - em Inglês)

Short sequence bleaching - A step towards environmental friendly process. G.S.R.P. Sarma; P.V. v Satyanarayanarao; V. Vidya Sagar; P. Annamrajn; N.V.S.R . Murthy; U.V. Satyanarayana. IPPTA 12(4): 13 – 17. (2000)

https://ippta.co/wp-content/uploads/2021/01/IPPTA-124-13-17-Short-Sequence-Bleaching.pdf (em Inglês)

Estudo de colagem alcalina em polpas kraft de eucalipto branqueadas por tecnologia ECF e TCF. J.V. Monteiro; R.C. Oliveira. 33º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 12 pp. (2000)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2000_33_Colagem_Alcalina.pdf (em Português)

On the importance of the structural composition of pulp for the selectivity of ozone and chlorine dioxide bleaching. M. Ragnar. Nordic Pulp and Paper Research Journal 16(1): 72 – 79. (2001)

https://www.academia.edu/99092578/On_the_importance_of_the_structural_composition_of_pulp_for_the_selectivity_of_ozone_and_chlorine_dioxide_bleaching (em Inglês)

Obtención de celulosa de alta blancura a partir de pino y eucalipto. R.A. Arias-Salazar. Memória de Conclusão de Curso. Universidad de Concepción. 90 pp. (2001)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/03_RM.pdf (em Espanhol)

Características em branqueabilidade de polpas kraft-polissulfeto de *Eucalyptus* e *Pinus*. K.G. Salomão. Dissertação de Mestrado. UFV - Universidade Federal de Viçosa. 106 pp. (2001)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2001_Kraft_Polissulfeto.pdf (em Português)

Alvura superior no branqueamento de pasta kraft de eucalipto *(High brightness in eucalyptus pulp bleaching).* H.U. Suss; C. Leporini Filho; K. Schmidt. Revista O Papel (Março): 78 – 86. (2001)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2001.pdf (em Português e em Inglês)

Estudo laboratorial e industrial do estágio de hidrólise ácida no branqueamento de polpa kraft de eucalipto. M.R. Silva. Tese de Doutorado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 153 pp. (2001)

https://poscienciaflorestal.ufv.br/wp-content/uploads/2020/08/MARCELO-RODRIGUES-DA-SILVA.pdf (em Português)

Estudo de um caso de fechamento de circuito de processo kraft com branqueamento TCF, com ênfase na caracterização, possibilidade de acúmulo e influência dos elementos não processuais. M.S. Rabelo. Dissertação de Mestrado. UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina. 142 pp. (2001)

https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/79870/179777.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Português)

Influência dos ácidos hexenurônicos na branqueabilidade de polpa kraft - O_2 de eucalipto. M.M. Costa. Tese de Doutorado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 183 pp. (2001)

https://poscienciaflorestal.ufv.br/wp-content/uploads/2020/08/Marcelo-Moreira-da-Costa.pdf (em Português)

Ácidos hexenurônicos: Parte I: Origem, quantificação, reatividade e comportamento durante a polpação kraft. M.M. Costa; A.H. Mounteer; J.L. Colodette. Revista O Papel (Maio): 75 – 85. (2001)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2001_Acidos+Hexenuronicos_Parte01.pdf (em Português)

Ácidos hexenurônicos: Parte II: Remoção e impacto na branqueabilidade e qualidade de polpa e no processo de branqueamento. M.M. Costa; A.H. Mounteer; J.L. Colodette. Revista O Papel (Junho): 77 – 84. (2001)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2001_Acidos+Hexenuronicos_Parte02.pdf (em Português)

Tratabilidade de efluentes provenientes de duas sequências ECF de branqueamento de celulose kraft de eucalipto. L.C. Souza. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 153 pp. (2001)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/11123/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Influence of pulping conditions on hardwood pulp yield, quality and bleachability. J.L. Colodette; J.L. Gomide; R. Girard; A.-S. Jaaskelainen; D.S. Argyropoulus. Revista Celulosa y Papel 18(4): 14 – 21. (2001)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2001_ATCP_Chile.pdf (Uma cortesia ATCP-Chile - em Inglês)

Novel bleaching technologies: Getting the best from current bleaching chemicals. D. Lachenal; C. Chirat; C. Mateo. 7º Simpósio Brasileiro sobre Química das Ligninas e Outros Componentes da Madeira. 06 pp. (2001)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2001_Novel+Bleaching+Technologies.pdf (em Inglês)

New developments in bleaching technology: A roadmap for the next millenium. T.J. McDonough. 7º Simpósio Brasileiro sobre Química das Ligninas e Outros Componentes da Madeira. 16 pp. (2001)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2001_Roadmap_Bleaching+Technologies.pdf (em Inglês)

Recent advances in chemistry of chlorine dioxide bleaching. H.-M. Chang; D.R. Svensen; H. Jameel; J.F. Kadla. 7º Simpósio Brasileiro sobre Química das Ligninas e Outros Componentes da Madeira. 08 pp. (2001)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2001_Chemistry+Chlorine+Dioxide+Bleaching.pdf (em Inglês)

Generation of halogenated compounds in bleaching without chlorine. Can TCF be chlorine-free? H.U. Suss; C. Leporini; K. Schmidt. 7º Simpósio Brasileiro sobre Química das Ligninas e Outros Componentes da Madeira. 08 pp. (2001)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2001_Generated+Halogenated+Compounds.pdf (em Inglês)

Using hot chlorine dioxide stage for the removal of hexenuronic acids from *Eucalyptus* kraft pulp. C.A. Santos; L.D. Shackford; W.J. Miller. 7º Simpósio Brasileiro sobre Química das Ligninas e Outros Componentes da Madeira. 08 pp. (2001)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2001_HexAcds+Dhot.pdf (em Inglês)

High consistency ozone bleaching: A mill experience. P. Sandström; I. Ekebro; M. Hjärpe. 7º Simpósio Brasileiro sobre Química das Ligninas e Outros Componentes da Madeira. 07 pp. (2001)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2001_Ozone+High+Consistency.pdf (em Inglês)

Strategies to decrease costs and improve quality of ECF-Ligth and TCF bleached *Eucalyptus* kraft pulps. J.M. Almeida; A.A. Marques; J.L. Colodette. 7º Simpósio Brasileiro sobre Química das Ligninas e Outros Componentes da Madeira. 10 pp. (2001)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2001_Strategies+Bleaching.pdf (em Inglês)

Closure of softwood and hardwood bleaching loops. A. Fuhrmann; P. Liias; A. Öhlin. 7º Simpósio Brasileiro sobre Química das Ligninas e Outros Componentes da Madeira. 09 pp. (2001)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2001_Closing+Loops.pdf (em Inglês)

A mill experience using acid and ozone stage for *Eucalyptus* pulp bleaching: A system closure vision. M.R. Silva; M.A.L. Peixoto; J.L. Colodette. 7º Simpósio Brasileiro sobre Química das Ligninas e Outros Componentes da Madeira. 11 pp. (2001)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2001_Mill+Experience+Hot+Acid+Ozone.pdf (em Inglês)

The effect of ozone bleaching on *Eucalyptus* kraft pulp properties. P.S. Gaia-Maciel; M.R. Silva; M.A.L. Peixoto. 7º Simpósio Brasileiro sobre Química das Ligninas e Outros Componentes da Madeira. 03 pp. (2001)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2001_VCP+Jacarei+Ozone+Experience.pdf (em Inglês)

Influence of DHT operating conditions on bleachability pulp chemistry and filtrate chemistry. K.M.K. Eiras; J.L. Colodette. 7º Simpósio Brasileiro sobre Química das Ligninas e Outros Componentes da Madeira. 14 pp. (2001)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2001_Dhot+Conditions+Effects.pdf (em Inglês)

Studies on the mechanisms of lignin degradation in new pulp bleaching techniques. E.A. Capanema; M.Y. Balakshin; V. Alves; J.S. Gratzl; H.S. Cracz. 7º Simpósio Brasileiro sobre Química das Ligninas e Outros Componentes da Madeira. 08 pp. (2001)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2001_Lignin+Capanema.pdf (em Inglês)

The influence of enhancement of Non-Process Elements (NPEs) on a Totally Chlorine Free (TCF) bleaching plant with filtrates mill closure system. M.S. Rabelo; A.F. Morgado; J.M. Neves. 7º Simpósio Brasileiro sobre Química das Ligninas e Outros Componentes da Madeira. 09 pp. (2001)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2001_NonProcess+Elements.pdf (em Inglês)

***Eucalyptus globulus* wood extractives: Composition and fate during pulping and bleaching.** A.J.D. Silvestre; C.S.R. Freire; C. Pascoal Neto. 7º Simpósio Brasileiro sobre Química das Ligninas e Outros Componentes da Madeira. 08 pp. (2001)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2001_Eucalyptus+Wood+Extractives+Composition.pdf (em Inglês)

Optimization of the high temperature chlorine dioxide stage (DHT) for hardwood kraft pulp. K.M.M. Eiras; J.L. Colodette. 2001 Tappi Pulping Conference. 13 pp. (2001)

https://www.researchgate.net/publication/290304308_Optimization_of_the_high_temperature_chlorine_dioxide_stage_d_ht_for_hardwood_kraft_pulp (em Inglês)

Peróxido de hidrogênio em planta de branqueamento ECF: A experiência industrial da Cenibra. P.M. Henrique; M.M. Costa; F.M. Correia; M.J.O. Fonseca; J.R.C. Santos; A.B. Landim; C. Leporini Filho. Revista O Papel (Fevereiro): 57 – 73. (2001)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2001_Branqueamento+ECF+Cenibra.pdf (em Português)

Treatment efficiency of eucalypt kraft pulp ECF and TCF bleaching effluents: Influence of molecular mass of dissolved organic matter. A.H. Mounteer; J.L. Colodette; D.O. Silva. 2001 Tappi Environmental Conference. 11 pp. (2001)

https://www.researchgate.net/publication/286755464_Treatment_efficiency_of_eucalypt_kraft_pulp_ECF_and_TCF_bleaching_effluents_Influence_of_molecular_mass_of_dissolved_organic_matter (em Inglês)

Ligninas – Métodos de obtenção e caracterização química. E.O.S. Saliba; N.M. Rodriguez; S.A.L. Morais; D. Piló-Veloso. Ciência Rural 31(05): 917 – 928. (2001)

https://www.scielo.br/j/cr/a/ksvwL846ZN3KPdSQfVYTrvr/?format=pdf&lang=pt (em Português)

Influência das condições de operação no estágio Dht na branqueabilidade e nas características físico-químicas da polpa e do filtrado. K.M.M. Eiras; J.L. Colodette. 34º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 20 pp. (2001)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2001_Dhot+Stage.pdf (em Português)

Efeito da composição química da polpa kraft-O2 na sua branqueabilidade. M.M. Costa; J.L. Colodette. Revista O Papel (Agosto): 93 – 103. (2002)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2002_08__Polpa+Branqueabilidade.pdf (em Português)

Acid stage improves production in *Eucalyptus* fiber line. E. Ratnieks; J.W. Ventura; M.R. Mench; R.A. Zanchin. Revista O Papel (Outubro). 05 pp. (2002)

https://www.researchgate.net/publication/289147592_Acid_stage_improves_production_in_Eucalyptus_fiber_line (em Inglês)

O estágio ácido aprimora a produção na linha de fibras de eucalipto. E. Ratnieks; J.W. Ventura; M.R. Mench; R.A. Zanchin. Revista O Papel (Outubro): 101 – 106. (2002)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2002_Estagio+Acido+Edvins.pdf (em Português)

Mill experience using a hot acid stage for *Eucalyptus* kraft pulp bleaching. M.R. Silva; J.L. Colodette; M.A.L. Peixoto. 35º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (2002)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/07_2002_A%20Mill%20Experience%20using%20Acid%20and%20Ozone%20Stage%20for%20Eucalyptus%20Pulp.pdf (em Inglês)

Alternativas para aumentar a eficiência do branqueamento ECF de polpa kraft de eucalipto. G. Ventorim; K.M.M. Eiras; J.L. Colodette. 35º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 11 pp. (2002)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2002_Aumento+eficiencia+ECF+Bleaching.pdf (em Português)

Compact bleaching: A concept for fully bleached HW kraft pulp in only two stages. M. Ragnar. 35º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 11 pp. (2002)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2002_Branqueamento+Compacto+Ragnar.pdf (em Inglês)

The evolution in *Eucalyptus* kraft market pulp bleaching from 4 to 2 stages - A comparison of options. H.U. Suess; C. Leporini Filho. 35º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 14 pp. (2002)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2002_Branqueamentos+2+4+Estagios.pdf (em Inglês)

Hexenuronic acid groups in pulping and bleaching. Z.H. Jiang; B.v. Lierop; R. Berry. 35º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 18 pp. (2002)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2002_HexAcds+Pulping+Bleaching.pdf (em Inglês)

Ozone based ECF bleaching sequence for *Eucalyptus* pulp: Optimization studies. F.G. Silva Jr.; F.A. Duarte; V.M. Sacon; J.T. Santos; A. Bassa. 2002 IPBC – Tappi International Pulp Bleaching Conference. 08 pp. (2002)

https://www.researchgate.net/publication/303876798_Ozone_based_ECF_bleaching_sequence_for_eucalyptus_pulp_optimization_studies (em Inglês)

Efeito do residual de peróxido de hidrogênio e do íon clorito em um sistema de lodos ativados de indústrias de celulose kraft branqueada. L.C. Dalvi. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 72 pp. (2002)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/3192/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Estrategias para mejorar costos y calidad de pulpas kraft ECF-Light y TCF de *Eucalyptus*. J.M. Almeida; J.L. Colodette. Revista Celulosa y Papel 18(05): 03 – 13. (2002)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2002_Costos+ECF+Light+TCF.pdf (Uma cortesia ATCP-Chile - em Espanhol)

Hydrogen peroxide in chemical pulp bleaching -An overview. C. Leporini Filho; H.U. Suess. II CIADICYP – Congreso IberoAmericano de Investigación en Celulosa y Papel. 27 pp. (2002)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2002_Hydrogen+Peroxide+Bleaching.pdf (em Inglês)

The role of methoxyl content on the pulping and bleaching chemistry of juvenile and mature wood. D. Mancosky; L. Lucia; W. Ban. II CIADICYP – Congreso IberoAmericano de Investigación en Celulosa y Papel. 12 pp. (2002)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2002_Methoxyl+Groups.pdf (em Inglês)

Chelating agents in *Eucalyptus* kraft pulps. F.E. Felissia; M.C. Area. II CIADICYP – Congreso IberoAmericano de Investigación en Celulosa y Papel. Apresentação em PowerPoint: 37 slides. (2002)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/MariaCristinaArea05.pdf (em Inglês)

Influence of cooking and bleaching conditions on the surface and paper properties of *Eucalyptus globulus* kraft pulps. A.I. Aquino; P.J. Ferreira; M.G. Carvalho; J.L. Amaral; M.M. Figueiredo. II CIADICYP – Congreso IberoAmericano de Investigación en Celulosa y Papel. 09 pp. (2002)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2002_Influences+Bleaching+Cooking+Conditions.pdf (em Inglês)

Otimização do estágio de branqueamento de polpa kraft de eucalipto com dióxido de cloro em alta temperatura. K.M.M. Eiras. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 106 pp. (2002)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3197/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Português)

The evolution in eucalyptus kraft pulp bleaching from 4 to 2 stages – A comparison of options. H.U. Suess; C. Moodley. African Pulp and Paper Week. (2002)

https://www.yumpu.com/en/document/read/33474064/the-evolution-in-eucalyptus-kraft-market-pulp-bleaching-hydrogen- (em Inglês)

Processos de branqueamento com estágio de hidrólise ácida a quente - Ahot - para polpa kraft de *Eucalyptus* spp. M.M. Costa; M.J.O. Fonseca; D. Pimenta. Revista O Papel (Outubro): 107 – 116. (2002)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2002_Estagio+Ahot.pdf (em Português)

Caracterização do efeito da sequência de branqueamento OQ(OP)(ZQ)(PO) sobre a composição química de polpas kraft. E.L. Silva; L.P. Ramos. Revista O Papel (Maio): 67 – 74. (2002)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2002_Sequencia+Branqueamento.pdf (em Português)

Desenvolvimento de sequência ECF utilizando estágios em alta temperatura para dióxido de cloro (Dht) e para peróxido de hidrogênio (Pht). C.A. Santos; L. Shackford; W.J. Miller. Revista O Papel (Fevereiro): 78 – 89. (2002)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2002_Sequencias+ECF.pdf (em Português)

Efeito do cozimento e branqueamento para produção de *tissue*. M.J.O. Fonseca. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 11 slides. (2002)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/2002_Efeitos_polpacao_branqueamento.pdf (em Português)

Influence of pulping conditions on *Eucalyptus* kraft pulp yield, quality and bleachability. J.L. Colodette; J.L. Gomide; R. Girard; A.-S. Jaaskelainen; D.S. Argyropoulus. Tappi Journal (March): 14 - 20. (2002)

https://www.researchgate.net/publication/285679019_Influence_of_pulping_conditions_on_eucalyptus_kraft_pulp_yield_quality_and_bleachability (em Inglês)

***Eucalyptus* kraft pulp bleaching with chlorine dioxide at high temperature.** K.M.M. Eiras; J.L. Colodette. Journal of Pulp and Paper Science 29(2): 64 – 69. (2003)

https://www.researchgate.net/publication/292383663_Eucalyptus_kraft_pulp_bleaching_with_chlorine_dioxide_at_high_temperature (em Inglês)

Experiência industrial usando um estágio ácido a quente no branqueamento de polpa kraft de eucalipto abordando o fechamento do circuito. M.R. Silva; M.A.L. Peixoto; J.L. Colodette. Revista O Papel (Março): 76 – 81. (2003)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2003_Estagio+Acido+Quente.pdf (em Português)

Minimizando investimentos na otimização de sequência ECF para aumento de capacidade de produção na Cenibra. M.M. Costa; J.R.C. Santos; C.A. Santos; L.D. Shackford; C. Leporini Filho; G. Ventorim. Revista O Papel (Fevereiro): 81 - 90. (2003)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2003_Investimentos_Branqueamento+ECF.pdf (em Português)

O papel do ozônio na remoção dos ácidos hexenurônicos e na deslignificação durante o branqueamento ECF de polpa kraft de eucalipto. M.R. Silva; F.J. Silva. Revista O Papel (Março): 89 - 95. (2003)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2003_Papel_Ozonio.pdf (em Português)

Chelating agents management to obtain TCF bleached *Eucalyptus grandis* kraft pulps. I. Selecting the best sequence. M.C. Area; F.E. Felissia. 36º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 31 slides. (2003)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/MariaCristinaArea08.pdf (em Inglês)

Chelating agents management to obtain TCF bleached *Eucalyptus grandis* kraft pulps. II. Applying selected sequence to industrial pulps. M.C. Area; F.E. Felissia. 36º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 31 slides. (2003)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/MariaCristinaArea09.pdf (em Inglês)

A comparison of pulping and bleaching of kraft softwood and *Eucalyptus* pulps. L.D. Shackford. 36º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 17 pp. (2003)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/A%20Comparison%20of%20Pulping%20and%20Bleaching%20of%20Kraft%20Softwood%20and%20Eucalyptus%20Pulps.pdf (em Inglês)

Efecto de la remoción de ácido hexenurónico en el blanqueo de pulpa de kraft en madera de eucalipto. M. Pereira; R. Melo; C. Daza. Revista Celulosa y Papel 19(2): 14 - 17. (2003)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/09_Efecto%20de%20la%20remoci%F3n%20de%20%E1cido%20hexenur%F3nico%20en%20el%20blanque.pdf (Uma cortesia ATCP-Chile - em Espanhol)

Environmental implications of hexenuronic acid removal from *Eucalyptus globulus* kraft pulp using peroxymonosulfuric acid. X. Petit-Breuilh; R. Melo; C. Zaror. 36º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (2003)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/10_Environmental%20implications%20HeAC%20ABTCP%202003.pdf (em Espanhol)

Acid treatment applied to Portuguese *Eucalyptus globulus* kraft pulp before bleaching: Effect on quality and on hexenuronic acids and metal ions contents. C.A.P. Primo; M.G.V.S. Carvalho. Congresso Eucepa/Tecnicelpa 2003. Portugal. p. 281-283. (2003)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/38_Acid%20treatment.pdf (em Inglês)

Influence of hexenuronic acids on consumption of chlorine dioxide and on kappa number in Do bleaching stage. M.J.M.C. Barroca; M.G.V.S. Carvalho. Congresso Eucepa/Tecnicelpa 2003. Portugal. p. 316-317. (2003)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/40_HexAcs.pdf (em Inglês)

Hexenuronic acid removal – Reporting live from the field at Aracruz line C. E. Cláudio-da-Silva Júnior. Marcus Wallenberg Prize Seminar. Apresentação em PowerPoint: 43 slides. (2003)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2003_Ergilio+Claudio-da-Silva-Jr+MWP.pdf (Uma cortesia do Dr. Ergílio Cláudio-da-Silva Júnior - em Inglês)

Optimization of operating parameters in a Q-bleaching stage. P.A. Cerqueira; D.A.G. Angélico; A.P.V. Egas; M.G.V.S. Carvalho. Congresso Eucepa/Tecnicelpa 2003. Portugal. p. 321-322. (2003)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/41_Q%20bleaching%20stage.pdf (em Inglês)

Utilização de sulfato de magnésio na linha de branqueamento da Bahia Sul. E. Salvador; V. Manfredi; P.G. Caldas; F.A. Silva. 1st ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 08 pp. (2003)

https://www.eucalyptus.com.br/icep01/elias_salvador.pdf (em Português)

Importância da densidade e do teor de carboidratos totais da madeira de eucalipto no desempenho da linha de fibra. A. Mokfienski; J.L. Gomide; J.L. Colodette; R.C. Oliveira. 1st ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 14 pp. (2003)

https://www.eucalyptus.com.br/icep01/alfredo_mokfienski.pdf (em Português)

Influence of wood pulping conditions and unbleached pulp composition and structure on the ECF bleachability of hardwood kraft pulps. C. Pascoal Neto; D.V. Evtuguin; A.I.D. Daniel; A.J.D. Silvestre; F.P. Furtado; P.M. Sousa. 1st ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 12 pp. (2003)

https://www.eucalyptus.com.br/icep01/carlos_pascoal_neto.pdf (em Inglês)

ECF bleaching of softwood and *Eucalyptus* pulps - A comparative study. L. Meuller; C. Blom; L. Holtinger; N. Fujiwara. 1st ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 14 pp. (2003)

https://www.eucalyptus.com.br/icep01/lennart_meuller.pdf (em Inglês)

Branqueamento com ozônio em pH neutro - Um novo conceito. F. Carvalho; D. Asbahr; A.A.R. Godoy. 1st ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 18 pp. (2003)

https://www.eucalyptus.com.br/icep01/fernando_carvalho.pdf (em Português)

Recent hypotheses for brightness reversion of hardwood pulps. G. Gellerstedt; O. Dahlman. 1st ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 10 pp. (2003)

https://www.eucalyptus.com.br/icep01/Goran_Gellerstedt.pdf (em Inglês)

Causas principais da instabilidade de alvura de polpas kraft de eucalipto. K.M.M. Eiras; J.L. Colodette; M.M. Lima; G.T. Araújo; O.L.M. Keuller. 1st ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 13 pp. (2003)

https://www.eucalyptus.com.br/icep01/katia_eiras1.pdf (em Português)

Branqueamento de polpa kraft de eucalipto – O papel do peróxido de hidrogênio. J.L.D. Siqueira; L.L. Silva Filho; R. Seccombe. 1st ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 18 pp. (2003)

https://www.eucalyptus.com.br/icep01/dutra_siqueira.pdf (em Português)

Efeito do fator kappa na estabilidade de alvura de polpas kraft branqueadas de *Eucalyptus spp*. M.M. Costa; M.J. Oliveira; C.A. Santos; C. Leporini Filho. 1st ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 10 pp. (2003)

https://www.eucalyptus.com.br/icep01/marcelo_costa.pdf (em Português)

Fiberlines for bleached *Eucalyptus* kraft pulps – Impact on bleachability and pulp properties. L.-A. Lindström P.-E. Larsson. 1st ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 09 pp. (2003)

https://www.eucalyptus.com.br/icep01/lars-ake.pdf (em Inglês)

Blanqueo en dos etapas de pulpas quimimecánicas industriales. M.C. Area; F.E. Felissia; O.M. Barboza. Revista de Ciencia y Tecnología RECYT nº 5: 29 - 38. (2003)

https://www.fceqyn.unam.edu.ar/recyt/index.php/recyt/article/view/405/328 (em Espanhol)

Efeito do conteúdo e da natureza da lignina residual na eficiência e na seletividade do branqueamento com ozônio. E.P. Maia; J.L. Colodette. Revista Árvore 27(2): 217 – 232. (2003)

https://www.scielo.br/j/rarv/a/qqV4SdWJ4bXPhVK6DBhXsmg/?format=pdf&lang=pt (em Português)

Generation of chlorinated organic material on *Eucalyptus* pulp bleaching using different bleaching sequences. M. Roy; M.K. Chakrabarti; S. Chandra; S.A. Kumar; S. Singh; P.K. Bajpai. Journal of Scientific & Industrial Research 62: 707 – 713. (2003)

https://nopr.niscpr.res.in/bitstream/123456789/17616/1/JSIR%2062%287%29%20707-713.pdf (em Inglês)

Importância relativa da densidade básica e da constituição química de madeira de *Eucalyptus* spp. no rendimento, branqueabilidade e qualidade da polpa kraft. A. Mokfienski. Tese de Doutorado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 153 pp. (2004)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/519/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Formation of AOX and OCl in ECF bleaching of birch pulp. M. Kjorklund; U. Germgard; J. Basta. Tappi Journal 03(8): 07 – 12. (2004)

http://lib3.dss.go.th/fulltext/Journal/TAPPI%20Journal/TAPPI%202004/38299%202004%20n8p7-13.pdf (em Inglês)

e

https://imisrise.tappi.org/TAPPI/Products/04/AUG/04AUG07.aspx (em Inglês)

Chemical features of hardwood unbleached kraft pulps and their ECF bleachability. A.I.D. Daniel; D.V. Evtuguin; A.J.D. Silvestre; C. Pascoal Neto. Journal of Pulp and Paper Science 30(4): 94 -98. (2004)

https://www.ciceco.ua.pt/?tabela=publicationdetail&menu=212&language=pt&id=10023 (em Inglês)

Estudo das reações da lignina e dos ácidos hexenurônicos em polpa kraft de eucalipto com oxigênio, dióxido de cloro, ácido sulfúrico e ozônio. G. Ventorim. Tese de Doutorado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. (2004)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/553/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Elucidating the formation and chemistry of chromophores during kraft pulping. T.J. Dyer. Institute of Paper Science and Technology. Tese de Doutorado. 2004. 2 volumes. 15,2 MB. (2004)

https://repository.gatech.edu/bitstreams/fec4b7d2-2410-49a6-a03a-23366388b54e/download (Volume 01 – 3,71 MB – em Inglês)

e

https://repository.gatech.edu/bitstreams/5d858b56-5999-46f7-bfa6-7bfa7e05a7df/download (Volume 02 - 11,13 MB – em Inglês)

Influência da madeira na branqueabilidade e estabilidade de alvura de polpas kraft de eucalipto. R.L. Oliveira. Dissertação de Mestrado. UFV - Universidade Federal de Viçosa. 106 pp. (2004)

http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/2435/Disserta%C3%A7ao_Romildo-Lopes-de-Oliveira.pdf?sequence=1 (em Português)

Estudos dos diferentes tipos de processos de branqueamento de celulose objetivando a comparação entre seus métodos e a geração do potencial de poluentes em seus respectivos efluentes. R.M.S. Navarro. Dissertação de Mestrado. Unicamp – Universidade Estadual de Campinas. 111 pp. (2004)

https://core.ac.uk/download/pdf/296835815.pdf (em Português)

A influência da madeira na branqueabilidade e estabilidade de alvura de polpas kraft de eucalipto. R.L. Oliveira; J.L. Colodette; M.M. Costa. 37º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 25 pp. (2004)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2004_Madeira+Branqueabilidade.pdf (em Português)

The chemistry of *Eucalyptus globulus* wood: Peculiarities and impact on pulping and bleaching behaviour. P. Pinto; D.V. Evtuguin; C. Pascoal Neto. III CIADICYP – Congreso IberoAmericano de Investigación en Celulosa y Papel. 04 pp. (2004)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2004_Chemistry+E_globulus.pdf (em Inglês)

The fate of chlorine species during high temperature chlorine dioxide bleaching. G. Ventorim, J.L. Colodette; K.M.M. Eiras. III CIADICYP – Congreso IberoAmericano de Investigación en Celulosa y Papel. 10 pp. (2004)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2004_Fate+Chlorine+Species.pdf (em Inglês)

La utilización del peróxido de hidrógeno como primera etapa de blanqueo de una pasta kraft de coniferas. L. Soria. III CIADICYP – Congreso IberoAmericano de Investigación en Celulosa y Papel. 05 pp. (2004)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2004_H2O2_Primeiro+Estagio+Polpa+Conifera.pdf (em Espanhol)

Low environmental impact sequences for attaining a high brightness level with *Eucalyptus* spp. pulp. M.M. Costa; C. Leporini Filho; C.A. Santos; J.L. Colodette; Y.A. Robles. III CIADICYP – Congreso IberoAmericano de Investigación en Celulosa y Papel. 12 pp. (2004)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2004_Z-ECF+Bleaching.pdf (em Inglês)

Adição de peróxido de hidrogênio no estágio de ozônio para melhorar a branqueabilidade da polpa. C. Leporini Filho; H.U. Süss; M.R. Silva; M.A.L. Peixoto. Revista O Papel (Fevereiro): 45 – 49. (2004)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2004_Branqueamento+Ozonio.pdf (em Português)

Review: DQO en efluentes de blanqueo ECF y TCF de pulpas. O.M. Barboza; D.I. Bengoechea; M.C. Area. Revista de Ciencia y Tecnología RECYT 6: 61 - 69. (2004)

https://www.fceqyn.unam.edu.ar/recyt/index.php/recyt/article/view/417/340 (em Espanhol)

Química da madeira de *Eucalyptus globulus*: Especificidades e impacto nos processos de cozimento e de branqueamento. C. Pascoal Neto; D. Evtuguin; P. Pinto; A. Silvestre; C. Freire. Tecnicelpa - Associação Portuguesa dos Técnicos das Indústrias de Celulose e Papel. 10 pp. (2005)

https://www.tecnicelpa.com/files/Quimica%20da%20madeira%20de%20eucalyptus%20globulus.pdf (em Português)

Progressos obtidos no branqueamento para se atingir alta alvura com baixa reversão *(Progress in bleaching to top brightness with low reversion)***.** H.U. Suess; C. Leporini Filho. Revista O Papel (Fevereiro): 59 – 67. (2005)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2006.pdf (em Português)

Influência da composição química da polpa kraft branqueada pelas sequências $OD_{HT}(PO)D$ E $OD_{HT}(PO)DP$ no processo de reversão de alvura. P.F. Pinheiro. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 159 pp. (2005)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/2050/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Estudos das causas e da prevenção da reversão térmica de alvura de polpas kraft de eucalipto. K.M.M. Eiras. Tese de Doutorado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 190 pp. (2005)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/9341/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Evolution of methylglucuronic and hexenuronic acid contents of *Eucalyptus globulus* pulp during kraft delignification. J.P.F. Simão; A.P.V. Egas; C.M.S.G. Baptista; M.G. Carvalho; J.A.A.M. Castro. Industrial & Engineering Chemistry Research 44: 2990 – 2996. (2005)

https://www.researchgate.net/profile/Cristina-Baptista/publication/231372206_Evolution_of_Methylglucuronic_and_Hexenuronic_Acid_Contents_of_Eucalyptus_globulus_Pulp_during_Kraft_Delignification/links/5bc9993da6fdcc03c793b2ae/Evolution-of-Methylglucuronic-and-Hexenuronic-Acid-Contents-of-Eucalyptus-globulus-Pulp-during-Kraft-Delignification.pdf (em Inglês)

Recirculação do filtrado alcalino do branqueamento para o estágio de deslignificação com oxigênio de polpa kraft e sua consequência no processo. L.C. Souza. Tese de Doutorado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 223 pp. (2005)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/9342/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Identificação de constituintes químicos potencialmente envolvidos na reversão de alvura de polpa kraft branqueada pelas sequências OZDHT(PO)D e OZ/EDP. L.A. Vilas Boas. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 154 pp. (2005)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/2051/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Studies on washing in kraft pulp bleaching. M. Sillampää. Dissertação Acadêmica. University of Oulu. 43 pp. (2005)

http://jultika.oulu.fi/files/isbn9514278771.pdf (em Inglês)

Chelating agents management to obtain TCF bleached *Eucalyptus grandis* kraft pulps. M.C. Area; F.E. Felissia. Appita 58(2): 143 - 148. (2005)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/MariaCristinaArea12.pdf (Uma cortesia da Dra. M.C. Area - em Inglês)

Efectividad de diferentes pretratamientos en el blanqueo al peróxido de pulpas celulósicas industriales. O.M. Barboza; M.C. Area; F.E. Felissia; A.D. Venica. Revista de Ciencia y Tecnologia RECYT nº 7b: 34 - 41. (2005)

https://www.fceqyn.unam.edu.ar/recyt/index.php/recyt/article/view/443/364 (em Espanhol)

Modelo cinético simplificado para la remoción de ácido hexenurónico presente en pulpa kraft de eucalipto utilizando una solución de ácido peróximonosulfúrico. X. Petit-Breuilh; C. Zaror; R. Melo. 2nd ICEP - International *Colloquium* of *Eucalyptus* Pulp. 14 pp. (2005)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/04_Modelo%20cinetico%20remoci%F3n%20HexAcs.pdf (em Espanhol)

Progress in *Eucalyptus* kraft pulp bleaching. J.L. Colodette; C.M. Gomes; M. Rabelo; K.M.M. Eiras. 2nd ICEF International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 18 pp. (2005)

https://www.eucalyptus.com.br/icep02/jorge_colodette.pdf (em Inglês)

A modern ECF fiberline for the production of bleached *Eucalyptus* pulp. J. Reyes; F. Valdebenito; T.M. Poulin. 2nd ICEF International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 09 pp. (2005)

https://www.eucalyptus.com.br/icep02/reyes_valdebenito_poulin.pdf (em Inglês)

Experiencia industrial de la implementación de una etapa de dióxido en alta temperatura para reducir ácidos hexenurónicos en planta Santa Fe de CMPC Celulosa S.A. F. Valdebenito; J. Reyes; J. Escalona. 2nd ICEF International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 12 pp. (2005)

https://www.eucalyptus.com.br/icep02/fernando_valdebenito.pdf (em Espanhol)

Influence of pulp colour on bleachability. Ways to improve the bleaching response of alkaline pulp. D. Lachenal; C. Chirat; N. Benattar; Y. Hamzeh; N. Marlin; C. Mateo; B. Brocher. ATIP 59(3): 06 – 11. 06 pp. (2005)

https://www.academia.edu/1031684/Influence_of_pulp_colour_on_bleachability_Ways_to_improve_the_bleaching_response_of_alkaline_pulp (em Inglês)

***Eucalyptus* kraft pulp bleaching: State-of-the-art and new developments.** J.L Colodette; A.H. Mounteer; C.M. Gomes; M.S. Rabelo; K.M.M. Eiras. TAPPI Engineering, Pulping & Environment Conference. 31 pp. (2005)

https://imisrise.tappi.org/TAPPI/Products/08/FEB/08FEB18.aspx (em Inglês)

Chemical characterization of residual lignins from eucalypt paper pulps. D. Ibarra; J.C. del Rio; A. Gutiérrez; I.M Rodríguez; J. Romero; M.J. Martínez; A.T. Martínez. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 74: 116 – 122. (2005)

https://www.academia.edu/9553996/Chemical_characterization_of_residual_lignins_from_eucalypt_paper_pulps (em Inglês)

Fundamentals and characteristics of modern hardwood pulp bleaching. T. Vuorinen; A.S. Jaaskelainen; T. Lehtimaa; K. Toikka; Z. Zhou. 38º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 06 pp. (2005)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2005.pdf (em Inglês)

Reduction in the usage of fresh water in the bleaching of chemical fibers. H. Henna; H. Kaj; P.Tervola. 38º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 04 pp. (2005)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2005_Reduction+Water+Usage.pdf (em Inglês)

Assessment of pulp bleaching practices in South America. J.L. Colodette. RIADICYP - Red IberoAmericana de Docencia e Investigación en Celulosa, Papel y Productos Lignocelulósico. Grupo Blanqueo. Taller Merida. J.L. Colodette. Apresentação: 33 slides. (2005)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2005_RIADICYP_Taller+Merida_Estrategia_Blanqueo.pdf (em Inglês)

Utilização de fluidos no estado sub/supercritico na polpação de *Eucalyptus grandis* e *Pinus taeda*. M.T.B. Pimenta. Tese de Doutorado. USP – Universidade de São Paulo. 215 pp. (2005)

https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75131/tde-18042007-093604/publico/MariaTeresaBPimenta.pdf (em Português)

Optimal conditions for bleaching eucalyptus kraft pulp with three stage sequence. A. Milanez; J.L. Colodette. IPBC 2005 – International Pulp Bleaching Conference. 09 pp. (2005)

https://www.researchgate.net/publication/270817354_Optimal_Conditions_for_Bleaching_Eucalyptus_Kraft_Pulp_with_Three_Stage_Sequence (em Inglês)

Estudo da influência dos componentes da pasta kraft de *E. globulus* sobre o índice kappa e brancura. V.D. Nascimento. Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro. 85 pp. (2005)

https://core.ac.uk/download/15563197.pdf (em Português)

On the importance of oxidizable structures in bleached kraft pulps. O. Sevastyanova. Tese de Doutorado. KTH – Royal Institute of Technology. 79 pp. (2005)

https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:14336/FULLTEXT01.pdfDec (em Inglês)

Reversão da brancura em pastas *kraft* de *Eucalyptus globulus.* I.M.C. Lopes-Sêco. Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro. 172 pp. (2006)

https://ria.ua.pt/bitstream/10773/4965/1/206804.pdf (em Português)

Nova tecnologia de branqueamento de celulose adaptada ao fechamento do circuito de água. M.M. Costa; J.L. Colodette; A. Landim; C.M. Silva; A.M.M.L. Carvalho. Revista Árvore 30(1): 129 – 139. (2006)

https://www.scielo.br/j/rarv/a/pTSPchHn3kzSZNPmvgRPr4s/?format=pdf&lang=pt (em Português)

Redução do consumo de água na etapa de branqueamento da celulose via reutilização de efluentes industriais. A.A. Andrade. Dissertação de Mestrado. Unicamp – Universidade Estadual de Campinas. 140 pp. (2006)

https://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=475273 (em Português)

Limitação da adsorção de lignina durante o cozimento kraft para aprimorar a capacidade de branqueamento da polpa. (*Limitation of the lignin adsorption during kraft cooking to improve the pulp bleaching ability*). S. Voiron; D. Lachenal. Revista O Papel (Outubro): 93 – 100. (2006)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2006_Reduzao+Adsorzao+Lignina.pdf (em Português e em Inglês)

Improving the economics of *Eucalyptus* kraft pulp ECF bleaching. J.L. Colodette; J.L. Gomide; D. Longue Júnior; C.M. Gomes. *In:* Research Progress in Pulping and Papermaking. Proceedings of the 3rd ISETPP: 300 – 335. (2006)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2006_ECF_Bleaching_China.pdf (Uma cortesia do Dr. José Lívio Gomide - em Inglês)

***Eucalyptus* wood xylan removal and its impact on kraft pulp quality.** D. Longue Jr.; C.M. Gomes; J.L. Colodette; J.L. Gomide; R.C. Oliveira. 1st Latin American Congress on Biorefineries: Innovation Opportunities for the Forestry Sector. Apresentação em PowerPoint: 41 slides. (2006)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2006_Xylans+Longue+Colodette.pdf (Uma cortesia do Dr. Jorge Luiz Colodette - em Inglês)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2006_Biorefinery.pdf (Uma cortesia do Dr. Jorge Luiz Colodette - em Inglês)

Avaliação de diferentes tecnologias de branqueamento para obtenção de polpa kraft de eucalipto *(Evaluation of different bleaching technologies for obtaining eucalyptus kraft pulp).* Y.A.M. Robles; L.C. Souza; C. Leporini Filho. Revista O Papel (Julho): 62 - 77. (2006)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2002.pdf (em Português e em Inglês)

Branqueamento de polpa kraft e eucalipto: Nível atual da técnica e novos desenvolvimentos. J.L Colodette; C.M. Gomes; M.S. Rabelo; K.M. Eiras; A.F. Gomes; K.D. Oliveira. Revista O Papel (Setembro): 88 – 111. (2006)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2003.pdf (em Português)

e

http://www.revistaopapel.org.br/noticia-anexos/1311963480_0b950051406a149b0b2cad0c6778b8ff_567146782.pdf (em Português)

Condições otimizadas para o branqueamento de polpa kraft de eucalipto com sequência Dht(P0)D. A.F. Milanez; J.L. Colodette. Revista O Papel (Abril): 46 – 53. (2006)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2004.pdf (em Português)

O efeito do número kappa do digestor na capacidade de branqueamento e rendimento de celulose de fibra longa EMCCTM. (*The effect of digester kappa number on the bleachability and yield of EMCCTM softwood pulp*). P. Hart; D. Connel. Revista O Papel (Novembro): 02 - 12. (2006)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2006_11_Efeito+Kappa+Digestor.pdf (em Português e em Inglês)

Estudo da lixiviação ácida para remoção de metais antes do cozimento kraft e seus efeitos no processo. E. Moreira; J.L. Colodette; J.L. Gomide; R.C. Oliveira; A.J. Regazzi; V.M. Sacon. 39º Congresso Anual ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 36 slides. (2006)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/05_2006_Lixiviacao%20cavacos.pdf (em Português)

Efeito da lixiviação ácida de cavacos de eucalipto no processo kraft. Érica Moreira. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 127 pp. (2006)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/3107/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Kappa ótimo de cozimento: Uma ferramenta versátil para a melhoria do desempenho financeiro de uma planta de celulose de eucaliptos. A. Forsstrõm; J. Basta; C. Blom. Revista O Papel (Junho): 96 – 100. (2006)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2006_Kappa+Otimo.pdf (em Português)

Blanqueo de celulosa. Avances en el blanqueo de pulpa kraft de *Eucalyptus*. J.L. Colodette; C.M. Gomes; M. Rabelo; K.M.M. Eiras. Revista Celulosa y Papel 22(3): 04 – 11. ATCP-Chile. (2006)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2006_ATCP_Blanqueo+Colodette.pdf (Uma cortesia ATCP-Chile - em Espanhol)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2006_22+3_Avances+O2+Delig.pdf (Uma cortesia ATCP-Chile - em Espanhol)

Tecnologias avançadas para pré-branqueamento de polpa kraft de eucalipto. M.S. Rabelo. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa. 277 pp. (2006)

http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/44/137798_c.pdf?sequence=2&isAllowed=y (em Português)

Future challenges in chemical pulp bleaching. D. Lachenal; C. Chirat; Y. Hamzeh. ATIP 60(2): 06 - 11. (2006)

https://www.academia.edu/1031685/Future_challenges_in_chemical_pulp_bleaching (em Inglês)

Aprimoramento das propriedades da polpa kraft branqueada mediante a oxidação da celulose. (*Improvement of bleached kraft pulp properties by cellulose oxidation*). A.P. Duarte; S. Martins; C. Abrantes; M.I. Ismael; R. Simões; J.A. Figueiredo. Revista O Papel (Outubro): 76 – 82. (2006)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2006_Oxidazao+Fibras.pdf (em Português e em Inglês)

Relaciones entre las condiciones de procesamiento y las propiedades de pulpas kraft de *Eucalyptus grandis*. M.C. Area; M.G. Carvalho; P.J. Ferreira; F.E. Felissia; C.S. Jorge; L. Vilalba. IV CIADICYP – Congreso IberoAmericano en Investigación en Celulosa y Papel. Apresentação em PowerPoint: 29 slides. (2006)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/MariaCristinaArea15.pdf (em Espanhol)

Effect of pulp delignification degree on fiber line performance and bleaching effluent load. J.L. Colodette; J.L. Gomide; D. Longue Jr.; C.M. Gomes. IV CIADICYP - Congreso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel. 07 pp. (2006)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2006_Pulp_Delignification_Degree.pdf (em Inglês)

Cinética de la etapa Ep en el blanqueo ECF de pulpas kraft. C.M. Méndez; M.C. Area. IV CIADICYP - Congreso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel. 08 pp. (2006)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2006_Cinetica_Blanqueo+ECF.pdf (em Espanhol)

Estudio comparativo entre tecnologías Dht y Z/E para el blanqueo ECF de pulpas kraft de eucalipto. J.C. Garcia; P. Mutjé; M.A. Pèlach; L. Barberà; J.L. Colodette. IV CIADICYP - Congreso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel. 07 pp. (2006)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2006_Dht+Ozone+ECF+Bleaching.pdf (em Espanhol)

Influencia de las variables de proceso en la etapa Ep del blanqueo ECF. C.M. Méndez; M.C. Area. IV CIADICYP - Congreso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel. 08 pp. (2006)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2006_Etapa+Ep+Blanqueo.pdf (em Espanhol)

El uso del peróxido de hidrógeno como primera etapa de blanqueo de una pasta kraft de *Eucalyptus globulus*. L. Soria; L. Ferrer. IV CIADICYP - Congresso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel. 07 pp. (2006)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2006_H2O2+Etapa+Primera+Blanqueo.pdf (em Espanhol)

Avaliação tecnológica de clones de eucalipto: Parte 2 - Qualidade da celulose branqueada kraft para papel de imprimir e escrever. C.R. Ferreira; M. Fantini Júnior; J.L. Colodette; R.C. Oliveira; J.L. Gomide; A.M.M.L. Carvalho. *Scientia Forestalis* 71: 09 – 18. (2006)

https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr71/cap01.pdf (em Português)

Evaluation of white water reuse in the bleaching process for reducing fresh water consumption. A.A. Andrade; P.M. Glória; J. V. H. d'Angelo; D.O. Perissotto; R.A. Lima. Revista O Papel (Fevereiro): 63 - 76. (2006).

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/20_2006_White%20water%20use%20in%20bleaching.pdf (em Inglês)

Some factors that impact pulp yields during kraft pulping & bleaching. B.N. Brogdon. Future Bridge Consulting. Apresentação em PowerPoint: 13 slides. (2007)

https://www.researchgate.net/publication/283315839_Some_Factors_that_Impact_Pulp_Yields_During_Kraft_Pulping_and_Bleaching (em Inglês)

Blanqueo ECF de pulpas kraft: Cinética, mecanismo y termodinámica de la etapa EP. C.M. Méndez. Dissertação de Mestrado. UNaM – Universidad Nacional de Misiones. 99 pp. (2007)

https://rid.unam.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12219/2462/M%c3%89NDEZ%20Claudia%20Marcela%20_2007_%20Blanqueo%20ECF%20de%20pulpas%20Kraft%20cin%c3%a9tica.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Espanhol)

Effect of hot acid hydrolysis and hot chlorine dioxide stage on bleaching effluent biodegradability. C.M. Gomes; J.L. Colodette; N.R.N. Delantonio; A.H. Mounteer; C.M. Silva. Water Science & Technology 55(6): 39 – 46. (2007)

https://www.researchgate.net/publication/6344251_Effect_of_hot_acid_hydrolysis_and_hot_chlorine_dioxide_stage_on_bleaching_effluent_biodegradability (em Inglês)

Effect of pulp delignification degree on fiber line performance and bleaching effluent load. J.L. Colodette; J.L. Gomide; D. Longue Jr; C. Pedrazzi. BioResources 2(2): 223- 234. (2007)

https://bioresources.cnr.ncsu.edu/resources/effect-of-pulp-delignification-degree-on-fiber-line-performance-and-bleaching-effluent-load/BioRes_02/BioRes_02_2_223_234_Colodette_GJP_PulpDelignificationDegree_Bleaching.pdf (em Inglês)

Cloro ligado organicamente no branqueamento ECF: Foco na fração ligada à polpa (OCl). *(Organically bound chlorine in ECF bleaching: Focus on the pulp bound fraction OCl).* M. Martikka; O. Dahl; T. Vuorinen. Revista O Papel (Setembro): 56 – 66. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2007_Cloro+Ligado+Organicamente.pdf (em Português e em Inglês)

Alta estabilidade de alvura em sequências ECF padrão. *(High brightness stability in standard ECF sequences).* A. Forsström; E. Wackerberg; T. Greschik; P. Jour; L. Holtinger. Revista O Papel (Outubro): 101 - 112. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2007_Estabilidade+alvura.pdf (em Português e em Inglês)

Contribuição de estruturas oxidáveis de origem diversa para o número kappa e a alvura da polpa kraft de *Eucalyptus globulus*. *(Contribution of oxidizable structures of different origin to kappa number and brightness of Eucalyptus globulus kraft pulp).* V. Nascimento; D.V. Evtuguin. Revista O Papel (Abril): 53 - 62. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2007_Estruturas+Oxidaveis.pdf (em Português e em Inglês)

Otimização do cozimento kraft: Rendimento da polpa em relação ao teor de HexA e o efeito do teor de HexA pós cozimento na demanda de produtos químicos de branqueamento. *(Optimizing kraft cooking pulp yield vs HexA content and the effect of HexA content after cooking on the bleaching chemical requirement).* C. Gustavsson; M. Ragnar. Revista O Papel (Junho): 64 – 85. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2007_Otimizazao+Cozimento.pdf (em Português e em Inglês)

Efeito da lixiviação ácida de cavacos de eucalipto no processo kraft. E. Moreira; J.L. Colodette; J.L. Gomide; R.C. Oliveira; A.J. Regazzi; V.M. Sacon. 3rd ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 08 pp. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/22_Moreira_Colodette_Gomide_Oliveira_Regazzi_Sacon.pdf (em Inglês)

Estudo da lixiviação ácida de cavacos para remoção de metais antes do cozimento kraft e seus efeitos no processo. É. Moreira; J.L. Colodette; J.L. Gomide; R.C. Oliveira; A.J. Regazzi; V.M. Sacon. 3rd ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Apresentação em PowerPoint: 34 slides. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/451Moreira.ppt.pdf (em Inglês)

Advances in *Eucalyptus* pulp bleaching technology. O. Pikka; J. Vehmaa. 3rd ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/80Pikka.text.pdf (Texto: 14 pp. - em Inglês)

e
https://www.eucalyptus.com.br/icep03/81Pikka.ppt.pdf (Apresentação: 58 slides – em Inglês)

Alternativas de blanqueo de pulpas kraft de *Eucalyptus* spp. incorporando quelante fosfonado y enzimas. A.D. Venica; F.E. Felissia; M.C. Area. 3rd ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 01 pp. (2007)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/MariaCristinaArea18.pdf (em Espanhol)

New insights into *Eucalyptus* lignin & pulping chemistry. A. Guerra; I. Filpponen; L.A. Lucia; D.S. Argyropoulos. 3rd ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/130Argyropoulos.text.pdf (Texto: 12 pp. – em Inglês)

e

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/131Argyropoulos.ppt.pdf (Apresentação em PowerPoint: 32 slides – em Inglês)

Recent advances in *Eucalyptus* wood chemistry: Structural features through the prism of technological response. D.V. Evtuguin; C. Pascoal Neto. 3rd ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/20Evtuguin.text.pdf (Texto: 12 pp. – em Inglês)

e

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/21Evtuguin.ppt.pdf (Apresentação em PowerPoint: 39 slides – em Inglês)

The chemistry of bleaching and post-color formation in kraft pulps. G. Gellerstedt. 3rd ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/40Gellerstedt.text.pdf (Texto: 13 pp. - em Inglês)

e

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/41Gellerstedt.ppt.pdf (Apresentação: 50 slides – em Inglês)

Challenges and opportunities in measuring and maintaining brightness of bleached eucalypt kraft pulp. M. Ragnar. 3rd ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 08 pp. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/90Ragnar.text.pdf (em Inglês)

Influence of final bleaching stage on ECF brightness development, refinability and pulp properties V.R. (Perry) Parthasarathy; J.L. Colodette. 3rd ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/160Perry.text.pdf (Texto: 15 pp. - em Inglês)

e

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/161Perry.ppt.pdf (Apresentação: 29 slides – em Inglês)

Reactivity of hexenuronic acid in bleaching of *Eucalyptus* kraft pulps. T. Vuorinen; I. Adorjan; A.-S. Jääskeläinen; T. Lehtimaa; K. Toikka; Z. Zhou. 3rd ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/210Vuorinen.text.pdf (Texto: 05 pp. - em Inglês)

e

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/211Vuorinen.ppt.pdf (Apresentação: 25 slides – em Inglês)

The second generation TCF bleaching with HC ozone. M. Wennerström; M. Dahl; S. Nordén; A.-S. Näsholm. 3rd ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 05 pp. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/220Wennerstrom.text.pdf (em Inglês)

Optimizing the alkaline extraction for *Eucalyptus* kraft pulp bleaching. L.D. Shackford; C.A. Santos; J.L. Colodette; E.F. Alves. 3rd ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 10 pp. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/300Shackford.text.pdf (em Inglês)

Influence of the bleaching sequence on the brightness stability of *Eucalyptus* kraft pulp. O. Sevastyanova; J. Li; M.E. Lindström; G. Gellerstedt. 3rd ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/310Sevastyanova.text.pdf (Texto: 06 pp. - em Inglês)

e

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/311Sevastyanova.ppt.pdf (Apresentação: 20 slides – em Inglês)

Ageing of *Eucalyptus* pulps: Effects on brightness and viscosity. A. Forsström; P. Hellström; T. Greschik. 3rd ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/360Forsstrom.text.pdf (Texto: 07 pp. - em Inglês)

e

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/361Forsstrom.ppt.pdf (Apresentação: 24 slides – em Inglês)

How to evaluate the kraft pulp brightness stability? T. Liitiä; T. Tamminen. 3rd ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/390Liitia.text.pdf (Texto: 07 pp. - em Inglês)

e

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/391Liitia.ppt.pdf (Apresentação: 24 slides – em Inglês)

Water consumption minimization in a bleach plant. K.D. Oliveira; M. Cardoso. 3rd ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 11 pp. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/07_Oliveira_Cardoso.pdf (em Inglês)

Branqueamento de polpa de eucalipto com sequências curtas. F.R. Milagres; M.S. Rabelo; F.J.B. Gomes; J.L. Colodette. 3rd ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 05 pp. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/14_Milagres_Rabelo_Gomes_Colodette.pdf (em Português)

Effect of recent bleaching technology development on organic matter balance in eucalypt kraft pulp bleaching effluents. A.H. Mounteer; R.O. Pereira; A.A. Morais; D.S.A. Silveira. 3rd ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 07 pp. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/23_Mounteer_Pereira_Morais_Silveira.pdf (em Inglês)

Uso del ozono en secuencias ECF-light para el blanqueo de pulpas kraft de eucalipto. J.C. Garcia; P. Mutjé; M.A. Pèlach; L. Barbera; J.L. Colodette. 3rd ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 07 pp. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/19_Garcia_Mutje_Pelach_Barbera_Colodette.pdf (em Espanhol)

Bleaching *Eucalyptus grandis* kraft pulps using a short TCF sequence. M.C. Area; F.E. Felissia. TAPPSA Journal (official journal of the Technical Association of the Pulp and Paper Industry of Southern Africa). 07pp. (2007)

https://www.researchgate.net/publication/263124929_Bleaching_Eucalyptus_grandis_kraft_pulps_using_a_short_TCF_sequence (em Inglês)

Final bleaching of eucalypt kraft pulp using hydrogen peroxide. M.G.V.S. Carvalho; N.M.V. Carvalho; M.A.R. Campos; L.M.G.A. Ferreira; J.L. Amaral. 20º Encontro Nacional Tecnicelpa. 07 pp. (2007)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/26_Final%20Bleaching.pdf (em Inglês)

Study of complementary treatments in the bleaching process of eucalypt kraft pulp: Handsheet surface characterization using non conventional techniques. P.J.T. Ferreira; M.G.V.S. Carvalho; N. Barbeitos; F. Felissia; M.C. Area. 20º Encontro Nacional Tecnicelpa. 04 pp. (2007)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/27_Complementary%20Bleaching.pdf (em Inglês)

Cinética de branqueamento e de degradação da celulose num estágio de peróxido de hidrogênio pressurizado aplicado a pastas kraft de eucalipto. S.M.F. Mota; L.M.G.A. Ferreira; M.G.V.S. Carvalho. 20º Encontro Nacional Tecnicelpa. 07 pp. (2007)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/28_Cinetica%20branqueamento.pdf (em Inglês)

Xylan reactions in kraft cooking process and product considerations. S. Danielsson. Tese de Doutorado. KTH – The Royal Institute of Technology. 84 pp. (2007)

https://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:12823/FULLTEXT01.pdf (em Inglês)

The impact of kappa number composition on *Eucalyptus* kraft pulp bleachability. M.M. Costa; J.L. Colodette. Brazilian Journal of Chemical Engineering 24(1): 61 – 71. (2007)

https://www.scielo.br/j/bjce/a/jkP6rGL6Sbty79Bp8JMjVTL/?format=pdf&lang=en (em Inglês)

Best practice for highest and very stable brightness: Consequences for a short sequence. H.U. Suess; C. Leporini Filho. 40º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2007_Best+Practices.pdf (em Inglês)

Influência da lixiviação ácida de cavacos no desempenho produtivo e ambiental da fabricação de celulose de eucalipto. N.R.N. Del'Antonio. Dissertação de Mestrado. UFV - Universidade Federal de Viçosa. 140 pp. (2008)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/3123/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Aplicação do ácido peracético no branqueamento da polpa de eucalipto e o impacto na sua qualidade. D.P. Barros. Dissertação de Mestrado. UFV - Universidade Federal de Viçosa. 177 pp. (2008)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/2072/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Where are bleached kraft mills going? Brightner? Cleaner? Cheaper? M. MacLeod. Pulp & Paper. Risiinfo. The KraftPulpingCourse. 02 pp. (2008)

http://www.kraftpulpingcourse.knowledgefirstwebsites.com/f/Johnson2008.pdf (em Inglês)

Bleaching with hydrogen peroxide. A review. E. Ramos; S.F. Calatrava; L. Jiménez. Afinidad 65(537): 366 – 373. (2008)

https://raco.cat/index.php/afinidad/article/view/282320/370192 (em Inglês)

Efeito da idade da madeira de eucalipto na sua química e polpabilidade, branqueabilidade e propriedades físicas da polpa. P.H.D. Morais. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 79 pp. (2008)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/2085/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Influência da idade de clones de eucalipto na composição química e polpabilidade da madeira e na branqueabilidade e propriedades das polpas. P.H.D. Morais. Dissertação de Mestrado. UFV - Universidade Federal de Viçosa. 79 pp. (2008)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/2085/1/texto%20completo.pdf (em Português)

New insights on brightness stability of *Eucalyptus* kraft pulp. K.M.M. Eiras; J.L. Colodette; V.L. Silva; L.C.A. Barbosa. Nordic Pulp and Paper Research Journal 23(1): 102 – 107. (2008)

https://www.academia.edu/89009670/New_insights_on_brightness_stability_of_eucalyptus_kraft_pulp (em Inglês)

Optimization of ECF bleaching of kraft pulp: Part 1. Optimal bleaching of hardwood pulps made with different alkali charges. T.J. McDonough; S. Uno; A.W. Rudie; C.E. Courchene. Tappi Journal (January): 04 – 10. (2008)

https://www.fpl.fs.usda.gov/documnts/pdf2008/fpl_2008_mcdonough001.pdf (em Inglês)

Strategies to reduce the brightness reversion of industrial ECF bleached *Eucalyptus globulus* kraft pulp. I.M.C.L. Seco; C. Pascoal Neto; A.J.D. Silvestre. Journal of Chemical Technology and Biotechnology 83: 218 – 226 (2008)

https://www.academia.edu/33965686/Strategies_to_reduce_the_brightness_reversion_of_industrial_ECF_bleachedEucalyptus_globulus_kraft_pulp (em Inglês)

The effect of the cooking in the amount of xylans in *Eucalyptus* pulp. C. Pedrazzi; J.L. Colodette; J.L. Gomide; M.C.S. Muguet. EWLP 2008 - 10th European Workshop on Lignocellulosics and Pulp. 04 pp. (2008)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2008_Cooking_Condtions_Xylans.pdf (Uma cortesia do professor José Lívio Gomide - em Inglês)

Utilização de peróxido de hidrogênio no estágio final do branqueamento ECF de pastas kraft de *Eucalyptus globulus* - Estudos de optimização. M.G.V.S. Carvalho; D.V. Evtuguin,; P.E.G. Loureiro. V CIADICYP – Congreso IberoAmericano de Investigación en Celulosa y Papel. 10 pp. (2008)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2008_Peroxido+Final.pdf (em Português)

Condições ótimas para branquear polpa kraft de eucalipto com uma sequência de três estágios. A.F. Milanez; J.L. Colodette; A.M.M.L. Carvalho. Revista *Scientia Forestalis* 36(78): 105-113. (2008)

https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr78/cap02.pdf (em Português)

Mixed Brazilian *Eucalyptus* and *Pinus* species - Bleaching evaluation. A.G.M.C. Bassa; M.R. Silva; A. Bassa; V.M. Sacon; F. Schmidt; F.G. Silva Jr. Tappi Engineering, Pulping and Environmental Conference. 36 pp. (2008)

Sugiro visitar o website www.tappi.org para verificar o livre acesso ou para a aquisição do artigo (em Inglês)

Fabricación de pulpas celulósicas y desarrollo sostenible. M.C. Area. Feria Forestal Argentina. Apresentação em PowerPoint: 49 slides. (2008)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/MariaCristinaArea14.pdf (Uma cortesia Dra. Maria Crsitina Area - em Espanhol)

Caracterização de extrativos de madeira de *Eucalyptus* e depósitos de *pitch* envolvidos na fabricação de celulose e papel. F.O. Silvério. Tese de Doutoramento. UFMG - Universidade Federal Minas Gerais. 1980 pp. (2008)

https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/SFSA-85YUWY/1/tese_flaviano_oliveira_silverio.pdf (em Português)

***Eucalyptus* kraft pulp bleaching: State-of-the-art and new developments.** J.L. Colodette; C.M. Gomes; M.S. Rabelo; K.M.M. Eiras; A.D.F. Gomes; K.D. Oliveira. Tappi Journal (February): 18A – 18M. (2008)

https://imisrise.tappi.org/TAPPI/Products/08/FEB/08FEB18.aspx (em Inglês)

Comparison of brightening kinetics in the final hydrogen peroxide stage of DEopDP and OQ(PO)DP bleaching stages. P.E.G. Loureiro; J.M.C. Antunes; L.M. Gando-Ferreira; D.V. Evtuguin; M.G.V.S. Carvalho. 41º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. (2008)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/16_brightening%20kinetics.pdf (Texto: 09 pp. – em Inglês)

e

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/17_Comparison%20of%20brightening%20kinetics.pdf (Apresentação em PowerPoint: 25 slides – em Inglês)

Performance of a final hydrogen peroxide stage in the ECF bleaching of eucalypt DoEopD1 kraft pulps. M.G.V.S. Carvalho; N.M.V. Carvalho; P.E.G. Loureiro. Tappi Journal (Agosto): 08 - 13. (2008)

https://www.researchgate.net/publication/288271613_Performance_of_a_final_hydrogen_peroxide_stage_in_the_ECF_bleaching_of_Eucalypt_D0EOPD1_kraft_pulps (em Inglês)

Grupos aniônicos em fibras de polpa de eucalipto: Perfil de concentração numa linha de branqueamento. (*Anionic groups in eucalyptus pulp fibres concentration profile in a bleaching line*). P. Ruusumo; V. Sacon; P. Fardim. Revista O Papel 69(10): 56 – 69. (2008)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/04_grupos%20ani%F4nicos%20fibras%20euca.pdf (em Português e em Inglês)

Including an ozone stage in bleaching sequence: Effect on pulp properties. C. Chirat; D. Lachenal; S.P. Mishra , G. Pippon. 41º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 13 pp. (2008)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2008_Ozone+Bleaching+Pinus+radiata.pdf (em Inglês)

Comportamento e caracterização de xilanas durante a polpação kraft de eucalipto. A.S. Magaton. Tese de Doutorado. UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais. 285 pp. (2008)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2008_Xilanas+Processo+Kraft_TeseMagaton.pdf (em Português)

Improving chlorine dioxide bleaching efficiency by selecting the optimum pH targets. P. Hart; D. Connel. Tappi Journal (July): 03 – 11. (2008)

https://www.nouryon.com/globalassets/inriver/resources/paper-daniel-connell-tappi-vol-7-number-7-2008-improving-chlorine-dioxide.pdf (em Inglês)

A fundamental review and critical analysis of hexenuronic acids and their impact in elemental chlorine-free bleaching. B.N. Brogdon. 2009 Tappi Engineering, Pulping and Environmental Conference. 49 pp. (2009)

https://www.researchgate.net/publication/277650780_A_fundamental_review_and_critical_analysis_of_hexenuronic_acids_and_their_impact_in_elemental_chlorine-free_bleaching (em Inglês)

The role of bound chlorine in the brightness reversion of bleached hardwood kraft pulp. K.M.M. Eiras; J.L. Colodette; V.L. Silva. Química Nova 32(1): 51 – 55. (2009)

https://www.scielo.br/j/qn/a/RgL4CqH8bCj6CZW7zd4fBDM/?format=pdf&lang=en (em Inglês)

Cinética do estágio Ep no branqueamento ECF de polpas kraft. *(Kinetics of Ep stage in kraft pulp ECF bleaching).* C.K. Méndez; M.C. Area. Revista O Papel (Junho): 48 – 56. (2009)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2009_Cinetica+Estagio+EP.pdf (em Português e em Inglês)

Alternativas tecnológicas para a produção de polpas de eucalipto com diferentes conteúdos de xilanas. C. Pedrazzi; J.L. Colodette; J.L. Gomide; M.C.S. Muguet. 42º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. (2009)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2009_Alternativas_tecnologicas.pdf (Apresentação em PowerPoint: 24 slides – em Português)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2009_Alternativas_tecnologicas_Pedrazzi.pdf (Texto: 13 pp. - em Português)

A influência dos ácidos hexenurônicos no rendimento e na branqueabilidade da polpa kraft. G. Ventorim; J.C. Caraschi; J.L. Colodette; J.L. Gomide. Química Nova 32(2): 373-377. (2009)

https://www.scielo.br/pdf/qn/v32n2/v32n2a19.pdf (em Português)

Impacto da qualidade da madeira de eucalipto no desempenho financeiro de um modelo de fábrica brasileira de celulose. (*Influence of Eucalyptus wood properties on the financial performance of a modeled Brazilian pulp mill*). J. Lopez; J.L. Gomide; R. Phillips. Revista O Papel 70(7): 53 - 71. (2009)

http://www.revistaopapel.org.br/noticia-anexos/1311883616_dd97aa43f5c9de6dd29fd66d8b4dfceb_2096740057.pdf (em Português e em Inglês)

Influência das xilanas na produção e nas propriedades de polpas de eucalipto para papéis. C. Pedrazzi. Tese de Doutorado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 211 pp. (2009)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/533/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Influência da lignina residual no estágio final de branqueamento com peróxido de hidrogênio. J.S. Comelato. Trabalho de Conclusão de Curso. Unesp – Universidade Estadual Paulista. 55 pp. (2009)

https://repositorio.unesp.br/bitstreams/9e9fb194-11d0-45d5-8b9a-c68e3e6dc4c5/download (em Português)

Effect of the final ECF bleaching stage on *Eucalyptus* kraft pulp properties - A comparison between hydrogen peroxide and chlorine dioxide. P.E.G. Loureiro; P.J. Ferreira; D.V. Evtuguin; M.G.V.S. Carvalho. Pulp and Paper Canada 110(9). 05 pp. (2009)

https://estudogeral.uc.pt/bitstream/10316/37906/3/2009%20-%20Paper%20Pulp%20and%20Paper%20Canada%202009.pdf (em Inglês)

Low environmental impact bleaching sequences for attaining high brightness level with *Eucalyptus* spp pulp. M.M. Costa; C.A. Santos; J.C. García; L. Barberà; F. Vilaseca; M.A. Pèlach; P. Mutjé; J.L. Colodette. Brazilian Journal of Chemical Engineering 26(1): 11 – 22. (2009)

https://www.scielo.br/j/bjce/a/wSMR7ZJBDPN6WvgN5SpLZmK/?format=pdf&lang=en (em Inglês)

Comparação das cinéticas de branqueamento no estágio final de peróxido de hidrogênio das sequências de branqueamento DEopDP e OQ(PO)DP. P.E.G. Loureiro; J.M.C. Antunes; L.M. Gando-Ferreira; D.V. Evtuguin; M.G.V.S. Carvalho. Revista O Papel 70(5): 56 - 68. (2009)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2009_Comparando+cinetica+branqueamento.pdf (em Português e em Inglês)

Management of non-process elements in *Eucalyptus* kraft pulp mills. K. Salmenoja; O. Poukka; M. Battegazorre. 42º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 09 pp. (2009)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/14_Management%20of%20nonprocess%20elements%20in%20eucalyptus%20kraft%20mills.pdf (em Inglês)

A distribuição da xilana e lignina em camadas superficiais e internas das fibras em polpa kraft de eucalipto. G. Boaventura; M.R. Silva; V.M. Sacon. 42º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. (2009)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2009_Distribuizao+Xilanas.pdf (Texto: 10 pp. - em Português)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2009_Distribuizao+Xilanas+Fibras.pdf (Apresentação em PowerPoint: 22 slides – em Português)

O processo AD(Eo)D - Um novo conceito. C. Pedrazzi; M.C.S. Muguet; J.L. Colodette; J.L. Gomide. Ciência Florestal 19(2): 215 – 224. (2009)

https://www.scielo.br/j/cflo/a/w9dpZDdqgDxhXL5hZvMDCkG/abstract/?lang=pt (em Português)

ECF bleaching with molybdenum activated acid peroxide and its impact on *Eucalyptus* pulp properties and effluent quality. H. Hämäläinen; M.A.B. Azevedo; J.L. Colodette; R.C. Oliveira; A.H. Mounteer. 4th International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Apresentação em PowerPoint: 30 slides. (2009)

https://www.eucalyptus.com.br/icep04/06_Hamalainen.et.all.pdf (em Inglês)

On the methods for assessing and the causes of brightness reversion. A. Forsström; E. Wackerberg; V.L. Silva; J.L. Colodette. 4th International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Apresentação em PowerPoint: 32 slides. (2009)

https://www.eucalyptus.com.br/icep04/15_Forsstrom.et.all.pdf (em Inglês)

Modificações físico-químicas na estrutura de fibras por tratamentos oxidantes objetivando desenvolvimento de características diferenciadas em polpas de eucalipto. C.M. Jardim; R.C. Oliveira; L.A.R. Batalha; J.L. Colodette. 42º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 15 pp. (2009)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2009_ABTCP_Modificacoes_estrutura_fibras.pdf (em Português)

O destino de espécies de cloro durante o branqueamento com dióxido de cloro a altas temperaturas. *(The fate of chlorine species during high-temperature chlorine dioxide bleaching).* G. Ventorim; J.L. Colodette; KM.M. Eiras. Revista O Papel 70(08): 39 – 50. (2009)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2009_Destinos+Cloro+Branqueamento.pdf (em Português)

e

http://revistaopapel.org.br/noticia-anexos/1251312643_b0532a67897cef4be29e85c8221139cb_1134896273.pdf (em Português)

Chemical balances of a modern *Eucalyptus* bleached kraft pulp mill. M.J. Pekkanen. VI CIADICYP – Congreso IberoAmericano de Investigación en Celulosa y Papel. 06 pp. (2010)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2010_Chemical+Balance+Pulp+Mill.pdf (em Inglês)

Successful philosophy to maximize efficiency and environmental performance implementing green bleaching of chemical pulp. J.-C. Hostachy; F.-J. Richardt; A.O. Araújo. VI CIADICYP – Congreso IberoAmericano de Investigación en Celulosa y Papel. 07 pp. (2010)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2010_Green+Bleaching.pdf (em Inglês)

Avaliação das propriedades físico-mecânicas de polpas produzidas por novas sequências de branqueamento. C. Pedrazzi; J.L. Colodette; R.C. Oliveira; M.C.S. Muguet; J.L. Gomide. Ciência Florestal 20(1): 123 – 135. (2010)

https://www.scielo.br/j/cflo/a/DfjzGWVnDXsX6QD9dRNqfCF/?format=pdf&lang=pt (em Português)

Estudo comparativo da branqueabilidade de polpas kraft de *Pinus radiata* e de uma mistura de *Eucalyptus globulus* e *Eucalyptus nitens*. M.F. Andrade. Dissertação de Mestrado Profissional. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 122 pp. (2010)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/5934/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Aperfeiçoamento da sequência O/OD*(EP)DP para celulose kraft de eucalipto. L.M. Pimenta. Dissertação de Mestrado. UFV - Universidade Federal de Viçosa. 30 pp. (2010)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/5897/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Influência do grau de deslignificação na produção de polpa kraft branqueada de eucalipto. D.P. Almeida. Dissertação de Mestrado Profissional. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 89 pp. (2010)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/5904/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Influência de variáveis do processo de produção industrial na qualidade da polpa kraft de eucalipto. G.L. Maranesi. Dissertação de Mestrado. UFV - Universidade Federal de Viçosa. 87 pp. (2010)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/5901/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Impactos de modificações físico-químicas das fibras de eucalipto na qualidade da polpa branqueada. C.M. Jardim. Tese de Doutorado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 191 pp. (2010)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/546/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Aperfeiçoamento do branqueamento de polpa kraft da mistura de madeira de *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp. pela sequência OQD*(PO)D e OQD*(PO)DP. F.J.B. Gomes. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 164 pp. (2010)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/5894/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Efeitos da aplicação de xilanase na polpa kraft-O de eucalipto. M.T. Borges. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 83 pp. (2010)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/3039/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Influência do último estágio de branqueamento ECF na branqueabilidade, no refino e nas propriedades da polpa. M.F. Andrade; J.L. Colodette. Revista *Scientia Forestalis:* 38(86): 135 – 146. (2010)

https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr86/cap01.pdf (em Português)

Estudo da branqueabilidade da polpa kraft de eucalipto. D.M. Carvalho; M.R. Silva; J.L. Colodette; V.M. Sacon. 43º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 14 pp. (2010)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2010_Branqueabilidade+Polpas+Eucaliptos.pdf (em Português)

Performance of a final hydrogen peroxide stage in different ECF bleaching sequences. P.E.G. Loureiro; A.S.M. Santos; D.V. Evtuguin; M.G.V.S. Carvalho. 21º Encontro Nacional Tecnicelpa. 08 pp. (2010)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/09_Final%20H2O2.pdf (Uma cortesia da Dra. Maria da Graça Carvalho - em Inglês)

Modeling chlorine dioxide bleaching of chemical pulp. V. Tarvo. Tese de Doutorado. Aalto University. 55 pp. (2010)

http://lib.tkk.fi/Diss/2010/isbn9789526031927/isbn9789526031927.pdf (em Inglês)

Reactions of chlorine (iii) and their kinetics in the chlorine dioxide bleaching of kraft pulps. T. Lehtimaa. Tese de Doutorado. Aalto University. 58 pp. (2010)

https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/4810/isbn9789526032030.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Inglês)

Diferentes processos de branqueamento da celulose e seus efeitos nas propriedades físicas e cristalinidade. M.A.B. Azevedo. Tese de Doutorado. UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais. 181 pp. (2011)

https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/SFSA-95JVPB/1/tese_marco_vs_final.pdf (em Português)

Behavior of *Eucalyptus* kraft pulp extractives components across ECF bleaching and their impact on brightness reversion. C.R A. Maltha; L.C.A. Barbosa; M.A.B. Azevedo; J.L. Colodette. Journal of Wood Chemistry and Technology 31(2): 103 – 120. (2011)

https://www.academia.edu/30677218/Behavior_of_Eucalyptus_Kraft_Pulp_Extractives_Components_across_ECF_Bleaching_and_Their_Impact_on_Brightness_Reversion (em Inglês)

Effect of cell wall thickness and fines on bleaching of softwood kraft pulp. S. Asikainen; A. Fuhrmann; L. Robertsén. Appita Journal 64(4): 362 – 367. (2011)

https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/15000/publication1.pdf (em Inglês)

Bleachability of eucalypt kraft pulp derived from auto-hydrolyzed chips. J.L. Colodette; G. Goyal; C. Yin; J.L. Gomide; F. Tesser. 2011 International Pulp Bleaching Conference. Tappi – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. (2011)

Sugiro visitar o website www.tappi.org para verificar o livre acesso ou para a aquisição do artigo (em Inglês)

Propriedade intelectual e interesse científico no desenvolvimento tecnológico de enzimas para a produção de celulose. B.J. Demuner; M. Pereira Júnior; A.M.S. Antunes. ENADIP – IV Encontro Acadêmico de Propriedade Intelectual, Inovação e Desenvolvimento. 16 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2011_Propriedade_intelectual_Enzimas.pdf (Uma cortesia do Dr. Braz José Demuner - em Português)

Advances in eucalypt bleached kraft pulp production. J.L. Colodette; J.L. Gomide; R.C. Oliveira. Tappi International Research Management Committee Meeting. Apresentação em PowerPoint: 69 slides. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2011_Advances_Eucalyptus_Pulp.pdf (Uma cortesia do Dr. Jorge Luiz Colodette - em Inglês)

The influence of industrial process conditions on the quality properties of *Eucalyptus* kraft pulp across the fiberline. G.L. Maranesi; R.C. Oliveira; J.L. Colodette. 5th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 08 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/50_Industrial_parameters_effects.pdf (em Inglês)

Correlation between chemical characteristics of cellulosic pulp with optical and physical-mechanical properties of paper. A.J.V. Zanuncio; R.M. Gomes; J.L. Colodette; R.C. Oliveira. 5th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 06 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/07_Correlation_pulp_paper_properties.pdf (em Inglês)

Behavior of deposited xylans during oxygen delignification across pulp bleaching and refining, and their influence on paper properties. M.C.S. Muguet; J.L. Colodette; C. Pedrazzi; R.C. Oliveira. 5th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 10 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/39_Deposition_Xylans.pdf (em Inglês)

Recent advances in *Eucalyptus* wood chemistry. J.C. del Rio; J. Rencoret; A.T. Martinez; A. Gutiérrez. 5th International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/14_Wood_chemistry.pdf (Texto: 09 pp. - em Inglês)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2011_Eucalyptus+Wood+Chemistry.pdf (Apresentação: 87 slides – em Inglês)

The *Eucalyptus* kraft pulp fiberline of the future. M.A. Andrade; O. Pikka. 5th International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 15 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/36_Future_fiberlines.pdf (em Inglês)

Characterisation of xylans and lignins isolated from various *Eucalyptus* species. T. Tamminen; T. Liitiä; S. Hyvärinen; H. Mikkonen; T. Hakala; T. Ohra-Aho; S. Rovio; A. Suurnäkki; J.L. Colodette. 5th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 08 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/11_Xylan_Lignin.pdf (em Inglês)

Achievements in industrial ozone bleaching. A. Métais; E. Germer; J.C. Hostachy. 5th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 12 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/34_Ozone_Bleaching.pdf (em Inglês)

Modeling and simulation of an industrial process of oxygen delignification and ECF bleaching of *Eucalyptus* pulp. C. Yamamoto; O. Vieira; V. Vianna. 5th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 09 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/35_Modeling_Simulation.pdf (em Inglês)

Alternatives to improve the O-A-Z/E-D-P bleach plant efficiency. L. Shackford; Ü.S. Sezgi; M.A.B. Azevedo; J.L. Colodette; M.R. Silva. 5th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 30 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/38_OAZEDP_bleach_plant.pdf (em Inglês)

Impact of bleaching history on the efficiency of final chlorine dioxide stage in ECF-type bleaching of *Eucalyptus* kraft pulps. O. Sevastyanova; M.E. Lindström; A. Forsström; E. Wackerberg. 5th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 10 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/40_Final_chlorine_dioxide_stage.pdf (em Inglês)

ECF bleaching of *Eucalyptus* kraft pulps. T. Vuorinen. 5th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/41_ECF_Bleaching.pdf (Abstract – 01 pp. - em Inglês)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/41A_ECF_bleaching.pdf (Apresentação – 38 slides - em Inglês)

A bleachability comparison among *Eucalyptus* pulps produced in laboratory and mill scale. D.C. Martino; J.L. Colodette; D.M.L. Paula. 5th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 06 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/14_Bleachability_pulps.pdf (em Inglês)

Bleachability of *Eucalyptus* kraft pulp with the sequences OD(EOP)DP, OA/D(EOP)DP and OA(Ze)DP. D.M. Carvalho; M.R. Silva; J.L. Colodette; V.M. Sacon. 5th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 07 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/15_Bleachability_Eucalyptus_Pulp.pdf (em Inglês)

Evaluation of the hexenuronic acid groups in the EFC bleaching of *Eucalyptus* kraft pulping. A.E. Nava; E.M. Albarran; G. Mogollón; J.L. Colodette. 5th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 11 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/22_Hexenuronic_acid_groups.pdf (em Inglês)

Optimization of novel bleaching sequences for *Eucalyptus* kraft pulp. L. Clavijo; C. Järnefelt; T. Vuorinen. 5th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 10 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/36_Novel_Bleaching_Sequences.pdf (em Inglês)

Evaluation of bleachability on pine and *Eucalyptus* kraft pulps. M.F. Andrade; F. Natalino; J.L. Colodette. 5th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 07 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/38_Pine_Eucalyptus_Bleachability.pdf (em Inglês)

Effect of bleaching of cellulose pulp crystallinity of *Eucalyptus grandis* and *dunnii*. M.A.B. Azevedo; V.M.D. Pasa; J.L. Colodette; M.P.F. Fontes. 5th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 10 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/40_Cellulose_Cristallinity_Bleaching.pdf (em Inglês)

Hydrogen peroxide bleaching of eucalypt kraft pulp in the high density tower. M.M.A. Alves; F.J.B. Gomes; J.L. Colodette; S.H.S. Martinelli. 5th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 07 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/41_Hydrogen_Peroxyde_Bleaching.pdf (em Inglês0

A comprehensive study on the final bleaching of *Eucalyptus* kraft pulps with hydrogen peroxide. P.E.G. Loureiro; D. Evtuguin; M.G.V.S. Carvalho. 5th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 04 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/49_Final_H2O2_Bleaching_Stage.pdf (em Inglês)

Alternative methods to evaluate yield losses during pulp bleaching. R.M. Gomes; J.L. Colodette; N.B.C. Santos; T.M. Resende; A.G. Lino; G.C.B. Brumano. 5th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 05 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/50_Pulp_Yield_Losses.pdf (em Inglês)

Advantages of using ozone in the bleaching sequence of *Eucalyptus* pulp: Economical and environmental interest compared to conventional bleaching. S. Kocimski. 5th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 04 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/54_Ozone_Bleaching.pdf (em Inglês)

The effect of washing efficiency on bleachability of eucalypt kraft pulps. T.M. Resende; J.L. Colodette; M.A.B. Azevedo; R.M. Gomes; A.G. Lino. 5th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 10 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/56_Washing_Efficiency.pdf (em Inglês)

Pulpability and bleachability of xylan-depleted *Eucalyptus* wood chips. J.L. Colodette; D. Longue; C. Pedrazzi; R.C. Oliveira; J.L. Gomide; F.J.B. Gomes. Industrial & Engineering Chemistry Research 50: 1847 – 1852. (2011)

https://www.academia.edu/14153923/Pulpability_and_Bleachability_of_Xylan_Depleted_Eucalyptus_Wood_Chips (em Inglês)

Influência do processo de polpação e do conteúdo de xilanas da polpa na branqueabilidade. *(Influence of the pulping process and the pulp xylans content on bleachability).* C. Pedrazzi; J.L. Colodette; J.L. Gomide; R.C. Oliveira; M.C.S. Muguet. Revista O Papel 72(5): 37 – 55. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2011_Xilanas.pdf (em Português e Inglês)

e

http://www.revistaopapel.org.br/noticia-anexos/1359376009_7e71556f1f9f94887437f5718b43bea1_1075163191.pdf (em Português e Inglês)

ECF bleaching with molybdenum activated acid peroxide and its impact on *Eucalyptus* pulp properties and effluent quality. M.A.B. Azevedo; V.M.D. Pasa; H. Hämäläinen; A.H. Mounteer; R.C. Oliveira; J.L. Colodette. Natural Resources 2011(2): 61 – 70. (2011)

https://www.scirp.org/journal/PaperDownload.aspx?paperID=4154 (em Inglês)

Estudo da branqueabilidade e da qualidade de polpas de *Eucalyptus* spp. de diferentes origens. D.C. Martino. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 64 pp. (2011)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/3086/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Efeito de reagentes de branqueamento nas propriedaes físicas e mecânicas da polpa de celulose kraft de eucalipto. J.S. Comelato. Dissertação de Mestrado. Unesp – Universidade Estadual Paulista. 113 pp. (2011)

https://repositorio.unesp.br/bitstreams/fa44c8db-ea6b-4ccd-b775-8890a137af9c/download (em Português)

Produtividade, idade e qualidade da madeira de *Eucalyptus* destinada à produção de polpa celulósica branqueada. M.G. Silva. Dissertação de Mestrado. USP – Universidade de São Paulo. 95 pp. (2011)

http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-17032011- 162129/publico/Marileide_Gomes_da_Silva.pdf (em Português)

Validación de alternativas de reducción de reactivos de blanqueo de planta Valdivia. H.E. Araneda-Gutiérrez. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 118 pp. (2011)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/5908/1/texto%20completo.pdf (em Espanhol)

Utilización de enzimas como auxiliares de blanqueo en la producción de pulpa de celulosa de *Pinus radiata.* J.M. Vivanco-Rodríguez. Dissertação de Mestrado Profissional. UFV - Universidade Federal de Viçosa. 117 pp. (2011)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/5909/1/texto%20completo.pdf (em Espanhol)

Xylans management in *Eucalyptus* pulp production. J. Colodette; M. Mugget; V. Gomes; R. Oliveira. 3rd Nordic Wood Biorefinery Conference. Apresentação em PowerPoint: 23 slides. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2011_Xylans+Management.pdf (Uma cortesia do professor Jorge Luiz Colodette - em Inglês)

e

https://www.yumpu.com/en/document/view/53048216/xylans-management-in-eucalyptus-pulp-production (em Inglês)

Pulping and bleaching characteristics: Bagasse versus Hardwood. E.F. Alves; R.C. Francis; J.L. Colodette. 44º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 23 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2011_Bagasse_vs_Hardwoods.pdf (em Inglês)

Technology prospecting on enzymes for the pulp and paper industry. B.J. Demuner; N. Pereira Júnior; A.M.S. Antunes. Journal ofd Technology Management and Innovation 6(3): 48 - 58. (2011)

https://www.jotmi.org/index.php/GT/article/view/art213/645 (em Inglês)

Transforming the bleaching process. D. Lachenal. 2011 Tappi International Pulp Bleaching Conference. Apresentação em PowerPoint: 33 slides. (2011)

https://www.researchgate.net/publication/273060110_Transforming_the_bleaching_process (em Inglês)

Geração de finos no branqueamento de polpa kraft de eucalipto e seu efeito nas propriedades físicas e mecânicas do papel. J.S. Comelato; G. Ventorim; J.C. Caraschi. 44º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 13 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2011_Gera%C3%A7%C3%A3o+Finos.pdf (em Português)

Effect of hardwoods characteristics on kraft pulping process: Emphasis on lignin structure. R.B. Santos; E.A. Capanema; M.Y. Balakshin; H.-M. Chang; H. Jameel. BioResources 6(4): 3623 – 3637. (2011)

https://bioresources.cnr.ncsu.edu/wp-content/uploads/2016/06/BioRes_06_4_3623_Santos_CBCJ_Effect_HW_Kraft_Proc_Lignin_Struc_1785.pdf (em Inglês)

Behavior of *Eucalyptus* wood xylan across kraft cooking. A.S. Magaton; J.L. Colodette; D. Piló-Veloso; J.L. Gomide. Journal of Wood Chemistry and Technology 31: 58 – 72. (2011)

https://www.researchgate.net/publication/232977955_Behavior_of_Eucalyptus_Wood_Xylans_across_Kraft_Cooking (em Inglês)

Factors affecting brightness reversion of hardwood kraft pulps. V.L. Silva; A.G. Lino; R.A. Ribeiro; J.L. Colodette; A. Forsstrom; E. Wackerberg. BioResources 6(4): 4801 – 4814. (2011)

https://bioresources.cnr.ncsu.edu/resources/factors-affecting-brightness-reversion-of-hardwood-kraft-pulps/BioRes_06/BioRes_06_4_4801_Silva_LRCRW_Factors_Brite_Rever_HW_Kraft_Pulps_1737.pdf (em Inglês)

Soft ECF-bleaching of softwood pulps. M. Demchishina. Dissertação de Mestrado. Lulea University of Technology. 39 pp. (2011)

https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1017043/FULLTEXT02.pdf (em Inglês)

Modeling of kraft mill chemical balance. D.M. Saturnino. Tese de Doutorado. University of Toronto. 164 pp. (2012)

https://tspace.library.utoronto.ca/bitstream/1807/32881/1/Saturnino_Daniel_M_201206_PhD_thesis.pdf (em Inglês)

On the role of xylan in the final bleaching of *Eucalyptus globulus* kraft pulps. P.E.G. Loureiro. Dissertação de Mestrado. Universidade de Coimbra. 59 pp. (2012)

https://estudogeral.uc.pt/bitstream/10316/20049/1/MIEQ_Dissertacao_PLoureiro.pdf (em Inglês)

Efeito dos sólidos dissolvidos da madeira na branqueabilidade e nas propriedades físico-mecânicas e ópticas de polpa *kraft* branqueada de eucalipto. D. Longue Júnior; J.L. Colodette. Revista Ciência Florestal 22(1): 171 – 181. (2012)

https://www.scielo.br/j/cflo/a/tS5Zv7RkzsNFf98rDgGpMjx/?format=pdf&lang=pt (em Português)

Inserção da tecnologia enzimática na indústria de celulose e papel. B.J. Demuner. Tese de Doutorado. UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro. 330 pp. (2012)

http://tpqb.eq.ufrj.br/download/insercao-da-tecnologia-enzimatica-na-industria-de-celulose-e-papel.pdf (em Português)

Métodos indiretos para avaliar a perda de rendimento do branqueamento de polpa kraft. R.M. Gomes. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 42 pp. (2012)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/3109/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Estudos do efeito dos ácidos hexenurônicos na estabilidade de alvura e nas propriedades de polpas branqueadas, do impacto de complexos lignina-carboidratos na polpação kraft e de pré-tratamentos de biomassa lignocelulósica para produção de etanol. V.L. Silva. Tese de Doutorado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 157 pp. (2012)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/8497/1/texto%20completo.pdf (em Português)

O efeito da redução de água na lavagem da polpa kraft no branqueamento ECF. T.C. Frigieri. Dissertação de Mestrado. Unesp – Universidade Estadual Paulista. 80 pp. (2012)

https://repositorio.unesp.br/bitstreams/7ebfe5b7-627b-4ab5-88d9-d638b7e5ec4c/download (em Português)

Advanced technologies for bleached *Eucalyptus* pulp production: From wood to product. J.L. Colodette; J.L. Gomide; A. Magaton. VIII Simpósio Internacional de la Industria de la Celulosa y Papel. Apresentação em PowerPoint: 57 slides. (2012)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2012_Wood_quality_Chile.pdf (Uma cortesia do professor José Lívio Gomide - em Inglês)

O estado da arte do branqueamento de polpa celulósica de eucalipto. F.J.B. Gomes; J.L. Colodette; A.H. Mounteer; L.A.R. Batalha. 45º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 13 pp. (2012)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2012_Estado-da-arte+Branqueamento.pdf (em Português)

Improvement of the chlorine-free bleaching of *Eucalyptus* kraft pulp. F. Pouyet; D. Lachenal; C. Chirat. 45º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (2012)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2012_Chlorine+Free+Bleaching.pdf (em Inglês)

Integrating a xylanase treatment into an industrial-type sequence for *Eucalyptus* kraft pulp bleaching. U. Fillat; M.B. Roncero; V.M. Sacon; A. Bassa. Industrial & Engineering Chemistry Research 51: 2830−2837. (2012)

https://www.academia.edu/24048334/Integrating_a_Xylanase_Treatment_into_an_Industrial_Type_Sequence_for_Eucalyptus_Kraft_Pulp_Bleaching (em Inglês)

Bleaching of *Eucalyptus* kraft pulps with chlorine dioxide: Factors affecting the efficiency of the final D stage. O. Sevastyanova; A.-B. Forsström; E. Wackerberg; M.E. Lindström. Tappi Journal 11(3): 43 – 53. (2012)

https://www.academia.edu/28629546/Bleaching_of_eucalyptus_kraft_pulps_with_chlorine_dioxide_Factors_affecting_the_efficiency_of_the_final_D_stage (em Inglês)

Environmental assessment executive summary for dioxins reduction from the Chinese pulp and paper industry project. Foreign Economic Cooperation Office. Ministry of Environmental Protection of China. World Bank documents.36 pp.(2012)

https://documents1.worldbank.org/curated/en/385581468025171122/pdf/666040BR0P12550Official0Use0Only090.pdf (em Inglês)

Efficacy of ECF and TCF bleaching processes on wheat straw, bagasse, bamboo and *Eucalyptus* pulps. Central Pulp and Paper Research Institute. India. 53 pp. (2012)

http://www.dcpulppaper.org/gifs/report28.pdf (em Inglês)

Implementación de nuevas secuencias de blanqueo en pulpa de eucalipto para maximizar el desarrollo de la fibra y minimizar la materia orgánica en el efluente. M.R. Rivera-Arriagada. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidad de Concepción. 80 pp. (2012)

https://eula.udec.cl/giba/wp-content/uploads/2017/09/tesis-maribel-rivera-2012.pdf (em Espanhol)

The effect of introducing ozone in elemental chlorine free bleaching of *Eucalyptus* kraft pulp. S.P. Mishra; D. Lachenal; C. Chirat. Tappi Journal 12(11): 39 – 45. (2013)

https://imisrise.Tappi.org//download.aspx?key=13NOV39 (em Inglês)

The A to Z upgrade in *Eucalyptus* pulp bleaching. A. Métais; J.-C. Hostachy; B. van Wyk. 2013 Tappi PEERS Conference – Pulpíng; Engineering; Environment, Recycling, Sustainability. 06 pp. (2013)

https://www.researchgate.net/publication/292849747_The_A_to_Z_upgrade_in_eucalyptus_pulp_bleaching (em Inglês)

Influência da DQO do condensado da evaporação na branqueabilidade da celulose. D.G. Santos. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 79 pp. (2013)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/5946/1/texto%20completo.pdf (em Português)

O estado da arte do branqueamento de polpa celulósica com oxigênio. J.L. Colodette; D.C. Martino. Publicado originalmente em 2013 na Revista Referência. Celulose e Papel 6(14): 32 – 46. Autorizado para publicação no website www.celso-foelkel.com.br. 12 pp. (2013)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Estado_da_Arte_Branqueamento_Oxigenio.pdf (em Português)

Factors affecting bleachability of eucalypt pulp. D.C. Martino; J.L. Colodette; T.C.F. Silva; D.Longue Júnior; D.M.L. Paula; M.A.B. Azevedo. BioResources 8(1): 1186 – 1198. (2013)

https://bioresources.cnr.ncsu.edu/wp-content/uploads/2016/06/BioRes_08_1_1186_Martino_CSJPA_Eucalyptus_Wood_Sites_Bleaching_2592.pdf (em Inglês)

Impacto da lavagem da polpa marrom no branqueamento, na evaporação e no meio ambiente. A.F. Mendes. Dissertação de Mestrado. UFV - Universidade Federal de Viçosa. 66 pp. (2013)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/5936/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Transition to chlorine free pulp! Experiences from the Swedish pulp and paper industry in contrast to the U.S. A.-K. Bergquist; K. Söderholm. EBHA 2013 : Innovation and Growth CXonference. 23 pp. (2013)

http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1007572/FULLTEXT01.pdf (em Inglês)

Aperfeiçoamento da deslignificação com oxigênio e do branqueamento de polpa celulósica kraft de eucalipto para dissolução. J.M. Lino. Dissertação de Mestrado. UFV - Universidade Federal de Viçosa. 72 pp. (2013)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/5938/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Wood quality: A key element for production of high yield and high bleachability eucalypt kraft pulp. J.L. Colodette; J.L. Gomide; F.J.B. Gomes. 6th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. (2013)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2013_Wood_Quality_PPT.pdf (Apresentação em PowerPoint: 37 slides – em Inglês)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2013_WoodQuality.pdf (Resumo em texto: 02 pp. – em Inglês)

Influence of bleaching sequences of *Eucalyptus* kraft pulp on the kaolin retention and its paper strength properties. I.R. Santos; G. Ventorim; J.C. Caraschi; J.S.C. Favaro. 6th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 16 pp. (2013)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2013_Bleaching+Sequence+Filler+Retention.pdf (em Inglês)

Reduction of chemical consumption and effluent generation by recycling alkaline filtrate at AD bleaching stage. A.R.S. Busnello; J.L.C. Silva. 6th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 05 pp. (2013)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2013_Bleaching+Effluent.pdf (em Inglês)

Fate of chlorate during ECF bleached pulp wastewater treatment. M.N. Cabrera; M. Martikka; O. Dahl. 6th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 10 pp. (2013)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2013_Fate+Chlorate.pdf (em Inglês)

New possibilities and gains with strong equilibrium peracetic acid for *Eucalyptus* pulp. M.M. Costa; T.M. Resende; J.L. Colodette. 6th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 11 pp. (2013)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2013_Peracetic+Acid.pdf (em Inglês)

Effect of eucalypt pulp pretreatment with hot acid hydrolysis on (aZe)DP bleaching performance. V.J. Gomes; A.L.S. Guimarães; J.L. Colodette; A. Métais; M. Wennerström; M.R. Silva; L. Sjodin; J.-C. Hostachy. 6th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 17 pp. (2013)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2013_Hot_Acid_Hydrolysis.pdf (em Inglês)

Avaliação do estágio ácido a alta temperatura no branqueamento de polpa kraft pré-hidrolisada. R. Santos; J.C. Caraschi; G. Ventorim. 46º Congresso e Exposição Internacional de Celulose e Papel. ABTCP/Tappi. Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 06 pp. (2013)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2013_Avaliando+Estagio+CCE.pdf (em Português)

Kraft ECF pulp bleaching. A review of the development and use of technoeconomic models to optimize cost; performance and justify capital expenditures. P.W. Hart; R.B. Santos. Tappi Journal 12(10): 19 – 29. (2013)

https://imisrise.tappi.org/TAPPI/Products/13/OCT/13OCT19.aspx (em Inglês)

e

https://www.researchgate.net/publication/263924904_Kraft_ECF_Pulp_Bleaching_A_review_of_the_Development_and_Use_of_Techno_Economic_Models_to_Optimize_Cost_Performance_and_Justify_Capital_Expenditures (em Inglês)

Brightness loss prediction for offset and couche papers. M.T. Iwasaki; D.C. Ferreira; M.L.O. D'Almeida. 47º Congresso Internacional de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 16 slides. (2014)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2014_Brightness+Losses_PPT.pdf (em Inglês)

Wood quality: A key element for production of high yield and high bleachability eucalypt kraft pulp. J.L. Colodette. Revista O Papel (Junho): 63. (2014)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2014_Wood+Quality+Key+Element.pdf (em Inglês)

Estudo da adição de xilanas na polpação kraft e seus impactos no desempenho do processo e qualidade do produto final. W.P. Demuner. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 86 pp. (2014)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/6280/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Efeitos da sequência de branqueamento na ação de alvejantes óticos em celulose kraft de eucalipto. M. Manfredi; J.L. Colodette; R.C. Oliveira; B.M. Barbosa. Revista Cerne 20(2): 223 – 230. (2014)

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-77602014000200007&lng=en&nrm=iso&tlng=pt (em Português)

Final chlorine dioxide stage at near-neutral pH for bleaching *Eucalyptus* pulp. R.A. Ribeiro; F.J.B. Gomes; J.N. Floriani; R.A P. Damásio; I.F. Demuner; Jorge L. Colodette. Revista Química Nova 37(10): 1646 – 1649. (2014)

https://www.scielo.br/j/qn/a/DvzC5XH6bJsjz7GWysz8Xqf/?format=pdf&lang=en (em Inglês)

Short TCF sequences in the bleaching of *Eucalyptus camaldulensis* pulp. A comparative study. J. Fiskari; M. Savela; K. Ruuttunen; V. Ali-Rekola; P. Kilpelainen; H. Sixta. Cellulose Chemistry and Technology 48 (7-8): 713 – 716. (2014)

https://core.ac.uk/download/pdf/52269618.pdf (em Inglês)

Avaliação de tecnologias para pré- e pós-branqueamento visando a produção de polpa branqueada (ECF-Ligth) de *Eucalyptus urograndis.* L.S. Caux; L.C. Dalvi; S.C. Amorim. Revista O Papel 75(12): 50 – 77. (2014)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2014_Pos+Pre+Branqueamento+ECF.pdf (em Português)

Previsão de perda de alvura de papel ofsete e cuchê. M.T. Iwasaki; D.C. Ferreira; M.L.O. D'Almeida. 47º Congresso Internacional de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 06 pp. (2014)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2014_Brightness_Losses_Texto.pdf (em Português)

The scenario of pulp bleaching technologies in South America. M.R. Silva; O. Mambrim Filho. IPBC - International Pulp Bleaching Conference. Apresentação em PowerPoint: 38 slides. (2014)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2014_Scenario+Pulp+Bleaching+SA.pdf (Uma cortesia do Dr. Otávio Mambrim Filho - em Inglês)

The use of ozone in the pulp and paper industry. J.-C. Hostachy; B. van Wyk; A. Métais. Paper Asia (March/April): 22 – 28. (2014)

https://www.researchgate.net/publication/291275090_The_use_of_ozone_in_the_pulp_and_paper_industry (em Inglês)

Estudo comparativo das sequências A/D(EP)DP e D(EP)DP para branqueamento de polpa de eucalipto. E.A. Oliveira. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 56 pp. (2014)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/5949/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Uso do ozônio no branqueamento de polpa de eucalipto para dissolução. F.R. Vieira. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 163 pp. (2015)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/18609/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Influência do conteúdo de xilanas na branqueabilidade, propriedades higroscópicas, fisico-mecânicas e óptica de polpas branqueadas de eucalipto. V.J. Gomes; D. Longue Júnior; J.L. Colodette; R.A. Ribeiro; H. Braun. Revista Química Nova 38(2): 221 – 226. (2015)

https://www.scielo.br/j/qn/a/VRh9F9VNdpDbWNNnMqPHDLC/?format=pdf&lang=pt (em Português)

Estudos da polpação kraft, branqueamento e refino de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. J.S.C. Fávaro. Tese de Doutorado. Unesp – Universidade Estadual Paulista. 180 pp. (2015)

https://repositorio.unesp.br/bitstreams/15c78793-2175-4d09-a6fe-3374c8b987cf/download (em Português)

Avaliação das madeiras de *Corymbia citriodora*, *Corymbia torelliana* e seus híbridos visando à produção de celulose kraft branqueada. T.E.S. Segura. Tese de Doutorado. USP - Universidade de São Paulo. 199 pp. (2015)

https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-05012016-140345/publico/Tiago_Edson_Simkunas_Segura_versao_revisada.pdf (em Português)

How Brazilian pulp mills will look like in the future. A.P. Mariano. Revista O Papel (Junho): 55 – 61. (2015)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/2015_Brazilian+Pulp+Mills.pdf (em Inglês)

How Brazilian pulp mills will look like in the future. A.P. Mariano. 48º Congresso Internacional de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 16 slides. (2015)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/2015_Future+Pulp+Mills.pdf (em Inglês)

Principais fontes e impactos de ecotoxicidade de efluentes de celulose e papel. T.H. Furley; J.B. Lombardi; A.S.S. Gomes. Revista O Papel 76(3): 51 – 56. (2015)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015_Fontes+Ecotoxicidade.pdf (em Português)

Effect of modified cooking on bleachability of *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus nitens*. R. Antes; O.P. Joutsimo. BioResources 10(1): 597 - 612. (2015)

https://www.ncsu.edu/bioresources/BioRes_10/BioRes_10_1_597_Antes_J_Effect_Mod_Cooking_Bleachability_Eucalyptus_6263.pdf (em Inglês)

Nova visão quantitativa e qualitativa da madeira para o processo de produção de polpa branqueada de eucalipto. L.S. Caux; L.C. Dalvi; C.C. Justino. 48º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. (2015)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015_Madeira+Processo_T.pdf (Texto: 07 pp. – em Português)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015_Madeira+Processo_A.pdf (Apresentação em PowerPoint: 27 slides – em Português)

Fiber surface and paper technical properties of *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus nitens* pulps after modified cooking and bleaching. R. Antes; O.P. Joutsimo. Bioresources 10(1): 1599 - 1616. (2015)

https://www.ncsu.edu/bioresources/BioRes_10/BioRes_10_1_1599_Antes_J_Fiber_Surf_Paper_Tech_Prop_E%20_globulus_E_nitens_Pulp_6635.pdf (em Inglês)

Xylan content effect on properties of bleached kraft pulp paper grades. C. Pedrazzi; J.L. Colodette; R.C. Oliveira; J.L. Gomide; F.J.B. Gomes. 7th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 03 pp. (2015)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2015_Xylan_content.pdf (em Inglês)

Recent advances in the chemistry of *Eucalyptus* wood. J.C. del Rio; J. Rencoret; A.T. Martinéz; J.L. Colodette; A. Gutiérrez. 7th ICEP - International *Colloquium* of *Eucalyptus* Pulp. (2015)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015_Chemistry_Eucalyptus.pdf (Texto: 09 pp. - em Inglês)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/3.1.Jose+Del+Rio.SLIDES.pdf (Apresentação em PowerPoint: 56 slides – em Inglês)

Study of xylans addition on kraft pulping and its impacts on the process development and the final product quality. W.P. Demuner; F.J.B. Gomes; J.L. Colodette**.** 7th ICEP - International *Colloquium* of *Eucalyptus* Pulp. 08 pp. (2015)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/51_Wendel+Demuner.pdf (em Inglês)

Management of chloride levels in a modern kraft pulp mill. C.C.R. Medeiros; D.C. Monteiro; F.A. Silva; M.A. Guimarães; P. Andersson; R. Wadsborn. 7th ICEP - International *Colloquium* of *Eucalyptus* Pulp. (2015)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/8.2.Carla+Medeiros.SLIDES.pdf (Apresentação: 23 slides – em Inglês)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/8.2.Carla+Medeiros.MANUSCRIPT.pdf (Texto: 09 pp. – em Inglês)

The future of *Eucalyptus* pulp bleaching technology. T. Vuorinen. 7th ICEP - International *Colloquium* of *Eucalyptus* Pulp. (2015)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/10.1.Tapani+Vuorinen.SLIDES.pdf (Apresentação: 23 slides – em Inglês)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/10.1.Tapani+Vuorinen.ABSTRACT.pdf (Abstract/Resumo – 01 pp – em Inglês)

Totally chlorine-free bleaching sequences for paper and dissolving eucalypt pulps. J. Perrin; F. Pouyet; D. Lachenal. 7th ICEP - International *Colloquium* of *Eucalyptus* Pulp. (2015)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/10.2.Jordan+Perrin.SLIDES.pdf (Apresentação: 16 slides – em Inglês)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/10.2.Jordan+Perrin.MANUSCRIPT.pdf (Texto: 07 pp. – em Inglês)

Catalytic pulp bleaching. N.K. Chenna; J. Sucipto; P. Piovano; T. Vuorinen; C. Järnefelt. 7th ICEP - International *Colloquium* of *Eucalyptus* Pulp. 07 pp. (2015)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/10.3.Naveen+Chenna.MANUSCRIPT.pdf (Texto: 07 pp. – em Inglês)

Ozone in sequence and at different places as an interesting bleaching chemical for *Eucalyptus* kraft pulp. A. Burnet; B. Brochier; M. Petit-Conil. 7th ICEP - International *Colloquium* of *Eucalyptus* Pulp. (2015)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/10.4.Auphelia+Burnet.SLIDES.pdf (Apresentação: 31 slides em Inglês)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/10.4.Auphelia+Burnet.MANUSCRIPT.pdf (Texto Manuscrito: 05 pp. – em Inglês)

The effect of Do-Stage temperature, pH and kappa factor on chlorine dioxide decompositon and D-(Ep)-D bleaching performance for eucalypt pulp. U.S. Sezgi; L. Shackford; J. Resende; J.Colodette. 7th ICEP - International *Colloquium* of *Eucalyptus* Pulp. 13 pp. (2015)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/11.3.Umit+Sezgi.MANUSCRIPT.pdf (em Inglês))

Pulping *Eucalyptus* at a high kappa number: A mill experience. A.E. Bosquê Jr.; A. Bassa; O. Mambrim Filho; P.C. Pavan; M.E. Lindström. 7th ICEP - International *Colloquium* of *Eucalyptus* Pulp. Apresentação: 18 slides (2015)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/11.4.Antonio+Elias+Bosque+Jr.SLIDES.PDF (em Inglês)

Xylan content effect on properties of bleached kraft pulp paper grades. C. Pedrazzi; J.L. Colodette; R.C. Oliveira; J.L. Gomide; F.J.B. Gomes. 7th ICEP - International *Colloquium* of *Eucalyptus* Pulp. 03 pp. (2015)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/12_Cristiane+Pedrazzi.pdf (em Inglês)

Ozone application in the dissolving pulp bleaching. F.R. Vieira; F.J.B. Gomes; C.M. Souza; J.L. Colodette. 7th ICEP - International *Colloquium* of *Eucalyptus* Pulp. 11 pp. (2015)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/20_Fernanda+Vieira.pdf (em Inglês)

Influence of bleaching sequences of *Eucalyptus* kraft pulp on the internal sizing of paper card. I.R. Santos; G. Ventorim; J.C. Caraschi. 7th ICEP - International *Colloquium* of *Eucalyptus* Pulp. 06 pp. (2015)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/27_Ivan+Santos.pdf (em Inglês)

A new concept of chlorine dioxide on short sequence bleaching. J.S.C. Favaro; G. Ventorim; R. Santos. 7th ICEP - International *Colloquium* of *Eucalyptus* Pulp. 07 pp. (2015)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/29_Jaqueline+Favaro.pdf (em Inglês)

As xilanas nas propriedades de polpas marrons de eucalipto. C. Pedrazzi; J.L. Colodette; R.C. Oliveira; J.L. Gomide; V.K.D. Wille; R. Coldebella. Ciência Rural 45(9): 1585 - 1591. (2015)

https://www.scielo.br/j/cr/a/MQKpXRKcq4vSQwVSyQmxLvq/?format=pdf&lang=pt (em Português)

Estudo da branqueabilidade da polpa kraft de eucalipto. D.M. Carvalho; M.R. Silva; J.L. Colodette. Revista Ciência Florestal 25(1): 185 – 197. (2015)

https://www.scielo.br/j/cflo/a/K9fzykDGsTCDzG3V9xZVTRq/?format=pdf&lang=pt (em Português)

Uma visão do futuro da indústria brasileira de celulose. A.P. Mariano. *In:* "Panorama da Indústria de Celulose e Papel e Materiais Lignocelulósicos". RIADICYP – Red Ibero Americana de Investigación en Celulosa y Papel. 16 pp. (2016)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_Panorama_Cap13_Visao+Futuro+Brasil.pdf (em Português)

Efeito da impregnação prolongada dos cavacos no rendimento e branqueabilidade da polpa kraft de eucalipto. G.S.L.B. Souza. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 75 pp. (2016)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/8691/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Produção e avaliação tecnológica da polpa celulósica e papéis obtidos de misturas das madeiras de *Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp. B.F.H. Faria. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 98 pp. (2016)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/9381/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Effect of commercial xylanases applied at extreme conditions in a *Eucalyptus* pulp mill. U. Fillat-Latorre; M.B. Ronceros-Vivero; A. Bassa; V.M. Sacon. Tappi Journal 11(10): 53 – 59. (2016)

https://www.researchgate.net/publication/286304397_Effect_of_commercial_xylanases_applied_at_extreme_conditions_in_a_eucalyptus_pulp_mill (em Inglês)

Estudo da oxidação catalítica para o branqueamento de polpa de eucalipto. M.R. Coura. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 93 pp. (2016)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/14026/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Effects of xylan in *Eucalyptus* pulp production. B.M. Barbosa; J.L. Colodette; M.C.S. Muguet; V.J. Gomes; R.C. Oliveira. Revista Cerne 22(02): 207 – 214. (2016)

https://cerne.ufla.br/site/index.php/CERNE/article/view/1227/923 (em Inglês)

Efeito da impregnação prolongada dos cavacos no rendimento e branqueabilidade da polpa kraft de eucalipto. G.S.L.B. Souza; F.J.B. Gomes; J.L. Colodette. 49º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 11 pp. (2016)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_IMPREGNACAO+PROLONGADA.pdf (em Português)

Avaliação da eficiência de branqueamento de polpa celulósica kraft de eucalipto a partir das sequências ODHT(EP)D e ODHT(EP)DP. M.V.G. Veloso; S.C. Amorim; R.C. Moreira; A.G. Roberto; C.C.J. Guimarães; L.S. Caux; L.C. Dalvi. 49º Congresso Internacional da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 11 pp. (2016)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_Eficiencia+Branqueamento.pdf (em Português)

Um novo conceito de branqueamento de polpa kraft de eucalipto com ozônio em média consistência. V.J. Gomes; J.L. Colodette. Revista Química Nova 40(1): 54 – 59. (2017)

https://www.scielo.br/j/qn/a/XhfgQ7QxyMd9RpsGvkCQ43j/?format=pdf&lang=pt (em Português)

Techno-economic analysis of ECF bleaching and TCF bleaching for a bleached *Eucalyptus* kraft pulp mill. T. Assis; J. Perrin; H. Jameel; R. Phillips; D. Lachenal; A. Kirkman; R. Gonzalez. Tappi Journal 16(10): 583 – 593. (2017)

https://www.researchgate.net/publication/321705426_Techno-economic_analysis_of_ECF_bleaching_and_TCF_bleaching_for_a_bleached_eucalyptus_kraft_pulp_mill (em Inglês)

Efeito da natureza química de polpas kraft de madeiras de fibras curtas no desempenho dos estágios de branqueamento com oxigênio, hidrólise ácida a quente e ozônio. V.J. Gomes. Tese de Doutorado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 78 pp. (2017)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/13152/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Química da madeira e dos processos de cozimento e de branqueamento. V. Lucas. Curso intensivo "Processo de Produção de Pasta". Tecnicelpa-Portugal. 100 pp. (2017)

https://www.tecnicelpa.com/files/20170607_VitorLucas.pdf (em Português)

Indústria do futuro. C. Martin. Revista O Papel (Março): 46 – 57. (2017)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2017_Industria+futuro_O+Papel.pdf (em Português)

Indústria do futuro: A visão dos fabricantes de celulose. T. Santi. Revista O Papel (Maio): 55 - 60. (2017)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2017_ABTCP_Industria+Futuro_Visao+Fabricantes.pdf (em Português)

Indústria do futuro sob o olhar dos fornecedores. C. Martin. Revista O Papel (Maio): 68 - 72. (2017)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2017_ABTCP_Industria+Futuro_Visao+Fornecedores.pdf (em Português)

Enhancing *Eucalyptus* kraft pulp yield and bleachability. G.B. Souza; C.B. Souza; M. Zanão; D.P. Almeida; F.J.B. Gomes; J.L. Colodette. 8th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Apresentação em PowerPoint: 41 slides. (2017)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2.1.Pulping_Colodette.pdf (em Inglês)

Studies of xylans deposition on oxygen delignification and its impacts on bleaching and pulp quality. M.F. Andrade; J.L. Colodette; J.R. Oliveira. 8th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Apresentação de slides: 25 slides. (2017)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2017_Xylan+Deposition+O2+Delig.pdf (em Inglês)

Efeito do álcali efetivo na produção de polpa kraft branqueada de eucalipto. W.P.O. Abranches. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 42 pp. (2017)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/19673/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Application of catalyst on the eucalypt kraft pulp bleaching. M.R. Coura; V.J. Gomes; J.L. Colodette; F.J.B. Gomes. 8th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Apresentação de slides: 22 slides. (2017)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/3.1.Bleaching_Catalysts.pdf (em Inglês)

Strategy to reduce chemical consumption in a four-stage ECF bleaching. T.E.S. Segura. 8th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Apresentação de slides: 39 slides. (2017)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/3.2.Bleaching_Eldorado.pdf (em Inglês)

Standard ozone bleaching sequences for *Eucalyptus* pulp. A. Métais. 8th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Apresentação de slides: 25 slides. (2017)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/3.5.Bleaching_Ozone.pdf (em Inglês)

Bleach plant optimization utilizing novel measurement technologies complimented with advance process control. M. Hoskins; R. Onofre; G. Morgan. 8th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Apresentação de slides: 18 slides. (2017)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/3.6.Bleaching_Plant_optimization.pdf (em Inglês)

Studies of xylans deposition on oxygen delignification and its impacts on bleaching and pulp quality. M.F. Andrade; J.L. Colodette; J.R. Oliveira. 8th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Apresentação de slides: 25 slides. (2017)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/3.8.Bleaching_Xylan_deposition.pdf (em Inglês)

Decreased water usage in a *Eucalyptus* ECF bleaching sequence – Full mill simulation. P. Jour; K. Gutke; K. Lindgren. 8th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Apresentação de slides: 21 slides. (2017)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/4.2.Environmental_Reduced_water_in_bleaching.pdf (em Inglês)

On the structure of softwood kraft lignin. C. Crestini; H. Lange; M. Sette; D.A. Argyropoulos. Green Chemistry of The Royal Society of Chemistry nº 19(17). 18 pp. (2017)

https://www.researchgate.net/publication/318575042_On_the_structure_of_softwood_kraft_lignin (em Inglês)

Bleach plant optimization utilizing novel measurement technologies complemented with advanced process control. A. Mathur; N. Andersson; D.B. Smith; R. Onofre; G. Morgan. Revista O Papel 79(2): 65 – 72. (2018)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2018_Bleach+Plant+Optimization.pdf (em Inglês)

Influência das condições de cozimento na branqueabilidade da polpa marrom. Uma nova abordagem. L.A. Batista; A. Leavitt; M. Manfredi; E.H.A. Melo Filho. Revista O Papel 79(4): 78 – 82. (2018)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2018_Influencia+Cozimento+Branqueabilidade.pdf (em Português)

Utilización del peróxido de hidrógeno como primera etapa de blanqueo de una pulpa kraft de *Eucalyptus* oxigenada. V. Faroppa-Ginzo. Trabalho de Conclusão de Curso. Udelar – Universidad de la Republica. 101 pp. (2018)

https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/28229/1/FaroppaGinzoValent%c3%adn.pdf (em Espanhol)

Efeitos da recirculação de efluentes tratados no branqueamento de polpa celulósica kraft. E.N. Santos. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 60 pp. (2018)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/20643/1/textocompleto.pdf (em Português)

Uso de efluentes tratados no branqueamento de polpa celulósica kraft. E.N. Santos; C.M. Silva; J.L. Colodette; S.B.Z. Almeida; B.L.P. Silveira. 51º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (2018)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2018_Uso+Efluentes+Branqueamento.pdf (em Português)

Tratamento e recirculação de filtrado ácido do branqueamento para lavagem da polpa deslignificada com oxigênio. S.B.Z. Almeida. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 60 pp. (2018)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/22456/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Optimal design of the bleach plant and global trends. A.W Purankar; N.K. Jain; F. Wilgotson. Quarterly Journal of Indian Pulp and Paper Technical Association 30(E1): 68 – 72. (2018)

https://ippta.co/wp-content/uploads/2021/03/E1-2018-Paper13.pdf (em Inglês)

Review of industrial ozone bleaching practices. A. Métals; E. Gerber. Paper 360º (July) . 03 pp. (2018)

https://paper360.tappi.org/2018/09/24/review-of-industrial-ozone-bleaching-practices/ (em Inglês)

A study of the physical-mechanical properties in short bleaching sequences. A.P.A. Ferraz, G. Ventorim. Revista Árvore 42(5): e420505. 06 pp. (2018)

https://www.scielo.br/j/rarv/a/wpDmJC5sTJhvpmNbmZ45wnm/?format=pdf&lang=en (em Inglês)

Optimized catalytic bleaching sequences for *Eucalyptus* kraft pulp. G. Afsahi; E.I. Ferro; K. Ruuttunen; T. Vuorinen. Journal of Wood Chemistry and Technology. 10 pp. (2019)

https://www.academia.edu/91266360/Optimized_Catalytic_Bleaching_Sequences_for_Eucalyptus_Kraft_Pulp (em Inglês)

Diagnóstico ambiental relativo a dioxinas e furanos em resíduos sólidos e efluentes de estações de tratamento de efluentes de fábricas de celulose e papel no Brasil. G.G.S. Albuquerque. Trabalho de Conclusão de Curso. UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 126 pp. (2019)

https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/212961/001114250.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Português)

Avaliação do estágio ácido na etapa de pré-branqueamento em uma indústria produtora de celulose de eucalipto. G.V. Zambiasi. Monografia de Conclusão de Curso. Univates – Universidade do Vale do Taquari. 69 pp. (2019)

https://www.univates.br/bduserver/api/core/bitstreams/8e6d0aa8-3d28-40a3-a153-6436a2eb3c01/content (em Português)

The effect of the transition from elemental chlorine bleaching to chlorine dioxide bleaching in the pulp industry on the formation of PCDD/Fs. P. Axegård. Chemosphere 236: Artigo 124386. 09 pp. (2019)

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653519316078/pdf (em Inglês)

Developments in ozone-based bleaching of pulps. S.K. Tripathi; N.K. Bhardwaj; H.R. Ghatak. The Journal of the International Ozone Association (July). 18 pp. (2019)

https://www.researchgate.net/publication/334748505_Developments_in_Ozone-Based_Bleaching_of_Pulps (em Inglês)

Influência do álcali efetivo residual do cozimento kraft de eucalipto no rendimento, na branqueabilidade e na composição química da polpa e da lignina residual. R.A. Ribeiro. Tese de Doutorado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 140 pp. (2019)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/28930/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Influência da qualidade da madeira de eucalipto e dos processos de polpação kraft convencional e Compact Cooking na performance da linha de fibras e propriedades da polpa celulósica. J.C. Figueiredo. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 68 pp. (2019)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/29178/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Autohydrolysis, pulping and bleaching of *Eucalyptus grandis* in a biorefinery framework. J.M.L. Rodriguez; J.L. Colodette; J.C. Garcia; F. López. BioResources 14(03): 5467 – 5487. (2019)

https://bioresources.cnr.ncsu.edu/wp-content/uploads/2019/05/BioRes_14_3_5467_Rodriguez_CGL_Dissolving_Pulp_Prodn_Eucalyptus_Framew_Biorefinery_15472.pdf (em Inglês)

Tecnologia de branqueamento de celulose kraft de mercado adaptada ao fechamento do circuito. M.M. Costa. 1º Seminário de Celulose. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 33 slides. (2019)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2019_Branqueamento+Fechamento+Circuitos.pdf (em Português)

Recirculation of treated effluent in the bleaching of kraft pulp. E.N. Santos; C.M. Silva; J.L. Colodette; S.B.Z. Almeida; A.J.V. Zanúncio; T.O. Souza; K.S. Menezes; B.L.P. Silveira; Y.B.L. Paucar. BioResources 15(4): 8944 – 8964. (2020)

https://bioresources.cnr.ncsu.edu/wp-content/uploads/2020/10/BioRes_15_4_8944_Santos_SCAZSMSP_Recirculation_Treated_Effluent_Bleaching_Kraft_Pulp_17896.pdf (em Inglês)

Effect of pulping, bleaching and refining process on fibers for paper making - A review. M. Pydimalla; K. Reddy. International Journal of Engineering Research & Technology 9(12). 07 pp. (2020)

https://www.ijert.org/research/effect-of-pulping-bleaching-and-refining-process-on-fibers-for-paper-making-a-review-IJERTV9IS120143.pdf (em Inglês)

Pulp bleaching, ClO_2 technology & related challenges. J.B. Billett. Tappi PEERS Conference.Effective Bleaching Technologies. 16 pp. (2020)

https://www.nouryon.com/globalassets/inriver/resources/paper-barry-billett-tappi-peers-2020-session18-pulpbleaching-clo2-technology-and-related-challenges-en_us.pdf (em Inglês)

Efeito da extração alcalina na redução do número kappa no branqueamento ECF. I.R. Oliveira; G. Ventorim; A.P.A.Ferraz. Revista Ciência Florestal 31(1): 157 – 170. (2021)

https://www.scielo.br/j/cflo/a/msvtfDnkTLYyrkyTKrzRSyJ/?format=pdf&lang=pt (em Português)

Investigation of the consequences of the use of ozone in the bleaching of cellulosic fibres. E. Montet. Tese de Doutorado. Chemical and Process Engineering. Université Grenoble Alpes. 288 pp. (2021)

https://www.researchgate.net/publication/357842213_Investigation_of_the_consequences_of_the_use_of_ozone_in_the_bleaching_of_cellulosic_fibres (em Inglês)

Sustainable bleaching of *Eucalyptus sp.* kraft pulp with hypochlorous acid, ozone and hydrogen peroxide. E.I. Ferro; K. Ruuttunen; J. Perrin; T. Vuorinen. Industrial Crops & Products 172) Artigo 114004. 07 pp. (2021)

https://www.academia.edu/91266362/Sustainable_bleaching_of_Eucalyptus_sp_kraft_pulp_with_hypochlorous_acid_ozone_and_hydrogen_peroxide (em Inglês)

The changing paper industry: How todays efforts will create the roots for a sustainable tomorrow. L.R.F. Koch; F.V. Markus. Revista O Papel 82(2): 92 - 97. (2021)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2021_Changing+Paper+Industry.pdf (em Inglês)

Avaliação da qualidade da polpa celulósica e das propriedades físico-mecânicas de duas novas sequências de branqueamento. C.R. Oliveira. Dissertação de Mestrado. Unesp – Universidade Estadual Paulista. 66 pp. (2021)

https://repositorio.unesp.br/bitstreams/1f1d102a-3efe-4aa4-a07d-dd8bfc695785/download (em Português)

Optimizing bleaching operation conditions based on mathematical programming to reduce AOX emissions. Y. Yin; S. Chen; Z. Ma; J.R.H. Zhao; R.J. Kerekes; J.D. McDonald; Y. Man. ACS Omega 7(6): 5421 – 5428. (2022)

https://pubs.acs.org/doi/epdf/10.1021/acsomega.1c06691 (em Inglês)

Bleach plant modernization of Cenibras's line 01 in Belo Oriente, MG, Brasil. F.M. Correia; H.L. Silva; J. Manoel L. Neto; L.D. Coelho; A. Domingues; F. Heinze; G. Meller. Revista O Papel 83(01): 74 – 76. (2022)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2022_Cenibra+Bleaching+Modernization.pdf (em Inglês)

e

http://revistaopapel.org.br/noticia-anexos/1643307976_633b09e6625ea86c4c5c6bc25310972a_866099969.pdf (em Inglês)

Sustainability of kraft pulp mills: Bleaching technologies and sequences with reduced water use. A.M. Sousa; I.S.S. Pinto; L. Machado; L. Gando-Ferreira; M.J. Quina. Journal of Industrial and Engineering Chemistry 125: 58 – 70. (2023)

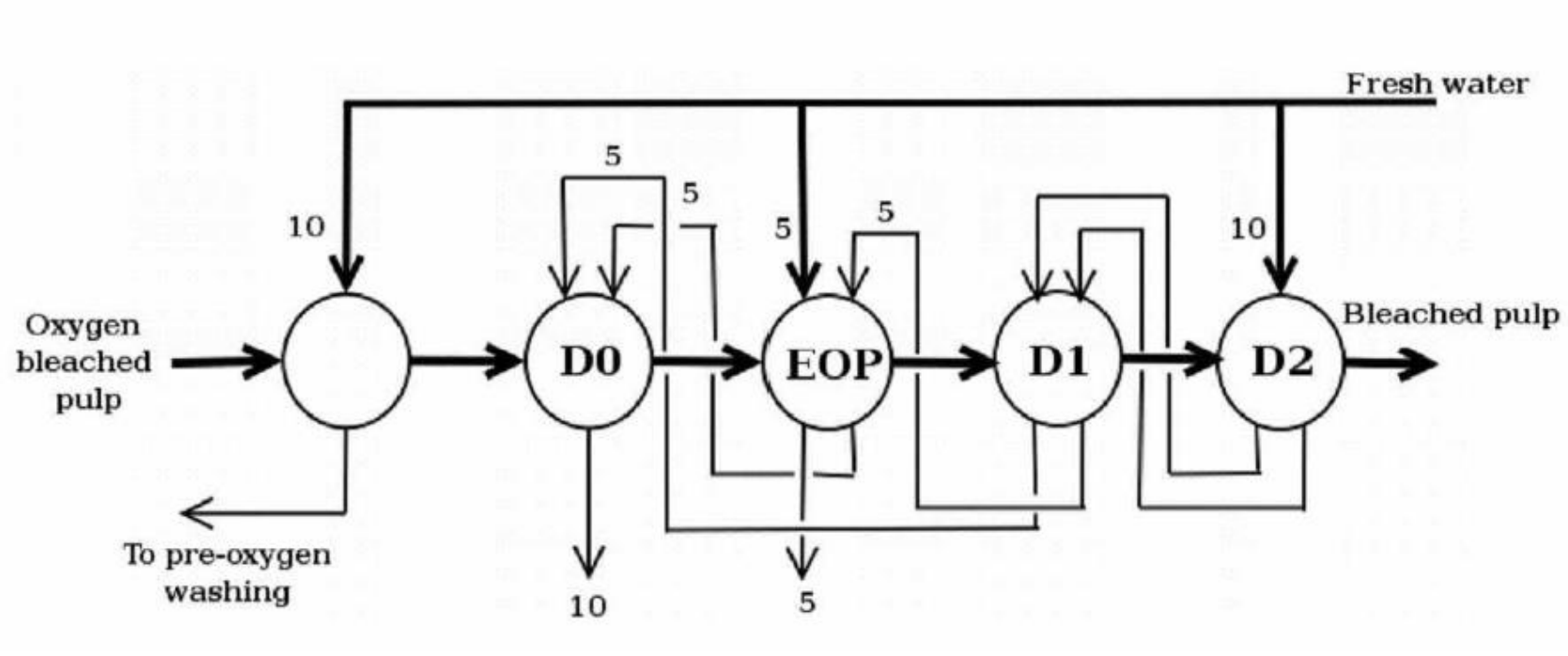
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1226086X23003234/pdfft?md5=d8cddbfcf08995731fcabff241a3cfae&pid=1-s2.0-S1226086X23003234-main.pdf (em Inglês)

Imagens: Revista Nosso Papel da ABTCP

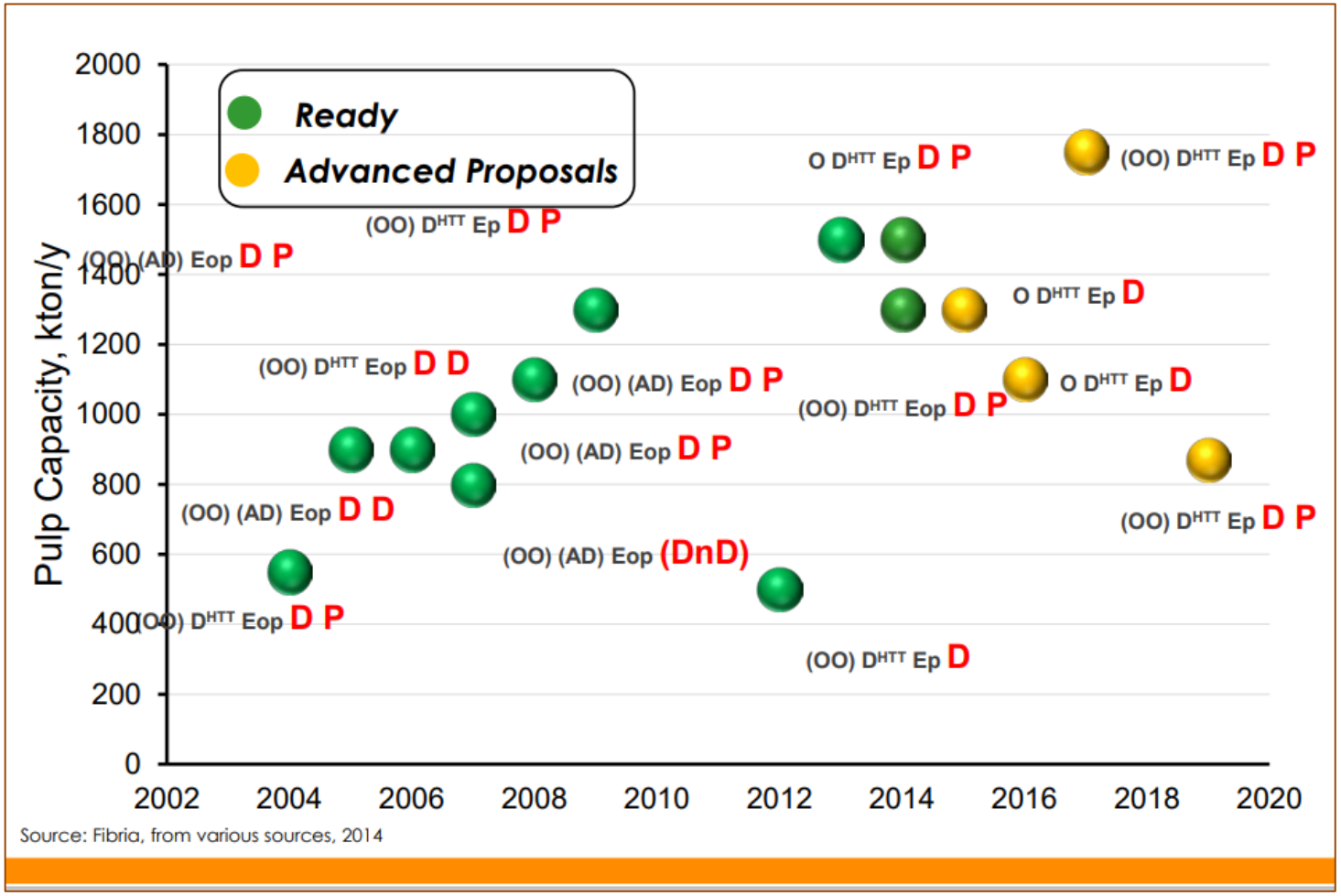
Espero que essa seleção bibliográfica apresentada possa ser de muita utilidade a vocês todos...

E que nossa história contado sobre o branqueamento da celulose possa ter despertado em nossos profissionais o compromisso de dar a ela uma continuidade com muita qualidade e sustentabilidade...

Nada como ter tantas preciosidades técnicas para navegar, ler, estudar e aprender

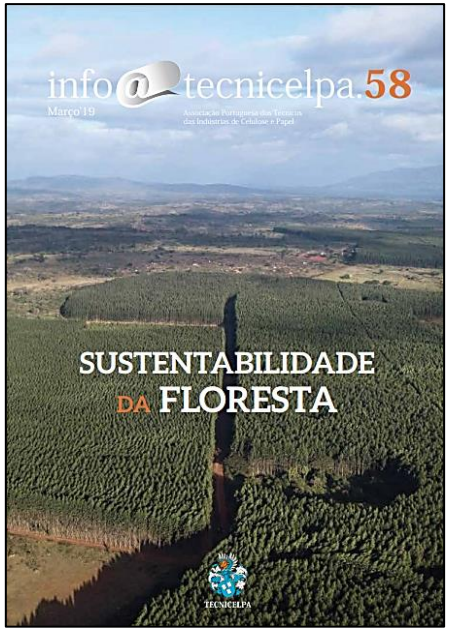


Fonte da Ilustração: *Balanço de massa ilustrativo – Águas e filtrados no branqueamento da celulose*
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2005_Reduction+Water+Usage.pdf



Origem da Imagem:

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2014_Scenario+Pulp+Bleaching+SA.pdf



Associações técnicas - Fontes inesgotáveis de conhecimentos

ABTCP – muito provavelmente a principal geradora e fornecedora global de conhecimentos sobre as tecnologias de produção de celulose kraft branqueada de eucaliptos

Obrigado amigos leitores

Eucalyptus Online Book & Newsletter

PinusLetter

Até a próxima edição de nossos Relatos de Vida - Aguardem

Nossa maior felicidade é que nossos documentos sejam úteis a vocês amigos leitores

Transportando conhecimentos compartilhados em busca de realização de sonhos

Sempre contando com parcerias de organizações que privilegiam o conhecimento compartilhado