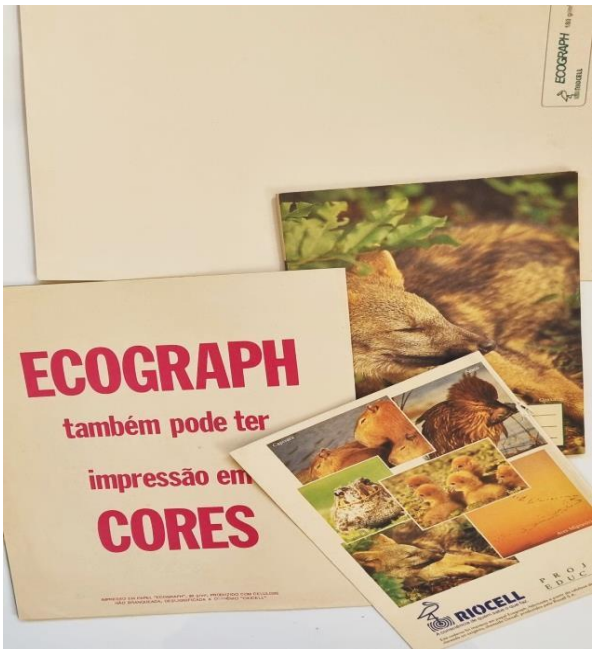
As Páginas na Web do Professor Celso Foelkel
www.celso-foelkel.com.br
www.eucalyptus.com.br

Relato de Vida e Coletânea de Publicações...



Deslignificação com Oxigênio para Polpas Kraft

Vivências no desenvolvimento desse processo tecnológico no Brasil

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

Janeiro de 2023

CONTEÚDO DA PUBLICAÇÃO

01. Agradecimentos

02. Introito pelo autor Celso Foelkel

03. A deslignificação das polpas kraft por processos contendo oxigênio gasoso: *Aspectos básicos sobre a tecnologia e um pouco de seu histórico e virtudes*

04. Aspectos tecnológicos e conceituais da deslignificação das polpas celulósicas com oxigênio

05. Minhas vivências no segmento brasileiro de celulose e papel com o desenvolvimento da tecnologia de deslignificação com oxigênio

05.1 Anos Iniciais - "*Early years*" do Celso Foelkel com a deslignificação com oxigênio – entre abril de 1976 a dezembro de 1987

05.2 Anos de Ouro – "*Golden years*" do Celso Foelkel com a deslignificação com oxigênio - entre janeiro de 1988 a maio de 1998

05.3 Consultorias diversas atendendo usuários da deslignificação com oxigênio: entre julho de 1998 aos dias atuais

06. Grandes autores e especialistas sobre o processo de deslignificação com oxigênio

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

08. Publicações de Celso Foelkel e de seus coautores e colaboradores em temas relacionados à deslignificação com oxigênio

09. Coletânea de publicações selecionadas por temas a partir de materiais publicados por consagrados autores em assuntos relacionados à Deslignificação com Oxigênio das polpas kraft, com especial ênfase às polpas dos eucaliptos

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

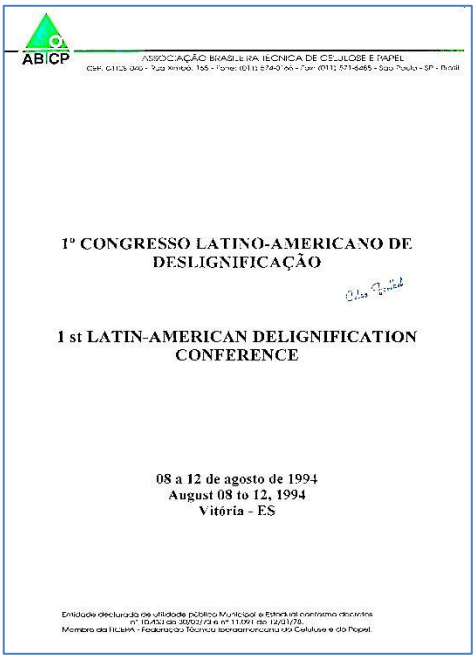
Caso tenham alguma dificuldade para descarregar o arquivo e/ou a necessidade de obter algum dos materiais citados como bibliografia, por favor, entrar em contato com:

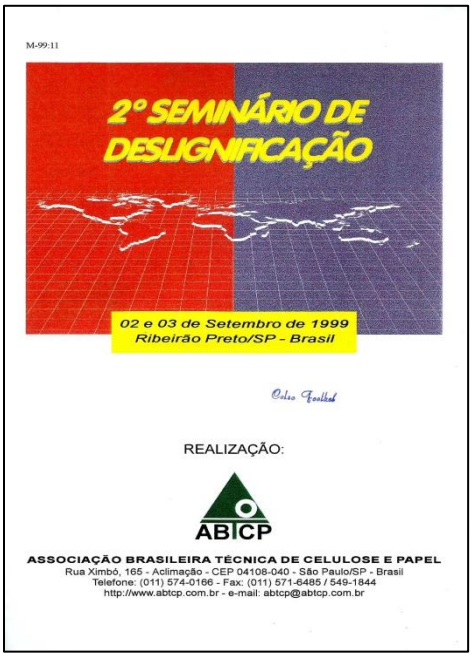
celso.foelkel@eucalyptus.com.br

...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





Deslignificação com Oxigênio para Polpas Kraft

Vivências no desenvolvimento desse processo tecnológico no Brasil

01. Agradecimentos

Desejo externar meus mais sinceros agradecimentos aos apoiadores financeiros que me acompanharam com as publicações Eucalyptus Online Book, Eucalyptus Newsletter e PinusLetter durante o último ano de suas edições em 2021.

Às organizações abaixo relacionadas e aos amigos que tenho a felicidade de manter e conhecer nas mesmas me apoiando por diversos anos com as nossas edições em benefício do conhecimento setorial, um enorme Muito Obrigado. Uma lástima que esse tipo de apoio acabou ficando reduzido por parte de outros apoiadores do setor e tivemos que descontinuar a criação de novas edições dessas publicações.

Dentre todos os apoios recebidos, minha sempre profunda gratidão à ABTCP pela contínua ajuda no compartilhamento dos conhecimentos tecnológicos setoriais, incluindo a disponibilização de materiais de seu acervo para o processo de difusão tecnológica ao nosso setor.

Eternamente agradecido às organizações abaixo relacionadas, estimuladoras dos conhecimentos compartilhados pelas publicações Eucalyptus Online Book, Eucalyptus Newsletter e PinusLetter e pelos nossos websites www.celso-foelkel.com.br e www.eucalyptus.com.br:

ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel

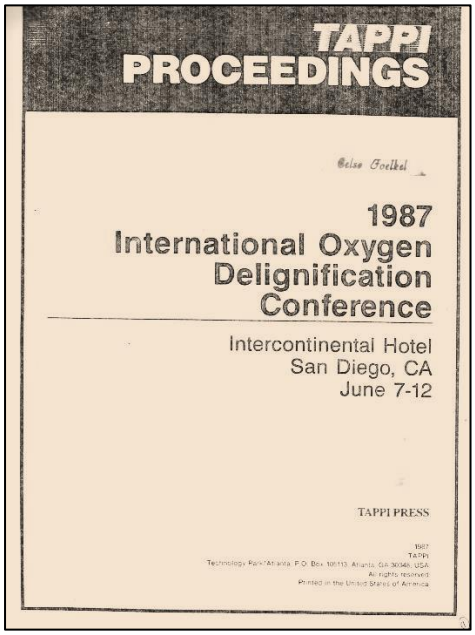
ArborGen Tecnologia Florestal

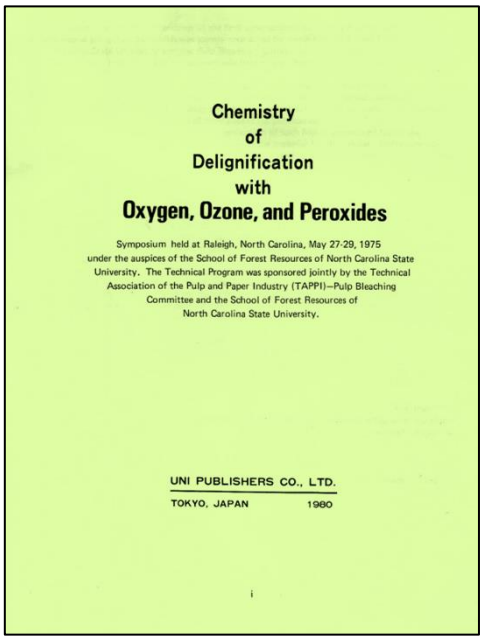
Bracell

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores

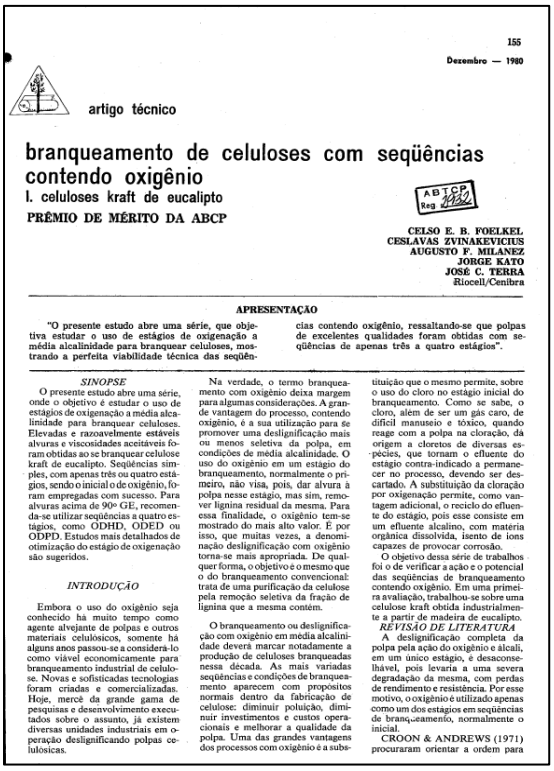
Klabin

Suzano





02. Introito pelo autor Celso Foelkel



155

Dezembro — 1980

artigo técnico

branqueamento de celuloses com seqüências contendo oxigênio

I. celuloses kraft de eucalipto

PRÊMIO DE MÉRITO DA ABCP

ABTCP Reg 2332

CELSO E. B. FOELKEL
CESLAVAS ZVINAKEVICIUS
AUGUSTO F. MILANEZ
JORGE KATO
JOSÉ C. TERRA
Riocell/Cenibra

APRESENTAÇÃO

"O presente estudo abre uma série, que objetiva estudar o uso de estágios de oxigenação a média alcalinidade para branquear celuloses, mostrando a perfeita viabilidade técnica das seqüências contendo oxigênio, ressaltando-se que polpas de excelentes qualidades foram obtidas com seqüências de apenas três a quatro estágios".

SINOPSE

O presente estudo abre uma série, onde o objetivo é estudar o uso de estágios de oxigenação a média alcalinidade para branquear celuloses. Elevadas e razoavelmente estáveis alvuras e viscosidades aceitáveis foram obtidas ao se branquear celulose kraft de eucalipto. Seqüências simples, com apenas três ou quatro estágios, sendo o inicial o de oxigênio, foram empregadas com sucesso. Para alvuras acima de 90º GE, recomenda-se utilizar seqüências a quatro estágios, como ODHD, ODED ou ODPD. Estudos mais detalhados de otimização do estágio de oxigenação são sugeridos.

INTRODUÇÃO

Embora o uso do oxigênio seja conhecido há muito tempo como agente alvejante de polpas e outros materiais celulósicos, somente há alguns anos passou-se a considerá-lo como viável economicamente para branqueamento industrial de celulose. Novas e sofisticadas tecnologias foram criadas e comercializadas. Hoje, mercê da grande gama de pesquisas e desenvolvimento executados sobre o assunto, já existem diversas unidades industriais em operação deslignificando polpas celulósicas.

Na verdade, o termo branqueamento com oxigênio deixa margem para algumas considerações. A grande vantagem do processo, contendo oxigênio, é a sua utilização para se promover uma deslignificação mais ou menos seletiva da polpa, em condições de média alcalinidade. O uso do oxigênio em um estágio do branqueamento, normalmente o primeiro, não visa, pois, dar alvura à polpa nesse estágio, mas sim, remover lignina residual da mesma. Para essa finalidade, o oxigênio tem-se mostrado do mais alto valor. É por isso, que muitas vezes, a denominação deslignificação com oxigênio torna-se mais apropriada. De qualquer forma, o objetivo é o mesmo que o do branqueamento convencional: trata de uma purificação da celulose pela remoção seletiva da fração de lignina que a mesma contém.

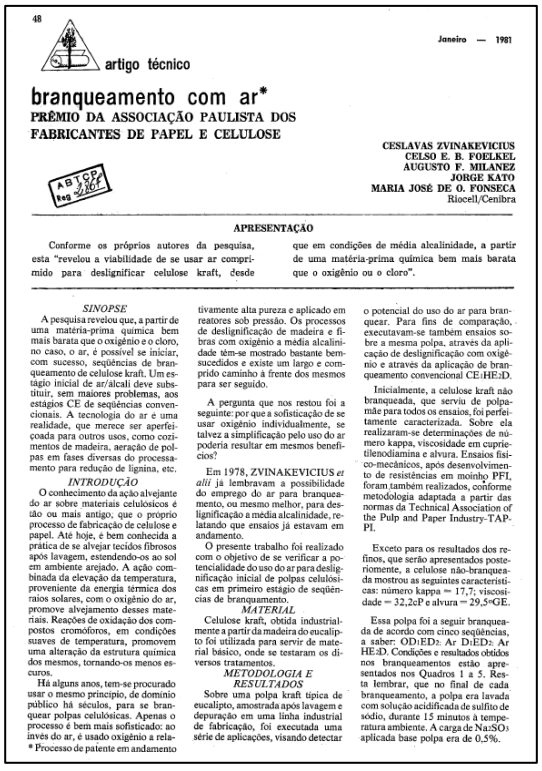
O branqueamento ou deslignificação com oxigênio em média alcalinidade deverá marcar notadamente a produção de celuloses branqueadas nessa década. As mais variadas seqüências e condições de branqueamento aparecem com propósitos normais dentro da fabricação de celulose: diminuir poluição, diminuir investimentos e custos operacionais e melhorar a qualidade da polpa. Uma das grandes vantagens dos processos com oxigênio é a substituição que o mesmo permite, sobre o uso do cloro no estágio inicial do branqueamento. Como se sabe, o cloro, além de ser um gás caro, de difícil manuseio e tóxico, quando reage com a polpa na cloração, dá origem a cloretos de diversas espécies, que tornam o efluente do estágio contra-indicado a permanecer no processo, devendo ser descartado. A substituição da cloração por oxigenação permite, como vantagem adicional, o reciclo do efluente do estágio, pois esse consiste em um efluente alcalino, com matéria orgânica dissolvida, isento de íons capazes de provocar corrosão.

O objetivo dessa série de trabalhos foi o de verificar a ação e o potencial das seqüências de branqueamento contendo oxigênio. Em uma primeira avaliação, trabalhou-se sobre uma celulose kraft obtida industrialmente a partir de madeira de eucalipto.

REVISÃO DE LITERATURA

A deslignificação completa da polpa pela ação do oxigênio e álcali, em um único estágio, é desconsiderável, pois levaria a uma severa degradação da mesma, com perdas de rendimento e resistência. Por esse motivo, o oxigênio é utilizado apenas como um dos estágios em seqüências de branqueamento, normalmente o inicial.

CROON & ANDREWS (1971) procuraram orientar a ordem para



48

Janeiro — 1981

artigo técnico

branqueamento com ar*

PRÊMIO DA ASSOCIAÇÃO PAULISTA DOS FABRICANTES DE PAPEL E CELULOSE

ABTCP Reg 2367

CESLAVAS ZVINAKEVICIUS
CELSO E. B. FOELKEL
AUGUSTO F. MILANEZ
JORGE KATO
MARIA JOSÉ DE O. FONSECA
Riocell/Cenibra

APRESENTAÇÃO

Conforme os próprios autores da pesquisa, esta "revelou a viabilidade de se usar ar comprimido para deslignificar celulose kraft, desde que em condições de média alcalinidade, a partir de uma matéria-prima química bem mais barata que o oxigênio ou o cloro".

SINOPSE

A pesquisa revelou que, a partir de uma matéria-prima química bem mais barata que o oxigênio e o cloro, no caso, o ar, é possível se iniciar, com sucesso, seqüências de branqueamento de celulose kraft. Um estágio inicial de ar/álcali deve substituir, sem maiores problemas, aos estágios CE de seqüências convencionais. A tecnologia do ar é uma realidade, que merece ser aperfeiçoada para outros usos, como cozimentos de madeira, aeração de polpas em fases diversas do processamento para redução de lignina, etc.

INTRODUÇÃO

O conhecimento da ação alvejante do ar sobre materiais celulósicos é tão ou mais antigo, que o próprio processo de fabricação de celulose e papel. Até hoje, é bem conhecida a prática de se alvejar tecidos fibrosos após lavagem, estendendo-os ao sol em ambiente arejado. A ação combinada da elevação da temperatura, proveniente da energia térmica dos raios solares, com o oxigênio do ar, promove alvejamento desses materiais. Reações de oxidação dos compostos cromóforos, em condições suaves de temperatura, promovem uma alteração da estrutura química dos mesmos, tornando-os menos escuros.

Há alguns anos, tem-se procurado usar o mesmo princípio, de domínio público há séculos, para se branquear polpas celulósicas. Apenas o processo é bem mais sofisticado: ao invés do ar, é usado oxigênio a relativamente alta pureza e aplicado em reatores sob pressão. Os processos de deslignificação de madeira e fibras com oxigênio a média alcalinidade têm-se mostrado bastante bem-sucedidos e existe um largo e comprido caminho à frente dos mesmos para ser seguido.

A pergunta que nos restou foi a seguinte: por que a sofisticação de se usar oxigênio individualmente, se talvez a simplificação pelo uso do ar poderia resultar em mesmos benefícios?

Em 1978, ZVINAKEVICIUS *et alii* já lembravam a possibilidade do emprego do ar para branqueamento, ou mesmo melhor, para deslignificação a média alcalinidade, relatando que ensaios já estavam em andamento.

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de se verificar a potencialidade do uso do ar para deslignificação inicial de polpas celulósicas em primeiro estágio de seqüências de branqueamento.

MATERIAL

Celulose kraft, obtida industrialmente a partir da madeira do eucalipto foi utilizada para servir de material básico, onde se testaram os diversos tratamentos.

METODOLOGIA E RESULTADOS

Sobre uma polpa kraft típica de eucalipto, amostrada após lavagem e depuração em uma linha industrial de fabricação, foi executada uma série de aplicações, visando detectar o potencial do uso do ar para branquear. Para fins de comparação, executavam-se também ensaios sobre a mesma polpa, através da aplicação de deslignificação com oxigênio e através da aplicação de branqueamento convencional CE$_1$HE$_2$D.

Inicialmente, a celulose kraft não branqueada, que servia de polpa-mãe para todos os ensaios, foi perfeitamente caracterizada. Sobre ela realizaram-se determinações de número kappa, viscosidade em cuprietilenodiamina e alvura. Ensaios físico-mecânicos, após desenvolvimento de resistências em moinho PFI, foram também realizados, conforme metodologia adaptada a partir das normas da Technical Association of the Pulp and Paper Industry-TAPPI.

Exceto para os resultados dos refinos, que serão apresentados posteriormente, a celulose não-branqueada mostrou as seguintes características: número kappa = 17,7; viscosidade = 32,2cP e alvura = 29,5ºGE.

Essa polpa foi a seguir branqueada de acordo com cinco seqüências, a saber: OD$_1$ED$_2$; Ar D$_1$ED$_2$; Ar HE$_1$D. Condições e resultados obtidos nos branqueamentos estão apresentados nos Quadros 1 a 5. Resta lembrar, que no final de cada branqueamento, a polpa era lavada com solução acidificada de sulfito de sódio, durante 15 minutos à temperatura ambiente. A carga de Na_2SO_3 aplicada base polpa era de 0,5%.

* Processo de patente em andamento

Anos 1970's e 1980's: *Épocas notáveis de criatividade e inovações*

É relativamente antigo o conhecimento pela sociedade de que o uso concomitante do sol fornecendo calor, a atmosfera fornecendo o oxigênio e o sabão em barra fornecendo a alcalinidade, acaba por gerar um processo empírico de clareamento de tecidos de fibras de algodão conhecido como "quarar roupas". Essa técnica está em desuso, pelas dificuldades atuais da nova sociedade humana, morando apertadamente em áreas urbanas, pois ela implica em ter que se deixarem as peças de roupa por algumas horas ao sol, em um processo que pode envolver mais de uma etapa de molhar e ensaboar a roupa. A água alcalinizada pelo sabão ajuda a modificar, solubilizar e remover a sujeira da roupa, pois o sol aquece o tecido e acelera a reação de oxidação dos componentes manchadores da roupa. Com isso, as manchas desaparecem ou se esmaecem, deixando a roupa com melhor aspecto. O custo é baixo, mas se necessita de alta demanda de trabalho pelas pessoas que lavam a roupa. A minha geração acompanhou bem isso, pois me lembro de minha mãe e de minhas avós, empenhadas nesse tipo de trabalho quase todas as semanas.

O uso de compostos de oxigênio no branqueamento das polpas celulósicas começou a ser estudado com maior intensidade nos anos 1950's. Alguns dedicados pesquisadores lançaram as sementes para o desenvolvimento dessas tecnologias em países como Estados Unidos, Japão, Rússia, Finlândia, Suécia, França e África do Sul. Já em 1970, surgiram as primeiras fábricas se valendo de uma etapa de pré-

branqueamento da celulose para reduzir o teor de lignina das polpas ingressando no branqueamento.

O crescimento do uso dessa tecnologia foi meteórico, principalmente por permitir aumento de produção e redução de consumo unitário de produtos químicos no branqueamento. Isso aconteceu principalmente em unidades industriais com gargalos produtivos em suas plantas químicas e em suas estações de branqueamento das polpas.

Entretanto, o maior crescimento em utilização dessa tecnologia passou a acontecer a partir de 1990. Isso se deveu ao fato de que, entre 1986/1990, se descortinou publicamente o fato de que o branqueamento da celulose com produtos derivados de cloro gerava quantidades mensuráveis de compostos organoclorados nos efluentes, principalmente quando esses compostos eram o cloro elementar e o hipoclorito de sódio. Esses dois reagentes branqueadores apresentam grande potencial de reagir com os derivados de lignina presentes nas polpas e de gerarem assim as temíveis dioxinas e furanos, compostos do grupo dos POP's – "Poluentes Orgânicos Persistentes", difíceis de serem degradados naturalmente ou mesmo industrialmente por métodos de controle da poluição.

Com o uso de um pré-branqueamento com oxigênio se conseguem reduções significativas do teor dos poluentes tóxicos tanto nos efluentes como nas polpas. Além disso, são obtidos ganhos significativos na qualidade dos efluentes em termos de cor e de concentração de DQO e DBO (consumo de oxigênio para degradação de poluentes). Isso porque os filtrados de lavagem da deslignificação com oxigênio, ricos em lignina degradada, podem ser reincorporados ao processo industrial ao serem levados, em sentido contracorrente ao deslocamento da polpa, para o sistema de recuperação do licor de cozimento. Um ganho ambiental e econômico muito significativo.

Atualmente, a deslignificação com oxigênio é considerada como uma tecnologia estado-da-arte e exigida a sua introdução em qualquer nova fábrica a ser construída ou em plantas existentes a serem modernizadas. São exigências feitas tanto pelos organismos de financiamento como os de liberação ambiental de implantação industrial. Mas essas exigências nem seriam necessárias, pois as empresas de produção de celulose (principalmente as de polpas kraft) já reconhecem que os ganhos em rendimentos das linhas de fibras, em economias em unidades setoriais, nos consumos químicos no branqueamento e os ganhos no tratamento de efluentes e de resíduos sólidos são suficientes para deixarem atrativas e viáveis essas instalações de deslignificação com oxigênio.

Por essas e outras razões, como a de eu ter tido participação profissional prática e tecnológica importante nesse desenvolvimento no Brasil, é que decidi escrever esse Relato de Vida, compartilhando com vocês tanto a minha experiência, como as de inúmeros estudiosos das

tecnologias a base do oxigênio para a produção de polpas kraft branqueadas.

Tive uma época longa de minha carreira profissional associada à produção e ao desenvolvimento de estudos e projetos tecnológicos com a deslignificação com oxigênio. Isso se iniciou em 1978, com minhas primeiras tentativas ao estudar em laboratório a deslignificação com oxigênio e até mesmo com ar. Isso aconteceu tanto na empresa CENIBRA – Celulose Nipo Brasileira (onde eu liderava a área de pesquisa, controle de qualidade e ambiente) como na UFV – Universidade Federal de Viçosa (onde eu fui um dos criadores e um dos principais professores do curso de pós-graduação em tecnologia de celulose e papel). A seguir, e a partir de 1988, estive bastante empenhado na busca de alternativas para reduzir o impacto ambiental da empresa Riocell, onde iniciei a trabalhar em 1979. Em nossos estudos e pesquisas, notamos que a deslignificação com oxigênio mostrava um enorme potencial para melhorar o desempenho operacional, técnico, econômico e ambiental da Riocell. Um dos desafios internos que lá encontrei foi a necessidade de ter que convencer alguns de meus pares profissionais na empresa para que se viabilizasse com sucesso a instalação da uma planta de deslignificação com oxigênio. Ela seria e foi muitíssimo importante para permitir o desgargalamento da unidade de branqueamento da celulose e para melhorar o desempenho ambiental da Riocell.

O sucesso dessa tecnologia foi enorme para uma época onde havia grande pressão ambiental em nível global para que o branqueamento das celuloses se tornasse ambientalmente mais correto. Com isso, nossa equipe tecnológica da Riocell passou a lecionar cursos, publicar artigos e ministrar palestras no Brasil e internacionalmente sobre o importante papel de deslignificação com oxigênio em suas vertentes e virtudes para a produção de celulose branqueada bem como de redução do impacto ambiental no tratamento dos efluentes e na geração de resíduos sólidos fabris.

Depois de meu desligamento voluntário da Riocell em 1998, tive diversas atuações em elaboração de Estudos de Impactos Ambientais e em auditorias ambientais de fábricas de celulose no Brasil e internacionalmente. Em todas elas, a deslignificação com oxigênio como etapa de pré-branqueamento sempre foi avaliada e sua utilização introduzida e otimizada.

Mas não me dediquei apenas a valorizar essa utilização do oxigênio. Procurei também estudar e valorizar outros tipos de utilizações para o oxigênio e seus derivados, ao longo da minha extensa carreira e em conjunto às valorosas equipes de pesquisa nas fábricas e nas universidades onde trabalhei e interagi.

Eu destacaria as seguintes linhas de pesquisas, desenvolvimentos e otimizações com o oxigênio em minha carreira profissional:

- Processos de polpação envolvendo a utilização do oxigênio como reagente de deslignificação mais seletivo, conseguindo-se assim ganhos de rendimentos de polpação;
- Substituição do oxigênio por ar em etapa de pré-branqueamento da celulose;
- Processos de oxidação de licor branco para oferecer uma fonte de álcali recuperável e viável à deslignificação com oxigênio, melhorando assim o balanço mássico do sistema de produção e recuperação do licor kraft;
- Utilização de outros compostos de oxigênio (peróxidos e ozônio) para o branqueamento da celulose kraft e pré-hidrólise kraft de eucalipto;
- Estudos e geração de patente sobre acidificação para purificação das polpas kraft em uma etapa de pré-branqueamento;
- Oxidação com ar e com oxigênio do licor preto para modificar o sulfeto residual a tiossulfato e sulfato de sódio e tornar menos odorosa a queima desse licor na caldeira de recuperação;
- Uso de oxigênio em alta concentração para a etapa biológica de lodo ativado (sistema UNOX) na estação de tratamento de efluentes, ganhando assim maior efetividade, rendimento na conversão microbiológica e menor necessidade de espaço para a planta de tratamento de efluentes.

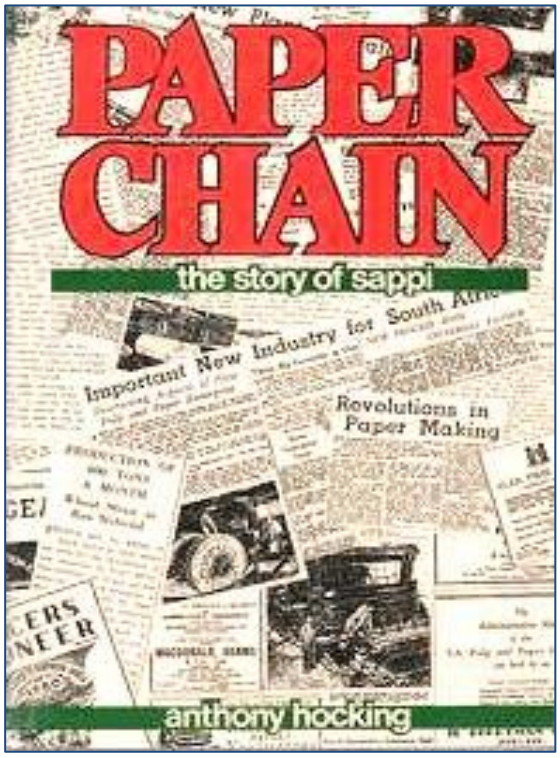
Definitivamente, o oxigênio acabou entrando para fazer parte importante de nossa indústria, pois ele se tornou importante o suficiente para ajudar, não apenas a melhorar as empresas técnica e ambientalmente, como também para tornar a produção de celulose kraft branqueada de eucalipto uma atividade industrial melhor e mais bem sucedida.

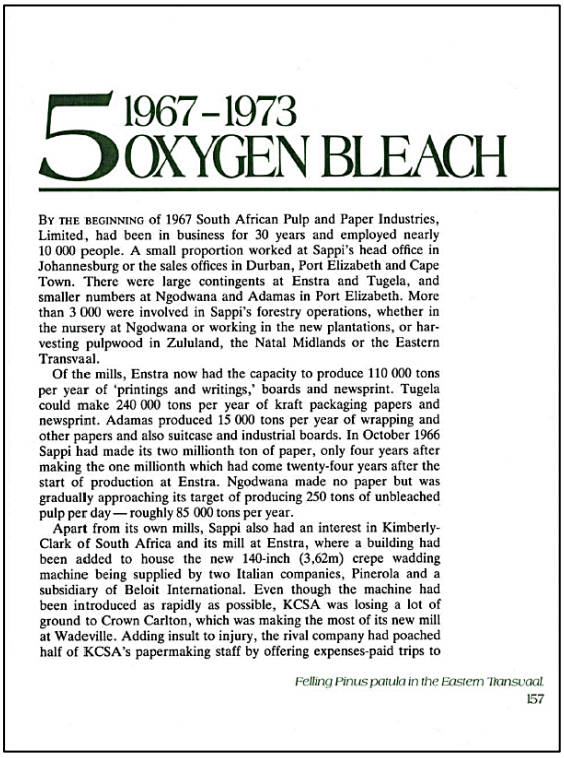
Ao longo desse meu Relato de Vida, procurarei dar ênfase às minhas experiências nesse segmento, valorizar pessoas chaves no Brasil e internacionalmente e que se dedicaram ou ainda se dedicam ao desenvolvimento da deslignificação com oxigênio de polpas kraft e a oferecer condições para que os leitores possam melhor entender, embora sem um critério organizado de apresentação, os seguintes pontos chaves:

- A história da deslignificação com oxigênio;
- Os avanços trazidos por esse processo tecnológico;
- As principais vantagens e os desafios e conquistas ao longo dessa rota;
- Os cuidados para atuação bem sucedida na utilização dessas tecnologias.

Espero sinceramente que essas minhas aventuras, estudos e trajetos históricos nesse setor possam lhes ser de alguma utilidade

03. A deslignificação das polpas kraft por processos contendo oxigênio gasoso: *Aspectos básicos sobre a tecnologia e um pouco de seu histórico e virtudes*





5 1967–1973
OXYGEN BLEACH

BY THE BEGINNING of 1967 South African Pulp and Paper Industries, Limited, had been in business for 30 years and employed nearly 10 000 people. A small proportion worked at Sappi's head office in Johannesburg or the sales offices in Durban, Port Elizabeth and Cape Town. There were large contingents at Enstra and Tugela, and smaller numbers at Ngodwana and Adamas in Port Elizabeth. More than 3 000 were involved in Sappi's forestry operations, whether in the nursery at Ngodwana or working in the new plantations, or harvesting pulpwood in Zululand, the Natal Midlands or the Eastern Transvaal.

Of the mills, Enstra now had the capacity to produce 110 000 tons per year of 'printings and writings,' boards and newsprint. Tugela could make 240 000 tons per year of kraft packaging papers and newsprint. Adamas produced 15 000 tons per year of wrapping and other papers and also suitcase and industrial boards. In October 1966 Sappi had made its two millionth ton of paper, only four years after making the one millionth which had come twenty-four years after the start of production at Enstra. Ngodwana made no paper but was gradually approaching its target of producing 250 tons of unbleached pulp per day — roughly 85 000 tons per year.

Apart from its own mills, Sappi also had an interest in Kimberly-Clark of South Africa and its mill at Enstra, where a building had been added to house the new 140-inch (3,62m) crepe wadding machine being supplied by two Italian companies, Pinerola and a subsidiary of Beloit International. Even though the machine had been introduced as rapidly as possible, KCSA was losing a lot of ground to Crown Carlton, which was making the most of its new mill at Wadeville. Adding insult to injury, the rival company had poached half of KCSA's papermaking staff by offering expenses-paid trips to

Felling Pinus patula in the Eastern Transvaal

157

Detalhes do livro: **Paper Chain - The Story of SAPPI – por Anthony Hocking**

https://cdn-s3.sappi.com/s3fs-public/slices/downloads/Paper-Chain-book-The-Story-of-Sappi-p157-188-Chapter-5-1967-1973.pdf

Os estudos tecnológicos acerca do uso e aplicação industrial do oxigênio para deslignificação da madeira ou polpas se intensificaram a partir de meados dos anos 1960's, com diversas publicações disponibilizadas para leitura nas principais revistas técnicas do setor de celulose e papel daquela época, tais como: TAPPI Journal, Pulp & Paper, Paperi ja Puu, American Paper Industry, Paper Trade Journal, Pulp & Paper Magazine of Canada, Appita Journal e também na revista O Papel. Uma das principais preocupações com a utilização do oxigênio em operações a quente e alta alcalinidade era sobre a degradação dos carboidratos pela ação oxidativa devida a esses processos.

Conheçam acerca dessas preocupações em:
O efeito do oxigênio sobre os constituintes de hidrato de carbono de madeira de pinho na fabricação alcalina de celulose. J. Nowakowski; W. Surewicz. Revista O Papel (Agosto): 52 – 62. (1968)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1968_08_Effect+Oxygen+Carbohydrates.pdf (em Português)

As principais linhas de estudos que se podem visualizar nessas publicações eram (e algumas continuam ainda a serem linhas importantes de pesquisas) as seguintes:

- Utilização direta do oxigênio em processos de polpação soda ou kraft para produção de polpas, tanto em caso de madeiras ou não-madeiras (bambu, palhas e bagaço de cana);

- Utilização sequencial e conjugada de uma etapa inicial de polpação mais suave pelos processos kraft, soda, sulfito ácido ou sulfito neutro (até número kappa entre 30 a 60) com uma etapa seguinte de deslignificação com oxigênio para baixar o número kappa a valores entre 17 a 25 (conforme a matéria-prima fibrosa), tornando assim a polpa resultante em condições de ser branqueada;

- Utilização de uma etapa de pré-branqueamento com oxigênio (com um ou dois reatores em série) como tem sido padrão nos dias atuais, para dar uma continuação ao processo de polpação kraft, de uma forma mais seletiva e menos agressiva, permitindo ganhos de rendimentos e qualidade na polpa final branqueada;

- Utilização de uma ou mais etapas de extração alcalina contendo oxigênio [estágio Eo ou Eop ou (PO)] em sequências de branqueamento da celulose;

- Utilização de uma etapa de deslignificação com oxigênio tendo como matéria-prima fibrosa fibras secundárias de papelão ondulado, objetivando melhorar e uniformizar a qualidade da polpa secundária.

Tomei a liberdade de criar uma listagem dos principais autores que consegui resgatar dentre esses estudos iniciais e que devemos reverenciar e referenciar como "alguns dos pioneiros no uso do oxigênio nos processos de produção de celulose". Um muito obrigado por seus estudos que ajudaram nos primeiros passos desses processos.

Alan Jamieson
A.W.J. Dyck
G.L. Akim
H.H. Myburgh
Ingemar Croon
Leif Smedman
Lennert Ivnäs
Paul Rerolle
Peder Kleppe
Peter Yang
Renata Marton
V.M. Nikitin

Oxygen Pulping and Bleaching

Celso Foelkel

Much interest is currently shown in oxygen pulping and bleaching, largely because of ecological considerations. Other benefits are also pointed out.

By A. W. J. DYCK

In line with the keynote address made by Wm. H. Aiken at the International Bleaching Conference held in Vancouver, B. C., we should rightfully adopt the systems approach and combine these operations under the title Oxygen Delignification. However, since our material comes from two different sources, we'll discuss oxygen pulping and oxygen bleaching separately.

OXYGEN PULPING

The source of information on oxygen pulping is the Dept. of Wood and Paper Science of North Carolina State University where a conference was held on August 3 on "Oxygen Pulping — Progress and Prospects". The papers presented disclosed the latest findings made by the Dept. of Wood and Paper Science in this area.

Program speakers were: (1) Dr. Irving S. Goldstein, head of the department; and Drs. Joseph S. Gratzl, Hou-min Chang, R. Heath Reeves, and William T. McKeen, associate professors.

Will environmental pressures force the industry toward the adoption of non-polluting, sulfur-free pulping processes? Of all the sulfur-free pulping systems examined, it would seem that the oxygen-alkali system offers the most promising approach, although it has not yet been developed to the level of technical application.

Even so, the potential of oxygen pulping, as a system most likely to replace the kraft process, has been widely recognized. Using the two-stage, soda-oxygen, approach, increased yields have been obtained while producing pulps that are approaching the kraft pulps in strength characteristics. Other advantages provided by the soda-oxygen approach include: (1) elimination of malodorous sulfur containing air-pollutants; (2) reduction of water requirements for bleaching; and (3) substantially increased pulp yields.

Direct pulping of wood chips with oxygen and alkali does not seem commercially feasible at this time because of the uneven and slow transfer of oxygen into the wood chip. This can lead to rapid delignification and fiber damage at the surface of the chip and relatively little pulping in the interior of the chip.

Current thinking is toward two-stage pulping in which wood chips are first deliberized by either the mechanical or semi-chemical process and the fibers are then delignified with oxygen and alkali.

Process Conditions

Alkali charge and reaction temperatures are said to be the most important factors influencing the rate and extent of the reaction. On the other hand, high initial alkali charge and high temperature, combined, greatly lower the yield and impair the strength properties of pulps.

The difficulty of high alkali charge can be overcome, by using a multiple-stage oxygen-alkali treatment at low alkali charge in each stage and at temperature of 120° C or less. This permits delignification to a low Kappa number without excessive damage to pulp qualities.

The addition of Mg salts as carbohydrate protectors, as well as an acid pretreatment, are necessary to improve the strength properties of soda-oxygen pulps. In general, soda-oxygen pulps obtained so far are weaker than a reference kraft pulp before bleaching. These losses in strength however are recoverable in large part in subsequent bleaching operations, so that bleached soda-oxygen pulps with strength properties comparable to those of kraft pulps may be obtained. Moreover, it should also be noted in this connection that neither the soda stage nor the subsequent oxygen stage have been fully optimized, so that there is a good chance that strength properties of soda-oxygen pulps can be considerably improved by such optimization.

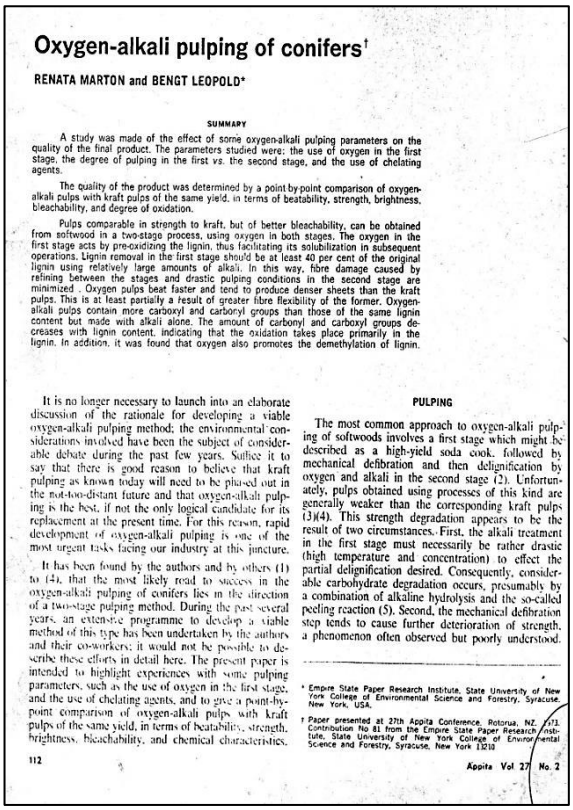
Characteristics of Oxygen Pulps

Oxygen pulps differ considerably from kraft pulps. They require much less power input to achieve a given freeness level during refining. Their apparent density is higher than that of kraft pulps at equal freeness. While normally one would expect a corresponding increase in tensile and burst strength with an increase in apparent density, this is not the case with oxygen pulps which consistently test significantly weaker in strength properties.

Two-factor plots made at NCSU, such as tear vs. breaking length, burst vs. breaking length, tear vs. burst clearly indicated that tear strength is the primary property that has suffered in the SO process. It still is not clear, however, whether the tear reduction is real (the result of fiber weakening) or whether it is due to the effect of higher yields (higher content of hemicellulosic material). The good folding endurance generally showed by SO pulps would indicate that fiber weakening (or damage) has not taken place.

Another observation made is that SO pulps have a higher brightness compared to kraft pulps at equivalent Kappa numbers.

With such differences in properties, oxygen pulps do respond in a somewhat changed manner to forming, converting and refining. Also, the properties of the finished products may show a somewhat different balance.



Oxygen-alkali pulping of conifers†

RENATA MARTON and BENGT LEOPOLD*

SUMMARY

A study was made of the effect of some oxygen-alkali pulping parameters on the quality of the final product. The parameters studied were: the use of oxygen in the first stage, the degree of pulping in the first *vs.* the second stage, and the use of chelating agents.

The quality of the product was determined by a point-by-point comparison of oxygen-alkali pulps with kraft pulps of the same yield, in terms of beatability, strength, brightness, bleachability, and degree of oxidation.

Pulps comparable in strength to kraft, but of better bleachability, can be obtained from softwood in a two-stage process, using oxygen in both stages. The oxygen in the first stage acts by pre-oxidizing the lignin, thus facilitating its solubilization in subsequent operations. Lignin removal in the first stage should be at least 40 per cent of the original lignin using relatively large amounts of alkali. In this way, fibre damage caused by refining between the stages and drastic pulping conditions in the second stage are minimized . Oxygen pulps beat faster and tend to produce denser sheets than the kraft pulps. This is at least partially a result of greater fibre flexibility of the former. Oxygen-alkali pulps contain more carboxyl and carboryl groups than those of the same lignin content but made with alkali alone. The amount of carbonyl and carboxyl groups decreases with lignin content, indicating that the oxidation takes place primarily in the lignin. In addition, it was found that oxygen also promotes the demethylation of lignin.

It is no longer necessary to launch into an elaborate discussion of the rationale for developing a viable oxygen-alkali pulping method; the environmental considerations involved have been the subject of considerable debate during the past few years. Suffice it to say that there is good reason to believe that kraft pulping as known today will need to be phased out in the not-too-distant future and that oxygen-alkali pulping is the best, if not the only logical candidate for its replacement at the present time. For this reason, rapid development of oxygen-alkali pulping is one of the most urgent tasks facing our industry at this juncture.

It has been found by the authors and by others (1) to (4), that the most likely road to success in the oxygen-alkali pulping of conifers lies in the direction of a two-stage pulping method. During the past several years, an extensive programme to develop a viable method of this type has been undertaken by the authors and their co-workers; it would not be possible to describe these efforts in detail here. The present paper is intended to highlight experiences with some pulping parameters, such as the use of oxygen in the first stage, and the use of chelating agents, and to give a point-by-point comparison of oxygen-alkali pulps with kraft pulps of the same yield, in terms of beatability, strength, brightness, bleachability, and chemical characteristics.

PULPING

The most common approach to oxygen-alkali pulping of softwoods involves a first stage which might be described as a high-yield soda cook, followed by mechanical defibration and then delignification by oxygen and alkali in the second stage (2). Unfortunately, pulps obtained using processes of this kind are generally weaker than the corresponding kraft pulps (3)(4). This strength degradation appears to be the result of two circumstances. First, the alkali treatment in the first stage must necessarily be rather drastic (high temperature and concentration) to effect the partial delignification desired. Consequently, considerable carbohydrate degradation occurs, presumably by a combination of alkaline hydrolysis and the so-called peeling reaction (5). Second, the mechanical defibration step tends to cause further deterioration of strength, a phenomenon often observed but poorly understood.

* Empire State Paper Research Institute, State University of New York College of Environmental Science and Forestry, Syracuse, New York, USA.

† Paper presented at 27th Appita Conference, Rotorua, NZ, 1973. Contribution No 81 from the Empire State Paper Research Institute, State University of New York College of Environmental Science and Forestry, Syracuse, New York 13210

Páginas de rosto de artigos históricos e referenciais para o setor de C&P

Grandes autores a nos oferecer novidades tecnológicas

A primeira operação comercial de uma etapa de deslignificação alcalina com oxigênio aconteceu com sucesso na fábrica Enstra da SAPPI, na cidade de Springs, nas proximidades de Johannesburg (África do Sul). A SAPPI – South African Pulp and Paper Industries se associou à empresa francesa L'Air Liquide, produtora de oxigênio, para conjuntamente desenvolverem e patentearem em 1968 o processo com o nome comercial de "Sapoxal" = (**Sap**pi – **Ox**ygen – L'**A**ir **L**iquide → **Sapoxal**). Coube à empresa sueca Kamyr produzir o reator para a etapa de aplicação e reação do oxigênio com a polpa de celulose kraft.

Em meados de 1960's, a SAPPI decidira expandir sua unidade Enstra, criando uma etapa de branqueamento, mas havia necessidade de se trabalhar com uma sequência que gerasse mínima poluição hídrica. A equipe técnica da SAPPI encontrou referências de que na Rússia, no início do século XX, houvera uma iniciativa de se usar oxigênio para branquear polpas, o que minimizaria os impactos nos efluentes, mas o processo não foi adiante pela degradação que acontecia nas fibras de celulose. Com a parceria com a L'Air Liquide, o conhecimento foi ampliado nos temas sobre o oxigênio e se descobriram duas coisas fundamentais para o sucesso do projeto:

1. A qualidade da água usada no processo deveria ser pura e praticamente isenta de íons metálicos pesados (ferro, níquel, cobre, etc.); o que poderia ser conseguido por uma lavagem ácida

da polpa com água com gás sulfuroso – SO2 – ou eventualmente a aplicação de algum sequestrante de íons (quelante);

2. A degradação dos carboidratos poderia ser minimizada pela adição de sulfato de magnésio como agente protetor contra essas reações indesejáveis.

A equipe técnica, envolvida nesse incrível e bem sucedido projeto de desenvolvimento, incluiu engenheiros dos parceiros (L'Air Liquide e Kamyr) e de técnicos da SAPPI de diversas de suas fábricas, que forneciam amostras, sugestões sobre branqueamento e desenho do reator. Importante destacar alguns dos principais membros da equipe de desenvolvimento:

Apie Verreyne
Chris Myburgh
Henry Myburgh
Leon Smith
Lon Wayburne
Paul Rerolle

Essa rica e maravilhosa história foi tornada pública como um capítulo do livro de Anthony Hocking – The Story of SAPPI, lançado em 1987, sendo que ambos (livro e capítulo) podem ser encontrados na web para visualização, conforme endereços logo a seguir:

Livro: **Paper chain: The story of SAPPI**. A. Hocking. Hollard South Africa. 320 pp. (1987)

https://cdn-s3.sappi.com/s3fs-public/slices/downloads/Paper-Chain-book-The-Story-of-Sappi-Low-res.pdf (em Inglês)

Capítulo de Livro: **1967 – 1973. Oxygen bleach.** A. Hocking. In: "Paper chain: The story of SAPPI". Capítulo 5. 32 pp. (1987)

https://cdn-s3.sappi.com/s3fs-public/slices/downloads/Paper-Chain-book-The-Story-of-Sappi-p157-188-Chapter-5-1967-1973.pdf (em Inglês)

Como seria esperado acontecer, a segunda instalação de uma etapa similar do processo Sapoxal aconteceu na França, por uma iniciativa e empenho da L'Air Liquide. Isso aconteceu na cidade de Saint-Gaudens, em fábrica da empresa La Cellulose d'Aquitaine, que também mostrava interesse em reduzir seus impactos ambientais no branqueamento da polpa.

As razões ambientais continuaram a ser a principal força motriz para o surgimento de outras instalações para utilizar o oxigênio, não apenas

como pré-branqueamento, mas também no estágio da extração alcalina em sequência de branqueamento. Isso aconteceu já em 1972 na fábrica de West Point da Chesapeake Corporation of Virginia, com a implantação de sequência C/DEoD para branquear suas polpas. A primeira instalação escandinava a utilizar o oxigênio foi a fábrica de Aspa, na Suécia, do consagrado grupo Munksjö.

Essas operações iniciais foram suficientes para despertar o interesse das demais empresas e de muitos autores e pesquisadores nos mais diversos países. Com isso, e principalmente por razões ambientais ou para eliminar gargalos nas plantas de produção de celulose, o crescimento mundial foi enorme do número de fábricas de celulose kraft a introduzir oxigênio como etapa de deslignificação precedendo o branqueamento. A partir de 1975 já se encontravam instalações em outros países mais, tais como: Noruega, Alemanha, Rússia, Japão, Canadá, etc..

As dificuldades iniciais eram relacionadas à adequada mistura do oxigênio à polpa, por essa razão, as primeiras instalações buscaram trabalhar com consistências mais altas (entre 20% a 30%). Entretanto, em pouco tempo, a média consistência (10 a 15%) ficou dominante para o processo, pois a mistura se tornou tecnicamente possível tanto com misturadores estáticos (sem peças móveis para misturar as frações gasosa, líquida e sólida da massa celulósica), e também com misturadores dinâmicos com alto cisalhamento.

A primeira empresa brasileira a implantar uma etapa de deslignificação com oxigênio foi a Companhia Suzano de Papel e Celulose, no ano de 1989 na sua fábrica de Suzano/SP. Foram diversas as razões, mas as principais foram de cunho ambiental para reduzir os níveis de cor, demandas de oxigênio (expressos como DBO e DQO) e teor de organoclorados (expresso como AOX) nos efluentes e nas polpas branqueadas. As pressões ambientais e mercadológicas também incentivaram a que a empresa, logo em 1991, se tornasse a primeira empresa no Brasil e uma das primeiras no mundo a converter sua sequência de branqueamento para o modelo ECF – "Elemental Chlorine Free", ou isenta de cloro molecular.

Em 1990, a Riocell foi a segunda empresa brasileira a adotar a deslignificação com oxigênio, permitindo assim aumentar a produção de celulose branqueada, já que antes a isso, os estágios de branqueamento e a disponibilidade de dióxido de cloro se mostravam insuficientes para branquear toda a produção do digestor da fábrica em Guaíba/RS.

A partir de 1990, outras empresas brasileiras (Aracruz, Cenibra, Bahia Sul, etc.) modernizaram suas linhas de fibra incluindo a etapa de deslignificação com oxigênio. Em pouco tempo mais, todas as empresas exportadoras brasileiras converteram suas sequências de branqueamento

também para o tipo ECF. As exigências dos clientes internacionais (europeus, principalmente) e a própria competição entre as empresas produtoras de celulose de mercado foram as principais forças motrizes para essas modificações tecnológicas.

O principal impulso para o sucesso da deslignificação com oxigênio seguida de sequência ECF de branqueamento foi definitivamente a famigerada "crise das dioxinas", que se iniciou no final dos anos 1980's, quando pesquisadores ambientais do hemisfério norte descobriram a presença de dioxinas e furanos em efluentes de branqueamentos com compostos clorados e nas próprias polpas branqueadas comercializadas. A partir de 1990, a maioria as empresas produtoras de celulose kraft branqueada acabaram incluindo uma etapa de deslignificação com oxigênio para redução do teor de lignina nas polpas enviadas ao branqueamento, reduzindo assim a carga de compostos clorados a aplicar para tornar a celulose branca e nos níveis requeridos pelos compradores. A consequência disso foi uma melhoria significativa tanto na quantidade e qualidade dos seus efluentes como na redução das contaminações das polpas com compostos halogenados residuais.

Em um primeiro momento, todos tinham como objetivo reduzir o número kappa das polpas ingressando no branqueamento para o "menor valor possível". Com isso, esperavam minimizar os impactos ambientais da geração de compostos organoclorados. E também economizar ou reduzir a carga aplicada de reagentes químicos no branqueamento. Assim sendo, as fábricas de celulose kraft branqueada de eucalipto para venda em mercados internacionais produziam celulose marrom com um valor baixo de número kappa (cerca de 14 a 16) e depois aplicavam a deslignificação com oxigênio para trazer o número kappa para aproximadamente 10. Essa filosofia perdurou por mais de 25 anos.

Mais recentemente, alguns pesquisadores de empresas de celulose e da academia passaram a notar que seria possível aumentar o rendimento da linha de fibras em fábricas de polpação kraft, trabalhando com maiores valores de número kappa após digestor (19 a 21), seguindo-se de deslignificação com oxigênio como pré-branqueamento para depois envio ao branqueamento. Isso se tornou possível, já que a maioria das plantas de celulose kraft já atuam com as modernas tecnologias de polpação kraft modificadas, com distribuição da carga alcalina e com tempos maiores e temperaturas mais suaves nessa etapa. Entretanto, o principal fator para se motivar a trabalhar com maiores valores de número kappa na saída do digestor foi a introdução de um vaso de impregnação para os cavacos antes da polpação. Isso já em operação na maior parte dessas empresas. Com essa etapa de impregnação dos cavacos e polpação kraft modificada e otimizada se podem obter polpas com números kappa na faixa 19 a 21 para polpas de eucalipto, praticamente isentas de rejeitos e de feixes de fibras.

Algumas fábricas já optaram para essa faixa de número kappa, o que lhes permitiu aumentar em cerca de 2 a 3% o rendimento da linha de fibras em relação ao processo em que se objetivava um número kappa entre 14 a 16 na saída do digestor. Além disso, reduziram o fator H e a carga alcalina aplicada sobre a madeira no digestor e reduziram a quantidade unitária gerada de sólidos secos para a caldeira de recuperação.

Entretanto, e sempre teremos "entretantos", o aumento do número kappa traz impactos no desempenho do tratamento de efluentes e resíduos sólidos e em suas qualidades e quantidades. Logo, uma avaliação desse tipo só ficará completa avaliando-se os impactos em outros setores da fábrica, como também no setor de tratamento de efluentes e resíduos sólidos (lodos orgânicos do tratamento biológico). Isso porque ao se elevar o número kappa da polpa no digestor para 19 a 21, se elevará também o número kappa da polpa deslignificada com oxigênio, saindo dos usuais valores próximos a 10, para valores entre 12 e 14 (dependendo do número kappa saindo do digestor e da eficiência do setor de deslignificação com oxigênio). Resultado disso: polpas com maiores teores de lignina e de seus acompanhantes (ácidos hexenurônicos) estarão entrando no branqueamento, produzindo impactos nessas áreas e nos seus poluentes.

Certamente, essa tendência deverá se tornar uma prática cada vez mais comum, mas a decisão de qual caminho tomar (e de qual números kappa adotar?) dependerá quase sempre dos gargalos operacionais, balanços de massa, disponibilidades técnicas no digestor, branqueamento, caldeira de recuperação e caustificação e na estação de tratamento de efluentes e resíduos sólidos para garantia dos padrões ambientais nos poluentes.

Complementando tudo isso da área técnica, uma adequada e ampla avaliação da economicidade se torna vital sobre as alterações vislumbradas (visão do todo e não apenas da área de linha de fibras) e pode variar em seus resultados em cada fábrica, mesmo para fábricas da mesma empresa e mesmo tipo de matérias-primas. ***Ou seja, cada caso vai ser um caso***.

As principais razões que tornaram a deslignificação com oxigênio uma tecnologia estado-da-arte e fundamental para ser utilizada em modernas instalações de produção de celulose branqueada têm sido as seguintes:

- Ganhos em rendimento em produção de celulose branqueada base madeira ingressante na linha de fibras. Por linha de fibras entenda-se aqui: entrada na polpação, deslignificação com oxigênio e saída do branqueamento (e todas as lavagens e depurações de polpa associadas). Esses ganhos em rendimento podem variar entre 1 a 4%, dependendo dos tipos de opções técnicas para o conjunto incluindo: polpação kraft,

deslignificação com oxigênio, branqueamento e parâmetros de qualidade objetivados.

- Ganhos em produção de polpa a partir de uma mesma quantidade de madeira ingressante na fábrica. Essa quantidade pode atingir até 4% de aumento de produção sobre a base de madeira consumida e não sobre a base de polpa produzida.

- Possibilidades de reduzir a carga alcalina (entre 0,5 a 2% em termos de álcali ativo) a aplicar no sistema de polpação kraft em sistemas otimizados para as operações consecutivas de polpação kraft/deslignificação com oxigênio.

- Oportunidades de redução da carga de sólidos secos do licor preto para o sistema de recuperação, fato esse devido principalmente à redução do álcali ativo na polpação kraft (objetivando um número kappa um pouco mais alto) e ao consequente aumento do rendimento da produção em polpa ao longo de toda a linha de fibras, incluindo polpação kraft, deslignificação com oxigênio e branqueamento da celulose).

- A deslignificação com oxigênio também permite recuperar sólidos secos que sem ela seriam perdidos ao serem enviados ao tratamento de efluentes. O envio desses sólidos ao sistema de recuperação do licor preto garante o maior fechamento de circuitos através da entrada ao sistema do filtrado da deslignificação contendo compostos de sódio e matéria orgânica dissolvida, que voltam em contracorrente pelo sistema de lavagem da polpa. O percentual de retorno de sólidos secos vai depender: da carga de soda cáustica aplicada, do tipo da fonte de álcali, do número de reatores, dos números kappa inicial e final da polpa sendo deslignificada e do rendimento da etapa de deslignificação.

- Oportunidades de aliviar o sistema de tratamento de efluentes em carga oferecida para tratar e relacionada aos materiais orgânicos (DQO, DBO e AOX) e cor.

- Oportunidades para aumentos ou otimizações de produção em unidades com gargalos operacionais em setores tais como: planta química, branqueamento, caldeira de recuperação e caustificação.

- Oportunidades para redução de dimensões ou de investimentos (ou de melhorias de desempenho) em setores tais como: tratamentos de efluentes e de resíduos sólidos,

- Possibilidade de utilizar o licor branco oxidado como fonte de álcali, mantendo-se assim mais fechado (e balanceado) o circuito e o sistema de produtos químicos alcalinos utilizados na fábrica.

- Possibilidades de redução do número de estágios no branqueamento de celulose. Tem-se tornado frequente o uso de apenas 3 (para polpas de eucalipto para uso em papéis "*tissue*") ou no máximo 4 estágios de branqueamento para polpas kraft branqueadas de eucalipto, inclusive com menores tempos de retenção e cargas aplicadas.

- Melhoria da qualidade das polpas branqueadas, pela suavização nas seções de polpação e branqueamento, do que resulta uma maior retenção de hemiceluloses na linha de fibras.

- Melhoria na limpeza da celulose, pela eliminação de feixes de fibras e redução de extrativos ("pitch").

- Aceitação muito favorável por parte dos órgãos licenciadores e controladores dos aspectos ambientais de uma fábrica. Dificilmente um órgão ambiental que avalia estudos de impacto ambiental vai ser convencido de que uma nova instalação de produção de celulose branqueada de eucalipto possa ser implantada sem ter a deslignificação com oxigênio.

- Excepcionais ganhos ambientais na fábrica como um todo em função de:

    - ✓ Maior fechamento do circuito de recuperação do licor;
    - ✓ Redução nas cargas químicas tanto na polpação kraft como no branqueamento da celulose;
    - ✓ Redução substancial na liberação de matéria orgânica para ser tratada como efluente (referida como DQO – Demanda Química de Oxigênio e DBO – Demanda Biológica de Oxigênio);
    - ✓ Redução muito significativa na cor do efluente;
    - ✓ Redução na geração de lodos orgânicos como resíduos;

- ✓ Reduções muitíssimo significativas na geração de compostos organoclorados (medições de AOX – Compostos Orgânicos Halogenados ou como dioxinas/furanos) nos efluentes do branqueamento e da fábrica, nos lodos orgânicos e na própria composição da polpa branqueada comercializada.

- Possibilidades de aumentar a eficiência do tratamento de efluentes ou de se tratar mais e melhor os efluentes, gerando menos poluentes líquidos e menos resíduos sólidos.

- Redução dos custos de produção na linha de fibras (na polpação e no branqueamento) e nos tratamentos de efluentes e de resíduos sólidos (lodos orgânicos e biológicos).

Por essas e outras razões, a deslignificação com oxigênio se constitui hoje em uma tecnologia vital e fundamental para qualquer instalação de produção de celulose kraft branqueada, em especial para as fábricas de celulose de eucalipto ou de outras folhosas ("*hardwoods*").

Definitivamente, são inumeráveis as vantagens que o setor de produção de celulose passou a ter quando a tecnologia de deslignificação com oxigênio se tornou comercial e tecnicamente viável e disponível.

Apesar de não ser recente a utilização da deslignificação com oxigênio, pois já se passaram cinco décadas desde sua introdução industrial no setor de produção de celulose. Mesmo assim existem muitas oportunidades a serem perseguidas, principalmente no que diz respeito à eliminação dos ácidos hexenurônicos ou de sua formação na polpação kraft.

Em minhas múltiplas leituras que fiz para poder lhes oferecer uma literatura contendo aproximadamente 500 referências, percebi que a deslignificação com oxigênio tem sido um dos setores mais estudados pelos pesquisadores do setor de celulose e papel. Isso é muito bom.]

Espero que muitos desses nossos pesquisadores leiam com atenção o que estou recomendando com esses meus "considerandos" que se sucederão: "***NÃO SE ESQUEÇAM DE OLHAR E AVALIAR O TODO E NÃO APENAS UM SETOR RESTRITO, AO SUGERIREM AÇÕES QUE IMPACTEM A FÁBRICA TODA***".

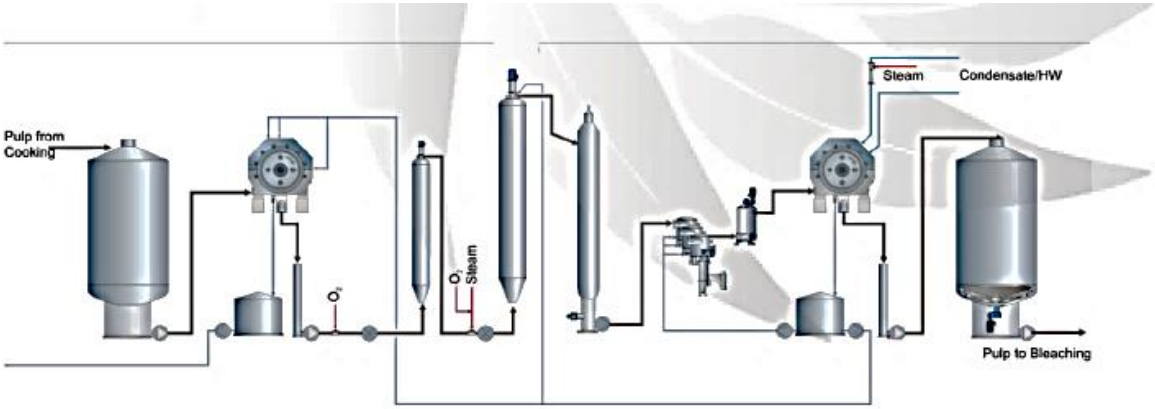
Como é o caso da deslignificação com oxigênio...

Por todas essas inúmeras oportunidades relacionadas, eu acredito muito que a utilização otimizada técnica e economicamente (caso a caso) da deslignificação com oxigênio em pré-branqueamento da celulose se manterá viável até que novas tecnologias possam vir a surgir para substituir com vantagens essa notável tecnologia que dispomos atualmente para nossas fábricas.

***E:** Uma fábrica de celulose também termina por aqui na saída do efluente da ETE e não apenas no final da linha de fibras*

***D:** O sistema de recuperação do licor kraft também recebe impactos técnicos e econômicos pela adoção de uma deslignificação com oxigênio*

04. Aspectos tecnológicos e conceituais da deslignificação das polpas celulósicas com oxigênio



Fonte da Figura:
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2021_CIADICYP_Modern+Concept.pdf

Em março de 1973, Lennart Ivnäs, na época trabalhando com a Sunds da Suécia, apresentou um excelente artigo na Revista O Papel, descrevendo uma nova tecnologia que estava sendo adotada com sucesso em fábricas de celulose branqueada de alguns países, tais como África do Sul, Finlândia e Estados Unidos da América: a deslignificação com oxigênio. Nesse artigo, o autor apresenta as vantagens e condições operacionais da tecnologia, conforme ela vinha sendo praticada na época, principalmente em situações de alta consistência para a polpa enviada ao reator de oxigenação. Utilizava-se algo como 25 a 30% de consistência para favorecer o acesso do gás no interior de flocos "mais secos" de fibras. A tecnologia da época e as características do reator foram detalhadas e se comentaram os cuidados a tomar nas operações e nas tecnologias para evitar a degradação dos carboidratos, o que traria perda de rendimentos e enfraquecimento das resistências das polpas. Como ponto chave para a adoção da tecnologia se referenciavam os ganhos que poderiam ser conquistados na etapa seguinte da linha de fibras, que seria o branqueamento. O menor consumo de reagentes químicos no branqueamento, por uma polpa ingressando ao mesmo com menor teor de lignina, bem como as significativas melhorias nos indicadores de qualidade dos efluentes desse setor traziam esperanças de ganhos econômicos, ambientais e de imagem para as fábricas que viessem a adotar a tecnologia. Além disso, havia clara perspectiva para se fechar mais o circuito da recuperação do licor preto, o que permitiriam balanços de produtos químicos mais favoráveis nas fábricas de celulose kraft.

Enfim, o ano do artigo do Dr. Ivnäs era 1973, e já tínhamos no mundo a certeza do sucesso da primeira fábrica de produção de celulose

branqueada adotando essa tecnologia e que havia entrada em operações em 1970 na África do Sul. O mundo estava aberto e receptivo a essa tecnologia que se tornaria rapidamente em referência nas fábricas de celulose, principalmente nas que produziam celulose kraft branqueada e se defrontavam com problemas ambientais com a qualidade e quantidade de seus efluentes e resíduos sólidos.

Leiam para conhecimento:

Branqueamento de celulose com oxigênio. L. Ivnäs. Revista O Papel (Março): 39 – 45. (1973)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1973_03_O2+Bleaching.pdf (em Português)

Embora, os conceitos teóricos fundamentais da tecnologia tenham persistido nessas cinco décadas, entre a publicação do artigo acima mencionado na Revista O Papel de 1973 até os dias atuais, tivemos algumas alterações importantes que trouxeram melhores desempenhos e resultados, inclusive econômicos para a adoção da deslignificação com oxigênio.

Dentre essas alterações de tecnologias, equipamentos, práticas operacionais e conceitos teóricos, podemos citar:

- ◊ A mudança para sistemas em média consistência, mais em consonância com o restante das tecnologias de uma fábrica de celulose.

- ◊ A integração da deslignificação com oxigênio de forma intimamente relacionada com: a polpação kraft, incluindo-se na mesma a qualidade e impregnação dos cavacos; as operações de lavagem e depuração da linha de fibras marrons; o branqueamento da celulose; o sistema de recuperação kraft e o sistema de tratamento de efluentes e resíduos sólidos.

- ◊ A introdução de sistemas de deslignificação mais complexos, com dois reatores e eficientes sistemas de lavagem da polpa após essa etapa na linha de fibras.

- ◊ A mudança da filosofia inicial que era a de se produzir polpas kraft com o menor número kappa possível no digestor (entre 13,5 a 15 para polpas de eucalipto), o que permitiria terminar a deslignificação com oxigênio com polpas com número kappa entre 8,5 e 9,5. O "sonho" de todos, inclusive o meu na época, era o de se ter polpas com número kappa 7 a 8 ao término da deslignificação com oxigênio.

As perdas de rendimentos com essa filosofia eram muito significativas, ocorrendo na polpação kraft e nos reatores de deslignificação, mas elas aconteciam em uma época em que não se tinham condições técnicas de medição correta das perdas de rendimentos entre cada etapa da linha de fibras.

A partir do início desse século, as fábricas de polpa kraft de eucalipto abandonaram essa filosofia de polpação superintensa no digestor, para passar a entregar à deslignificação com oxigênio uma polpa com número kappa entre 17 a 21. Os ganhos foram significativos em termos de maiores rendimentos e menor utilização de álcali ativo na polpação, o que significa menores quantidades de sólidos secos a serem enviados para o sistema de recuperação do licor preto. Em fábricas com gargalos de operação no sistema de recuperação, esse passaria a ser um ponto muito interessante para avaliações.

Porém, não se pode deixar de lado o fato de que as qualidades dos efluentes do branqueamento (realizado após a deslignificação com oxigênio migrar para números kappa entre 11 e 13 ao final dela) pioram e merecem atenção tanto no sistema de tratamento dos efluentes da fábrica e na geração de lodo biológico, como também nas maiores quantidades de poluentes. Isso pode representar novos investimentos nessas áreas, ou maiores pressões de custos e de qualidade para se conseguir atender aos parâmetros ambientais requeridos e compromissados.

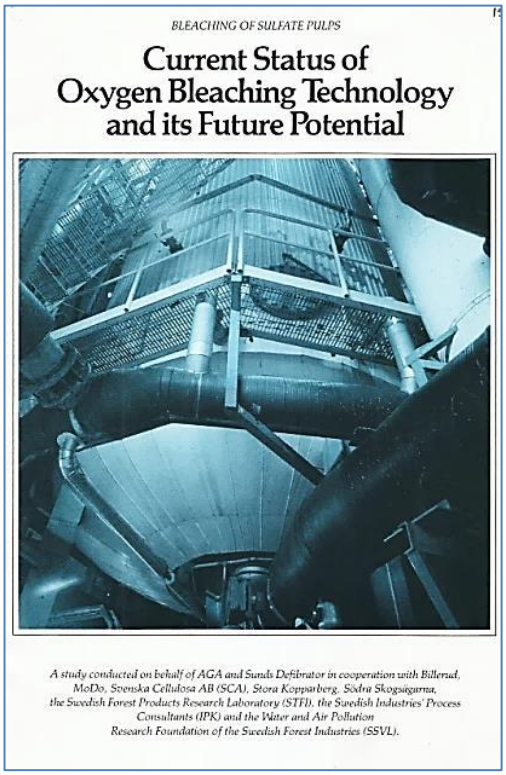
◊ A fonte de álcali deixou de ser a soda cáustica e passou a ser o licor branco oxidado em reatores de excelente taxa de conversão do sulfeto de sódio em tiossulfato e sulfato de sódio. Outro fato importante a ser cuidado no licor branco oxidado é a sua limpeza em termos de "*carry-over*" de lama de cal, *dregs*, etc.

◊ A descoberta em 1996 dos "terríveis" ácidos hexenurônicos veio revolucionar os conhecimentos e até mesmo as práticas operacionais e os indicadores de controle de qualidade, eficiência e desempenho de praticamente todas as instalações de deslignificação com oxigênio operando em fábricas de celulose obtida de fibras de folhosas ("*hardwoods*").

Apesar de essa tecnologia ser bastante complexa quanto à química das reações de decomposição do oxigênio e das reações envolvidas dos radicais resultantes com a lignina e carboidratos, o processo tecnológico e as operações da deslignificação com oxigênio são relativamente simples e dominadas nas fábricas nos dias de hoje.

Entretanto, ainda percebo que operadores, técnicos, controladores de qualidade e até mesmo o pessoal das áreas de pesquisa mantêm uma visão de foco (olham e se concentram em otimizar mais uma das áreas da linha de fibras) e não uma visão de helicóptero (olhando efeitos e relações entre todas as áreas relacionadas com a deslignificação com oxigênio, inclusive uma área tão distante e importante como a do reator de tratamento biológico dos efluentes da fábrica).

É algo imprescindível a ser melhorado.


BLEACHING OF SULFATE PULPS

Current Status of Oxygen Bleaching Technology and its Future Potential

A study conducted on behalf of AGA and Sunds Defibrator in cooperation with Billerud, MoDo, Svenska Cellulosa AB (SCA), Stora Kopparberg, Södra Skogsägarna, the Swedish Forest Products Research Laboratory (STFI), the Swedish Industries' Process Consultants (IPK) and the Water and Air Pollution Research Foundation of the Swedish Forest Industries (SSVL).

Imagem:
Capa de catálogo técnico
Sunds Defibrator & Aga

Parcerias com empresa escandinavas, consultorias, associações e institutos

Quanto aos aspectos científicos e químicos do processo da deslignificação com oxigênio em si, não incluí no escopo desse meu presente texto. Farei apenas umas breves considerações ao longo do mesmo.

Entretanto, criei uma seção (seção 9 – Grupo 3) com dezenas de artigos que apresentam não apenas a química do oxigênio em si, mas também a química dos carboidratos e da lignina e de suas alterações com o uso de oxigênio como reagente de deslignificação alcalina. Para aqueles que tenham interesse científico para conhecer isso, dirijam-se a essa seção mais adiante nesse documento para poder selecionar artigos para sua leitura e melhor compreensão.

Mesmo assim, apesar de ser de forma reduzida, farei alguns "considerandos" sobre a química da deslignificação com oxigênio, principalmente como ocorrem essas reações de degradação da lignina e carboidratos.

Química da deslignificação com oxigênio:

A química da deslignificação com oxigênio não é nada simples, pois envolve modificações do oxigênio e formação de um grande número de tipos de compostos de oxigênio, inclusive radicais livres e grupos iônicos oxidativos. Existem reações do oxigênio que são indesejáveis e podem resultar em perda do reagente colocado com o propósito de deslignificar a polpa. Outras reações indesejáveis são as de degradação dos carboidratos, que exigem atenção especial para que sejam minimizadas.

Além disso, exige-se muita capacidade para entender o que acontece com uma lignina que já foi modificada pela polpação kraft antecedente, da mesma forma que acontece para os carboidratos. Temos não apenas fragmentação desses compostos componentes das polpas kraft, mas reações de condensação, reprecipitação, alterações, modificações e destruição parcial dos mesmos. As condições oxidativas alcalinas e as altas temperaturas favorecem para que essas reações ocorram rápida e intensamente. Muito difícil controlar e acompanhar isso tudo: se não se tomar cuidado com a proteção e com as condições operacionais, acabaremos trazendo muitos dos compostos orgânicos da polpa ao nível de ácidos orgânicos, gás carbônico e água.

Algumas das principais reações que acontecem com o oxigênio e com os componentes químicos das polpas na etapa de deslignificação com oxigênio podem ser aprendidas com um material didático disponibilizado na web pelo TKK – Helsinki University of Technology e de autoria de Henna Sundqvist:

***Oxygen delignification*:**

http://puukemia.tkk.fi/en/studies/courses/19-3000/luennot/L12uusi.pdf (em Inglês)

e também em um material de seminário para a ABTCP de autoria do professor Jorge Luiz Colodette, a seguir:

Química do branqueamento de polpas com oxigênio e suas implicações. J.L. Colodette. Seminário sobre "Branqueamento de Pastas Celulósicas". ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 40 pp. (1990)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1990_Quimica+Branqueamento+O2+Colodette.pdf (em Português)

Cinética simplificada da deslignificação com oxigênio:

A deslignificação com oxigênio promove uma deslignificação muito mais seletiva com a proteção dos carboidratos pelos sais de magnésio, portanto, ela é muito melhor para se fazer na forma de uma deslignificação tipo "pente fino" das polpas. Isso é indicado quando a polpa tiver uma lignina residual compatível com as condições que podemos oferecer a ela através da deslignificação com oxigênio.

Por essa razão, não faz sentido algum se trazer a polpa kraft de eucalipto a números kappa abaixo de 15/16 no digestor, pela utilização de condições drásticas de cozimento. Estaremos perdendo rendimentos e qualidade, pelo ataque das condições drásticas na polpação sobre os carboidratos. Logo, o ideal seria o uso da deslignificação com oxigênio para realização de etapas finais de deslignificação, e não se dando à própria polpação kraft a maior parte dessa responsabilidade.

A deslignificação com oxigênio mostra uma cinética similar à da polpação kraft, com uma etapa inicial de rápida deslignificação (fase principal) e depois uma fase de ataque bem mais lento às moléculas de lignina (fase residual). Mesmo assim, deve-se respeitar o tempo para essa fase de baixo nível de reatividade com a lignina, porque as moléculas de lignina já atacadas precisam ser solubilizadas e migrarem para fora da parede das fibras para maior eficiência da lavagem da polpa em fase subsequente.

É por essa razão, que mesmo se sabendo que o oxigênio já não está reagindo muito intensamente após 15 a 20 minutos de atuação dentro do reator, mas mesmo assim se prolonga o tratamento em quase 60 minutos no interior do mesmo.

Reações com a lignina:

Os compostos oxidativos resultantes do oxigênio fragmentam a lignina em moléculas menores, mais fáceis de serem solubilizadas pela solução líquida alcalina. Na falta de álcali (abaixamento do pH), a lignina pode vir a se condensar e ficar mais difícil a sua remoção e também mais difícil se torna o branqueamento da celulose.

Reações com os carboidratos:

A degradação dos carboidratos é aleatória, atacando tanto hemiceluloses como moléculas mais cristalinas de celulose.

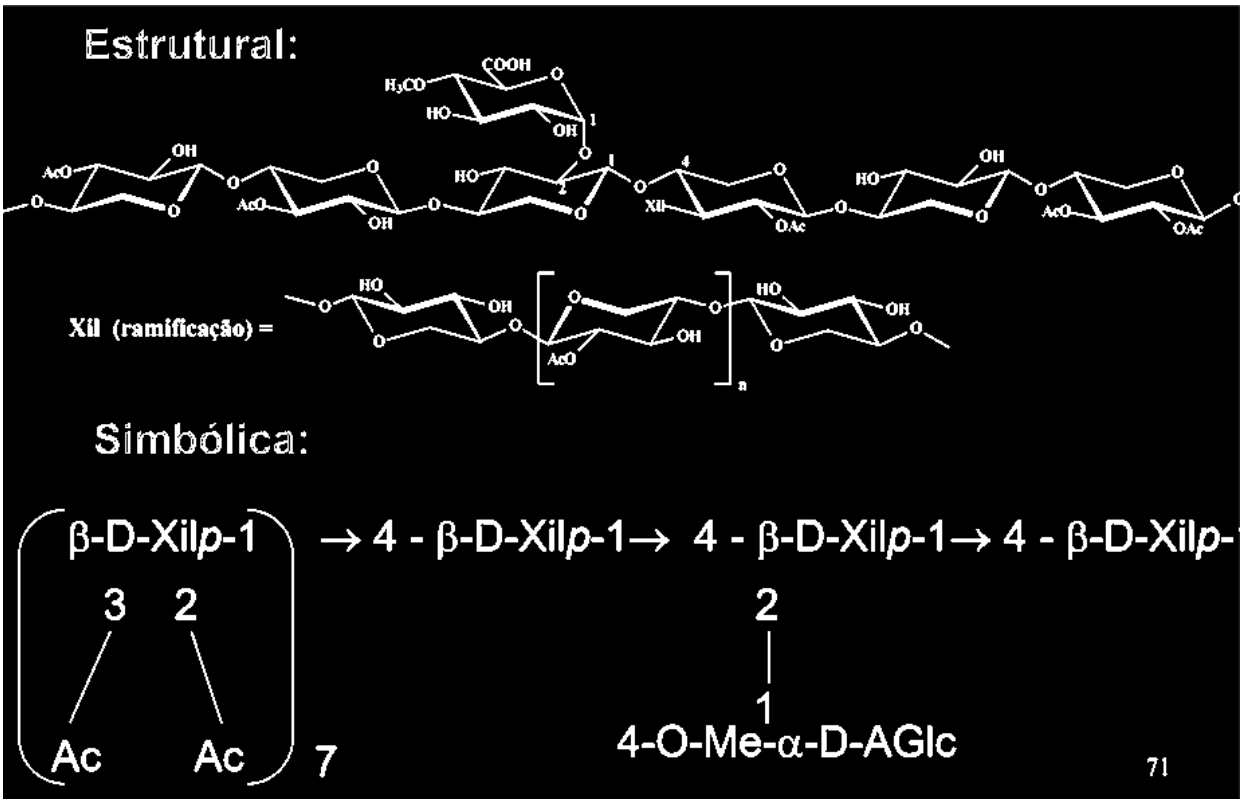
As reações de fragmentação aleatória de carboidratos são aceleradas por íons metálicos presentes na polpa úmida sendo oxidada, tais como: ferro, zinco, níquel, cobalto, cobre, etc. Portanto, deve-se buscar a

redução dessa presença iônica através do uso de agentes protetores dos carboidratos (sais de magnésio) ou sequestrantes dos íons minerais (quelantes, entretanto muito caros para essa finalidade).

Mais eficiente seria uma lavagem ácida da polpa antes da deslignificação com oxigênio, mas essa operação seria incompatível com um processo alcalino de polpação kraft e a deslignificação com oxigênio também alcalina, sendo as duas operações realizadas sequencialmente.

A degradação de carboidratos reduz o rendimento da deslignificação e ainda traz consequências adversas à qualidade da polpa, como redução da viscosidade, do grau de polimerização e das resistências das fibras e dos papéis com elas fabricados.

Xilanas: Seus prós e contras na deslignificação alcalina de madeiras de folhosas



Fórmula da Acetato de 4-O-Metil Glucurono Xilana

Fonte da figura modificada:

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2009_Quimica+Madeira_A.Magaton.pdf

A xilana, também referida como xilanas, é um carboidrato que se constitui na principal hemicelulose das madeiras de folhosas. Ela pode

representar proporções entre 20 a 30% na composição das madeiras de folhosas (entre as quais as de eucalipto). Porém, uma fração disso consiste de ramificações muito fáceis de serem removidas e perdidas para o licor de cozimento kraft durante a polpação: grupos acetilas (radicais acéticos) e grupos de ácido metil glucurônico. Dessa forma, mais de 60-65% do peso total das xilanas é removido durante o cozimento kraft, mesmo se levando em conta que uma pequena parte da mesma pode se reprecipitar sobre as fibras ao final do cozimento kraft, em função do abaixamento do pH no interior do digestor.

Xilanas podem representar:

- Perdas de rendimento, sendo que essa perda pode acontecer tanto no armazenamento dos cavacos, na polpação kraft, na deslignificação com oxigênio e no branqueamento da celulose.

- Ganhos de rendimento, quando se adotam medidas preventivas contra a ocorrência das perdas, por se conhecer os princípios científicos das mesmas e se adotarem medidas operacionais para evitá-las (inclusive adição de agentes protetivos).

- Alterações e modificações da sua composição química, formando os indesejáveis ácidos hexenurônicos durante o processo de polpação kraft. Esses ácidos derivam-se da ramificação de ácido metil glucurônico.

Sinto-me muito feliz em compartilhar com vocês um ponto histórico no desenvolvimento do conhecimento das xilanas de eucaliptos. Em 2009, durante o 4º ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp, que ocorreu em Concepción, Chile, tive um interessante diálogo com os doutores Herbert Sixta e Jorge Luiz Colodette, após a apresentação de uma palestra feita pelo Dr. Sixta, onde se discutia também acerca das hemiceluloses de polpas de *Eucalyptus globulus*, material disponibilizado a seguir:

Recent developments in *E. globulus* kraft pulping. Chemistry & technology. H. Sixta; E. Rutkowska; P. Wollboldt; G. Schild; M. Leschinsky. 4th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Apresentação em PowerPoint: 54 slides. (2009)

https://www.eucalyptus.com.br/icep04/04_Sixta.et.all.pdf (em Inglês)

Durante essa palestra do Dr. Sixta, lembrei-me das aulas que tive em 1972 na State University of New York em Syracuse - (College of

Environmental Science and Forestry) - com o Dr. Tore E. Timmel sobre hemiceluloses e sua reprecipitação de volta à polpa no final do cozimento kraft. Recomendei aos amigos, que procurassem resgatar esses conhecimentos nos livros e artigos para se usar esse conceito na melhoria dos rendimentos da polpação kraft. Dr. Colodette, que já estava orientando alguns alunos de pós-graduação na UFV – Universidade Federal de Viçosa sobre a importância das xilanas, logo se interessou sobre o tema que sugeri. E a produção acadêmica da UFV sobre as hemiceluloses de madeiras e polpas de eucaliptos se escalonou ainda mais e se tornou uma das maiores do planeta.

Nessa mesma época (2008/2009) já estavam surgindo duas fantásticas teses de doutorado com a parceria UFV/UFMG sobre as xilanas e delas se derivaram muitos outros estudos científicos e tecnológicos em sua maioria liderados pelas equipes do Dr. Colodette e seus parceiros acadêmicos (Dra. Andréia Magaton, Dr. Fernando José Borges Gomes, Dra. Cristiane Pedrazzi, Dra. Dorila Piló-Veloso, Dr. Marcelo Coelho Muguet Soares, etc.).

As duas teses precursoras de todo uma enorme geração de novos conhecimentos sobre as xilanas foram:

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)

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)

A partir dessa época, surgiram muitos estudos para encontrar técnicas, formas e locais para a reprecipitação e adição das xilanas de volta à polpa kraft sendo fabricada, aumentando-se assim o rendimento dos processos nas fábricas de celulose kraft, principalmente de eucalipto.

Um dos locais mais interessantes para se realizar a adição de xilanas reprecipitadas foi entendido como sendo o reator de deslignificação com oxigênio. Até mesmo xilanas produzidas e extraídas de outros vegetais (milho e gramíneas tipo capim elefante) e do licor preto kraft passaram a ser estudadas para aplicações nessas finalidades para ganhos de rendimentos em produção de polpas. Afinal, o local onde está a maior

agregação de valor em uma fábrica de celulose é aquele da produção da polpa branqueada. Materiais como licor preto e restos de culturas agrícolas são de baixos custos e podem fornecer hemiceluloses a baixo custo para se converterem em aumento da produção de celulose.

Exemplos de textos sobre essa reprecipitação de xilanas por autores brasileiros:

Métodos alternativos para deposição de xilanas em polpas de eucalipto. M.C.S. Muguet-Soares. Dissertação de Mestrado Profissional. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 56 pp. (2009)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/5933/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Improving eucalypt kraft pulp yield and quality though black liquor xylan deposition. A.G. Lino; J.L. Colodette; M.A.B. Azevedo; R.M. Gomes; V.L. Silva; O.J.C. Paula. 5th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 06 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/01_Improving_pulp_yield.pdf (em Inglês)

Addition of corn fiber xylan to *Eucalyptus* and *Pinus* pulp and its effect on pulp bleachability and strength. B.M. Barbosa;, A.G. Lino; B.F.H. Faria; A.R. Aguiar; F.J.B. Gomes; J.C. Silva; J.L. Colodette. Nordic Pulp & Paper Research Journal 33(3): 414 – 419. (2018)

https://www.researchgate.net/publication/326980249_Addition_of_corn_fiber_xylan_to_eucalyptus_and_pinus_pulp_and_its_effect_on_pulp_bleachability_and_strength (em Inglês)

Entretanto, existem muito mais artigos e teses para serem lidas sobre essa temática da Seção 9 - Grupo3 desse nosso texto.

Os imprevisíveis ácidos hexenurônicos derivados das xilanas:

A deslignificação com oxigênio tem mínimo efeito sobre um grupo de compostos denominado de Ácidos Hexenurônicos – "HexAcds". Esses compostos se formam pela degradação das moléculas das hemiceluloses do tipo xilanas durante a polpação kraft.

Os ácidos hexenurônicos, resistentes à degradação em soluções alcalinas, acabam sendo oxidados pelo permanganato de potássio e resultam em uma indicação inadequada do número kappa, que usualmente era considerado uma maneira indireta de indicar a "quantidade" de lignina

das polpas não branqueadas. Assim e atualmente, as polpas kraft marrons e polpas deslignificadas com oxigênio mostram números kappa que não podem ser relacionados ao teor de lignina de forma direta. É fundamental se determinar antes o teor de ácidos hexenurônicos nas polpas, subtrair a equivalência deles para corrigir o número kappa, para enfim se ter um valor de número kappa relacionado apenas à lignina. Há autores que ainda não concordam com isso, dizendo que também os extrativos nas polpas irão dessa forma serem indicados como lignina, já que muitos são oxidados pelo permanganato de potássio. Mas é algo que dá para se corrigir também.

Durante a polpação kraft, os grupos ácidos 4-0 metil-glucurônicos das cadeias laterais das xilanas, especialmente presentes em madeiras e polpas de folhosas (eucaliptos, acácias, etc.) são em parte convertidos a ácidos hexenurônicos (HexAcds). Esse é um fato relevante novo, revelado pela literatura em 1996 (Dr. Tapani Vuorinen et al.) e que revolucionou a química do cozimento, pré-branqueamento com oxigênio e do branqueamento de polpas kraft obtidas de madeiras de folhosas. Como as hemiceluloses de eucaliptos são muito ricas em xilanas, a formação de ácidos hexenurônicos durante a polpação kraft é algo que acontece, infelizmente, de forma relevante.

As madeiras e polpas de coníferas possuem hemiceluloses distintas daquelas presentes em folhosas. Entretanto, mesmo em pequenas quantidades, os ácidos hexenurônicos também podem ser encontrados em polpas kraft de coníferas, como as de *Pinus*, *Araucaria*, etc.

A presença de ramificações de ácidos metil-glucurônicos na madeira dos eucaliptos é característica típica de sua xilana. Os valores repetidos desses grupos na fórmula da xilana são expressivos: entre 2,5 a 4,5% do peso da madeira do eucalipto pode ser atribuído a esses grupos urônicos. Outros 2 a 4% correspondem aos radicais acetila. Portanto, vejam que entre 4,5 a 8,5% do peso seco da madeira do eucalipto correspondem a ramificações das xilanas. Enquanto isso, a cadeia central da xilana aparece em percentagens variadas, conforme a espécie, idade, etc., entre 10 a 20%, ou até mais. Portanto amigos, essas ramificações são mais do que significativas na composição química dos eucaliptos. Nas espécies *E. globulus, E. dunnii* e *E. nitens*, as xilanas podem ser até mesmo mais abundantes do que a lignina nas suas madeiras.

Essa transformação química passa a ocorrer já no início do cozimento, ainda na fase de impregnação dos cavacos e de deslignificação inicial. Ela se prolonga com o avanço do cozimento.

Os ácidos hexenurônicos são relativamente estáveis nas condições alcalinas, podendo eventualmente serem mais degradados quando se trabalham com condições de elevada alcalinidade e temperaturas altas. Entretanto, isso não é uma solução para sua remoção, pois implica em degradação de carboidratos e perda de rendimento.

Em geral, os ácidos hexenurônicos são medidos como μmoles de HexAcds por grama de polpa, ou em unidade equivalente (por exemplo milimoles/kg polpa). Seus valores mais usuais nessas unidades para polpas kraft não branqueadas de eucalipto estão entre 25 a 80, dependendo das condições de cozimento e da qualidade da madeira.

Sabe-se que se pode converter aproximadamente a quantidade de ácidos hexenurônicos em um valor equivalente de número kappa. Usa-se para polpas kraft de folhosas de fibra curta um valor equivalente de aproximadamente 1 unidade de número kappa para cada 10 μmol HexAcds por grama absolutamente seca de celulose. Para uma polpa kraft não branqueada com número kappa de 17 e com 45 μmoles de HexAcds por grama de polpa seca, o valor desse número kappa que corresponde aos HexAcds seria de 4,5. Logo, o número kappa correspondente apenas à lignina seria de 12,5. É a partir dos valores de lignina relacionada ao número kappa (antes e após a deslignificação) que se pode mais efetivamente medir a eficiência da etapa deslignificação com oxigênio.

Os ácidos hexenurônicos persistem nas paredes celulares das polpas e ali permanecem ligados à estrutura da fibra, mesmo após a lavagem intensa da polpa com os filtrados alcalinos. São muito resistentes à deslignificação com oxigênio e extrações alcalinas no branqueamento. Resultam em consumo adicional de oxidantes no branqueamento e sua formação e remoção implica em perdas de rendimentos. Entretanto, são facilmente hidrolisados em condições ácidas a quente. Por essa razão foram adotados estágios de branqueamento do tipo Dióxido de Cloro a Quente (estágio Dhot) ou Acidicação a Quente em pré-branqueamento (estágio A). Infelizmente, acaba-se por consumir reagentes caros e se perde algo de rendimento (cerca de 0,3 a 0,5% só nessa remoção dos mesmos).

Para melhor entender essa geração de HexAcds e os efeitos da polpação kraft sobre sua formação ou decomposição, sugiro a leitura do dissertação de mestrado a seguir:

Influência da carga alcalina no processo de polpação Lo-Solids® para madeiras de eucalipto. F.S. Almeida. Orientação: F.G. Silva Júnior. 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. 131 pp. (2003)

https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-06112003-135906/publico/fabio.pdf (em Português)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2003_Slides_Tese_Fabio_ESALQ.pdf (Apresentação em PowerPoint: 50 slides)

Por diversas razões, é essencial que as fábricas revejam muito bem o momento de encerramento de seus cozimentos kraft, separando esses efeitos do HexAcds para melhor definir quando acabar a etapa de polpação kraft. Avaliando assim muito bem o número kappa correspondente apenas a lignina nesse momento de encerramento da polpação. Caso contrário, podem estar jogando madeira ou produção diária fora; pior que isso, muito dinheiro também. Isso porque as perdas de rendimento na polpação poderiam ser minimizadas pelo término do cozimento em ponto mais otimizado, talvez em números kappa ligeiramente mais altos.

Ao se encerrar uma polpação com número kappa 21 e teor de HexAcds de 50 - 60 μmoles de HexAcds por grama de polpa, teremos na verdade um número kappa devido apenas à lignina residual de aproximadamente 15 a 16. Caso essa polpa venha a ser deslignificada em condições alcalinas com oxigênio, poderemos ofertar ao branqueamento uma polpa com número kappa correspondente apenas à lignina de aproximadamente 8 a 9. Essa qualidade é definitivamente compatível e absorvível em unidades de branqueamento e oferece a possível alternativa de mínimo consumo de químicos e adequadas branqueabilidade e rendimentos.

Entretanto, é preciso acompanhar as inevitáveis alterações do teor de DQO, DBO e cor do efluente do branqueamento e a capacidade da estação de tratamento de efluentes e de gestão dos resíduos sólidos (lodos biológicos) para absorção técnica e econômica dessas alterações. Também devem ser avaliadas: a produção da polpa kraft no digestor e os efeitos técnicos e econômicos da recuperação dos filtrados da lavagem da polpa marrom/polpa deslignificada pelo sistema de recuperação do licor.

Em função de todos esses pontos relacionados à descoberta dos ácidos hexenurônicos nas polpas kraft não branqueadas de folhosas, a medição de eficiência da deslignificação por oxigênio através medições apenas do número kappa (como tal) passou a ser questionada e desestimulada. Isso porque oferecem valores inadequados para controle dessa importante etapa do processo.

A influência da lavagem da polpa para redução de materiais orgânicos dissolvidos no filtrado (expressos como DQO)

A medição do número kappa é muito afetada pela lavagem da polpa, pois a matéria orgânica presente no arraste de substâncias orgânicas dissolvidas (fragmentos de lignina, etc.) na fase líquida da polpa também afeta a medição dos valores do número kappa.

Polpas mal lavadas entrando no reator de oxigenação irão consumir mais oxigênio e de maneira bem rápida. Isso porque o oxigênio encontra facilmente as substâncias orgânicas dissolvidas no líquido da polpa a média consistência. Lembrem-se que em uma polpa com 15% de consistência, temos uma enorme quantidade de "água suja" misturada na polpa. Quanto mais suja ou mais rica em substâncias orgânicas, maior a perda de oxigênio, que será consumido não como um "consumo de luxo", mas sim "consumo de lixo". Estima-se que se perde algo como 0,1 kg de oxigênio nesse "consumo de lixo" por cada kg de DQO no filtrado que entra com a polpa para a deslignificação com oxigênio. Também se pode perder algo entre 0,3 a 0,7% na eficiência da redução do número kappa para mesma quantidade de oxigênio alimentado ao reator (diferença entre polpa industrial lavada e não lavada no laboratório).

Esse tema foi bastante estudado por nossa equipe de pesquisas na Riocell, sendo que descobrimos que uma das mais importantes medições feitas para avaliar a eficiência da deslignificação com oxigênio, o número kappa, é bastante afetado pela lavagem da polpa no laboratório, antes de se ter esse indicador avaliado. Outra importante descoberta foi que a polpa vai lixiviando matéria orgânica dissolvida do interior das paredes das fibras para o filtrado que abriga essas fibras. Com isso, percebe-se que tanto o ponto de amostragem na fábrica como a lavagem da polpa no laboratório podem afetar os valores medidos de número kappa. Teremos valores de eficiências falsos, e até mesmo variados e desconexos, conforme não coloquemos atenção nessas variáveis.

Conheçam algumas dessas realidades em algumas de nossas publicações com a equipe da Riocell:

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)

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)

Além dessas nossas produções, sugiro que leiam também:

Efeito do DQO da polpa marrom na eficiência dos processos de deslignificação com oxigênio. A.E.S. Bosquê Júnior; A. Bassa; J.L. Colodette. 46º Congresso Anual Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 07 pp. (2013)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2013_Efeito+DQO_filtrado.pdf (em Português)

***Eficiência da deslignificação com oxigênio*:**

Em caso de polpas de folhosas, caso se queira acompanhar a eficiência da deslignificação com oxigênio pelo número kappa, é fundamental que:

- Elimine-se da medição do número kappa a parte correspondente aos ácidos hexenurônicos (como mostrado anteriormente), que precisam então que tenham suas concentrações medidas nas polpas. Dessa forma se teria apenas uma indicação de lignina, pois a influência dos HexAcds estaria sendo extirpada.

- Realize-se a medição do número kappa em polpa muito bem lavada com água neutra (jamais água potável contendo cloro residual) e expremida para remoção da DQO presente no filtrado que acompanha a amostra de polpa (sejam polpas obtidas em laboratórios de pesquisas ou em unidades industriais).

Dessa forma, é muito importante se conhecer a real eficiência da deslignificação com oxigênio em termos de degradar e remover apenas a lignina da polpa que será enviada ao branqueamento. Assim sendo, as medições de ácidos hexenurônicos em uma polpa bem lavada são importantes para separar no número kappa qual a influência desses ácidos na composição do valor do mesmo e qual a representatividade da lignina nesse valor.

Conhecendo-se a composição do número kappa em lignina e em HexAcds, podemos avaliar qual seria a eficiência de redução da fração do número kappa correspondente apenas à lignina. Os ácidos hexenurônicos, embora possam representar entre 40 a 50% do valor do número kappa na polpa saindo do digestor, persistem e aumentam o seu percentual (50 a 60%) na polpa saindo da deslignificação com oxigênio.

Essa influência dos ácidos hexenurônicos sempre foi a principal causa para os resultados pobres de eficiência de redução do número kappa entre a polpa kraft (em especial as obtidas dos eucaliptos) entrando e saindo da deslignificação com oxigênio.

Além disso, como já visto, alguns autores também atribuem aos extrativos presentes nas polpas, que podem interferir na medição do número kappa e acabam sendo incluídos nas medições como se fossem fragmentos de lignina, quando não o são.

Cálculo das eficiências da Deslignificação com Oxigênio
Medições em polpas bem lavadas antes das medições de Números Kappa

	Polpa entrada	**Polpa na saída**
Número Kappa	18	12,1
• *Fração Lignina*	11	5,2
• *Fração HexAcds*	7	6,9
Eficiência base lignina do Nº Kappa	**52,7%** (Correções para HexAcds)	
Eficiência base Nº Kappa total *como era feito antes da descoberta dos HexAcds em 1996*	**32,8%**	

As eficiências são relatadas como a relação percentual entre o valor de redução do número kappa entre entrada e saída da deslignificação com oxigênio pelo valor do número kappa de entrada na deslignificação.

A medição de eficiência mais correta é aquela que remove a interferências dos ácidos hexenurônicos. Entretanto, muitas fábricas usam os valores tais quais medidos do número kappa, sem remoção do efeito dos HeAcds, em função da maior rapidez e simplicidade das medições.

Memória dos cálculos:

Eficiência redução Nº Kappa corrigido HexAcds = [(11 – 5,2)/11] x 100

Eficiência redução Nº Kappa corrigido HexAcds = **52,7%**

Eficiência redução Nº Kappa tal qual = [(18 – 12,1)/18] x 100

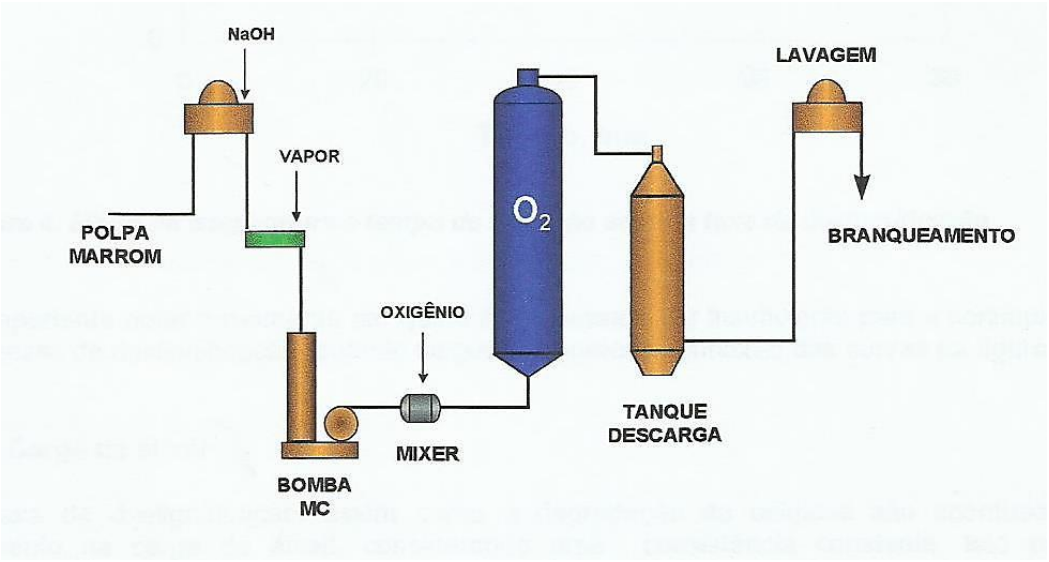
Eficiência redução Nº Kappa tal qual = **32,8%**

Leitura recomendada:

Understanding factors contributing to low oxygen delignification of hardwood kraft pulps. S.-J. Shin; L.R. Schroeder; Y.-Z. Lai. Journal of Wood Chemistry and Technology 26: 05 – 20. (2006)

https://www.researchgate.net/publication/277466270_Understanding_Factors_Contributing_to_Low_Oxygen_Delignification_of_Hardwood_Kraft_Pulps (em Inglês)

Equipamentos e sistemas:



Fonte da Imagem:

Fundamentos do branqueamento com oxigênio – Aplicação e impactos ambientais. C.R. Miranda; R. Passini – White Martins

Com já mencionado, o processo é bastante simples em equipamentos e em operar os mesmos. Apesar disso, pelo fato de serem equipamentos grandes para as modernas e enormes fábricas atuais, usando assim muita matéria-prima metálica (e também o pagamento de *royalties* aos fornecedores), a deslignificação com oxigênio acaba sendo uma instalação cara. Por isso, algumas fábricas avaliam muito bem se vale a pena ou não utilizar a mesma, principalmente as fábricas que produzem celulose para dissolução ou de fibras longas.

O processo em si consiste basicamente de:

- Sistemas para adição do sal de magnésio, do vapor de aquecimento e da fonte de álcali (soda cáustica ou licor branco oxidado).

- Misturadores eficientes para a mais perfeita mescla da fonte de álcali (soda cáustica ou licor branco oxidado), do oxigênio e da polpa. Em geral isso é feito em média consistência (10 a 15%), podendo ser utilizados misturadores estáticos ou dinâmicos. Os misturadores dinâmicos de alto cisalhamento conseguem ser mais efetivos, pois quebram o volume do gás em microbolhas para maior contato dele com as fibras.

- Reatores (um ou dois, pressurizados ou não) de fluxo ascendente (para evitar perda de oxigênio pela capota) para tempos de retenção de 45 a 60 minutos.

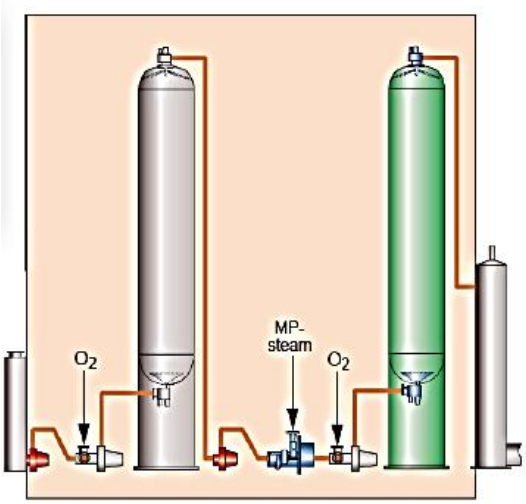
- Eventualmente, existem instalações com um "pré-reator inicial", que nada mais é que um tubo onde o oxigênio é adicionado de forma fracionada entre o pré-reator e o(s) reator(es). Esse tubo pode até mesmo ter um desenho similar ou até mesmo ser um misturador estático, o que permite que a demanda inicial por oxigênio seja concretizada. Essa demanda inicial na maioria das vezes corresponde em grande parte ao material orgânico dissolvido no filtrado líquido que acompanha a polpa ingressante. Esse material é medido como Demanda Química de Oxigênio e/ou também como Perda Alcalina acompanhando a polpa. O consumo de oxigênio por esses contaminantes pode ser bastante alto (pode chegar a 10 a 20% a mais do necessário), dependendo de quão bem ou mal lavada e com o que foi lavada a polpa que ingressa na instalação de deslignificação com oxigênio. Lembremos que as lavagens no sistema de polpa marrom (do digestor ao final da deslignificação com oxigênio) são feitas em sistema contracorrente. Em resumo, o que pode ditar a qualidade dos filtrados que acompanham a polpa é o tipo de líquido usado para lavar a polpa deslignificada com oxigênio ao final dessas operações. Isso, porque se entrar um líquido sujo no sistema de lavagem em contracorrente, não há como se remediar e melhorar esse processo de lavagem.

- Válvula de descarga do reator.

- Tanque de descarga para ajudar a equalização da pressão e na separação de gases que não reagiram do sistema de polpa úmida.

- Torre de retenção (opcional).

- Lavador ao final do processo, para remover um filtrado alcalino e contendo compostos de sódio e material orgânico que foi extraído das fibras. Esse filtrado da lavagem volta em contracorrente no sistema de polpa marrom até a evaporação e caldeira de recuperação para queima, estando assim presente no licor preto do processo kraft. Raramente se utiliza um lavador intermediário para a polpa entre dois reatores, por encarecer o investimento e por não resultar em ganhos significativos de desempenho na redução do número kappa e na economia de reagentes no processo.



Fonte da Figura: Processo DualOx (dois reatores) – GL&V

(sem lavagem intermediária entre os dois reatores)

É muito importante a integração da etapa de deslignificação com oxigênio à polpação kraft, seja polpação kraft modificada ou não. E também com todo o sistema de lavagem da polpa em contracorrente. Infelizmente esse sistema de lavagem quase sempre opera como um gargalo operacional em muitas fábricas (crescimento da produção sem investimentos no sistema de depuração e lavagem), o que leva necessariamente ao aumento da perda alcalina e da DQO dos filtrados das polpas, em todas as etapas do sistema. Algo muito nefasto e mal avaliado pelas pessoas das fábricas, que acabam jogando dinheiro fora, tanto na seção de lavagem, como nas interligadas a ela (consumos maiores de químicos na deslignificação com oxigênio, branqueamento, tratamento de efluentes, etc.).

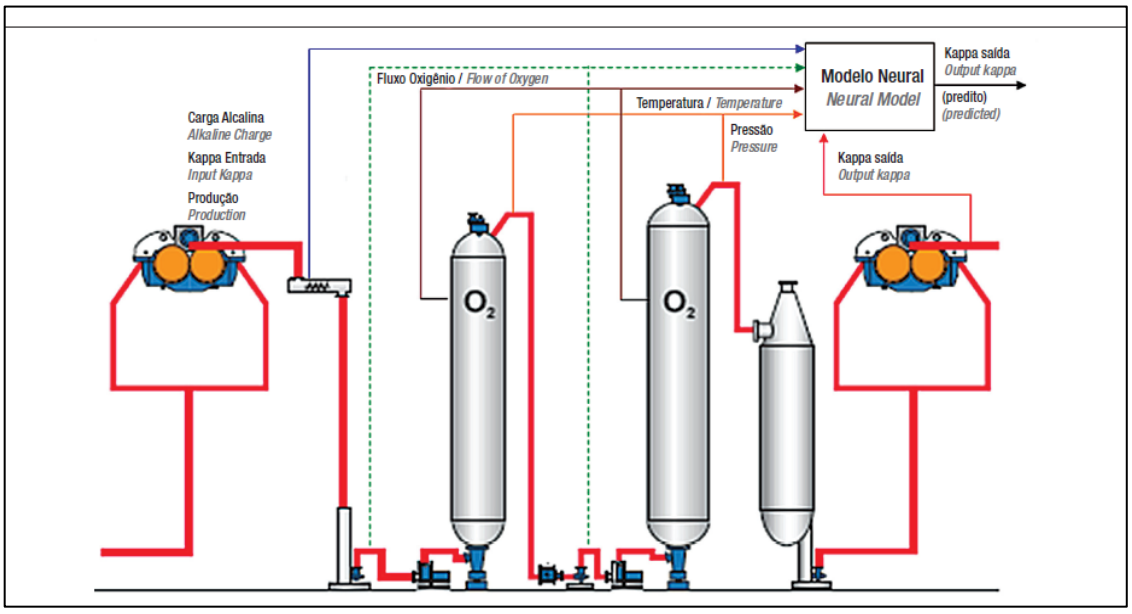
E depois dessas etapas do sistema não branqueado, temos também o branqueamento, que é muito sensível às variações de qualidade das polpas que recebe, inclusive da carga de DQO que essas polpas trazem para o interior da seção de branqueamento.

Assim sendo, todos esses setores das fábricas estão intimamente interligados, um afetando o outro. Costuma-se até mesmo chamar de

Deslignificação Estendida ao conjunto de etapas Polpação Kraft/Lavagens/Deslignificação com Oxigênio.

Obviamente, uma polpação kraft moderna se integra oferecendo melhores resultados e produtos (rendimentos em polpa e maior uniformidade em número kappa, por exemplo), já que adicionalmente disporá de vaso de impregnação de cavacos (minimização de feixes de fibras), com distribuição fracionada do álcali ativo (uso do álcali ativo onde ele estiver sendo requerido) e em etapas com temperaturas mais baixas (para evitar degradação maior e perdas de carboidratos).

Além das variáveis e resultados da deslignificação integrada envolvendo polpação e deslignificação com oxigênio, é vital a atenção nos resultados de consumos de químicos e rendimentos no branqueamento, bem como os valores de Cor, AOX, Demanda Química e Demanda Bioquímica de Oxigênio nos efluentes do branqueamento e o impacto dos mesmos na operação e resultados (inclusive econômicos) da estação de tratamento de efluentes e da área de resíduos sólidos.



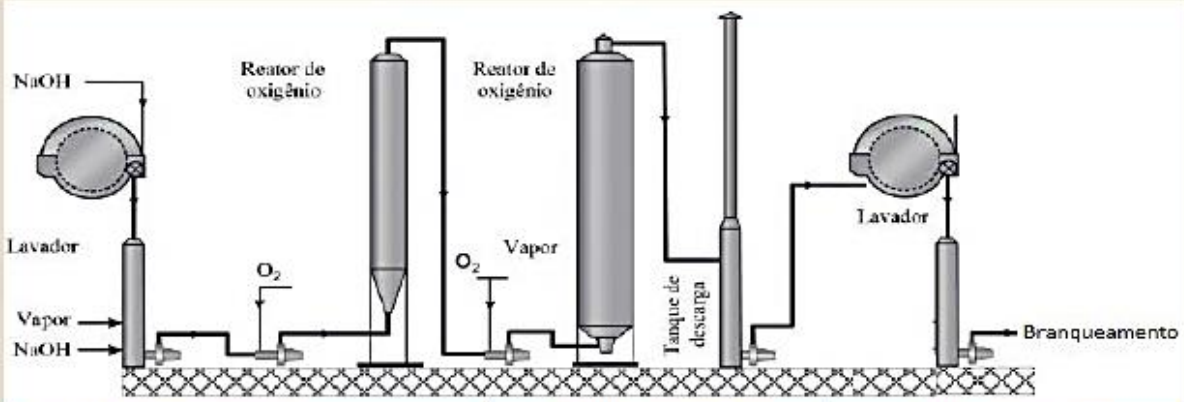
Fonte da Figura:

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2010_Otimizazao+Etapa+Oxigenio.pdf (em Português e em Inglês)

Condições operacionais (conforme citado por A.R. Giacomim, 2015 e referido por Thomas McDonough, 1996)

Apesar de que a referência apresentada é relativamente antiga, ela apresenta amplas faixas de variação para os valores das principais condições operacionais, pois englobava polpas kraft variadas. Por essa razão, ela foi citada, já que essas faixas ainda mostram validade para as condições atuais. Também, ao colocar essa figura a seguir, aproveito para

reverenciar meu amigo e um dos grandes estudiosos da polpação kraft, da deslignificação com oxigênio e do branqueamento de polpas kraft – Dr. Thomas J. McDonough, que sempre prestou qualificados serviços ao setor de celulose através de seus estudos e aulas no IPST – Institute of Paper Science and Technology e no Georgia Tech Institute em Atlanta/GA/USA.



Condições Operacionais	Média Consistência	Alta Consistência
Consistência da polpa,%	10-14	25-34
Tempo de reação, min.	50-60	30-45
Temperatura de reação, ºC	70-105	100-115
Carga Alcalina, kg/t	18-28	18-23
Consumo de oxigênio, kg/t	20-24	15-24

Condições típicas da deslignificação com oxigênio no meio industrial (McDONOUGH, 1996).

Fonte da Figura:
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015_Controle+Estabilidade_O2+Delig_PPT.pdf *(Citação de Anderson Rodrigo Giacomin)*

Os consumos de álcali e de oxigênio dependem muito do tipo e características da polpa, do número de reatores, dos números kappa inicial e final e das demais condições operacionais (temperatura, pressão, tempo, etc.).

Leitura recomendada:

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 Grau Celsius. 12 pp. (2013)

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

Comentários, argumentações e sugestões aos leitores a partir da leitura de alguns artigos de renomados e qualificados pesquisadores sobre estudos comparativos entre diversas situações aplicando-se ou não a deslignificação com oxigênio em uma linha de fibras para produção de celulose kraft branqueada de eucalipto

Artigos lidos e comentados a seguir:

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. 4th 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)

The true importance of oxygen delignification for *Eucalyptus* kraft pulps. J.L. Colodette; D. Longue Júnior; C. Pedrazzi; L.C. Colodete; J.L. Gomide; C.M. Gomes. 3rd ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 11 pp. (2007)

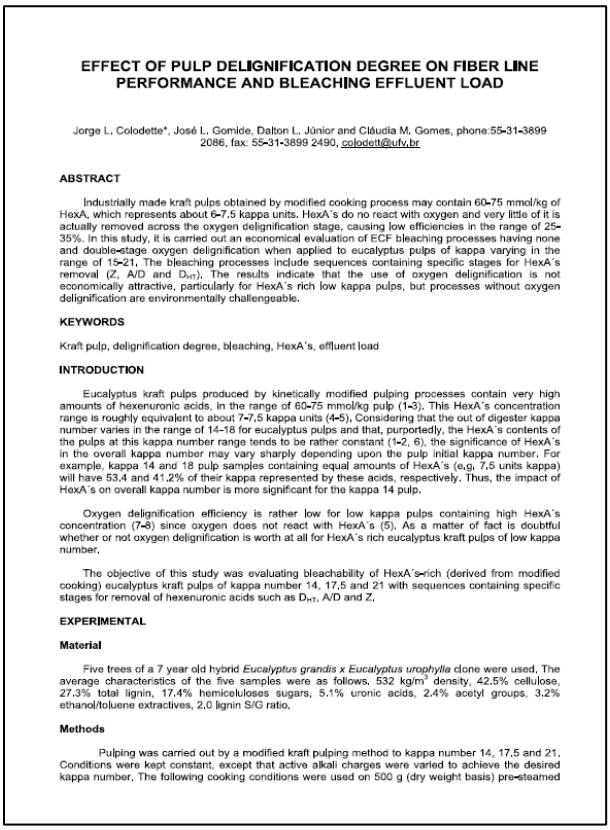
https://www.eucalyptus.com.br/icep03/10_Colodette_Langue_Pedrazzi_Colodete_Gomide_Gomes.pdf (em Inglês)

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/BioRes_02/BioRes_02_2_223_234_Colodette_GJP_PulpDelignificationDegree_Bleaching.pdf (em Inglês)

Effect of pulp delignification degree and bleaching process on an eucalyptus fiber line performance and economics. J.L. Colodette; J. Tucker; R. Phillips; H. Jameel; J.L. Gomide. 2007 TAPPI EPE - Engineering, Pulping and Environmental Conference. TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 13 pp. + 36 slides. (2007)

https://www.researchgate.net/publication/293087506_Effect_of_pulp_delignification_degree_and_bleaching_process_on_an_eucalyptus_fiber_line_performance_and_economics (em Inglês)



EFFECT OF PULP DELIGNIFICATION DEGREE ON FIBER LINE PERFORMANCE AND BLEACHING EFFLUENT LOAD

Jorge L. Colodette*, José L. Gomide, Dalton L. Júnior and Cláudia M. Gomes, phone:55-31-3899 2086, fax: 55-31-3899 2490, colodett@ufv.br

ABSTRACT

Industrially made kraft pulps obtained by modified cooking process may contain 60-75 mmol/kg of HexA, which represents about 6-7.5 kappa units. HexA´s do no react with oxygen and very little of it is actually removed across the oxygen delignification stage, causing low efficiencies in the range of 25-35%. In this study, it is carried out an economical evaluation of ECF bleaching processes having none and double-stage oxygen delignification when applied to eucalyptus pulps of kappa varying in the range of 15-21. The bleaching processes include sequences containing specific stages for HexA´s removal (Z, A/D and D_{HT}). The results indicate that the use of oxygen delignification is not economically attractive, particularly for HexA´s rich low kappa pulps, but processes without oxygen delignification are environmentally challengeable.

KEYWORDS

Kraft pulp, delignification degree, bleaching, HexA´s, effluent load

INTRODUCTION

Eucalyptus kraft pulps produced by kinetically modified pulping processes contain very high amounts of hexenuronic acids, in the range of 60-75 mmol/kg pulp (1-3). This HexA´s concentration range is roughly equivalent to about 7-7,5 kappa units (4-5), Considering that the out of digester kappa number varies in the range of 14-18 for eucalyptus pulps and that, purportedly, the HexA´s contents of the pulps at this kappa number range tends to be rather constant (1-2, 6), the significance of HexA´s in the overall kappa number may vary sharply depending upon the pulp initial kappa number. For example, kappa 14 and 18 pulp samples containing equal amounts of HexA´s (e.g. 7.5 units kappa) will have 53,4 and 41,2% of their kappa represented by these acids, respectively. Thus, the impact of HexA´s on overall kappa number is more significant for the kappa 14 pulp.

Oxygen delignification efficiency is rather low for low kappa pulps containing high HexA´s concentration (7-8) since oxygen does not react with HexA´s (5). As a matter of fact is doubtful whether or not oxygen delignification is worth at all for HexA´s rich eucalyptus kraft pulps of low kappa number.

The objective of this study was evaluating bleachability of HexA´s-rich (derived from modified cooking) eucalyptus kraft pulps of kappa number 14, 17,5 and 21 with sequences containing specific stages for removal of hexenuronic acids such as D_{HT}, A/D and Z.

EXPERIMENTAL

Material

Five trees of a 7 year old hybrid *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* clone were used. The average characteristics of the five samples were as follows. 532 kg/m^3 density, 42.5% cellulose, 27.3% total lignin, 17.4% hemicelluloses sugars, 5.1% uronic acids, 2.4% acetyl groups, 3.2% ethanol/toluene extractives, 2.0 lignin S/G ratio.

Methods

Pulping was carried out by a modified kraft pulping method to kappa number 14, 17.5 and 21. Conditions were kept constant, except that active alkali charges were varied to achieve the desired kappa number. The following cooking conditions were used on 500 g (dry weight basis) pre-steamed

THE TRUE IMPORTANCE OF OXYGEN DELIGNIFICATION FOR EUCALYPTUS KRAFT PULPS

Jorge L. Colodette[1], Dalton L. Júnior[2], Cristiane Pedrazzi[2], Luiz C. Colodete[3], José L. Gomide[1], Cláudia M. Gomes[1]

[1]Full Professors; [2]Graduate Students; [3]Undergraduate Student. Federal University of Viçosa, Viçosa, MG, Brazil, colodett@ufv.br

ABSTRACT

Eucalyptus wood xylans are very rich in 4-O-methyl-glucuronic acids (MeGUA). In average, values in the range of 2 MeGUA / 10 xyloses have been observed on *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus urophylla* woods. Even considering that these eucalyptus species possess relatively low amounts of xylans, the total amount of MeGUA in the wood is rather significant, varying from 4-5.5% on wood dry weight. The high amounts of MeGUA in the wood associated with the very moderate pulping conditions (low temperature, long retention time) currently practiced for such woods have led to kraft pulps of very high hexenuronic acid contents (HexA´s). Industrially made kraft pulps obtained by modified cooking process may contain 60-75 mmol/kg of HexA´s, which represents about 6-7.5 kappa units. HexA´s do no react with oxygen and very little of it is actually removed across the oxygen delignification stage. Therefore, the oxygen delignification stage is rather inefficient when applied to HexA´s rich pulps. Oxygen delignification efficiency for HexA´s rich eucalyptus pulps have been in the range of 25-35% only. In this study, it is carried out an economical evaluation of ECF bleaching processes having none and double-stage oxygen delignification when applied to eucalyptus pulps of kappa varying in the range of 14-21. The bleaching processes include sequences containing specific stages for HexA´s removal (Z, A/D and D_{HT}). The results are interpreted on the basis of fiber line yield, chemical consumption, operational costs and effluent load. The results indicate that the use of oxygen delignification is not economically attractive, particularly for HexA´s rich low kappa pulps, but processes without oxygen delignification are environmentally challengeable. The most economical processes, considering Brazilian wood prices, includes cooking to lower kappa number, no oxygen delignification and ECF bleaching with the D_{HT}(PO)DP sequence.

INTRODUCTION

Eucalyptus kraft pulps produced by kinetically modified pulping processes contain very high amounts of hexenuronic acids, in the range of 60-75 mmol/kg pulp (1-3). This HexA´s concentration range is roughly equivalent to about 7-7.5 kappa units (4-5). Considering that the out of digester kappa number varies in the range of 14-18 for eucalyptus pulps and that, purportedly, the HexA´s contents of the pulps at this kappa number range tends to be rather constant (1-2, 6), the significance of HexA´s in the overall kappa number may vary sharply depending upon the pulp initial kappa number. For example, kappa 14 and 18 pulp samples containing equal amounts of HexA´s (e.g. 7.5 units kappa) will have 53.4 and 41.2% of their kappa represented by these acids, respectively. Thus, the impact of HexA´s on overall kappa number is more significant for the kappa 14 pulp.

Oxygen does not react with HexA´s and very little impact on the HexA´s derived kappa number is observed during the oxygen delignification stage (5). Therefore, the oxygen delignification efficiency is rather low for low kappa pulps containing high HexA´s concentration (7-8). As a matter of fact is doubtful whether or not oxygen delignification is worth at all for HexA´s rich eucalyptus kraft pulps of low kappa number.

The objective of this study was evaluating bleachability of HexA´s-rich (derived from modified cooking) eucalyptus kraft pulps of kappa number 14, 17.5 and 21 with the sequences D_{HT}(PO)D, A/D(PO)D, Z/ED(PO), O/OD_{HT}(PO)D, O/OA/D(PO)D and O/OZ/ED(PO), which contain specific stages for removal of hexenuronic acids, namely D_{HT}, A/D and Z. The results were interpreted on the basis of fiber line yield, chemical consumption, operational costs and effluent load.

EXPERIMENTAL

Material

Five trees of a 7 year old hybrid *Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla* clone were collected in the field in the form of logs, debarked, and transported to the UFV Pulp and Paper Laboratory. Five 50 cm long bolts were cut from each tree at different heights (0, 25, 50, 75 and 100%) in order to obtain representative sample of the whole tree. All

Muitas informações e novas abordagens em muitos artigos disponiveis na web

Páginas de rosto de artigos referênciais de nossos pesquisadores

Em minhas muitas leituras que fiz de uma extensa bibliografia, que estou a compartilhar nas seções 8 e 9 desse meu Relato de Vida, acabei encontrando alguns artigos que eu gostaria de discutir um pouco mais profundamente sobre eles em suas virtudes e eventuais consequências potenciais. Farei isso aproveitando a disponibilidade de excelentes dados técnicos numéricos para maiores considerações sobre a deslignificação com oxigênio para polpas kraft de eucaliptos.

Os artigos são de renomados e eminentes pesquisadores, alguns brasileiros e outros internacionais. Esses quatro artigos se complementam e trazem uma riquíssima base de dados sobre diversas situações na utilização da deslignificação com oxigênio para linhas de fibras de produção de polpa celulósica do tipo kraft branqueada de eucalipto. São preciosidades a serem lidas e avaliadas.

São quatro documentos imperdíveis, riquíssimos em valiosos dados técnicos, resultados de inúmeras e cuidadosas pesquisas, mas que podem eventualmente induzir a que leitores mal preparados tecnicamente se sintam motivados a descartar a utilização da deslignificação com oxigênio por uma avaliação parcial em uma unidade produtora de celulose kraft branqueada. Digo isso porque os estudos, apesar de trazerem dados riquíssimos de áreas impactadas positiva ou negativamente pela deslignificação com oxigênio, não consideraram muitos desses dados (e outros que poderiam ser pesquisados) nas suas avaliações econômicas,

discorrendo e focando mais sobre os custos de produção apenas na linha de fibras.

O propósito dessas pesquisas publicadas e lideradas pelo consagrado e renomado Dr. Jorge Luiz Colodette foi o de procurar entender as diferenças em parâmetros técnicos de polpação, deslignificação com oxigênio e branqueamento associados aos custos diretos de produção de linhas de fibras operando em três situações: produção de polpas kraft não branqueadas no digestor a três níveis de valores aproximados de número kappa: 14, 17 e 21. A seguir, aplicava-se ou não a deslignificação com oxigênio e se branqueavam todas as polpas obtidas dos diversos tratamentos com algumas sequências usuais no setor de produção de polpas de eucalipto. Algumas delas seguiam sequências se iniciando com Lavagem Ácida a quente (A), e outras aplicando como estágio inicial a Dioxidação a Quente (Dhot).

O que me chamou a atenção nesses artigos, é que a leitura de um ou de mais deles poderia induzir a que uma empresa a investir em uma nova fábrica de celulose kraft branqueada de eucalipto possa optar em realizar a polpação kraft a um valor baixo de número kappa (no caso 14) e não utilizar a deslignificação com oxigênio: enviando sua polpa diretamente ao branqueamento. Os autores mencionam nas conclusões que essa alternativa causa impactos ambientais (que até mesmo foram muito apropriadamente determinados em um dos artigos) em termos de geração de cor, DQO e AOX para os efluentes, mas os impactos deles nos custos unitários de produção e nos investimentos ambientais requeridos foram parcialmente considerados, o que certamente seria relevante se terem mais dados para poder até mesmo se alterar significativamente a conclusão.

Também não se preocuparam em estudar os impactos dos ganhos em rendimentos e em produção adicional na linha de fibras pelo uso da deslignificação com oxigênio, que chegou a valores entre 1 a 4% base madeira seca. Somente se preocuparam em quantificar os custos da madeira por tonelada de celulose, o que é apenas uma parte dos ganhos. E nem tampouco se preocuparam, até mesmo pela extensão adicional que resultaria no trabalho de pesquisa, com os impactos técnicos e econômicos na recuperação de químicos pelo setor de recuperação do licor.

Enfim, reforço a excelência dos artigos em termos tecnológicos, mas decidi colocar algumas argumentações complementares para reflexões, já que os estudos foram técnica e economicamente focados apenas para dados da linha de fibra, mas concluiu em alguns dos artigos oferecendo uma sugestão que impacta a fábrica e a empresa como um todo.

Por isso, minha preocupação em trazer esses alertas e recomendações, uma vez que se deveria buscar uma conclusão que oferecesse maiores garantias aos investidores em novos projetos de fábricas.

Por favor, leitores e autores, não entendam minhas considerações como críticas aos trabalhos publicados.

Elas são apenas sugestões e reflexões para quaisquer técnicos e de quaisquer áreas de empresas do setor para evitar conclusões baseadas em um ou poucos setores da empresa (que se interligam técnica e economicamente com outros) e com recomendações para a fábrica toda, ou para todo um processo já em operação.

Essa técnica de sempre procurar refletir e avaliar os impactos técnicos e econômicos de uma decisão sobre alterações tecnológicas não apenas em uma área, mas na fábrica como um todo é resultante de meus trabalhos com ecoeficiência para o setor de celulose e papel. Se quiserem ler algo escrito há cerca de 15 anos, mas sempre atual, sugiro que naveguem nessa literatura a seguir:

Ecoeficiência e produção mais limpa para a indústria de celulose e papel de eucalipto. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 09. 85 pp. (2008)

https://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT09_ecoeficiencia.pdf (em Português)

A situação que descrevi nos artigos que estou a referir para meus alertas me fez lembrar da celebrada parábola "Os Cegos e o Elefante" (https://pt.wikipedia.org/wiki/Os_Cegos_e_o_Elefante), onde se desafia um grupo de cegos a tentar descrever o formato do corpo de um elefante, tocando apenas uma parte do mesmo. Foi o que foi feito para a análise econômica e conclusão com esses estudos: com base apenas na linha de fibras se optou por inferir uma conclusão que se aplicaria talvez à área investigada, mas não sobre a produtividade e economicidade da fábrica toda. Nesse caso, se quisermos sugerir algo para toda a unidade fabril, a base de dados teria que ser ampliada e complementada.

Um dos trabalhos dessa equipe liderada pelo Dr. Colodette e envolvendo pesquisadores de North Caroline/USA foi mais abrangente e incluiu sabiamente impactos econômicos de outras áreas da fábrica, mas ainda assim, nem todas as alternativas que relacionarei (e devem existir outras) foram consideradas:

Effect of pulp delignification degree and bleaching process on an eucalyptus fiber line performance and economics. J.L. Colodette; J. Tucker; R. Phillips; H. Jameel; J.L. Gomide. 2007 TAPPI EPE - Engineering, Pulping and Environmental Conference. TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 13 pp. + 36 slides. (2007)

https://www.researchgate.net/publication/293087506_Effect_of_pulp_delignification_degree_and_bleaching_process_on_an_eucalyptus_fiber_line_performance_and_economics (em Inglês)

Análises econômicas parciais de um setor ou de poucos sem considerar o todo da fábrica, quando existirem significativas inter-relações,, apesar de serem úteis e mostrarem pontos importantes setoriais, não podem e não devem ser extrapoladas para situações decisórias de alto impacto envolvendo o investimento como um todo.

Vocês verão a seguir em minhas considerações, que cada situação é muito particular de cada fábrica e matéria-prima, uma vez que alguns setores são tão intimamente interligados, que ao se alterar um deles, resultam consequências técnicas e econômicas nos demais.

***Enfim, em minha opinião uma avaliação desse tipo deveria considerar**:*

- O aumento importante de produção na fábrica a partir de uma mesma base de madeira em função dos maiores rendimentos (2% a 4% a mais) quando se trabalha com maiores valores de número kappa no digestor e uso da deslignificação com oxigênio.

  Uma fábrica que utilize anualmente 2 milhões de toneladas absolutamente secas de madeira estaria produzindo 1.067.000 toneladas secas ao ar de polpa branqueada na opção de número kappa 14 e sem deslignificação com oxigênio e 1.131.000 t s.a. quando produzisse no digestor uma polpa com número kappa 21 e a seguir uma deslignificação com oxigênio. Isso para ganho de 2,9% em rendimento da linha de fibras. São 64.000 toneladas secas ao ar (s.a.) a mais, ou seja, 6% a mais de polpa para vender, para as condições de 2,9% de aumento de rendimento base madeira.

  Mesmo assim, e avaliando os valores econômicos desses ganhos, eu não afirmaria ainda que essa opção seria a mais indicada. Isso porque estaria continuando a olhar a fábrica apenas por mais um dos seus lados, esquecendo-me de outros.

- As variações nos custos fixos unitários dos produtos pelas variações de capacidade produtiva da fábrica a partir de uma mesma base de madeira; bem como as variações nos custos variáveis unitários, pois a participação do custo unitário da madeira diminuirá pelo fato de que mais polpa estará sendo produzida com a mesma quantidade de madeira entrando na fábrica.

- Os custos unitários de investimento (US$/tonelada seca ao ar de celulose produzida) e de produção (fixos e variáveis) para uma fábrica com e sem deslignificação com oxigênio (nas situações comparadas), levando em conta as alterações de produção, equipamentos e

sistemas em todos os setores da fábrica (tratamento de efluentes e de resíduos sólidos, sistema de recuperação do licor, etc., etc.);

- Os custos de investimento e custos diretos de operação no tratamento de efluentes e de resíduos sólidos (geração de lodos orgânicos). Não apenas se geram quantidades diferentes de efluentes e lodos orgânicos (pela reincorporação do filtrado da deslignificação para o sistema de recuperação do licor, no caso da adoção da deslignificação com oxigênio), como são diferentes as qualidades dos resíduos liberados para tratamento pelo branqueamento da celulose (cor, DBO, DQO, AOX, toxicidade, dioxinas e furanos, etc.).

- As alterações na capacidade e nos custos variáveis e de investimentos no setor de recuperação do licor preto, incluindo-se caldeira de recuperação (pelas alterações na quantidade gerada de sólidos secos a recuperar) e na caustificação (pela necessidade de se oxidar licor branco para gerar uma fonte de álcali para o setor de deslignificação com oxigênio).

- Os gargalos operacionais que passarão a existir ou que serão resolvidos em uma ou outra situação (para fábricas existentes).

- E também os impactos na liberação ambiental do empreendimento, na comercialização (AOX nas polpas) e de imagem institucional, que seriam afetadas por esse tipo de decisão (de não se adotar a deslignificação com oxigênio na nova fábrica).

Assim sendo, sugiro que qualquer empresa produtora de celulose kraft de eucalipto, brasileira ou internacional, e que esteja avaliando as tecnologias a utilizar em novas unidades industriais, que ponderem muito bem, caso queiram produzir esse tipo de celulose com sustentabilidade sem uma deslignificação com oxigênio. Entretanto, se quiserem seguir por uma linha de avaliação mais completa, sugiro que realizem estudos e avaliações amplas e observando e mensurando os impactos das diferenças em tecnologia na linha de fibras em toda a unidade industrial.

Esse tipo de procedimento também é válido para uma fábrica existente que esteja produzindo celulose com uso de deslignificação com oxigênio e número kappa no digestor de 17, mas que esteja objetivando mudar para número kappa 21. As mesmas situações precisam ser avaliadas e não apenas a linha de fibras, já que teremos impactos nos efluentes, no

sistema de recuperação, na quantidade adicional de polpa pelas diferenças em rendimentos na linha de fibras, etc. Eu percebi também, pelos artigos que li e que estão nas referências de literatura, que diversos autores brasileiros e internacionais estudaram essa alternativa de elevação do número kappa na saída do digestor, seguindo-se a etapa de deslignificação com oxigênio para ganhos de rendimentos - mas não se avaliou o todo, apenas a linha de fibras, em todos os casos.

Exemplo:

High kappa process for *Eucalyptus* fiberline: The first industrial case. O. Mambrim Filho; R.Z. Bertochi; B.R. Rubini; A.L. Guimarães; A. Figueiredo. 2019 TAPPI PEERS - Pulping, Engineering, Environmental, Recycling and Sustainability Conference. 22 pp. (2019)

Sugiro visitar o website www.tappi.org para verificar o livre acesso ou para a aquisição do artigo (em Inglês)

De qualquer forma, aprendi muito com esses artigos que li e parabenizo todos os autores pelo esforço e pela intenção de trazer dados tão qualificados para a literatura. Sugiro aos nossos leitores que façam a leitura de pelo menos um dos artigos relacionados como de autoria de Colodette et al., pois a metodologia da forma como apresentada pode ser perfeitamente replicada pelos leitores em avaliações com maiores graus de amplitude fabril.

Para concluir esse tema, sugiro também a leitura de uma excelente tese de doutorado da Dra. Camila Sarto na ESALQ/USP, que abordou também de forma muito qualificada os impactos da deslignificação com oxigênio sobre os rendimentos da linha de fibras para a fabricação de polpa kraft de eucalipto:

Estratégias para maximização do rendimento no processo kraft de polpação para madeira de eucalipto. C. Sarto. Tese de Doutorado. USP – Universidade de São Paulo. 98 pp. (2020)

https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-06052020-142338/publico/Camila_Sarto_versao_revisada.pdf (em Português)

EFFECT OF PULP DELIGNIFICATION DEGREE AND BLEACHING PROCESS ON AN EUCALYPTUS FIBER LINE PERFORMANCE AND ECONOMICS

Jorge L. Colodette*, Jarrod Tucker, Richard Phillips, Hasan Jameel and José L. Gomide

Contact information: phone:55-31-3899 2086, fax: 55-31-3899 2490, colodett@ufv.br

ABSTRACT

Industrially made kraft pulps obtained by a modified cooking process may contain 60-75 mmol/kg of hexenuronic acids (HexAs), which represents 6-7.5 kappa units. HexAs do not react with oxygen and very little of it is actually removed across the oxygen delignification stage, causing low efficiencies in the range of 25-35%. In this study, a thorough economical evaluation of the ECF bleaching processes was carried out, having none and double-stage oxygen delignification, when applied to eucalyptus pulps of kappa varying in the range of 14-21. The bleaching processes included sequences containing specific stages for HexAs removal (Z, A/D and D_{HT}). The results indicated that fiber lines already equipped with oxygen delignification will benefit from terminating the cook at higher kappa numbers (17.5-21) and proceeding with the sequence D_{HT}(PO)DP. A more thorough economic analyses for a green field mill, using ***WinGEMS*** simulation, suggested that cooking to lower kappa numbers generated higher revenue, free cash value and IRR at $40/MWH power sale value. Oxygen delignification showed a slightly higher revenue and IRR. The sequence O/OD_{HT}(PO)DP at 14.1 kappa number had the highest IRR (14.28%) and A/D(PO)DP at 20.9 kappa number had the lowest IRR (13.52%).

Keywords: Kraft pulp, Delignification degree, Bleaching, HexA, Effluent load

INTRODUCTION

Eucalyptus kraft pulps produced by kinetically modified pulping processes contain very high amounts of hexenuronic acids (HexAs), in the range of 60-75 mmol/kg pulp[1-3]. This HexA concentration range is roughly equivalent to 6-7.5 kappa units[4]. Considering that the out of digester kappa number varies in the range of 14-18 for eucalyptus pulps and that, purportedly, the HexA contents of the pulps at this kappa number range tend to be rather constant[1,2,5], the significance of HexAs in the overall kappa number may vary sharply depending upon the pulp's initial kappa number. For example, kappa 14 and 18 pulp samples containing equal amounts of HexAs (e.g. 7.5 units kappa) will have 53.4 and 41.2% of their kappa represented by these acids, respectively. Thus, the impact of HexAs on overall kappa number is more significant for the kappa 14 pulp.

Oxygen delignification efficiency is rather low for low-kappa pulps containing high HexA concentrations[6-8] since oxygen does not react with HexAs[4]. As a matter of fact, it is doubtful whether or not oxygen delignification is worth implementing at all for HexA-rich eucalyptus kraft pulps having low kappa number.

The objective of this study was to evaluate bleachability of HexA-rich (derived from modified cooking) eucalyptus kraft pulps of kappa number 14, 17.5 and 21, with sequences containing specific stages for removal of hexenuronic acids such as D_{HT}, A/D, and Z. Note that the kraft pulping modifications were made to simulate the Andritz Lo-solids™ cooking process, within the limitations of laboratory equipment available.

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Estratégias para maximização do rendimento no processo kraft de polpação para madeira de eucalipto

Camila Sarto

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em Ciências, Programa: Recursos Florestais. Opção em: Tecnologia de Produtos Florestais

Piracicaba
2020

Páginas de rosto de documentos tecnológicos muito valiosos de autores renomados

Com ciência e inovatividade se constroem fábricas e processos tecnológicos para fabricar celulose, porém avaliações de desempenhos econômicos e socioambientais são igualmente vitais e precisam estar em sintonia com os propósitos técnicos

Para finalizar essa seção, coloco para acesso e interpretação pelos leitores de diversos e importantes dados de pesquisas laboratoriais para linhas de fibras de celulose kraft branqueada de eucalipto. As duas tabelas foram construídas com os excelentes dados técnicos da Dra. Camila Sarto (equipe ESALQ/USP) e Dr. Jorge Luiz Colodette (equipe UFV/NCSU) de dois dos trabalhos publicados e mencionados anteriormente.

Os dados selecionados foram obtidos em duas referências bibliográficas desses renomados pesquisadores e apresentadas em formato de duas tabelas, sendo que depois das tabelas, trouxe também alguns comentários sobre os mesmos. Ambas as tabelas são repletas de bons conhecimentos para que se possa entender com clareza o que representa a seleção de valores diferentes de número kappa nas polpas kraft saindo do digestor para depois encaminhar as mesmas para serem deslignificadas com oxigênio.

abela 1: Baseada em dados de Colodette et al., 2007 (equipe UFV e colaboradores NCS/USA): https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2007_EPE_Pulp+Delignification+Degree+Economics.pdf

Polpa kraft não branqueada e típica obtida de eucalipto brasileiro			
Número kappa	**14,1**	**17,4**	**20,9**
Álcali ativo aplicado - % NaOH base madeira	21,8	18,7	16,6
Kappa devido à lignina	7,3	10,4	16,1
Kappa devido aos ácidos hexenurônicos	6,8	7	4,8
Rendimento da polpação kraft, % base madeira a.s.	49,3	51,4	53,4
Polpa kraft pré-deslignificada com oxigênio obtida de eucalipto brasileiro – Etapas O/O			
Número kappa	10,2	11,9	12,8
Kappa devido à lignina	3,4	5	8
Kappa devido aos ácidos hexenurônicos	6,8	6,9	4,8
Eficiência da deslignificação com oxigênio base lignina - %	53,4	51,9	50,3
Polpas branqueadas – Comparações entre polpas obtidas por distintos processos na linha de fibras			
Abordagens tecnológicas *Ganho rendimento entre Nº Kappa 17,4 a 20,9 = 1,6%*	*Kappa 14,1 polpação e branqueamento* *Dhot(PO)DP*	*Kappa 17,4 polpação e branqueamento* *OODhot(PO)DP*	*Kappa 20,9 polpação e branqueamento* *OODhot(PO)DP*
Rendimento da linha de fibras (%)	48%	**49,3%**	**50,9%**
DQO gerado pelo branqueamento	32,5 kg O2/t a.s.	29,1 kg O2/t a.s.	30,8 kg O2/t a.s.
Cor gerada pelo branqueamento	64 kg Pt/t a.s.	20,3 kg Pt/t a.s.	25,8 kg Pt/t a.s.
AOX gerado pelo branqueamento	0,45 kg Cl/t a.s.	0,20 kg Cl/t a.s.	0,24 kg Cl/t a.s.

Tabela 2: Baseada em dados de Sarto, 2020 (equipe ESALQ/USP):
https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-06052020-142338/publico/Camila_Sarto_versao_revisada.pdf

Polpa kraft não branqueada obtida de eucalipto brasileiro – Polpas padrão			
Número kappa	**16,9**	**21,9**	**26,3**
Álcali efetivo aplicado - % NaOH base madeira	17	15	14,5
Kappa devido à lignina	11,36	17,97	22,9
Kappa devido aos ácidos hexenurônicos	5,24	3,93	3,4
Rendimento da polpação kraft, % base madeira a.s.	53,8	55,42	56,23
Polpa kraft pré-deslignificada com oxigênio obtida de eucalipto brasileiro – Polpas padrão **O/O deslignificação – dois estágios**			
Eficiência da deslignificação - % base Nº kappa	43,8	49,8	56,6
Eficiência da deslignificação com oxigênio base lignina - %	59,5	59,4	64,2
Número kappa	9,5	11	11,4
Kappa devido à lignina	4,6	7,3	8,2
Kappa devido aos ácidos hexenurônicos	4,9	3,7	3,2
Rendimento da deslignificação com oxigênio - %	97,0	96,4	96,1
Rendimento polpação + deslignificação - %	52,2	53,5	54,1
Polpas branqueadas - sequência Ad(Ep)DP Ad = Estágio A com certa proporção de ClO2 Ganhos em rendimentos inferiores aos do artigo anterior da Tabela 1 (1,2% entre Nº Kappa 16,9 a 21,9)			
Rendimento do branqueamento Ad(Ep)DP - %	96,4	95	x
Rendimento global da linha de fibras - %	**50,32**	**51,5**	x

As duas pesquisas, das quais colhemos importantes dados para compor as tabelas 1 e 2 a fim de lhes permitir conhecer um pouco mais do comportamento da deslignificação integrada entre polpação (digestor) e pré-branqueamento com oxigênio (deslignificação em reatores), se constituem em riquíssimas fontes de dados e de conhecimentos. Conhecimentos gerados por qualificados pesquisadores.

Elas são bastante abrangentes e descortinam aos leitores, em ambos os casos, importantes resultados teóricos sobre os comportamentos de linhas de fibras contendo polpação kraft e deslignificação com oxigênio.

Seus autores fazem parte de qualificadas equipes de pesquisa em celulose e papel da UFV – Universidade Federal de Viçosa (lideradas na época pelo professor Dr. Jorge Luiz Colodette, em parceria com coautores de North Caroline State/USA) e da ESALQ/USP – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", lideradas pelo professor Dr. Francides Gomes da Silva Júnior, orientador da pesquisa executada e apresentada como tese de doutorado pela Dra. Camila Sarto.

A análise de ambas as tabelas permite se notar similaridades em desempenhos tanto da polpação kraft como da deslignificação com oxigênio, apesar de os rendimentos da etapa de polpação kraft serem intrigantemente melhores em termos percentuais na tabela 2. É claro que esses resultados se associam muito à qualidade da madeira, dimensões dos cavacos e equipamentos e condições adotadas na polpação.

UFV
Universidade Federal
de Viçosa

LCP
Laboratório de
Celulose e Papel

Laboratório LQCE
de Química, Celulose e Energia

ESALQ/USP
Universidade de São Paulo

LCP UFV – LQCE/ESALQ/USP
Equipes e laboratórios de pesquisas de alta qualificação

Alguns pontos que eu gostaria de ressaltar, a partir da avaliação dos dados das tabelas 1 e 2 e de outros "considerandos" de outras referências de literatura, são os seguintes:

- Os rendimentos da deslignificação com oxigênio, apesar de importantes, são quase sempre inferiores àqueles que esperavam encontrar os desenvolvedores dessa tecnologia – tanto com base no número kappa integral, como no número kappa devido somente à lignina. Ainda assim, são tecnologias bastante interessantes e válidas para aplicação e adoção industrial no setor de fabricação de celuloses. É possível que haja espaço para se aumentar rendimentos, através de catalisadores, aditivos, etc. Coisas a serem pesquisadas, com certeza.

- Polpas kraft de eucaliptos obtidas no digestor com baixos níveis de número kappa (13 a 15) são geralmente resultados de polpações mais drásticas. Essas condições removem proporcionalmente mais lignina, mas também favorecem a formação de ácidos hexenurônicos, que acabam sendo os principais componentes para a expressão do número kappa. Por essa razão, com pouca lignina a ser removida na deslignificação com oxigênio e pela persistência nessa etapa dos ácidos hexenurônicos, a eficiência da deslignificação com oxigênio costuma mostrar baixos valores para esses tipos de polpas.

- A deslignificação com oxigênio de polpas de eucaliptos, quando aplicada sobre polpas retiradas do digestor de polpação kraft com maiores valores de número kappa (18 a 21), resulta em ganhos de rendimentos em produção de celulose na linha de fibras, mas também resulta em polpas deslignificadas com maiores teores de lignina a serem entregues ao setor de branqueamento da celulose.

- Para a produção no digestor dessas polpas de eucalipto com maiores valores de número kappa (18 a 21) para serem entregues à deslignificação com oxigênio se consegue também o excelente benefício de muito menor teor de sólidos secos no licor preto, já que temos dois importantes fatores alavancadores para isso: a menor necessidade de percentual de álcali ativo na polpação e a menor extração de componentes orgânicos da polpa para serem incorporados ao licor preto (maior rendimento de polpação).

- Polpas com maior número kappa entregues para deslignificação resultam em polpas deslignificadas com menores teores de ácidos hexenurônicos, como resultado das polpações kraft diferenciadas.

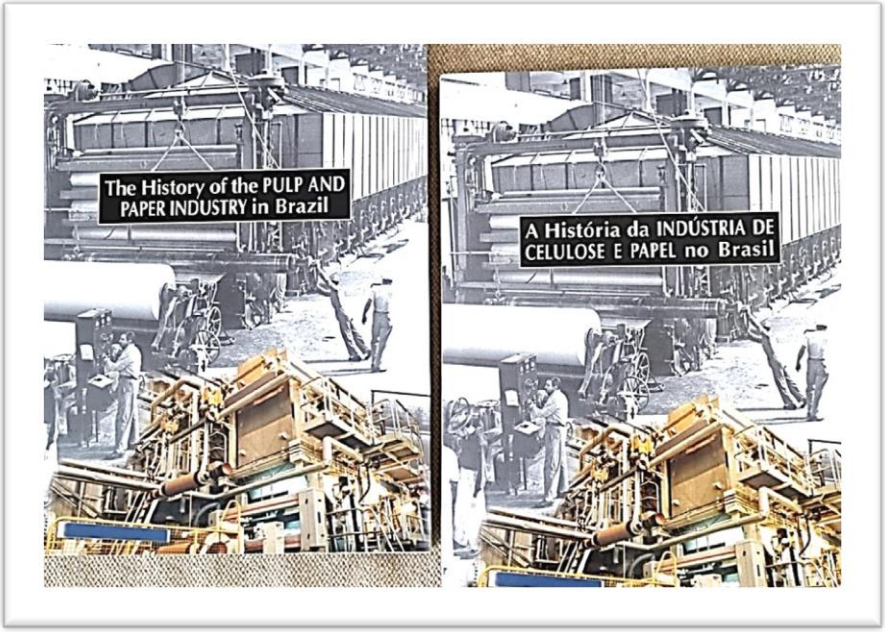
- O efeito do maior teor de lignina em polpas deslignificadas com oxigênio a partir de polpas com maior número kappa ingressantes nos reatores corresponderá a variações da quantidade de poluentes gerados para serem tratados na Estação de Tratamento de Efluentes, e supostamente, também trarão impactos na quantidade de lodo biológico gerado como resíduo sólido.

- As principais vantagens ambientais que podem ser observadas pela aplicação da deslignificação com oxigênio através da pesquisa com dados na tabela 1 são: carga de cor e teor de compostos organoclorados (AOX).

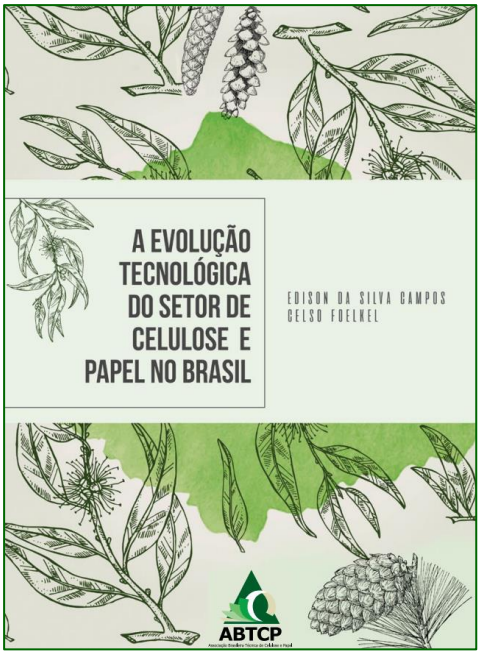
- As operações e resultados da linha de fibras, bem como da estação de tratamento de efluentes, resíduos sólidos e sistema de recuperação kraft sempre serão impactados pelas alterações do número kappa da polpa kraft a ser deslignificada com oxigênio (positiva ou negativamente, conforme o parâmetro analisado).

É isso ai, amigos leitores – muito cuidado nas avaliações e sucessos nas aplicações de suas descobertas lendo as literaturas oferecidas.

05. Minhas vivências no segmento brasileiro de celulose e papel com o desenvolvimento da tecnologia de deslignificação com oxigênio



Um caminho percorrido e vivido intensamente pelo autor em relação aos estudos e ao pioneirismo na implantação da tecnologia de deslignificação com oxigênio



Ou seja – entendendo as diferenças, virtudes, problemas e vantagens das rotas tecnológicas incluindo a deslignificação com oxigênio para maximização dos resultados integrados e de ganhos em novos conhecimentos para o setor

05.1 Anos Iniciais – "*Early years*" do Celso Foelkel com a deslignificação com oxigênio – entre abril de 1976 a dezembro de 1987

Fábrica da CENIBRA em 1977
Fonte da Imagem:
https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/news46_CENIBRA.pdf

Em abril de 1976, quando iniciei minhas atividades profissionais na CENIBRA – Celulose Nipo Brasileira, eu encontrei sob meu comando hierárquico uma equipe de pesquisas e desenvolvimentos muito criativa, trabalhadora e valiosa. A chefia desse setor de pesquisa era exercida pelo grande e saudoso amigo Ceslavas Zvinakevicius. Uma pessoa notável, amiga, humilde, estudiosa e competente.

Na CENIBRA, nós dispúnhamos de uma excelente biblioteca para a época, com muitas revistas, relatórios e livros sob a coordenação da competente bibliotecária Célia Maria Fulgêncio. Ela nos repassava os muitos documentos que chegavam à biblioteca na forma de revistas, artigos e relatórios. Em pouco tempo, descobrimos que passaram a surgir nas revistas internacionais inúmeros artigos sobre uma nova tecnologia que se iniciara industrialmente na África do Sul, na fábrica Enstras da SAPPI. Tratava-se do processo de deslignificação com oxigênio como pré-branqueamento da polpa kraft. Concomitantemente, encontravam-se muitos artigos sobre a polpação alcalina de cavacos de madeira usando o oxigênio em uma etapa alcalina, ou como uma etapa complementar a uma polpação "semi-kraft" ou "semi-soda", quando a polpa saia do digestor com um número kappa entre 30 a 60.

O amigo Ceslavas se encantou com aquilo tudo e tratou até mesmo de traduzir e datilografar alguns desses artigos para leitura de outros

amigos da fábrica. Eu li com atenção artigos de diversas fontes bibliográficas e também fiquei fascinado com as oportunidades para as fábricas brasileiras, onde o melhor dos tratamentos de efluentes que se tinha na época era um clarificador para remoção de fibras, fragmentos de casca e terra. As fábricas brasileiras de celulose sulfato ou kraft, inclusive a nossa fábrica em Belo Oriente/MG, apresentavam um efluente escuro e mal cheiroso.

Como era natural para pessoas como eu e Ceslavas, vislumbramos uma oportunidade e decidimos nos aventurar em pesquisar esse processo de deslignificação com oxigênio para as polpas produzidas na CENIBRA a partir de eucalipto. Fizemos isso tanto para polpa kraft de eucalipto, como também para polpa pré-hidrólise kraft de eucalipto. Isso porque a Indústria de Celulose Borregaard, já na época denominada Riocell – Rio Grande Companhia de Celulose do Sul, havia iniciado em 1972, e com sucesso, a produção desse tipo de celulose no Brasil.

Em adição a isso, em 1977, eu já estava lecionando no curso de pós-graduação em tecnologia de celulose e papel, nível mestrado, que havíamos criado na UFV – Universidade Federal de Viçosa, Logo, eu dispunha de diversos alunos em busca de temas para pesquisar para produção de suas dissertações de mestrado. Naquela época se usava o termo tese e não dissertação, até mesmo porque eram raros os doutorados acadêmicos para que se tivessem distinções entre teses e dissertações, como acontece nos dias de hoje.

Um de meus mais qualificados alunos na UFV, ex-estagiário e ex-aluno meu na minha época de professor da ESALQ – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, interessou-se pelo tema de polpação com oxigênio. Augusto Fernandes Milanez, ex-aluno e amigo de décadas, abraçou uma pesquisa nesse tipo de segmento: a polpação da madeira previamente deslignificada por outros processos de polpação, no caso, os processo sulfito neutro e soda.

Nossas pesquisas, embora singelas, sem equipamentos adequados e longe do que se poderia dispor atualmente para pesquisar, não tinham como pretensão serem estado-da-arte ou para aplicação ou uso imediato. Entretanto, tinham boa fundamentação técnica inicial e adequadas revisões da bibliografia. Esse conjunto de pesquisas foi inicialmente dividido em dois segmentos, mas que logo se converteram em três, a saber:

- Deslignificação com oxigênio como etapa de pré-branqueamento potencial para polpas kraft e pré-hidrólise kraft de eucalipto;

- Polpação de cavacos de madeira utilizando etapa alcalina tendo oxigênio como reagente oxidativo de polpação;

- Deslignificação com ar como etapa de pré-branqueamento potencial para polpas kraft de eucalipto.

A ideia de se usar o ar em substituição ao oxigênio surgiu naturalmente em nossos papos técnicos entre Ceslavas e eu. Acredito que o clarão luminoso veio do Ceslavas, já que tínhamos ar comprimido disponível no nosso laboratório na forma de botijões e não seria nada difícil se repetir o que fizéramos usando os botijões de oxigênio.

Em todos os casos fomos abençoados pelo êxito tecnológico. Na época, recebemos diversas premiações nos congressos da ABCP – Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel com nossos artigos derivados dessas pesquisas:

1980

Prêmio Mérito da ABCP no 13º Congresso Anual, pelo trabalho "Branqueamento de celuloses com sequências contendo oxigênio. 1. Celulose kraft de eucalipto".

1980

Prêmio APFPC (Associação Paulista dos Fabricantes de Papel e Celulose) no 13º Congresso Anual da ABCP, pelo trabalho "Branqueamento com ar".

1981

Prêmio Mérito da ABCP no 14º Congresso Anual, pelo trabalho "Processos de deslignificação com oxigênio para a produção de celulose de eucalipto".

O amigo Augusto Milanez, que se tornou merecidamente um consagrado técnico do setor, colaborou em todas as três linhas de pesquisa, pois foi ajudando nos processos de deslignificação das polpas kraft e pré-hidrólise kraft com oxigênio e ar comprimido que ele se preparou para desenvolver a parte experimental de sua tese na UFV.

O inesquecível grupo de pesquisadores da CENIBRA incluiria assim os primeiros pesquisadores a estudar, pesquisar e publicar no Brasil acerca da deslignificação com oxigênio e talvez pioneiramente no mundo com o uso de ar ao invés do oxigênio. Essa equipe de autores era constituída por: Celso Foelkel, Ceslavas Zvinakevicius, Augusto Fernandes Milanez, Jorge Kato, José Carlos Terra, João Medeiros Sobrinho e Maria José de Oliveira Fonseca.

Enquanto a deslignificação com oxigênio se converteu em uma tecnologia referenciada como padrão e estado-da-arte no mundo da celulose, o mesmo infelizmente não aconteceu com a deslignificação com o

ar e nem com a polpação com oxigênio. Talvez os maiores culpados por essa não disseminação dessas duas maravilhosas tecnologias tenhamos sido nós mesmos, os autores dos estudos, pois não soubemos "vender" ou conquistar usuários no setor para as mesmas.

Eu e o Augusto acabamos indo trabalhar na Riocell e os desafios da nova empresa nos afastaram da meta de tornar viável comercialmente as tecnologias com o ar para deslignificação e do oxigênio para polpação.

Até hoje tenho um sentimento de perda em relação a essas duas tecnologias, pois elas eram e são definitivamente criativas e mostram resultados muito atrativos para serem usadas comercialmente. O amigo Ceslavas até que foi um pouco mais além e conseguiu registro de patente pela CENIBRA junto ao INPI – Instituto Nacional de Propriedade Industrial para a deslignificação com o uso de ar comprimido.

Minhas reflexões sobre as potencialidades dessas duas tecnologias se devem aos seguintes fatos:

- A deslignificação com oxigênio no início era realizada com oxigênio de alta pureza (obtenção criogênica), mas logo se descobriu que era possível se realizar a mesma com oxigênio produzido com menor grau de pureza (cerca de 93 a 95%). Os problemas iniciais de misturar o gás na polpa bastante úmida e o conhecimento das consistências e equipamentos ideais logo foram resolvidos e atualmente a maior parte das instalações se vale de médias consistências para a polpa e adição de oxigênio mais barato e com pureza na faixa de 95%.

  O ar possui 21% de oxigênio e a quase totalidade restante é de um gás inerte que é o nitrogênio. Bastaria se melhorar a degaseificação da polpa após o reator para se trocar uma matéria-prima cara (oxigênio) por outra quase gratuita (ar).

  Nossos resultados mostraram potenciais muito bons, claro que seriam requeridos ajustes no caso de equipamentos e dosagens, mas nada que fosse considerado impossível.

- Os processos de polpação com oxigênio, desenvolvidos pelo meu ex-aluno Augusto Fernandes Milanez, sob minha orientação, usaram como etapa de "amolecimento" dos cavacos ou o processo Soda ou o processo sulfito neutro NSSC (Neutral Sulfite Semi Chemical). Esse último foi escolhido por ser um processo menos alcalino e com maior proteção e retenção de carboidratos. Após a fase inicial de amolecimento, os cavacos eram desfibrados e a polpa semi-química resultante era tratada por uma etapa seguinte de polpação soda/oxigênio (O_2-Pulping). Todas as polpas resultantes eram

lavadas, depuradas e branqueadas por sequencia CEHD. Eram avaliados parâmetros de qualidade típicos de cada fase do processo.

Os fatos positivos mais relevantes foram: qualidade das polpas branqueadas similares às das polpas kraft, facilidade de branqueamento e rendimentos em produção de celulose branqueada significativamente melhores para o processo NSSC/O2-Pulping em relação ao processo kraft.

Os fatos negativos foram: realização da polpação em duas etapas e necessidade de um desfibramento mecânico entre as duas; dificuldades de se gerar um balanço de massa adequado para recuperação dos licores; necessidade de se proteger as polpas contra a perda de viscosidade na etapa de polpação soda/oxigênio.

Conheçam essas nossas "preciosas descobertas" em uma época que já correspondem a mais de 40 anos:

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. ABCP – Associação Técnica Brasileira 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. ABCP – 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. ABCP – Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. 09 pp. (1980)

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

Processos com deslignificação com oxigênio para a produção de celulose de *Eucalyptus urophylla* de origem híbrida. A.F. Milanez. Orientação: C.E.B. Foelkel. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 136 pp. (1981)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufv/Augusto%20Fernandes%20Milanez.pdf (em Português)

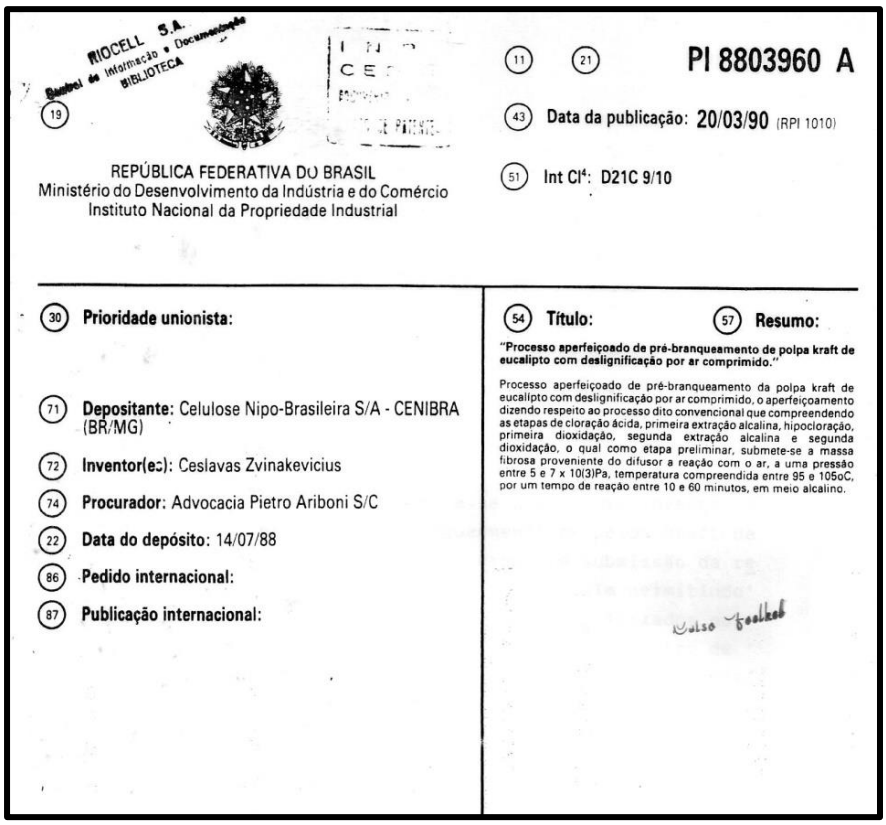
Processos de deslignificação com oxigênio para a produção de celulose de eucalipto. A.F. Milanez; C.E.B. Foelkel. 14º Congresso Anual. ABCP – Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. 72 pp. (1981)

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

Acessem também e conheçam um saudoso e genial ícone do nosso setor:

Ceslavas Zvinakevicius. O guru da celulose deixará saudades. Coluna "Vida de sócio". Revista O Papel (Maio): 26 – 27. (2001)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2001_Ceslavas_Zvinakevicius.pdf (em Português)



RIOCELL S.A. Serviço de Informação e Documentação BIBLIOTECA

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

(11) (21) PI 8803960 A

(43) Data da publicação: 20/03/90 (RPI 1010)

(51) Int Cl⁴: D21C 9/10

(30) Prioridade unionista:

(71) Depositante: Celulose Nipo-Brasileira S/A - CENIBRA (BR/MG)

(72) Inventor(es): Ceslavas Zvinakevicius

(74) Procurador: Advocacia Pietro Ariboni S/C

(22) Data do depósito: 14/07/88

(86) Pedido internacional:

(87) Publicação internacional:

(54) Título: "Processo aperfeiçoado de pré-branqueamento de polpa kraft de eucalipto com deslignificação por ar comprimido."

(57) Resumo:

Processo aperfeiçoado de pré-branqueamento da polpa kraft de eucalipto com deslignificação por ar comprimido, o aperfeiçoamento dizendo respeito ao processo dito convencional que compreendendo as etapas de cloração ácida, primeira extração alcalina, hipocloração, primeira dioxidação, segunda extração alcalina e segunda dioxidação, o qual como etapa preliminar, submete-se a massa fibrosa proveniente do difusor a reação com o ar, a uma pressão entre 5 e 7 x 10(3)Pa, temperatura compreendida entre 95 e 105oC, por um tempo de reação entre 10 e 60 minutos, em meio alcalino.

Celso Foelkel

Patente Brasileira PI 8803960 A

Processo aperfeiçoado de pré-branqueamento de polpa kraft de eucalipto com deslignificação por ar comprimido

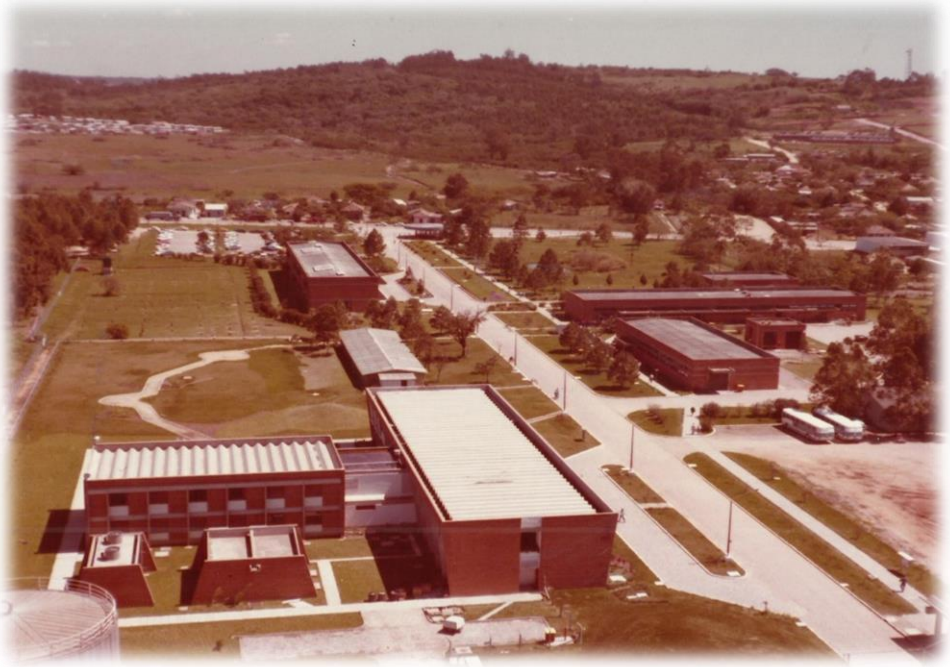
Inventor: Ceslavas Zvinakevicius

Empresa: Celulose Nipo Brasileira S.A.

Em agosto de 1979, eu me transferi profissionalmente da CENIBRA para a Riocell – Rio Grande Companhia de Celulose do Sul. Apesar de que nos primeiros quase dez anos de trabalho nessa empresa não tenhamos tido tantos estudos sobre a deslignificação com oxigênio, eu era um frequente promotor da mesma, uma vez que eu fui, na época, professor em cursos em tecnologia de celulose e papel proporcionados ao setor pela ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Como eu tinha bastante experiência e pesquisas sobre o branqueamento da celulose, eram frequentes aulas minhas sobre "Branqueamento de Polpas Celulósicas" para alunos e técnicos do setor.

Na Riocell, durante esses anos iniciais de minha carreira na empresa, meu envolvimento foi no desenvolvimento de tecnologias e gestão ambiental e de processos e produtos diferenciados para as polpas tipo papel e solúvel, sendo produzidas pela empresa. Minhas relações com o oxigênio eram mais ambientais, em processos de oxidação do licor preto e da lama de cal para redução de emissões aéreas e no tratamento biológico dos efluentes por processo de lodo ativado.

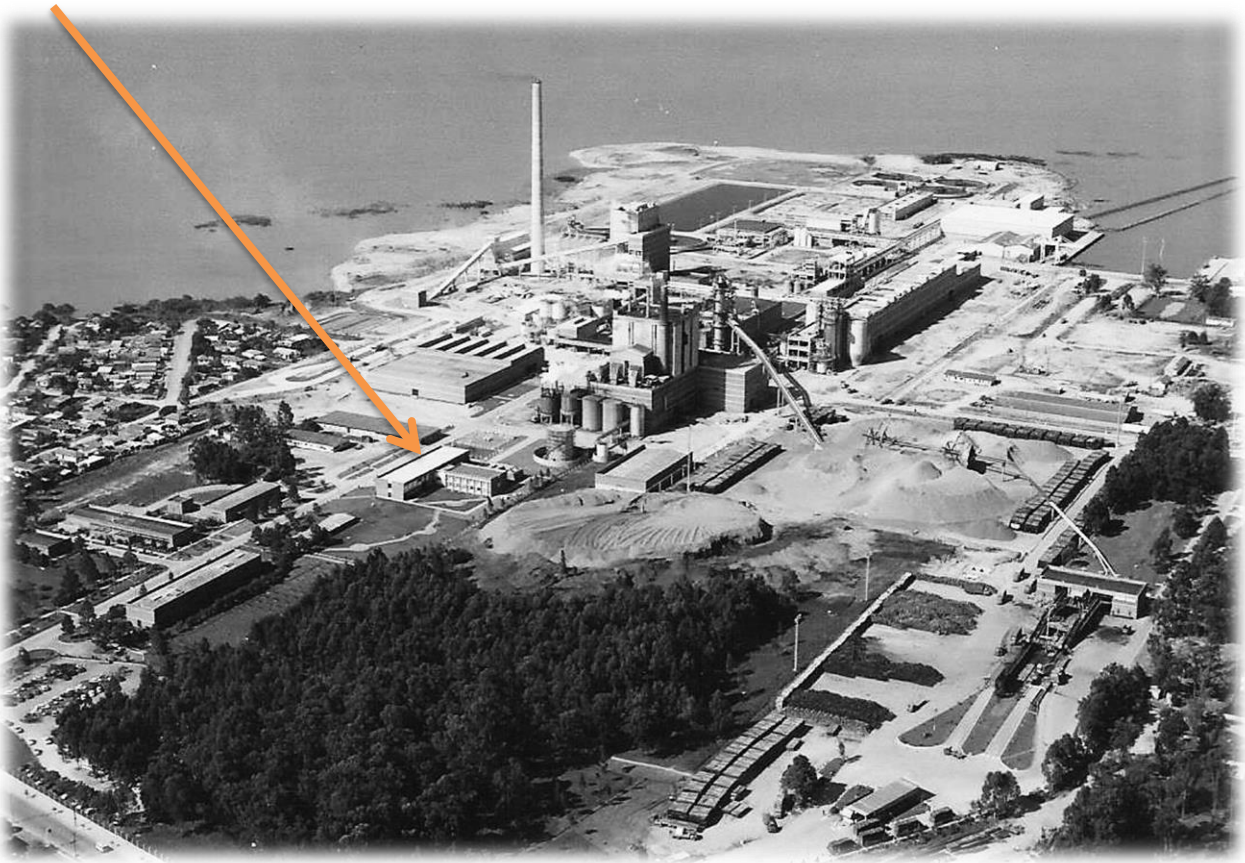
Também meu envolvimento com certificações ambientais, gestão da qualidade e da inovação tecnológica, atendimento aos clientes e otimizações operacionais de nossos processos e produtos acabaram por desviar minha atenção e de minhas linhas de pesquisas sobre a deslignificação com oxigênio, mas isso retornaria algum tempo mais tarde.



Centro Tecnológico da Riocell (Fase 1) após conclusão em 1981
Alguns anos mais tarde, o centro foi ampliado, tomando um formato de H e não mais de um T
Foto: Arquivo Celso Foelkel

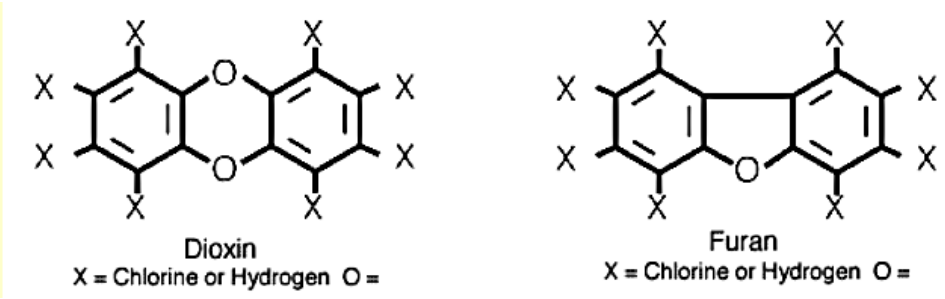
Centro Tecnológico da Riocell completo – Fase 2
4.000 metros quadrados de área para desenvolvimentos florestais, ambientais e celulósico-papeleiros
Foto: Arquivo Celso Foelkel

Centro Tecnológico Fase 1



Riocell após inauguração do "projeto de branqueamento" em 1983
Foto: Arquivo Celso Foelkel

05.2 Anos de Ouro – "*Golden years*" do Celso Foelkel com a deslignificação com oxigênio – entre janeiro de 1988 a maio de 1998



Fonte da Figura:
http://www.cascade.co.nz/Dioxin%2020%20Questions%20and%20Answers.htm

Como já mencionado anteriormente, o final da década dos anos 1980's acabou se tornando um ponto de inflexão para as tecnologias utilizadas pelo setor de celulose e papel em suas linhas de fibras e estações de tratamento de efluentes e resíduos sólidos. Na verdade, as fábricas todas acabaram se vendo motivadas, a partir dessa época cheia de turbulências, a se preocuparem mais em melhorar suas tecnologias e desempenhos em função da crise ambiental que passaram a viver.

Entre 1986/1987, nos Estados Unidos da América, a EPA - Environmental Protection Agency e o API - American Paper Institute realizaram um estudo conjunto em cinco fábricas norte-americanas e encontraram indícios da presença de um grupo de substâncias altamente nocivas aos seres vivos: dioxinas e furanos. Essas substâncias são de um tipo de organoclorados persistentes e de baixíssima biodegradabilidade, sendo formadas pela sociedade humana em diversas operações como: combustão de plásticos, cloração de águas contaminadas e também no branqueamento da celulose, usando alguns tipos de compostos clorados, como cloro elementar e hipoclorito de sódio.

Em 1988, a mesma EPA decide por realizar um estudo mais amplo em um número maior de fábricas na América do Norte:

- **U. S. EPA/Paper Industry Cooperative Dioxin Screening Study.**

https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/2000K6A9.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1986+Thru+1990&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A%5Czyfiles%5CIndex%20Data%5C86thru90%5CTxt%5C00000008%5C2000K6A9.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h%7C-&MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display=hpfr&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=1&SeekPage=x&ZyPURL

Finalmente, em 1990, são publicadas, em revista aberta para a sociedade, as conclusões sobre 104 fábricas norte-americanas de celulose que foram estudadas por esse processo:

USEPA/paper industry cooperative dioxin study: The 104 mill study. R.C. Whittemore; L.E. LaFleur; W.J. Gillespie; G.A. Amendola; J. Helms. Chemosphere 20: 10 – 12. (1990)
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/004565359090322K (em Inglês)

Estudos similares foram realizados em épocas semelhantes no Canadá e em diversos países europeus.

PolyChlorinated DibenzoDioxins and PolyChlorinated DibenzoFurans (PCDD and PCDF). Canadian Environmental Protection Act. Priority Substances List Assessment Report no. 1. 60 pp. (1990)
https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/migration/hc-sc/ewh-semt/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/contaminants/psl1-lsp1/dioxins_furans_dioxines_furannes/dioxins_furans-eng.pdf (em Inglês)

As consequências foram imediatas: enormes preocupações, necessidades de investimentos novos e significativos nas fábricas, terror na mídia, pressões ambientalistas e da sociedade inquieta e preocupada, etc., etc.

Tempos difíceis para o setor de celulose e papel entre 1988 até 1998

Quatro setores das fábricas de celulose branqueada tiveram que ser reestruturados e adequados rápida e eficazmente:

- Deslignificação e obtenção de polpas a partir dos cavacos de madeira: polpação kraft modificada e introdução de uma tecnologia

nova que estava em crescimento de utilização, o pré-branqueamento com oxigênio, ou apenas deslignificação com oxigênio.

- Mudança radical nas sequências de branqueamento da celulose para os dois modelos em estudos em todas as partes do nosso mundo papeleiro, durante quase uma década:

  ECF – "Elemental Chlorine Free" ou Isento de Cloro Elementar

  TCF – "Totally Chlorine Free" ou Totalmente Isento de Compostos de Cloro

- Adequações nos processos de tratamento de poluentes hídricos, com modificações para melhoria de desempenho no tratamento biológico secundário e eventualmente introdução de uma etapa terciária de clarifloculação para remoção de cor e de mais componentes orgânicos do efluente.

- Alterações na gestão e processamento de resíduos sólidos, principalmente dos lodos do tratamento de efluentes, já que eles também possuíam concentrações em dioxinas e furanos, inclusive maiores do que as encontradas nos efluentes.

- Introdução de ensaios biológicos em rios, lagos e mares (águas e sedimentos) e em poluentes hídricos, sólidos e mesmo atmosféricos das fábricas.

Depois de inúmeros estudos e processos sendo estudados, acabou se tornando como referência e padrão nos dias de hoje para as fábricas no estado-da-arte e de última geração, a seguinte série de tecnologias para a linha de fibras:

◊ Deslignificação kraft modificada estendida começando pelo processo kraft com vaso de impregnação dos cavacos antes da entrada no digestor, digestores adaptados para distribuição da carga alcalina, e sendo continuada pela deslignificação com oxigênio (em um ou dois reatores);

◊ Substancial melhoria na lavagem das polpas, pois os compostos orgânicos presentes nos efluentes também são atacados pelos compostos oxidativos do branqueamento (e do pré-branqueamento também);

◊ Utilização predominantemente de sequências de branqueamento do tipo ECF (mas em alguns pouquíssimos casos TCF), sendo as mais comuns para as polpas kraft de eucalipto as seguintes:

DEopD
DEopDP
D(PO)D
D(PO)DP
ADEopD
ADEopDP
AD(PO)D
AD(PO)DP
AZDP
AdZeDP

O primeiro estágio de dióxido de cloro em sequências ECF pode ser também o conhecido e consagrado Dhot, uma etapa de dioxidação a mais alta temperatura e patenteada por um fornecedor de equipamentos e tecnologias.

Em geral, as referências de sequências de branqueamento podem ser expressas também se introduzindo a etapa de pré-branqueamento para tornar claro que a deslignificação com oxigênio foi utilizada.
Dessa forma, encontram-se também outras formas de relatar o que se faz para branquear a celulose (na fábrica ou na pesquisa sendo publicada) após a polpação e lavagem da polpa:

ODEopD ou OODEopD
ODEopDP ou OODEopDP
OD(PO)D ou OOD(PO)D
OD(PO)DP ou OOD(PO)DP
OADEopD ou OOADEopD
OADEopDP ou OOADEopDP
OAD(PO)D ou OOAD(PO)D
OAD(PO)DP ou OOAD(PO)DP
OAZDP ou OOAZDP
OAdZeDP ou OOAdZeDP

Mas existem muitos outros tipos de sopas de letrinhas utilizando inclusive outros reagentes como quelantes, enzimas,perácidos, etc.

A partir de 1988 minhas atividades nas pesquisas na Riocell focaram muito as tecnologias de branqueamento e de tratamento de efluentes. Assim, também ressurgiram com intensidade os estudos com a deslignificação com oxigênio.

A Riocell acabou sendo a segunda empresa no Brasil a introduzir a deslignificação com oxigênio (1990) e isso se deveu a três fatores:

- Necessidade de poder produzir maior quantidade de polpa branqueada, já que existia um gargalo importante nas capacidades do branqueamento e da produção de dióxido de cloro, uma vez que o digestor tinha sofrido uma modernização e elevado sua produção em polpa marrom a níveis bem superiores aos da capacidade para se branquear a polpa;

- Pressões da sociedade e dos órgãos controladores ambientais para redução do teor de organoclorados;

- Possibilidades de melhorar a qualidade e diminuir a quantidade de efluentes a serem tratados por um eficiente, mas oneroso sistema de tratamento de líquidos residuários até o nível terciário (clarifloculação com sulfato de alumínio);

E graças à criatividade das equipes profissionais da empresa, foram surgindo novos aproveitamentos da polpa deslignificada com oxigênio como tal, transformando-se as exigências ambientais em novos produtos de muito sucesso:

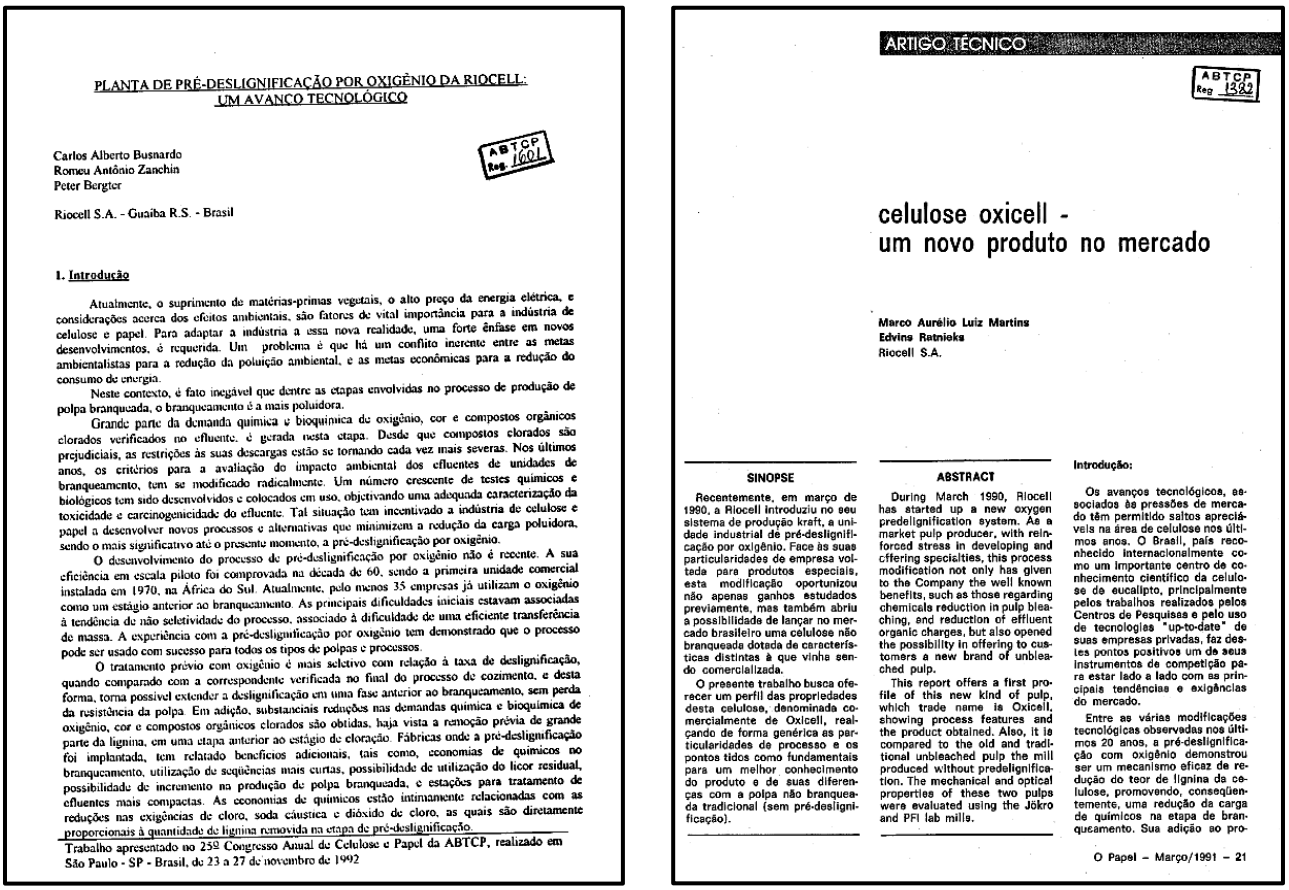
- Possibilidades de se melhorar a qualidade da polpa marrom (alvura, tonalidade e limpeza), que ainda sobraria em certa quantidade para comercialização e seria secada como fardos "flash dried". Essa polpa ganhou enorme sucesso, sendo comercializada com o nome de "Oxicell". Ela era utilizada, principalmente na Europa e Estados Unidos em produtos como papel higiênico, guardanapos e toalhas de papel. No Brasil em papéis de impressão e papéis para impregnação fenólica.

- Oportunidade para se criar um papel de impressão tipo *off-set* com belíssima tonalidade marrom clara, que competiria com o papel pólen da Suzano. O papel denominado "Ecograph", isento de compostos clorados, pois não sofria nenhuma etapa de branqueamento, acabou se convertendo em um enorme sucesso, embora a demanda não fosse grande. Seus principais usos eram para cadernos, relatórios, boletos de serviços públicos, cartões de visita, envelopes, cópias xerográficas, livros, etc.

Conheçam:

Saudoso e inesquecível papel Ecograph. C. Foelkel. Seção Pergunte ao Euca Expert. Pergunta nº 1420. Pergunta de A. Massoquete. 03 pp. (Sem referência de data)

https://www.eucalyptus.com.br/eucaexpert/Pergunta_1420.pdf (em Português)



PLANTA DE PRÉ-DESLIGNIFICAÇÃO POR OXIGÊNIO DA RIOCELL: UM AVANÇO TECNOLÓGICO

Carlos Alberto Busnardo
Romeu Antônio Zanchin
Peter Bergter

Riocell S.A. - Guaíba R.S. - Brasil

ABTCP Reg 1601

1. Introdução

Atualmente, o suprimento de matérias-primas vegetais, o alto preço da energia elétrica, e considerações acerca dos efeitos ambientais, são fatores de vital importância para a indústria de celulose e papel. Para adaptar a indústria a essa nova realidade, uma forte ênfase em novos desenvolvimentos, é requerida. Um problema é que há um conflito inerente entre as metas ambientalistas para a redução da poluição ambiental, e as metas econômicas para a redução do consumo de energia.

Neste contexto, é fato inegável que dentre as etapas envolvidas no processo de produção de polpa branqueada, o branqueamento é a mais poluidora.

Grande parte da demanda química e bioquímica de oxigênio, cor e compostos orgânicos clorados verificados no efluente, é gerada nesta etapa. Desde que compostos clorados são prejudiciais, as restrições às suas descargas estão se tornando cada vez mais severas. Nos últimos anos, os critérios para a avaliação do impacto ambiental dos efluentes de unidades de branqueamento, tem se modificado radicalmente. Um número crescente de testes químicos e biológicos tem sido desenvolvidos e colocados em uso, objetivando uma adequada caracterização da toxicidade e carcinogenicidade do efluente. Tal situação tem incentivado a indústria de celulose e papel a desenvolver novos processos e alternativas que minimizem a redução da carga poluidora, sendo o mais significativo até o presente momento, a pré-deslignificação por oxigênio.

O desenvolvimento do processo de pré-deslignificação por oxigênio não é recente. A sua eficiência em escala piloto foi comprovada na década de 60, sendo a primeira unidade comercial instalada em 1970, na África do Sul. Atualmente, pelo menos 35 empresas já utilizam o oxigênio como um estágio anterior ao branqueamento. As principais dificuldades iniciais estavam associadas à tendência de não seletividade do processo, associado à dificuldade de uma eficiente transferência de massa. A experiência com a pré-deslignificação por oxigênio tem demonstrado que o processo pode ser usado com sucesso para todos os tipos de polpas e processos.

O tratamento prévio com oxigênio é mais seletivo com relação à taxa de deslignificação, quando comparado com a correspondente verificada no final do processo de cozimento, e desta forma, torna possível extender a deslignificação em uma fase anterior ao branqueamento, sem perda da resistência da polpa. Em adição, substanciais reduções nas demandas química e bioquímica de oxigênio, cor e compostos orgânicos clorados são obtidas, haja vista a remoção prévia de grande parte da lignina, em uma etapa anterior ao estágio de cloração. Fábricas onde a pré-deslignificação foi implantada, tem relatado benefícios adicionais, tais como, economias de químicos no branqueamento, utilização de seqüências mais curtas, possibilidade de utilização do licor residual, possibilidade de incremento na produção de polpa branqueada, e estações para tratamento de efluentes mais compactas. As economias de químicos estão intimamente relacionadas com as reduções nas exigências de cloro, soda cáustica e dióxido de cloro, as quais são diretamente proporcionais à quantidade de lignina removida na etapa de pré-deslignificação.

Trabalho apresentado no 25º Congresso Anual de Celulose e Papel da ABTCP, realizado em São Paulo - SP - Brasil, de 23 a 27 de novembro de 1992

ARTIGO TÉCNICO

ABTCP Reg 1382

celulose oxicell - um novo produto no mercado

Marco Aurélio Luiz Martins
Edvins Ratnieks
Riocell S.A.

SINOPSE

Recentemente, em março de 1990, a Riocell introduziu no seu sistema de produção kraft, a unidade industrial de pré-deslignificação por oxigênio. Face às suas particularidades de empresa voltada para produtos especiais, esta modificação oportunizou não apenas ganhos estudados previamente, mas também abriu a possibilidade de lançar no mercado brasileiro uma celulose não branqueada dotada de características distintas à que vinha sendo comercializada.

O presente trabalho busca oferecer um perfil das propriedades desta celulose, denominada comercialmente de Oxicell, realçando de forma genérica as particularidades de processo e os pontos tidos como fundamentais para um melhor conhecimento do produto e de suas diferenças com a polpa não branqueada tradicional (sem pré-deslignificação).

ABSTRACT

During March 1990, Riocell has started up a new oxygen predelignification system. As a market pulp producer, with reinforced stress in developing and offering specialties, this process modification not only has given to the Company the well known benefits, such as those regarding chemicals reduction in pulp bleaching, and reduction of effluent organic charges, but also opened the possibility in offering to customers a new brand of unbleached pulp.

This report offers a first profile of this new kind of pulp, which trade name is Oxicell, showing process features and the product obtained. Also, it is compared to the old and traditional unbleached pulp the mill produced without predelignification. The mechanical and optical properties of these two pulps were evaluated using the Jökro and PFI lab mills.

Introdução:

Os avanços tecnológicos, associados às pressões de mercado têm permitido saltos apreciáveis na área de celulose nos últimos anos. O Brasil, país reconhecido internacionalmente como um importante centro de conhecimento científico da celulose de eucalipto, principalmente pelos trabalhos realizados pelos Centros de Pesquisas e pelo uso de tecnologias "up-to-date" de suas empresas privadas, faz destes pontos positivos um de seus instrumentos de competição para estar lado a lado com as principais tendências e exigências do mercado.

Entre as várias modificações tecnológicas observadas nos últimos 20 anos, a pré-deslignificação com oxigênio demonstrou ser um mecanismo eficaz de redução do teor de lignina da celulose, promovendo, conseqüentemente, uma redução da carga de químicos na etapa de branqueamento. Sua adição ao pro-

O Papel – Março/1991 – 21

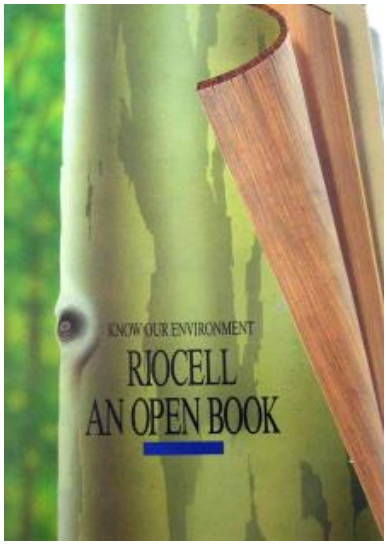
Riocell: Um exemplo e um nome a não serem esquecidos pelo setor brasileiro de C&P

Páginas de rosto sobre atividades tecnológicas na Riocell – Anos 1990's

Nossas atividades de pesquisas no Centro Tecnológico da Riocell foram intensas durante os anos finais de 1980's, quando tivemos que organizar argumentos para convencer até mesmo nossos pares na Riocell, que estavam mais interessados em aumentar a produção de dióxido de cloro, ou enviar a polpa excedente não branqueada para ser branqueada em alguma outra fábrica que pudesse fazer esse serviço, a exemplo do que fazia a Borregaard para a Riocell até 1983. A empresa não dispunha de recursos para investir naquele momento em uma onerosa planta de deslignificação com oxigênio.

Felizmente, nossas pesquisas e argumentos da área de P&D e a capacidade de negociação da nossa equipe de projetos materializou uma oportunidade com a empresa Air Products, que instalou uma planta de oxigênio ao lado da fábrica da Riocell e colaborou na aquisição da planta de deslignificação com oxigênio. A Riocell passou a ser grande compradora de oxigênio da Air Products, pois o utilizava em diversas outras operações, algumas de de cunho tipicamente ambiental: oxidação do licor preto,

tratamento biológico por lodo tivado em reator tipo "Unox", e também, na deslignificação com oxigênio.



Imagens:

E: Riocell – Catálogo promocional focado em meio ambiente

M: Figura extraída de folheto promocional White Martins

D: Papéis produzidos com polpa Oxicell

O sucesso da planta de deslignificação com oxigênio foi rapidamente divulgado em artigos de revistas e em palestras em diversos fóruns nacionais e internacionais. Disso resultou que conseguimos inclusive vender conhecimentos tecnológicos em serviços de cursos e consultorias pelo nosso Centro Tecnológico, que havia se convertido em uma unidade de negócios. A ser recordado o curso sobre "Branqueamento com oxigênio" que nossa equipe da Riocell (Celso Foelkel, Edvins Ratnieks e Romeu Zanchin) ofereceu no Chile, por contratação da Riocell pela empresa chilena Indura, produtora de oxigênio.

O curso foi ministrado tanto junto à ATCP – Chile como principalmente na fábrica de Laja da empresa chilena CMPC – Compañia Manufacturera de Papeles y Cartones. Recordações de alguns amigos da Indura (Andrés Kuhlmann Jahn e Gabriel Rodriguez Matta) e de episódios no Chile que nos encheram de entusiasmo, uma vez que estávamos divulgando para o mundo papeleiro as conquistas tecnológicas e ambientais da Riocell.

Entre 1990 a 1998 nós tivemos na Riocell uma época de muitas pesquisas internas e geração de dezenas de relatórios técnicos mantidos para divulgação apenas dentro da empresa e do grupo Klabin. Foram estudos para melhorar a qualidade da polpa Oxicell, para desenvolvimento do maravilhoso papel Ecograph, para avaliar desempenhos da instalação de oxigenação e da qualidade das polpas branqueadas e dos papéis de

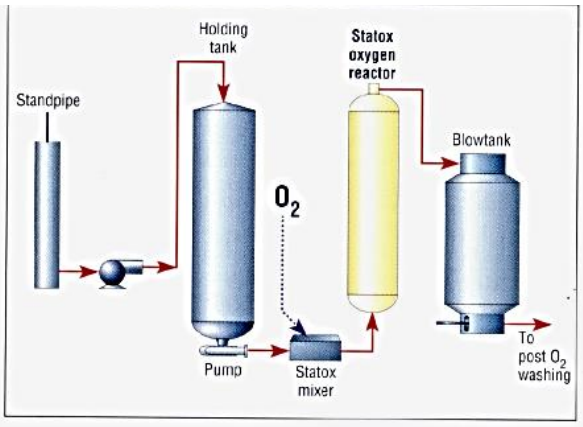
impressão produzidos. Também um enorme esforço para melhorar a qualidade dos efluentes e dos resíduos sólidos contendo organoclorados.

Alguns de nossos estudos tiveram muito foco nas diversas operações de lavagem da polpa e na lixiviação de filtrados ao longo da linha de fibras. Descobrimos que existia um consumo significativo de oxigênio pelo "líquido sujo em matéria orgânica" que adentrava ao reator. Descobrimos também que existia ao longo da linha de fibras uma gradual lixiviação desse líquido do interior das paredes das fibras em média consistência para fora delas, o que podia afetar os resultados medidos para desempenhos operacionais e as medições de efetividade das reações e dos valores de número kappa.

Nossa equipe de pesquisas incluía diversos técnicos do Centro Tecnológico e das áreas operacional e de comercialização. Encontrava-se com facilidade muita qualificação, entusiasmo e criatividade em todos da equipe que se dedicavam a estudar essa tecnologia em suas virtudes e impactos, onde destaco alguns nomes: Edvins Ratnieks, Carlos Alberto Busnardo, Vera Maria Sacon; Luiz Carlos Borges, Clóvis Zimmer, Marco Aurélio Luiz Martins, Romeu Zanchin; dentre outros. Outra equipe do Centro Tecnológico se dedicava aos estudos de química ambiental e de toxicidade de filtrados e efluentes e de melhoria ambiental geral na empresa, onde destaco: Vera Maria Gallardo; Cláudia Zini, Jorge Herrera, Nei Rubens Lima e inúmeros estagiários e bolsistas universitários.

Enfim, foi uma época de muita ebulição tecnológica, sendo que a deslignificação com oxigênio, mesmo em uma instalação simples, com apenas um reator e um misturador estacionário do gás com a polpa, foi um sucesso técnico, econômico, ambiental e mercadológico.

Planta de Deslignificação com Oxigênio
Riocell
Start-up 1990



Fonte da Figura: https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Riocell_simplifies_oxygen_bleaching.pdf

As produções científicas e tecnológicas sobre a deslignificação com oxigênio passaram a se tornar frequentes a partir de 1990 e inúmeros artigos, livros, palestras, patentes, cursos, congressos e eventos correlacionados passaram a proliferar no Brasil e no mundo.

Acredito hoje, principalmente ao vasculhar a literatura global para preparar esse presente Relato de Vida, que os estudiosos brasileiros sobre a deslignificação com oxigênio de polpas de eucaliptos representam talvez a principal fonte de geração de conhecimentos sobre essa tecnologia e para essa matéria-prima.

As parcerias entre universidades, empresas produtoras de celulose e empresas fornecedoras de gases, tecnologias e engenharia têm sido vitais para que a ciência brasileira tenha tido tantos avanços. E para impulsionar essa geração de "*know-how*", as forças motrizes representadas pelas associações técnicas e institucionais (ABTCP, ex-ABECEL, etc.), institutos de pesquisas (IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais; SIF – Sociedade de Investigações Florestais), universidades (UFV – Universidade Federal de Viçosa; USP – Universidade de São Paulo; UNESP – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", etc.). Mas, a maior força motriz sem dúvidas tem sido a resultante das integrações e dos compartilhamentos de dados de pesquisas acadêmicas e industriais em eventos internacionais acontecendo no Brasil (ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp; Congressos ABTCP; CIADICYP – Congreso Ibero Americano en Investigación de Celulosa y Papel; Brazilian Symposium on the Chemistry of Lignin and other Wood Components; etc.).

As empresas dos setores de celulose, papel, equipamentos, engenharia e gases industriais e diversos professores universitários se tornaram frequentes palestrantes e escritores sobre essa temática no Brasil e internacionalmente. A deslignificação com oxigênio passou a ser estudada em complementação à polpação kraft ou a sequências e formas de branqueamento das celuloses.

Uma enorme quantidade de materiais técnicos de autores brasileiros e internacionais está disponibilizada nas seções 8 e 9 desse Relato de Vida para ser navegada pelos leitores como forma de enriquecer a bagagem de conhecimentos sobre essa tecnologia.

Dentre os muitos artigos que produzi junto a qualificadas equipes de coautores, destaco alguns dessa época de ouro em que eu tive como pares técnicos alguns colegas da Riocell e da empresa Black Clawson:

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)

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)

Riocell simplifies O2 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)

Em 2015, eu escrevi um Relato de Vida sobre uma série de fantásticos eventos que aconteceram nos Estados Unidos da América entre 1992 a 1996, as *International Non-Chlorine Bleaching Conferences*, das quais fui um orador frequente a convite do amigo e organizador da programação técnica - Dr. Rudra P. Singh - e dos promotores do evento (Ken Patrick, da Pulp & Paper Magazine – Miller Freemann). Nesse relato, disponibilizo algumas de minhas palestras e menciono alguns nomes dos demais consagrados palestrantes. Inúmeras das apresentações incluíam estudos e resultados sobre a deslignificação com oxigênio.

Conheçam esse relato a seguir:

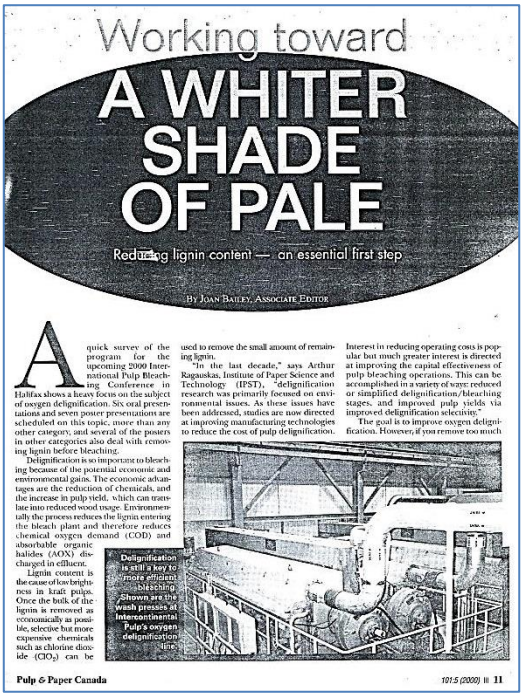
Relato de Vida: **International Non-Chlorine Bleaching Conferences.** C. Foelkel. In: Eucalyptus Newsletter nº 49. 10 pp. (2015) https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/News49_Non_Chlorine_Bleaching.pdf (em Português)

Papel Ecograph da Riocell – Impresso e a cores

Belíssimo e inesquecível papel do qual guardo lembranças

e algumas poucas amostras

Produzido com polpa Oxicell pelo processo kraft seguido de deslignificação com oxigênio



Working toward

A WHITER SHADE OF PALE

Reducing lignin content — an essential first step

By Joan Bailey, Associate Editor

A quick survey of the program for the upcoming 2000 International Pulp Bleaching Conference in Halifax shows a heavy focus on the subject of oxygen delignification. Six oral presentations and seven poster presentations are scheduled on this topic, more than any other category, and several of the papers in other categories also deal with removing lignin before bleaching.

Delignification is so important to bleaching because of the potential economic and environmental gains. The economic advantages are the reduction of chemicals, and the increase in pulp yield, which can translate into reduced wood usage. Environmentally the process reduces the lignin entering the bleach plant and therefore reduces chemical oxygen demand (COD) and absorbable organic halides (AOX) discharged in effluent.

Lignin content is the cause of low brightness in kraft pulps. Once the bulk of the lignin is removed as economically as possible, selective but more expensive chemicals such as chlorine dioxide (ClO_2) can be used to remove the small amount of remaining lignin.

"In the last decade," says Arthur Ragauskas, Institute of Paper Science and Technology (IPST), "delignification research was primarily focused on environmental issues. As these issues have been addressed, studies are now directed at improving manufacturing technologies to reduce the cost of pulp delignification.

Interest in reducing operating costs is popular but much greater interest is directed at improving the capital effectiveness of pulp bleaching operations. This can be accomplished in a variety of ways: reduced or simplified delignification/bleaching stages, and improved pulp yields via improved delignification selectivity."

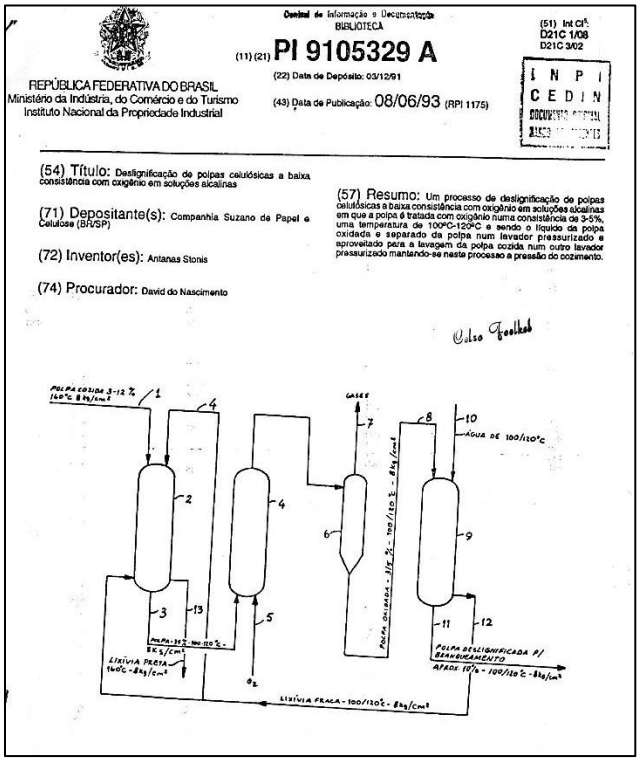
The goal is to improve oxygen delignification. However, if you remove too much

Delignification is still a key to more efficient bleaching. Shown are the wash presses at Intercontinental Pulp's oxygen delignification line.

E passamos quase todos a buscar e a produzir uma nova tonalidade nas polpas kraft não branqueadas de eucalipto, a partir de então mais claras e "mais pálidas", em função da remoção e modificação de grande parte lignina das polpas kraft pelo uso de oxigênio

Página de rosto de artigo da Revista Pulp & Paper Canada (2000)

A seguir, uma homenagem a seguir a três amigos pesquisadores, detentores de patentes brasileiras junto ao INPI – Instituto Nacional de Propriedade Industrial sobre a deslignificação com oxigênio (publicadas em 1993), quando ela estava ainda começando a crescer como tecnologia vitoriosa em nosso País e no mundo celulósico-papeleiro.



Central de Informação e Documentação
BIBLIOTECA

(51) Int Cl⁵: D21C 1/08 D21C 3/02

(11) (21) PI 9105329 A

(22) Data de Depósito: 03/12/91

(43) Data de Publicação: 08/06/93 (RPI 1175)

INPI CEDIN DOCUMENTO ORIGINAL BANCO DE PATENTES

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

(54) Título: Deslignificação de polpas celulósicas a baixa consistência com oxigênio em soluções alcalinas

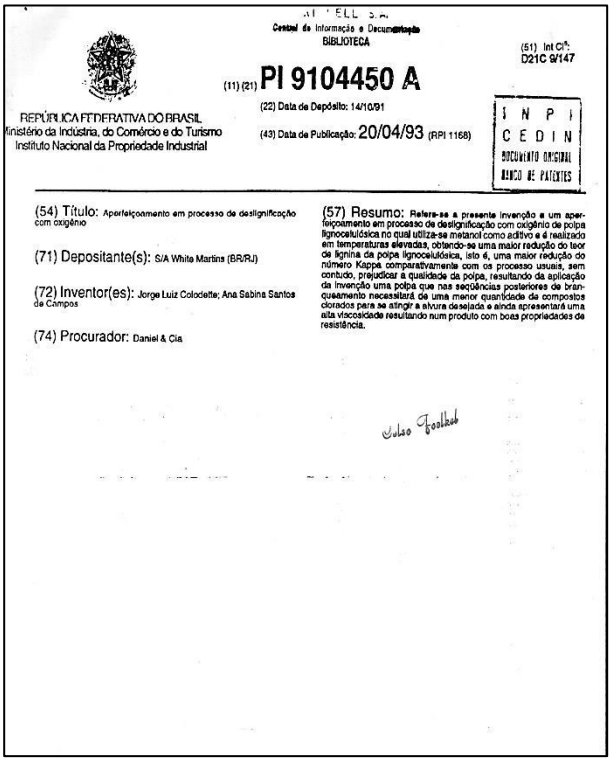
(71) Depositante(s): Companhia Suzano de Papel e Celulose (BR/SP)

(72) Inventor(es): Antanas Stonis

(74) Procurador: David do Nascimento

(57) Resumo: Um processo de deslignificação de polpas celulósicas a baixa consistência com oxigênio em soluções alcalinas em que a polpa é tratada com oxigênio numa consistência de 3-5%, uma temperatura de 100ºC-120ºC e sendo o líquido da polpa oxidada e separado da polpa num lavador pressurizado e aproveitado para a lavagem da polpa cozida num outro lavador pressurizado mantendo-se neste processo a pressão do cozimento.

Celso Foelkel



Central de Informação e Documentação
BIBLIOTECA

(51) Int Cl⁵: D21C 9/147

(11) (21) PI 9104450 A

(22) Data de Depósito: 14/10/91

(43) Data de Publicação: 20/04/93 (RPI 1168)

INPI CEDIN DOCUMENTO ORIGINAL BANCO DE PATENTES

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

(54) Título: Aperfeiçoamento em processo de deslignificação com oxigênio

(71) Depositante(s): S/A White Martins (BR/RJ)

(72) Inventor(es): Jorge Luiz Colodette; Ana Sabina Santos de Campos

(74) Procurador: Daniel & Cia

(57) Resumo: Refere-se a presente invenção a um aperfeiçoamento em processo de deslignificação com oxigênio de polpa lignocelulósica no qual utiliza-se metanol como aditivo e é realizado em temperaturas elevadas, obtendo-se uma maior redução do teor de lignina da polpa lignocelulósica, isto é, uma maior redução do número Kappa comparativamente com os processo usuais, sem contudo, prejudicar a qualidade da polpa, resultando da aplicação da invenção uma polpa que nas seqüências posteriores de branqueamento necessitará de uma menor quantidade de compostos clorados para se atingir a alvura desejada e ainda apresentará uma alta viscosidade resultando num produto com boas propriedades de resistência.

Celso Foelkel

Deslignificação com Oxigênio: Históricas patentes brasileiras (páginas de rosto)
Inventores:
Antanas Stonis (Suzano); Jorge Colodette (UFV); Ana Sabino Campos (White Martins)

E mais uma homenagem a quem muito estudou o branqueamento e pré-branqueamento da celulose:

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

W. Howard Rapson

Benefits of substantial substitution

Do passado ao futuro do branqueamento de celulose kraft...
Um apanhado escrito pelo grande inventor e pesquisador
Wiliam Howard Rapson

05.3 Consultorias diversas atendendo usuários da deslignificação com oxigênio: entre julho de 1998 aos dias atuais

Reator de deslignificação com oxigênio – Celulose Cambará – (2001)
Uma pequena e determinada empresa produzindo celulose sulfito branqueada (100 t/dia) tinha vantagens (ambientais, econômicas e operacionais) com o uso do oxigênio

Depois de meu desligamento voluntário da Riocell em 1998, tive diversas atuações em elaboração de Estudos de Impactos Ambientais e em auditorias ambientais de fábricas de celulose no Brasil e internacionalmente. Em todas elas e em muitas consultorias, a deslignificação com oxigênio como etapa de pré-branqueamento sempre foi avaliada e sua utilização introduzida ou otimizada.

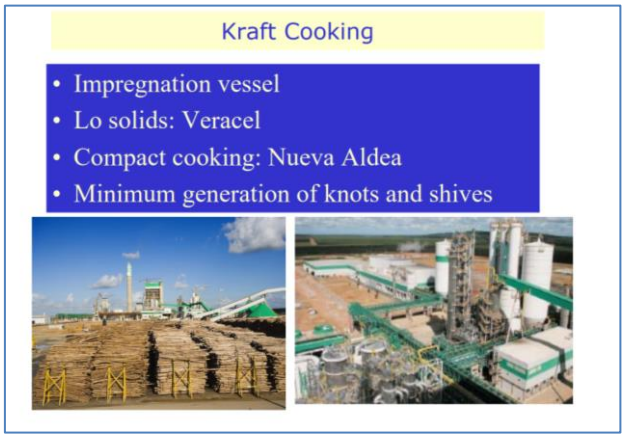
Em função de meus serviços em relação à elaboração e avaliações de Estudos de Impactos Ambientais e preparação para e participação em Audiências Públicas para debater os correspondentes impactos ambientais, sempre estimulei aos meus clientes que a deslignificação com oxigênio fosse valorizada e destacada como uma das melhores e mais eficientes tecnologias para minimização dos impactos ambientais em fábricas de celulose kraft branqueadas. Também nas auditorias ambientais realizadas no Chile e no Brasil, dentre os meus objetivos sempre estiveram os resultados de desempenho atingidos pela adoção da deslignificação com oxigênio, fosse à redução do teor de lignina da polpa a branquear, fossem aos efeitos ambientais no branqueamento, efluentes e resíduos sólidos.

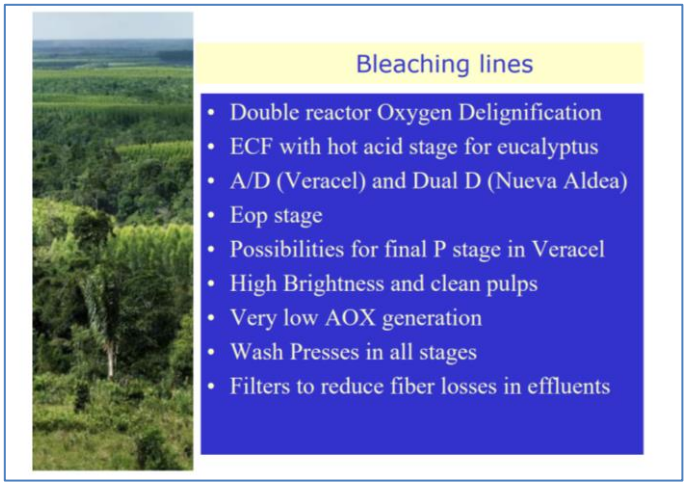
Em diversas de minhas palestras e textos focados em ecoeficiência de fábricas do Brasil ou de países estrangeiros, eu sempre procurei colocar que as fábricas no estado-da-arte-tecnológico necessitavam ter ou já tinham essa etapa de deslignificação com oxigênio.

Segue como exemplo uma dessas palestras, onde destaquei as tecnologias das fábricas da Veracel (Brasil) e Arauco Nueva Aldea (Chile):

Modern fiberlines in Latin America. C. Foelkel. TAPPI *Eucalyptus* Tutorial Seminar. 2006 TAPPI EPE – Engineering, Pulping & Environmental Conference. Apresentação em PowerPoint: 22 slides. (2006)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/Modern%20fiberlines%20in%20Latin%20America.pdf (em Inglês)





Fonte dos Slides:

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/Modern%20fiberlines%20in%20Latin%20America.pdf (em Inglês)

A seguir, apresento mais algumas dessas palestras e textos valorizando a deslignificação com oxigênio:

Environmentally friendly *Eucalyptus* pulp production in South America. C. Foelkel. TAPPI *Eucalyptus* Tutorial. 2006 TAPPI EPE – Engineering, Pulping & Environmental Conference. Apresentação em PowerPoint: 27 slides. (2006)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/TAPPI%20Eucalyptus%20Tutorial%20%20Environmental%20Performances.pdf (em Inglês)

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)

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. *Uma Visão de Celso Foelkel*. 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)

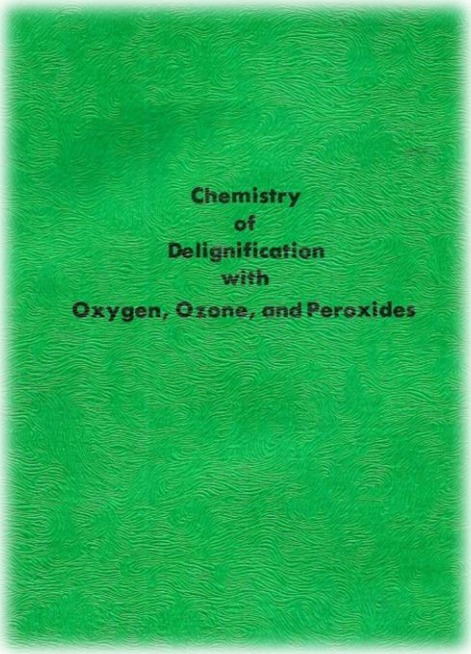
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/BATs+ESTs_Questionnaire.pdf (em Inglês)

Fonte dos Slides:

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/TAPPI%20Eucalyptus%20Tutorial%20%20Environmental%20Performances.pdf (em Inglês)

Reator de deslignificação com oxigênio - CMPC Guaíba
Na época da foto:
Celulose Riograndense

06. Grandes autores e especialistas sobre o processo de deslignificação com oxigênio



Essa seção tem a missão de lhes oferecer possibilidades para que conheçam grandes autores, estudiosos, técnicos e especialistas sobre o processo de *Deslignificação com Oxigênio* em suas diversas e variadas perspectivas. Em alguns casos, e para muitos desses técnicos, os quais apresentem significativas produções bibliográficas nesse tema, estão oferecidas sugestões de navegação na web para se encontrar algumas de suas publicações. Para a maioria deles, será possível encontrar também alguns de seus estudos em artigos ou palestras relacionados em seções mais adiante desse nosso Relato de Vida. Por isso, ao buscar por autores referenciados sobre o processo de deslignificação com o oxigênio, naveguem também nas seções 8 e 9 desse presente documento. Muito provável encontrar trabalhos técnicos de muitos deles nas literaturas referenciadas nessas seções.

Também daremos destaques, através da menção dos respectivos nomes, a outros estudiosos, consultores e técnicos do setor, que, embora não tenham sido autores expressivos de publicações em livros, revistas e eventos, possuem um histórico de conquistas e realizações para algumas das diversas vertentes do processo de deslignificação com oxigênio.

É possível se perceber que é enorme a quantidade de estudiosos sobre os processos de deslignificação com oxigênio. Isso é facilmente entendível, pois em décadas recentes essas tecnologias têm sido muito estudadas levando em conta perspectivas técnicas, ambientais, científicas e econômicas em praticamente todos os continentes.

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 a Deslignificação com Oxigênio", desde o passado até o presente, através de suas realizações em termos de descobertas de novos conhecimentos:

- **Adrian van Heiningen**

https://scholar.google.com/citations?user=iYVLBNUAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://www.semanticscholar.org/author/A.-Heiningen/92246079

- **Alessandro Guarino Lino**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22ag+lino%22+oxig%C3%AAnio&btnG=

- **Alfredo Mokfienski**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22a+mokfienski%22+&btnG=

e

ttps://www.semanticscholar.org/author/Alfredo-Mokfienski/87934836

- **Al van Tran**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22av+tran%22+oxygen+pulp&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/A.-Tran/152673101

- **Ana Márcia Macedo Ladeira Carvalho**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22amml+carvalho%22+oxygen+oxig%C3%AAnio&btnG=

- **Ana Paula Duarte**

https://scholar.google.com/citations?user=9pIYsZwAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

- **Andréia da Silva Magaton**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22as+magaton%22+xylans&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/A.-S.-Magaton/88613688

- **Ann Honor Mounteer**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22AH+mounteer%22+oxig%C3%AAnio+oxygen+deslignifica%C3%A7%C3%A3o+delignification+&btnG=

- **Ants Teder**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22ants+teder%22+oxygen&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/A.-Teder/91113816

- **Arthur J. Ragauskas**

https://www.semanticscholar.org/search?q=%22arthur%20j.%20Ragauskas%22%20and%20kraft&sort=relevance

e

https://scholar.google.com.br/citations?user=FFZAU_kAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

- **Augusto Fernandes Milanez**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22af+milanez%22+oxig%C3%AAnio&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/A.-Milanez/152838073

- **Barbara van Lierop**

https://www.researchgate.net/scientific-contributions/B-van-Lierop-2126940969

e

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22b+Lierop%22+oxygen&btnG=

- **Bertil Strömberg**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22b+stromberg%22+oxygen+delignification+&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/B.-Stroemberg/117368615

- **Bruce I. Fleming**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22bi+fleming%22+bleaching&btnG=

e

https://www.researchgate.net/scientific-contributions/BI-Fleming-647344

- **Camila Sarto**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22c+sarto%22+oxig%C3%AAnio+deslignifica%C3%A7%C3%A3o&oq=%22c+sarto%22+oxig%C3%AAnio+desligni

e

https://www.semanticscholar.org/author/C.-Sarto/87451916

- **Carlos Alberto dos Santos**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22ca+santos%22+oxig%C3%AAnio+kraft+deslignifica%C3%A7%C3%A3o&btnG=

- **Carlos Pascoal Neto**

https://scholar.google.com.br/citations?hl=pt-BR&user=eXhFRBIAAAAJ

e

https://www.semanticscholar.org/author/C.-Pascoal-Neto/7611368

- **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+oxygen&btnG=

- **César Leporini Filho**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22C+leporini+Filho%22+oxygen&btnG=

- **Ceslavas Zvinakevicius**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22C+zvinakevicius%22+celulose&btnG=

- **Charles E. Courchene**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22CE+Courchene%22+oxygen&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/C.-Courchene/15024519

- **Christine Chirat**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22c+chirat%22+oxygen&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/C.-Chirat/16031620

- **Cláudia Vicente Esteves**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22Cv+esteves%22+oxygen&btnG=

e

https://orcid.org/0000-0002-0816-0047

- **Cristiane Pedrazzi**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22c.+pedrazzi%22+oxygen&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/Cristiane-Pedrazzi/2069818138

- **Dalton Longue Júnior**

https://www.researchgate.net/scientific-contributions/Dalton-Longue-Junior-35985392

- **Daniela Correia Martino**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22dc+martino%22+eucalipto&btnG=

- **Danila Morais de Carvalho**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22DM+Carvalho%22+polpa+kraft+oxig%C3%AAnio&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/search?q=%22Danila%20Morais%20de%20Carvalho%22&sort=relevance

- **Diego Pierre de Almeida**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22DP+Almeida%22+polpa+kraft+oxig%C3%AAnio&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/D.-Almeida/2061137766

- **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+oxygen&btnG=

- **Dmitry V. Evtuguin**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22d+evtuguin%22+oxygen&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+oxygen&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

- **Edvins Ratnieks**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22E+ratnieks%22+oxig%C3%AAnio&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/E.-Ratnieks/86982103

- **Eero Sjöstrom**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22E.+sjostrom%22+oxygen&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/E.-Sj%C3%B6str%C3%B6m/87197241

- **Elias Salvador**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22E+salvador%22+deslignifica%C3%A7%C3%A3o&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

- **Eraldo Antônio Bonfatti Júnior**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22EA+bonfatti+junior%22+deslignifica%C3%A7%C3%A3o&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/E.-A.-Bonfatti-J%C3%BAnior/1699657743

- **Fadir S. Chakar**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22fs+chakar%22+oxygen+delignification&btnG=

- **Felipo Augusto Pereira**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22fa+pereira%22+deslignifica%C3%A7%C3%A3o&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/F.-Pereira/93018157

- **Fernando José Borges Gomes**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22fjb+gomes%22+oxygen+delignification&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/F.-Gomes/48918647

- **Flaviana Reis Milagres**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22fr+milagres%22+deslignifica%C3%A7%C3%A3o&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/Flaviana-Reis-Milagres/2083723139

- **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

- **Gopal C. Goyal**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22gopal+goyal%22++oxygen+delignification&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

- **Gustavo Ventorim**

https://scholar.google.com.br/citations?user=5DLV6GoAAAAJ&hl=pt-BR&oi=ao

e

https://www.semanticscholar.org/author/Gustavo-Ventorim/12368508

- **Haixuan Zou**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22h+zou%22+oxygen+delignification&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/Haixuan-Zou/144419541

- **Hans Ulrich Süss (**ou **Suess)**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22h.u.+suss%22+oxygen&btnG=

e

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22h.u.+suss%22+pulp+bleaching&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=%22Helena+Wedin%22+oxygen+delignification&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/Helena-Wedin/40457026

- **Herbert Sixta**

https://scholar.google.com/citations?user=7JGBDowAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://www.semanticscholar.org/author/H.-Sixta/6000988

- **Honghi Tran**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22H.+TRAN%22+oxygen+delignification&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/H.-Tran/49160604

- **Hou-Min Chang**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22hm+chang%22+%22oxygen+delignification%22&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/Hou%E2%80%90min-Chang/13105768

- **Ingemar Croon**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22ingemar+croon%22+pulp+oxygen&btnG=

- **Ivan Venson**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22i.+venson%22+oxygen+delignification+&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/Ivan-Venson/2085977505

- **Janne Vehmaa**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22janne+vehmaa%22+oxygen+delignification+&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/J.-Vehmaa/92213525

- **Jiri Basta**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22j+basta%22+oxygen+bleaching&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/Jiri-Basta/2068388901

- **Johan Gullichsen**

https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q=%22Johan+Gullichsen%22+oxygen+delignification&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/search?q=%22J.%20Gullichsen%22&sort=relevance

- **Jorge Luiz Colodette** (possivelmente, o autor que mais estudou e publicou com sua diversificada equipe de estudos sobre a deslignificação com oxigênio, com foco especialmente nas polpas kraft de *Eucalyptus*)

https://www.semanticscholar.org/author/J.-Colodette/3653691

e

https://scholar.google.com/citations?hl=pt-BR&user=McRLfRwAAAAJ

- **José Carlos del Rio**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22j.c+del+rio%22+oxygen+delignification+&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/J.-C.-R%C3%ADo/90652680

- **José Cláudio Caraschi**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22j.c++caraschi%22+oxygen+delignification+&btnG=

- **José Iribarne**

https://scholar.google.com/citations?user=LQvLHi8AAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://www.semanticscholar.org/author/Jose-Iribarne/116332777

- **Josef Gierer**

https://scholar.google.com.br/citations?hl=pt-BR&user=xVgw6aQAAAAJ

e

https://www.researchgate.net/scientific-contributions/Josef-Gierer-2010261352

- **Josef S. Gratzl**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22js+gratzl%22+oxygen+delignification&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/J.-Gratzl/12765979

- **José Lívio Gomide**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22jl+gomide%22+%22oxygen+delignification%22+oxig%C3%AAnio&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/J.-L.-Gomide/21564271

- **José Maurício Lino**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22j.m.+lino%22+oxygen+delignification&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/J.-Lino/94284231

- **Joseph M. Genco**

https://scholar.google.com/citations?user=rNou3UsAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://www.semanticscholar.org/author/J.-Genco/87735239

- **Juha Fiskari**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22j+fiskari%22+oxygen&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/J.-Fiskari/92578685

- **Kari Kovasin**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22k.+kovasin%22+%22oxygen+delignification%22&btnG=

e

https://www.researchgate.net/scientific-contributions/Kari-Kovasin-2094883821

- **Kátia Maria Morais Eiras**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22k.m.m.+eiras%22+oxygen+delignification&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/K.-M.-M.-Eiras/87619605

- **Leelo Olm**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22l.+olm%22+%22oxygen+delignification%22&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/L.-Olm/90131923

- **Leif Smedman**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22l+smedman%22+oxygen+bleaching&oq=%22l+smedman%22+oxygen+bleac

- **Leonardo Rodrigo Pimenta**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22l.r.+pimenta%22+oxig%C3%AAnio&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/L.-R.-Pimenta/96274993

- **Leonardo Souza de Caux**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22ls+caux%22+delignification+oxygen&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/Leonardo-Souza-de-Caux/94483582

- **Leonid G. Akim**

https://www.researchgate.net/scientific-contributions/Leonid-G-Akim-82648154

e

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22lg+akim%22+oxygen+delignification&btnG=

- **Lewis D. Shackford**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22ld+shackford%22%22+oxygen&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

- **Marcelo Coelho dos Santos Muguet**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22mcs+muguet%22+oxygen+delignification&btnG=

e

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22m.muguet%22+oxygen+delignification&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+%22oxygen+delignification%22&btnG=

e

https://www.researchgate.net/scientific-contributions/Marcelo-Moreira-da-Costa-2195820968

- **Marcos Sousa Rabelo**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22m.s.+rabelo%22+oxygen+delignification&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/M.-S.-Rabelo/88515803

- **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 Graça Videira de Sousa Carvalho**

https://scholar.google.com/citations?user=VxOCIM8AAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22mgvs+carvalho%22+oxygen+delignification&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/M.-G.-Carvalho/32876515

- **Martin Lawoko**

https://scholar.google.com/citations?user=hv04yTkAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://www.semanticscholar.org/author/M.-Lawoko/8263677

- **Martin Ragnar**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22m+ragnar%22+oxygen+delignification&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/M.-Ragnar/91160322

- **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

- **Norman Liebergott**

https://www.researchgate.net/scientific-contributions/N-Liebergott-2053427664

- **Olena Sevastyanova**

https://scholar.google.com.br/citations?user=49eYJZAAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

ttps://www.semanticscholar.org/author/O.-Sevastyanova/13667675

- **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/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22p.+tikka%22+%22oxygen+delignification%22&btnG=

- **Peder Waern-Bugge**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22P+waern-Bugge%22&btnG=

- **Pedro Fardim**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22p+fardim%22+%22oxygen+delignification%22&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/P.-Fardim/3244660

- **Peter Axegärd**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22p+axegard%22+oxygen+delignification&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/P.-Axeg%C3%A5rd/92499149

- **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

- **Pratima Bajpai**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22pratima+bajpai%22+oxygen+delignification&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/P.-Bajpai/143608147

- **Rafael dos Santos**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22R+santos%22+oxig%C3%AAnio+deslignifica%C3%A7%C3%A3o&btnG=

- **Ricardo Balleirini Santos**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22RB+santos%22+oxygen+delignification&btnG=

e

https://scholar.google.com/citations?user=gugmDnAAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://www.researchgate.net/profile/Ricardo-Santos-98

- **Richard Berry**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22R+Berry%22+oxygen+delignification&btnG=

- **Rubens Chaves de Oliveira**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22RC+oliveira%22+%22oxygen+delignification%22&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/Rubens-Chaves-de-Oliveira/2109598774

- **Sören Östlund**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22S+ostlund%22+oxygen+delignification&btnG=

- **Stefan Backa**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22s+backa%22+delignification+oxygen&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/S.-Backa/70133627

- **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

- **Thomas J. McDonough**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22T.J+McDonough%22+oxygen&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/T.-McDonough/37299181

- **Vahid Jafari**

https://scholar.google.com/citations?user=9zagnbs312sc&hl=pt-br&oi=sra

e

https://www.researchgate.net/profile/vahid-jafari-5

- **Valéria Juste Gomes**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22vj+gomes%22+oxygen+delignification&btnG=

e

https://www.researchgate.net/profile/Valeria-Gomes-2

- **Vera Maria Sacon**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22vm+sacon%22+oxygen&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/V.-Sacon/4472223

- **Vincent Magnotta**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22v.+magnotta%22+oxygen+delignification&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/V.-Magnotta/144263105

- **Wendel Pianca Demuner**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22wp+demuner%22+oxig%C3%AAnio&btnG=

- **William Miller**

https://scholar.google.com/scholar?lookup=0&q=%22w+miller%22+oxygen+delignification&hl=pt-BR&as_sdt=0,5

- **Yoni Armando Minchola Robles**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22yam+robles%22+celulose&btnG=

e

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22ym+robles%22+celulose&btnG=

- **Yungiau Pu**

https://scholar.google.com/citations?user=6jI229YAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22Y.+Pu%22+oxygen+delignification&btnG=

- **Zheng Dang**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22Z+dang%22+oxygen+delignification&btnG=

Além dos renomados autores, recém-relacionados acima nessa seção, é importante ainda se destacar 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 do setor de produção de polpas branqueadas utilizando sequências contendo a tecnologia da deslignificação com oxigênio. Alguns deles terão referências de literaturas citadas em seção pertinente, enquanto outros mesmo não tendo publicações relacionadas tiveram seus nomes relacionados por suas importantes participações no desenvolvimento da deslignificação com oxigênio, principalmente no Brasil.

Nossos agradecimentos e sinceros cumprimentos a todos eles, dentre os quais nominados pelo meu conhecimento mais direto sobre suas atuações profissionais, enquanto alguns nome foram incidentalmente esquecidos por minha memória e pelo fato que meu conhecimento não é pleno sobre todos os envolvidos na produção técnica em nosso setor. Alguns inclusive infelizmente já nos deixaram.

Em uma listagem mais singela, trago nomes de profissionais, que também deixaram seu legado em suas carreiras para o crescimento da tecnologia da deslignificação com oxigênio. Portanto, meu reconhecimento, melhor dizendo, nosso reconhecimento, aos talentos dos seguintes profissionais que atuam ou atuaram nesse setor:

Ana Sabino de Campos Henriques de Brito

André Turqueti

Antônio José Vinha Zanúncio

Carlos Alberto Busnardo

Carlos Augusto Soares do Amaral Santos

César Roberto de Miranda

Eduardo Guedes Filho

Élio Darci Krummenauer

Geza Arbocz

John Rogers

Jorge Tamezawa

José Colom Pastor

Marcelo Montanhese de Lima

Renata Maggion Danilas

Renata Marton

Renato Gamoeda

Romeu Antônio Zanchin

Sérgio Araia

Sílvia Bugajer

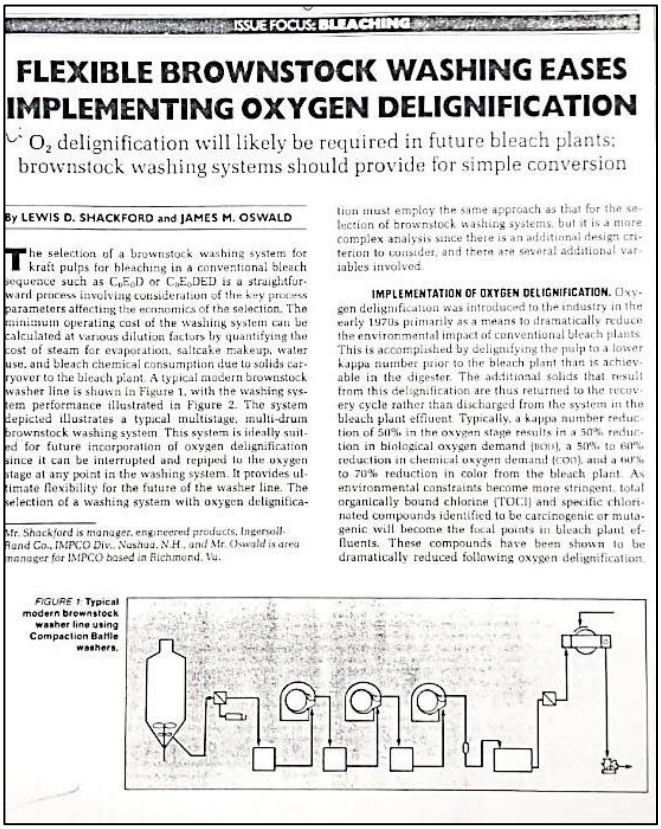
Tatiana M. Póvoa

Teresa Vidal

Vail Manfredi

V.M. Nikitin

A todos os amigos relacionados e outros eventualmente 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 à fabricação e ao branqueamento com oxigênio de celulose kraft.



ISSUE FOCUS: BLEACHING

FLEXIBLE BROWNSTOCK WASHING EASES IMPLEMENTING OXYGEN DELIGNIFICATION

O_2 delignification will likely be required in future bleach plants; brownstock washing systems should provide for simple conversion

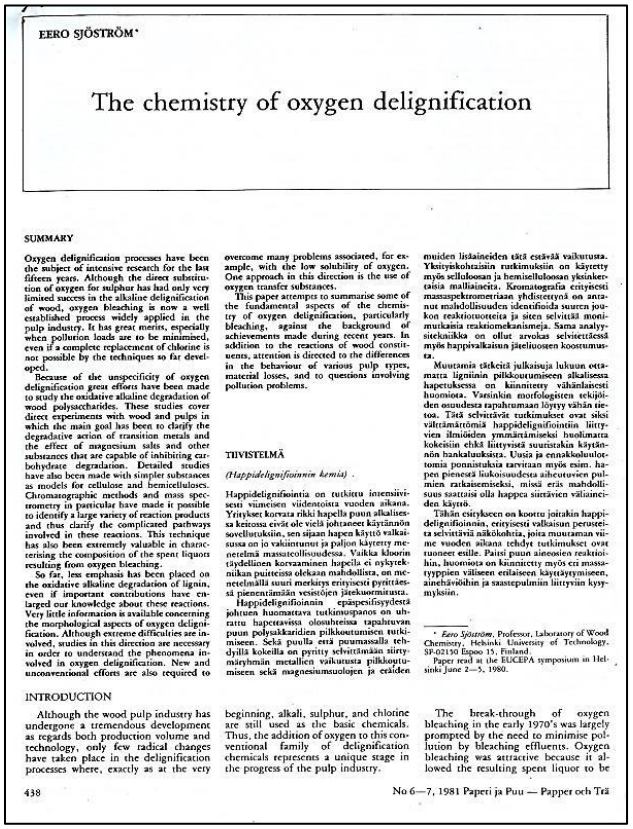
By LEWIS D. SHACKFORD and JAMES M. OSWALD

The selection of a brownstock washing system for kraft pulps for bleaching in a conventional bleach sequence such as C_6E_0D or C_6E_0DED is a straightforward process involving consideration of the key process parameters affecting the economics of the selection. The minimum operating cost of the washing system can be calculated at various dilution factors by quantifying the cost of steam for evaporation, saltcake makeup, water use, and bleach chemical consumption due to solids carryover to the bleach plant. A typical modern brownstock washer line is shown in Figure 1, with the washing system performance illustrated in Figure 2. The system depicted illustrates a typical multistage, multi-drum brownstock washing system. This system is ideally suited for future incorporation of oxygen delignification since it can be interrupted and repiped to the oxygen stage at any point in the washing system. It provides ultimate flexibility for the future of the washer line. The selection of a washing system with oxygen delignification must employ the same approach as that for the selection of brownstock washing systems, but it is a more complex analysis since there is an additional design criterion to consider, and there are several additional variables involved.

Mr. Shackford is manager, engineered products, Ingersoll-Rand Co., IMPCO Div., Nashua, N.H., and Mr. Oswald is area manager for IMPCO based in Richmond, Va.

IMPLEMENTATION OF OXYGEN DELIGNIFICATION. Oxygen delignification was introduced to the industry in the early 1970s primarily as a means to dramatically reduce the environmental impact of conventional bleach plants. This is accomplished by delignifying the pulp to a lower kappa number prior to the bleach plant than is achievable in the digester. The additional solids that result from this delignification are thus returned to the recovery cycle rather than discharged from the system in the bleach plant effluent. Typically, a kappa number reduction of 50% in the oxygen stage results in a 50% reduction in biological oxygen demand (BOD), a 50% to 60% reduction in chemical oxygen demand (COD), and a 60% to 70% reduction in color from the bleach plant. As environmental constraints become more stringent, total organically bound chlorine (TOCl) and specific chlorinated compounds identified to be carcinogenic or mutagenic will become the focal points in bleach plant effluents. These compounds have been shown to be dramatically reduced following oxygen delignification.

FIGURE 1 **Typical modern brownstock washer line using Compaction Baffle washers.**



EERO SJÖSTRÖM*

The chemistry of oxygen delignification

SUMMARY

Oxygen delignification processes have been the subject of intensive research for the last fifteen years. Although the direct substitution of oxygen for sulphur has had only very limited success in the alkaline delignification of wood, oxygen bleaching is now a well established process widely applied in the pulp industry. It has great merits, especially when pollution loads are to be minimised, even if a complete replacement of chlorine is not possible by the techniques so far developed.

Because of the unspecificity of oxygen delignification great efforts have been made to study the oxidative alkaline degradation of wood polysaccharides. These studies cover direct experiments with wood and pulps in which the main goal has been to clarify the degradative action of transition metals and the effect of magnesium salts and other substances that are capable of inhibiting carbohydrate degradation. Detailed studies have also been made with simpler substances as models for cellulose and hemicelluloses. Chromatographic methods and mass spectrometry in particular have made it possible to identify a large variety of reaction products and thus clarify the complicated pathways involved in these reactions. This technique has also been extremely valuable in characterising the composition of the spent liquors resulting from oxygen bleaching.

So far, less emphasis has been placed on the oxidative alkaline degradation of lignin, even if important contributions have enlarged our knowledge about these reactions. Very little information is available concerning the morphological aspects of oxygen delignification. Although extreme difficulties are involved, studies in this direction are necessary in order to understand the phenomena involved in oxygen delignification. New and unconventional efforts are also required to overcome many problems associated, for example, with the low solubility of oxygen. One approach in this direction is the use of oxygen transfer substances.

This paper attempts to summarise some of the fundamental aspects of the chemistry of oxygen delignification, particularly bleaching, against the background of achievements made during recent years. In addition to the reactions of wood constituents, attention is directed to the differences in the behaviour of various pulp types, material losses, and to questions involving pollution problems.

TIIVISTELMÄ

(Happidelignifioinnin kemia)

Happidelignifiointia on tutkittu intensivisesti viimeisen viidentoista vuoden aikana. Ytimet korvata rikki hapella puun alkalisessa keitossa eivät ole vielä johtaneet käytännön sovelluksiin, sen sijaan hapen käyttö valkaisussa on jo vakiintunut ja paljon käytetty menetelmä massateollisuudessa. Vaikka kloorin täydellinen korvaaminen hapella ei nykyreikuan puiteissa olekaan mahdollista, on menetelmällä suuri merkitys erityisesti pyrittäessä pienentämään vesistöjen jätekuormitusta.

Happidelignifioinnin epäspesifisyydestä johtuen huomattava tutkimuspanos on uhrattu hapetteavissa olosuhteissa tapahtuvan puun polysakkaridien pilkkoutumisen tutkimiseen. Sekä puulla että puumassalla tehdyillä kokeilla on pyritty selvittämään siirtymäryhmän metallien vaikutusta pilkkoutumiseen sekä magnesiumsuolojen ja eräiden muiden lisäaineiden tätä estävää vaikutusta. Yksityiskohtaisiin tutkimuksiin on käytetty myös selluloosan ja hemiselluloosan yksinkertaisia malliaineita. Kromatografia erityisesti massaspektrometriaan yhdistettynä on antanut mahdollisuuden identifioida suuren joukon reaktiotuotteita ja siten selvittää monimutkaisia reaktiomekanismeja. Sama analyysitekniikka on ollut arvokas selvitettäessä myös happivalkaisun jätelipuosten koostumusta.

Muutamia tärkeitä julkaisuja lukuun ottamatta ligniinin pilkkoutumiseen alkalisessa hapetuksessa on kiinnitetty vähänlaisesti huomiota. Yksinkin morfologisten tekijöiden osuudesta tapahtuman löytyy vähän tietoa. Tätä selvittäviä tutkimukset ovat siksi vältämättömiä happidelignifiointiin liittyvien ilmiöiden ymmärtämiseksi huolimatta kokeisiin ehkä liittyvistä suuristakin käytännön hankaluuksista. Uusia ja ennakkoluulottomia ponnistuksia tarvitaan myös esim. hapen pieneseä liukoisuudesta aiheutuvien pulmien ratkaisemiseksi, missä eräs mahdollisuus saattoisi olla happea siirtävien väliaineiden käyttö.

Tähän esityksen on koottu joitakin happidelignifioinnin, erityisesti valkaisun perusteita selvittäviä näkökohtia, joita muutaman viime vuoden aikana tehdyt tutkimukset ovat tuoneet esille. Paitsi puun aineosien reaktioihin, huomiota on kiinnitetty myös eri massatyyppien välisen erilaisen käyttäytymisen, ainehäviöihin ja saastepulmiin liittyviin kysymyksiin.

* *Eero Sjöström*, Professor, Laboratory of Wood Chemistry, Helsinki University of Technology, SF-02150 Espoo 15, Finland.

Paper read at the EUCEPA symposium in Helsinki June 2—5, 1980.

INTRODUCTION

Although the wood pulp industry has undergone a tremendous development as regards both production volume and technology, only few radical changes have taken place in the delignification processes where, exactly as at the very beginning, alkali, sulphur, and chlorine are still used as the basic chemicals. Thus, the addition of oxygen to this conventional family of delignification chemicals represents a unique stage in the progress of the pulp industry.

The break-through of oxygen bleaching in the early 1970's was largely prompted by the need to minimise pollution by bleaching effluents. Oxygen bleaching was attractive because it allowed the resulting spent liquor to be

Páginas de rosto de artigos históricos sobre o oxigênio no setor C&P

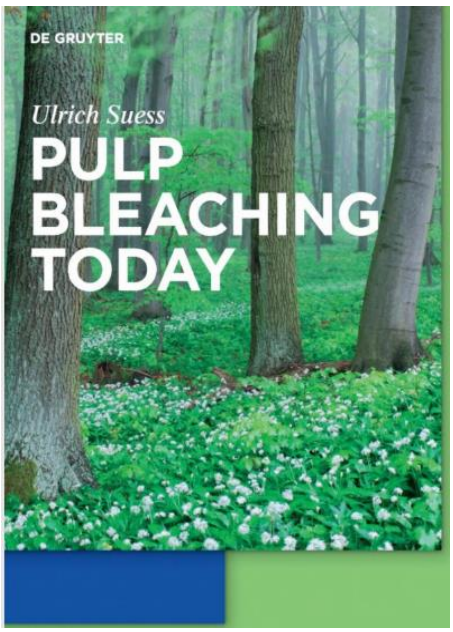
Para estudar sobre essas tecnologias com oxigênio é só querer e ter vontade...

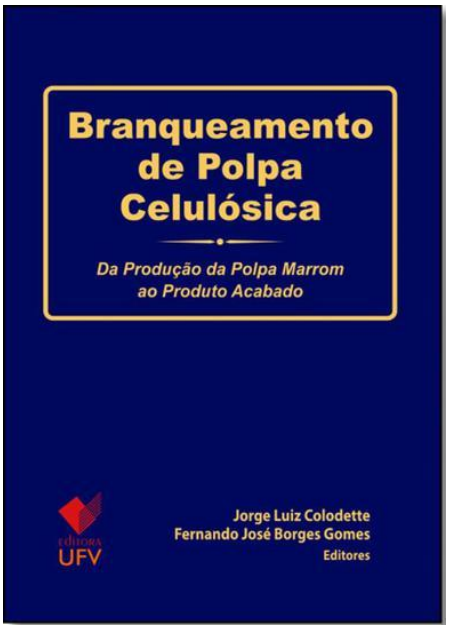
Com tantas possibilidades de encontrar informações e conhecimentos disponibilizados gratuitamente por todas as partes...

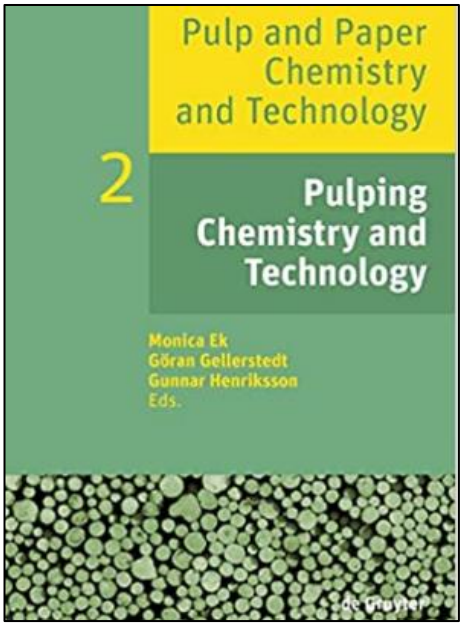
Basta encontrar determinação para:

Estudar os fundamentos científicos e tecnológicos, não importando onde possam estar... Basta procurar para se achar

Os livros e as publicações estão praticamente ao dispor de todos na atual ***Era do Conhecimento Compartilhado***







Esquerda:

https://books.google.com.br/books?id=1_VtiCiISZkC&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false

Meio

https://www.editoraufv.com.br/produto/branqueamento-de-polpa-celulosica/1112613

Direita:

Volume 2:
https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5597689/mod_resource/content/1/Pulping%20Chemistry%20and%20Technology%20-Vol%202-%20De%20Gruyter.pdf

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 tecnologias de polpação, branqueamento e pré-branqueamento com oxigênio em muito foram abrilhantados pelas integrações tecnológicas entre todos nós: professores, alunos, pesquisadores e técnicos das inúmeras fábricas, associações, fornecedores e universidades onde pude 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, sejam de eucaliptos, pinheiros e outras matérias-primas fibrosas que venham a ser desenvolvidas.

Assim espero...

---

08. Publicações de Celso Foelkel e de seus coautores e colaboradores em temas relacionados à deslignificação com oxigênio

Nessa seção, procurou-se relacionar diversos materiais tecnológicos escritos por Celso Foelkel e também em parceria dele com diversos de seus alunos e coautores em equipes de pesquisas nas quais o Celso atuou. São materiais científicos ou tecnológicos que se relacionam direta ou indiretamente ao processo de deslignificação com oxigênio, tanto em etapas de polpação como de pré-branqueamento ou de alvejamento e branqueamento da polpa.

Conseguiu-se assim reunir uma seleção histórica e talvez de interesse dos leitores desejosos de obtenção de mais conhecimentos sobre esses processos tecnológicos integrados com outras tecnologias dentro das fábricas de celulose e papel, como apresentada a seguir. Nessa relação se somam os trabalhos produzidos em parceria com diversos grupos de pesquisadores, tanto de empresas como de algumas das universidades onde o Celso Foelkel atuou como professor, orientador e coorientador.

Seguem os principais estudos publicados e também as palestras em eventos, compreendendo inúmeras produções técnicas com coautorias diversas.

Os materiais estão dispostos em ordem de data crescente de produção, ou seja, iniciando-se pelos mais antigos e terminando pelos mais recentemente produzidos.

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)

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. ABCP – Associação Técnica Brasileira 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. ABCP – 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. ABCP – Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. 09 pp. (1980)

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

Processos com deslignificação com oxigênio para a produção de celulose de *Eucalyptus urophylla* de origem híbrida. A.F. Milanez. Orientação: C.E.B. Foelkel. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 136 pp. (1981)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufv/Augusto%20Fernandes%20Milanez.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. ABCP – Associação Técnica 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)

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 – 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. 21pp. (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)

Patente: **Acid process of delignification of cellulose pulp at high temperature.** C.E.B. Foelkel; E. Ratnieks; V.M. Sacon. Patente Brasileira BR9506184A. (1995)

https://patents.google.com/patent/BR9506184A/en?oq=BR9506184A+-+Acid+process+of+delignification+of+cellulose+pulp+at+high+temperature+- (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)

Riocell simplifies O2 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. 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)

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)

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)

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)

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)

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". IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. Apresentação em PowerPoint: 15 slides. (1999)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/Minerais%20e%20fechamento%20de%20circuitos.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)

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)

Modern fiberlines in Latin America. C. Foelkel. TAPPI *Eucalyptus* Tutorial Seminar. 2006 TAPPI EPE – Engineering, Pulping & Environmental Conference. 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. 2006 TAPPI EPE – Engineering, Pulping & Environmental Conference. Apresentação em PowerPoint: 27 slides. (2006)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/TAPPI%20Eucalyptus%20Tutorial%20%20Environmental%20Performances.pdf (em Inglês)

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)

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)

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)

Secuencias ECF y TCF de blanqueamiento de celulosa kraft de eucalipto. C. Foelkel. ATCP-Chile. Revista Celulosa y Papel 22(3): 24 - 25. (2006)
https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/2006_22.3_Blanqueo+ECF+TCF.pdf (em Espanhol)

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. *Uma Visão de Celso Foelkel*. 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)

Branqueamento das celuloses kraft de eucaliptos. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 09. (2007)

http://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)

Aspectos da evolução tecnológica da fabricação da celulose e do papel. C. Foelkel. Ciência & Ambiente 40: 49-59. (2010)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/01_C&A_Evolucao%20celulose%20papel.pdf (em Português)

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)

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)

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)

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)

Relato 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)

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)

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)

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)

Processos tecnológicos & produtos do setor de celulose & papel. ***(Um Relato de Vida e uma Coletânea de cerca de 300 artigos, palestras, cursos, livros e teses de autoria, coautoria, orientação ou colaboração do professor Celso Foelkel e de Ester Foelkel).*** C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 78. 85 pp. (2020)

https://www.eucalyptus.com.br/news/pt_fevereiro2020.pdf (em Português)

Reinventando o setor de celulose e papel. C. Foelkel. Info@Tecnicelpa - Folha Informativa TECNICELPA 64: 12 - 13. Website Grau Celsius. (2020)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2020_Reinventando+Setor_C&P.pdf (em Português)

Qualidade das madeiras, fibras e polpas celulósicas. (***Um Relato de Vida e uma Coletânea de cerca de 270 Artigos, Palestras, Cursos e Teses de autoria, coautoria, orientação ou colaboração do Professor Celso Foelkel).*** C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 77. 87 pp. (2020)

https://www.eucalyptus.com.br/news/pt_janeiro2020.pdf (em Português)

Material de Curso por Celso Foelkel: **Madeiras para Uso Celulósico/Papeleiro: Formação, Ultraestrutura, Química e Topoquímica.** ***Curso Científico e Tecnológico & Coletânea sobre Química da Madeira. Um curso para consolidar conhecimentos sobre madeiras industriais.*** *C***.** Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 84. 645 pp. (2021)

https://www.eucalyptus.com.br/news/pt_dez2020.pdf (em Português)

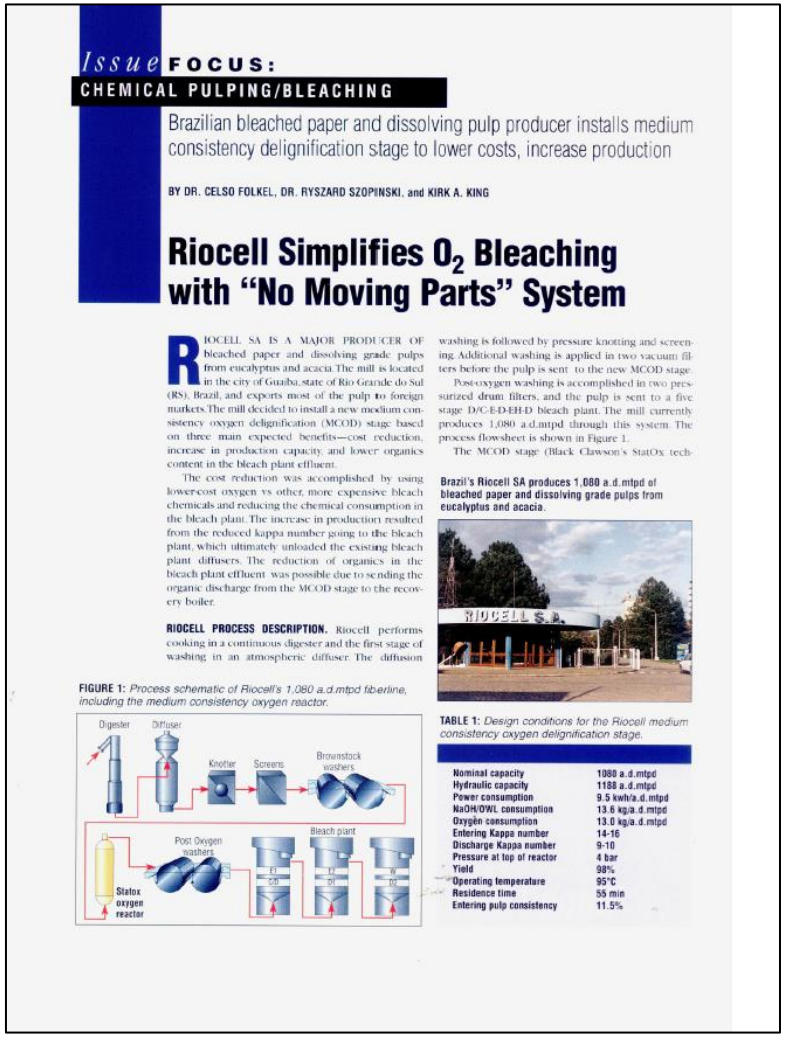
Relato de Vida: **Polpa solúvel ou para dissolução. Vivências no desenvolvimento desse segmento no Brasil.** C. Foelkel. Website www.celso-foelkel.com.br. 116 pp. (2022)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/Relatos+Vida_Celso+Foelkel_Polpa+Soluvel.pdf (em Português)

Relato de Vida: **Polpação kraft da madeira dos eucaliptos. Vivências no desenvolvimento desse processo tecnológico no Brasil.** C. Foelkel. Website www.celso-foelkel.com.br. 317 pp. (2022)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2022_Relato+Vida_CFoelkel+Processo+Kraft_Polpazao.pdf (em Português)

Instalando um reator de deslignificação com oxigênio – Riocell, 1990



Issue **FOCUS:**

CHEMICAL PULPING/BLEACHING

Brazilian bleached paper and dissolving pulp producer installs medium consistency delignification stage to lower costs, increase production

BY DR. CELSO FOLKEL, DR. RYSZARD SZOPINSKI, and KIRK A. KING

Riocell Simplifies O_2 Bleaching with "No Moving Parts" System

RIOCELL SA IS A MAJOR PRODUCER OF bleached paper and dissolving grade pulps from eucalyptus and acacia. The mill is located in the city of Guaiba, state of Rio Grande do Sul (RS), Brazil, and exports most of the pulp to foreign markets. The mill decided to install a new medium consistency oxygen delignification (MCOD) stage based on three main expected benefits—cost reduction, increase in production capacity, and lower organics content in the bleach plant effluent.

The cost reduction was accomplished by using lower-cost oxygen vs other, more expensive bleach chemicals and reducing the chemical consumption in the bleach plant. The increase in production resulted from the reduced kappa number going to the bleach plant, which ultimately unloaded the existing bleach plant diffusers. The reduction of organics in the bleach plant effluent was possible due to sending the organic discharge from the MCOD stage to the recovery boiler.

RIOCELL PROCESS DESCRIPTION. Riocell performs cooking in a continuous digester and the first stage of washing in an atmospheric diffuser. The diffusion washing is followed by pressure knotting and screening. Additional washing is applied in two vacuum filters before the pulp is sent to the new MCOD stage.

Post-oxygen washing is accomplished in two pressurized drum filters, and the pulp is sent to a five stage D/C-E-D-EH-D bleach plant. The mill currently produces 1,080 a.d.mtpd through this system. The process flowsheet is shown in Figure 1.

The MCOD stage (Black Clawson's StatOx tech-

Brazil's Riocell SA produces 1,080 a.d.mtpd of bleached paper and dissolving grade pulps from eucalyptus and acacia.

FIGURE 1: *Process schematic of Riocell's 1,080 a.d.mtpd fiberline, including the medium consistency oxygen reactor.*

TABLE 1: *Design conditions for the Riocell medium consistency oxygen delignification stage.*

Nominal capacity	1080 a.d.mtpd
Hydraulic capacity	1188 a.d.mtpd
Power consumption	9.5 kwh/a.d.mtpd
NaOH/OWL consumption	13.6 kg/a.d.mtpd
Oxygen consumption	13.0 kg/a.d.mtpd
Entering Kappa number	14-16
Discharge Kappa number	9-10
Pressure at top of reactor	4 bar
Yield	98%
Operating temperature	95°C
Residence time	55 min
Entering pulp consistency	11.5%

Uma rede tecnológica favorecendo a transferência de conhecimentos setoriais

09. Coletânea de publicações selecionadas por temas a partir de materiais publicados por consagrados autores em assuntos relacionados à Deslignificação com Oxigênio das polpas kraft, com especial ênfase às polpas dos eucaliptos

Capas de importante publicação referencial do setor
Revista O Papel – Mais uma das muitas produções técnicas da ABTCP

A seguir, estão apresentadas para acesso público, inúmeras publicações sobre a tecnologia da deslignificação com oxigênio das polpas celulósicas em suas diversas vertentes técnicas e científicas. Essa listagem de livros, artigos, teses, relatórios, websites, apostilas e materiais de cursos e palestras não teve o objetivo de ser exaustiva, embora ela esteja representada por uma enorme quantidade de materiais técnicos da mais alta qualidade. Porém, existe muito mais a ser encontrado digitalmente na web e em publicações em formato papel, sejam elas de épocas passadas, ou mesmo de momentos atuais.

Foram referenciados materiais selecionados e que pudessem agregar conhecimentos e que estivessem relacionados aos propósitos desse ***Relato de Vida do professor Celso Foelkel***. São aproximadamente 500 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 da deslignificação com oxigênio 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.

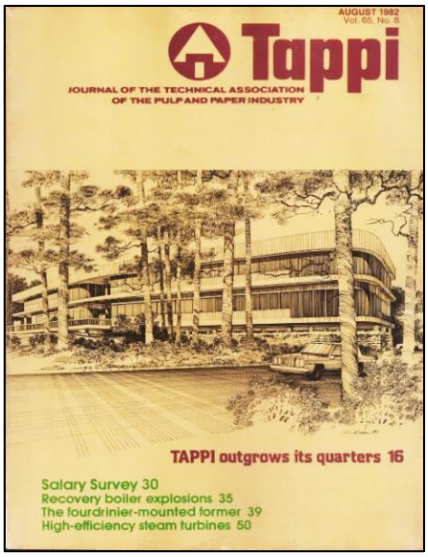
Importante mencionar a excepcional cooperação de alguns de nossos parceiros que permitem que possamos difundir seletiva e

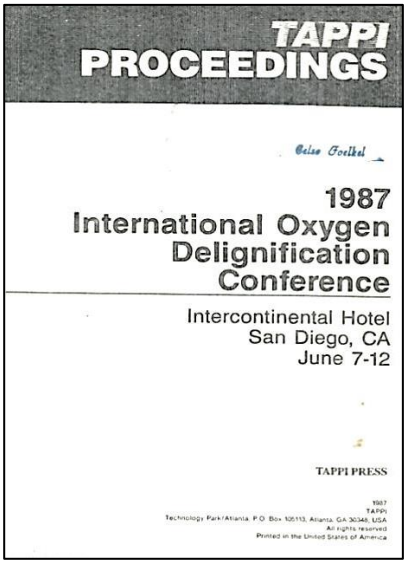
abundantemente os conhecimentos aqui relacionados, pois há anos oportunizam, privilegiam e prestigiam-me com o acesso às suas bases de dados para promoção e difusão do conhecimento setorial:

- 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 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 artigos publicados por eminentes pesquisadores chilenos (e por mim também) em meus informativos e cursos técnicos.

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.

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.





TAPPI

Uma associação global sempre gerando avanços técnicos para o setor de C&P

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 à deslignificação com oxigênio de polpas celulósicas, dando-se ênfases à evolução das tecnologias e da aplicação das mesmas para a produção de celulose de eucalipto, embora existam também publicações sobre outros tipos de matérias-primas, em função de suas relevâncias. Importante salientar que o processo de deslignificação com oxigênio é inter-relacionado e mostra dependência tanto do processo de polpação antecedente, como da etapa subsequente de branqueamento. Além disso, tem forte relação com a química das madeiras e das polpas e das reações entre os componentes das matérias-primas e das variáveis operacionais de processo. Por essa razão, estão incluídas literaturas que podem dar embasamento e suporte ao melhor entendimento dessa importante etapa que é o pré-branqueamento com oxigênio das polpas kraft.

Os materiais escritos e publicados por Celso Foelkel e coautores apresentados na seção 8 foram também inseridos nesses grupos, conforme as pertinências cabíveis a cada uma, no sentido de se poder montar uma única grande coletânea para favorecer a busca pelos interessados.

A seguir, estão relacionados os 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. ***Uma biblioteca digital de valor inestimável àqueles que desejarem aprender sobre o processo de deslignificação com oxigênio***.

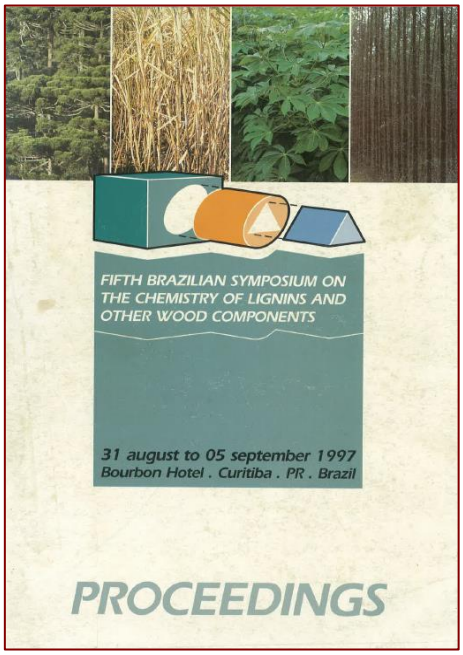
Grupo 1: Referências de "Livros & Materiais de Cursos/Eventos/Patentes relacionados à Deslignificação com Oxigênio das Polpas"

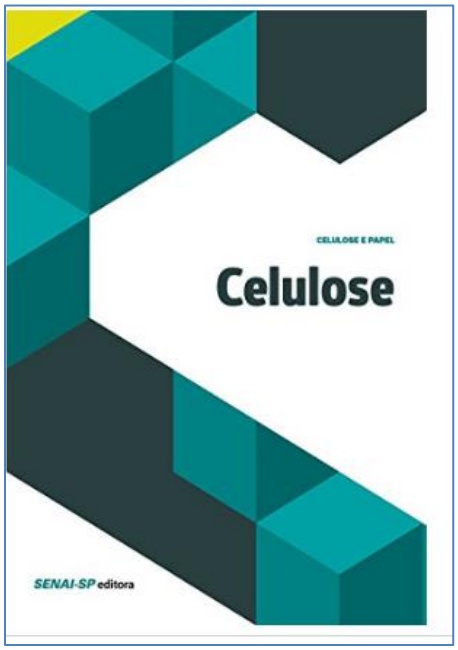
Grupo 2: Algumas referências de literaturas disponibilizadas sobre os "Fundamentos e Conceitos Tecnológicos associados à Deslignificação com Oxigênio das Polpas Celulósicas"

Grupo 3: Algumas referências de literaturas disponibilizadas em mídia eletrônica e referentes a "Química da Madeira e das Polpas e sua relação com a Deslignificação com Oxigênio"

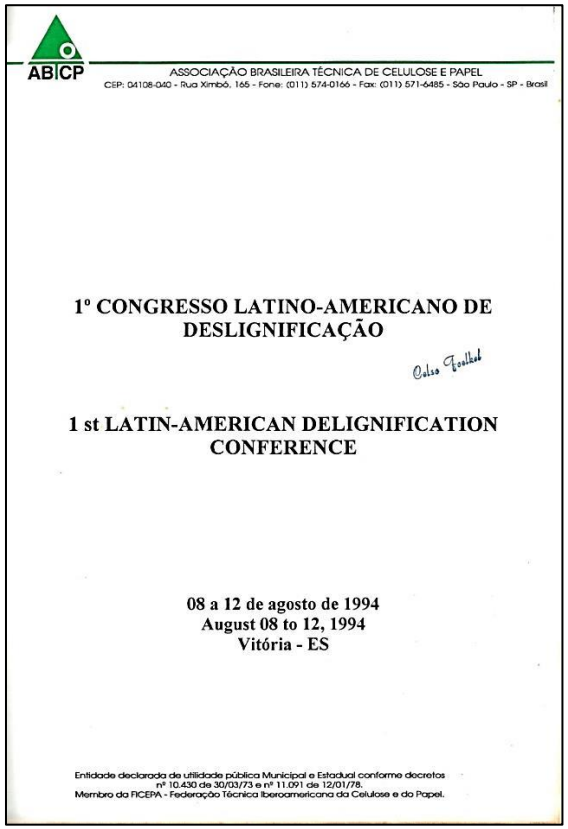
Grupo 4: Algumas referências de literaturas disponibilizadas em mídia eletrônica e referentes ao "Efeito da Lavagem da Polpa sobre Deslignificação com Oxigênio"

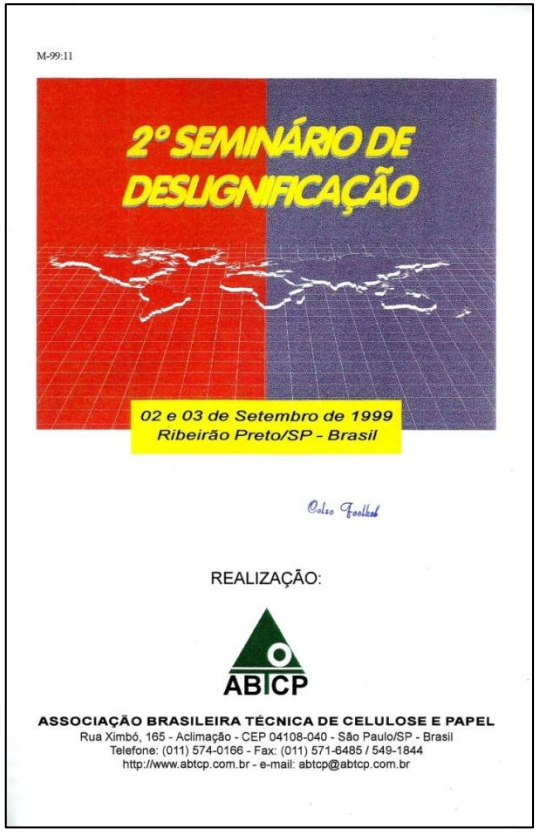
Grupo 5: Seleção de alguns "Websites onde se podem encontrar materiais disponíveis sobre a Deslignificação com Oxigênio" com acesso público e gratuito





Grupo 1: Referências de "Livros & Materiais de Cursos/Eventos/Patentes relacionados à Deslignificação com Oxigênio"





Livro: **Paper chain: The story of SAPPI**. A. Hocking. Hollard South Africa. 320 pp. (1987)

https://cdn-s3.sappi.com/s3fs-public/slices/downloads/Paper-Chain-book-The-Story-of-Sappi-Low-res.pdf (em Inglês)

Capítulo de Livro: **1967 – 1973. Oxygen bleach.** A. Hocking. In: "Paper chain: The story of SAPPI". Capítulo 5. 32 pp. (1987)

https://cdn-s3.sappi.com/s3fs-public/slices/downloads/Paper-Chain-book-The-Story-of-Sappi-p157-188-Chapter-5-1967-1973.pdf (em Inglês)

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)

Patente: **Improved precleaning process of *Eucalyptus* kraft pulp with delignification by compressed air.** C. Zvinakevicius. Patente Brasileira BR8803960A.(1988)

https://patents.google.com/patent/BR8803960A/en?oq=BR8803960A+-+%22IMPROVED+PRECLEANING+PROCESS+OF+EUCALYPTUS+KRAFT+PULP+WIT (em Inglês)

Patente: **High yield kraft pulping.** Z.C. Prusas; C.L. Oates. United States Patent 4,869,783. 12 pp. (1989)

https://patentimages.storage.googleapis.com/28/64/7c/41583b0ccbc9fd/US4869783.pdf (em Inglês)

Livro: **Cellulose and wood: Chemistry and technology.** C. Schuerch. John Wiley & Sons Inc. 1638 pp. (1990)

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/014486179190086R?via%3Dihub (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: **Wood chemistry: Fundamentals and applications**. E. Sjöström. Elsevier Technology & Engineering Series. 293 pp. (1993)

https://books.google.com.br/books?id=NCkXBQAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false (Referência - em Inglês)

*Material de Evento**:*** **I Congresso Latino Americano de Deslignificação**. ***First Latin America Delignification Conference***. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 187 pp. (1994)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1994_Primeiro+Congresso+ABTCP+Delig.pdf (em Português ou em Inglês)

Patente: **Acid process of delignification of cellulose pulp at high temperature.** C.E.B. Foelkel; E. Ratnieks; V.M. Sacon. Patente Brasileira BR9506184A. (1995)

https://patents.google.com/patent/BR9506184A/en?oq=BR9506184A+-+Acid+process+of+delignification+of+cellulose+pulp+at+high+temperature+- (em Inglês)

Livro: **Handbook of pulping and papermaking.** C.J. Biermann. Academic Press. 796 pp. (1996)

https://archive.org/details/handbookofpulpin0002bier (em Inglês)

Livro: **Wood and cellulosic chemistry.** D.N.-S. Hon; N. Shiraishi (Editors). Marcel Dekker. CRC Press. 928 pp. (2000)

https://books.google.com.br/books?id=pKiTzbEDy1QC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false (em Inglês)

Livro: **Oxidative delignification chemistry.** D. Argyropoulos (Editor). American Chemical Society. (2001)

https://pubs.acs.org/doi/book/10.1021/bk-2001-0785 (em Inglês)

e

https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/bk-2001-0785.fw001 (Sobre o livro - 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)

Material de Curso: **Oxygen delignification.** T.J. McDonough. 2005 TAPPI Bleach Plant Operations Workshop. TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. Apresentação em PowerPoint: 27 slides. (2005)

Sugiro visitar o website www.tappi.org para verificar o livre acesso ou para a aquisição do artigo (em Inglês)

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)

Livro: **Chemical pulping. *Part 1: Fibre chemistry and technology***. P. Fardim (Editor). Paper Engineers' Association/Paperi ja Puu Oy. (2008)

https://imisrise.tappi.org/TAPPI/Products/02/FIN/0202FIN06-2B.aspx (Como adquirir - em Inglês)

e

https://www.tappi.org/content/PRESS/TOC/Finnish/VOL6Pt1_Fibre%20Chemistry_TOC.pdf (Índice – em Inglês)

Livro: **Panorama de la indústria de celulosa y papel en Ibero America 2008.** Edição M.C. Area. 1ª Edição. 568 pp. (2008) (Capítulos em Espanhol ou Português)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2008_Area_Panorama+Industria+Celulosa+Papel.pdf (Livro completo em pdf – 7 MB)

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: **Química da madeira.** A.S. Magaton. UFV - Universidade Federal de Viçosa. Apresentação em PowerPoint: 202 slides. (2009)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2009_Quimica+Madeira_A.Magaton.pdf (em Português)

Material de Curso: **Influência da matéria-prima fibrosa e do processo de fabricação (celulose e papel) na qualidade do papel.** E.S. Campos. Versão em Módulo de Apresentação. Campos Consultoria e Treinamento. 311 slides. (2010)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2010_Enfase_Materia_Prima_Fibrosa.pdf (em Português)

Livro: **Pulp bleaching today**. H.U. Süss. Walter de Gruyter. 310 pp. (2010)

https://books.google.com.br/books?id=1_VtiCiISZkC&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false (em Inglês)

Material de Curso: **Curso básico de fabricação de celulose e papel.** E.S. Campos. Apostila Revisão 01. Campos Consultoria e Treinamento. 233 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2011_Curso_Fabricacao_Celulose_Papel.pdf (em Português)

Material de Curso: **Curso básico de fabricação de celulose e papel.** E.S. Campos. Versão em Módulo de Apresentação. Campos Consultoria e Treinamento. 222 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2011_Fabricacao_Celulose_Papel.pdf (em Português)

Livro: **The bleaching of pulp**. P.W. Hart; A.W. Rudie. TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. (2012)

https://imisrise.tappi.org/TAPPI/Products/01/R/0101R331.aspx (Referência para aquisição – em Inglês)

Capítulo de Livro: **Oxygen delignification.** P.W. Hart. *In:* "The Bleaching of Pulp". TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. p.: 09 – 28. (2012)

https://www.yumpu.com/en/document/read/3402161/the-bleaching-of-pulp-5-edition-bypeter-w-hart-alan-w-tappi (em Inglês)

Livro: **Branqueamento de polpa celulósica: Da produção da polpa marrom ao produto acabado.** J.L. Colodette, F.J.B. Gomes. Editora UFV – Universidade Federal de Viçosa. 816 pp. (2015)

https://www.editoraufv.com.br/produto/branqueamento-de-polpa-celulosica/1112613 (Para aquisição – em Português)

Livro: **Next-generation pulping*. Research-Roadmap***. Agenda 2020 Technology Alliance. 53 pp. (2016)

https://www.appti.org/store/p5/Next_Generation_Pulping_Roadmap.html (em Inglês)

e

https://www.researchgate.net/publication/303749136_Next_Generation_Pulping_Agenda_2020_Research_Road_Map (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 (Livro completo em pdf - Capítulos em Espanhol, Português ou Inglês)

Capítulo de Livro: **Uma visão do futuro da indústria brasileira de celulose.** A.P. Mariano. *In:* "Panorama de la industria de celulosa y papel y materiales lignocelulósicos".. p.: 268 – 283. (2016)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_Panorama_Cap13_Visao+Futuro+Brasil.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)

Livro: **Biermann's Handbook of Pulp and Paper. Volume 1: *Raw material and pulp making.*** P. Bajpai. Elsevier Pubishing. (2018)

https://www.sciencedirect.com/book/9780128142400/biermanns-handbook-of-pulp-and-paper#book-description (em Inglês)

Livro: **Celulose**. Editora SENAI SP. (2018)

https://www.amazon.com.br/Celulose-e-Papel-ebook/dp/B01N3M4VN3 (Referência – em Português)

e

https://www.amazon.com.br/Celulose-e-Papel-ebook/dp/B01N3M4VN3 (Referência – em Português)

Patente: **Method for enhanced oxygen delignification of chemical wood pulps.** D.J. Nicholson. Solenis Technologies. United States Patent US 2019/0078258A1. 18 pp. (2019)

https://patentimages.storage.googleapis.com/d1/0f/74/69f7d07268c6d8/US20190078258A1.pdf (em Inglês)

Livro: **Cellulose science and technology: Chemistry, analysis, and applications**. T. Rosenau; A. Potthast; J. Hell (Editores). Wiley & Sons. 480 pp. (2019)

https://books.google.com.br/books?id=kmV-DwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_atb#v=onepage&q&f=false (Referência – em Inglês)

Capítulo de Livro: **Recent progress on oxygen delignification of softwood kraft pulp.** A.R.P. van Heiningen; Y. Ji, V. Jafari. *In:* "Cellulose Science and Technology: Chemistry, analysis, and applications". T. Rosenau; A. Potthast; J. Hell (Editores). Wiley & Sons. (2019)

https://www.researchgate.net/publication/329509160_Recent_Progress_on_Oxygen_Delignification_of_Softwood_Kraft_Pulp (Referência – em Inglês)

e

https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781119217619.ch4 (Referência – em Inglês)

Resenha Especial em Revista: **Revista O Papel 80 anos. Edição especial.** Revista O Papel 80(04). 132 pp. (2019)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2019_O+Papel_80+Anos.pdf (em Português)

Material de Curso por Celso Foelkel: **Madeiras para Uso Celulósico/Papeleiro: Formação, Ultraestrutura, Química e Topoquímica. *Curso Científico e Tecnológico & Coletânea sobre Química da Madeira. Um curso para consolidar conhecimentos sobre madeiras industriais.*** ***C*****.** Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 84. 645 pp. (2021)

https://www.eucalyptus.com.br/news/pt_dez2020.pdf (em Português)

Material de Curso: **The kraft pulping (and bleaching) course.** J.M. MacLeod. Website Kraftpulping.com. Acesso em 10.01.2023:

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 10.01.2023:

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 de Curso: **Introduction to kraft pulping and bleaching course.** TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. Acesso em 29.09.2022:

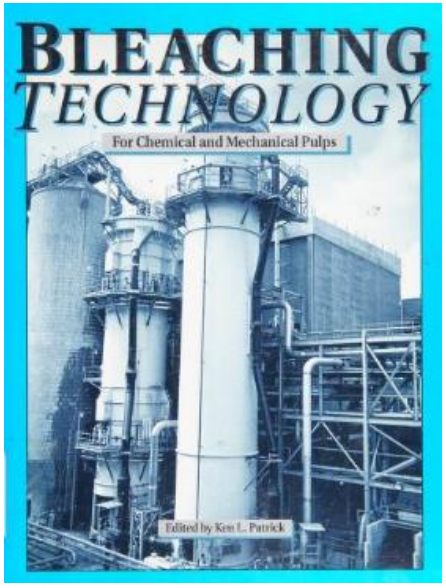
https://www.youtube.com/watch?v=I1Wvpk2b3NM (Oferta de curso virtual - em Inglês)

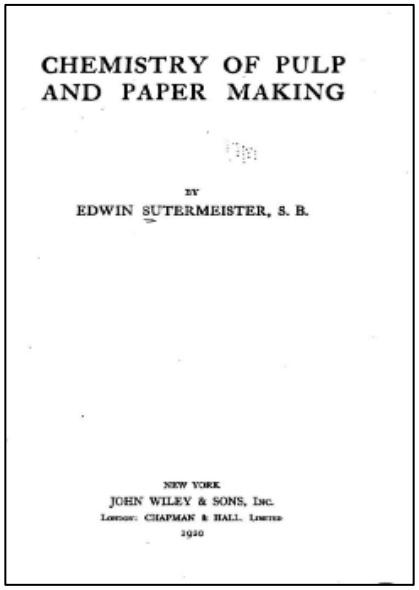
e

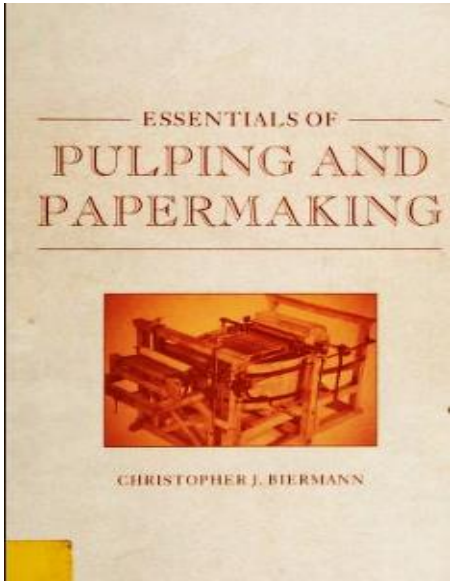
https://www.tappi.org/event/calendar/courses/introduction-to-kraft-pulping-and-bleaching-course/ (Oferta de curso presencial - em Inglês)

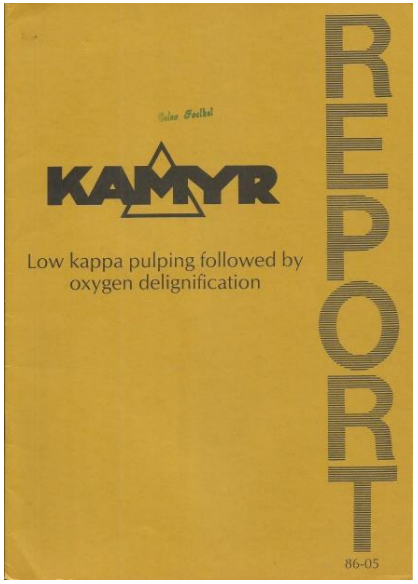
Material de Curso: **Oxygen delignification.** Convergence Training by Vector Solutions. Vídeos YouTube. Acesso em 23.12.2022:

https://www.youtube.com/watch?v=3CfITW9rMGQ (em Inglês)

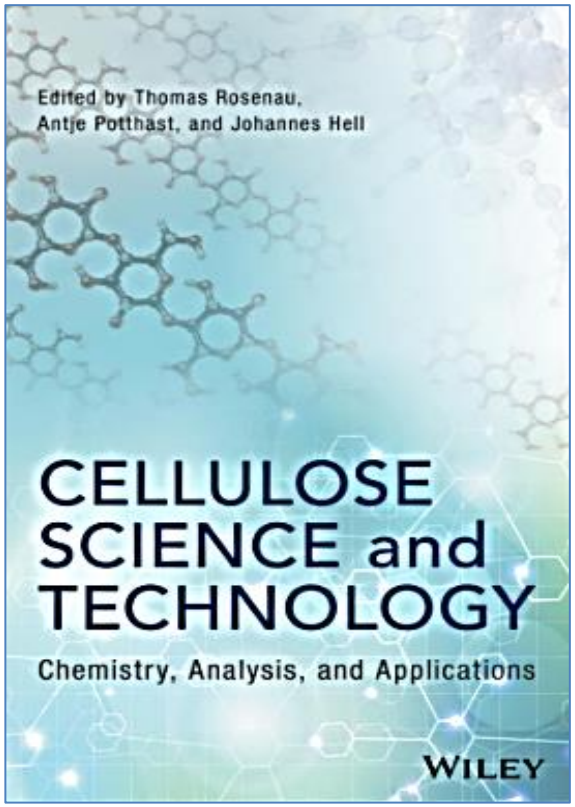


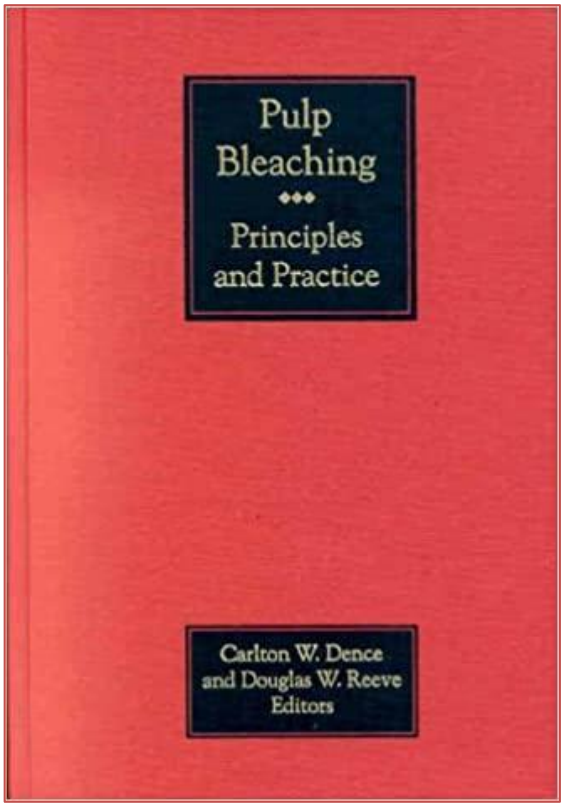




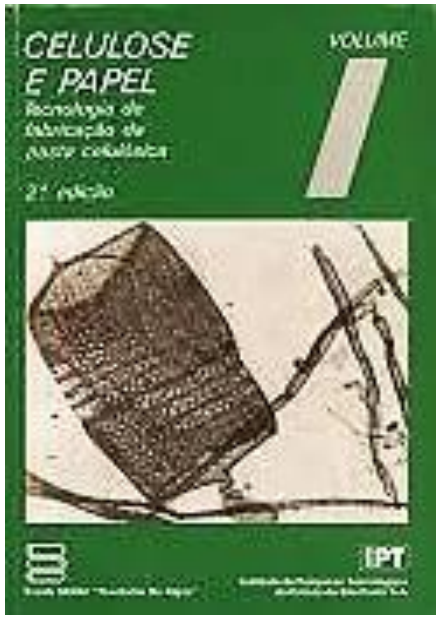


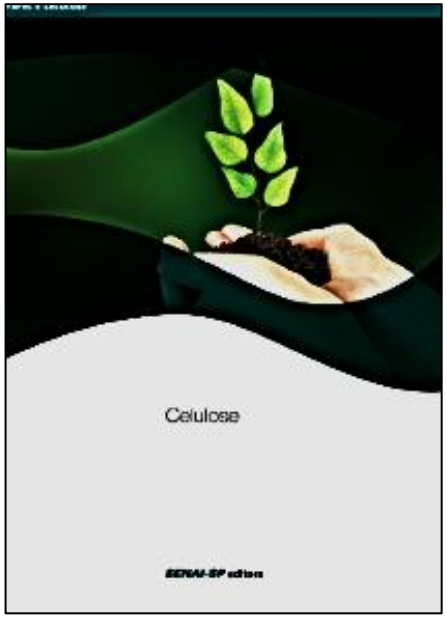
The Bleaching of Pulp
5th Edition
Peter W. Hart
Alan W. Rudie


Edited by Thomas Rosenau,
Antje Potthast, and Johannes Hell
CELLULOSE
SCIENCE and
TECHNOLOGY
Chemistry, Analysis, and Applications
WILEY


Pulp
Bleaching
Principles
and Practice
Carlton W. Dence
and Douglas W. Reeve
Editors

Grupo 2: Algumas referências de literaturas disponibilizadas sobre os "Fundamentos e Conceitos Tecnológicos associados à Deslignificação com Oxigênio das Polpas Celulósicas"





The Sapoxal bleaching process. P. Rerolle. Japan Tappi 25(10): 499 – 505. (1971)

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jtappij1955/25/10/25_10_499/_pdf (em Japonês)

Pollution abatement by oxygen bleaching of pulp. I. Croon; A. Jamieson; L. Smedman. Japan Tappi. 12 pp. (1972)

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jtappij1955/26/8/26_8_389/_pdf (em Japonês)

Branqueamento de celulose com oxigênio. L. Ivnäs. Revista O Papel (Março): 39 – 45. (1973)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1973_03_O2+Bleaching.pdf (em Português)

Alguns sistemas desenvolvidos para reduzir a poluição na indústria de celulose, principalmente o alvejamento por oxigênio. I. Croon. Revista O Papel (Outubro): 50 - 60. (1973)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1973_10_Alvejamento+Oxigenio+Menos+Poluentes.pdf (em Português)

Physico-chemical mechanisms of delignification. A.J. Kerr. Tese de Doutorado. MacGill University. 305 pp. (1974)

https://scholar.google.com.br/scholar_url?url=https://escholarship.mcgill.ca/downloads/s7526d25f&hl=pt-BR&sa=X&ei=MwZEY_mCMY30mgGborS4AQ&scisig=AAGBfm3cGcR05whCsGu2sHNpankQArnLsA&oi=scholarr (em Inglês)

Um novo conceito de planta de branqueamento. L. Smedman. Revista O Papel (Outubro): 43 – 46. (1977)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1977_10_Novo+Conceito+Branqueamento.pdf (em Português)

Branqueamento a oxigênio de celulose em baixa consistência. L. Suoninen. 10º Congresso Anual. ABCP - Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. 04 pp. (1977)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1977_Branqueamento+Oxigenio.pdf (em Português)

Estudos de laboratório e pesquisas em escala piloto de branqueamento com oxigênio a consistência média. L. Nasmam. 11º Congresso Anual. ABCP - Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. 05 pp. (1977)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1978_Branqueamento+Piloto+Oxigenio.pdf (em Português)

Oxygen pulping of hardwoods and softwoods under oxygen-rich conditions. R.D. McKelvey; G.A. Nicholls; V.J. van Drunen. IPST – Institute of Paper Science and Technology. IPST Technical Paper nº 55. 16 pp. (1978)

https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/2834/tps-055.pdf (em Inglês)

Oxygen pulping of hardwoods. J.S. Fujii; M.A. Hannah. TAPPI Journal 61(8): 37 – 40. (1978)

Sugiro visitar o website www.tappi.org para verificar o livre acesso ou para a aquisição do artigo (em Inglês)

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. ABCP – Associação Técnica Brasileira 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. ABCP – 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. ABCP – Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. 09 pp. (1980)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1980.%20Branqueamento%20com%20ar.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. ABCP – Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. 72 pp. (1981)

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

Processo de deslignificação com oxigênio para produção de celulose kraft de *Eucalyptus urophylla* de origem híbrida. A.F. Milanez. Orientação: Celso Foelkel. Dissertação de Mestrado. UFV - Universidade Federal de Viçosa. 136 pp. (1981)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufv/Augusto%20Fernandes%20Milanez.pdf (em Português)

Oxygen bleaching processes: An overview. T.J. McDonough. IPST – Institute of Paper Science and Technology. IPST Technical Paper nº 132. 10 pp. (1983)

https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/2685/tps-132.pdf (em Inglês)

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+Croon.pdf (em Português)

Blaqueo con oxigeno en pulpa kraft de pino insigne. J.P. Alarcon Letelier; R. Melo Sanhueza. 16º Congresso Anual. ABCP - Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. 11 pp. (1983)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1983_Blanqueo+Oxigeno_Pulpa+Pino.pdf (em Espanhol)

Oxygen alkali technology. P. Waern-Bugge. 16º Congresso Anual. ABCP - Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. 13 pp. (1983)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1983_Oxigen-alkali-technology.pdf (em Inglês)

Progress in polysulfide pulping and oxygen alkali delignification at M. Peterson & Son, Moss, Norway. P.J. Kleppe. 16º Congresso Anual. ABCP – Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. 13 pp. (1983)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1983_Progress+Polysulfide+Pulping.pdf (em Inglês)

Oxygen oxidative extraction: An important tool in bleaching. G.L. Bottan. 17º Congresso Anual. ABCP – Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. 12 pp. (1984)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1984_Oxygen+Extraction.pdf (em Inglês)

Avaliação comparativa do peróxido de hidrogênio e oxigênio na extração alcalina. R.M. Danilas; S. Bugajer; J.A. Cruz. 18º Congresso Anual. ABCP – Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. 13 pp. (1985)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1985_Peroxido+Versus+Oxigenio.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_Oxigenio+Eduardo+Guedes.pdf (em Português)

Oxigênio na extração alcalina. Aplicação industrial na sequência CE/OHD. O.F. Martins Neto; E. Guedes Filho. Revista O Papel (Março): 47 – 54. (1986)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1986_03_O2+Extrazao+Alcalina.pdf (em Português)

Oxygen bleaching's pace quickens: A summary of the 1987 International Oxygen Delignification Conference. T. McDonough. The Institute of Paper Chemistry. 21 pp. (1987)

https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/2411/tps-246.pdf (em Inglês)

Pré-Eo: Uma alternativa de baixo custo para a deslignificação com oxigênio. P.J.A. Cherques. 21º Congresso Anual. ABCP – Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. 18 pp. (1988)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1988_Alternativa+Pre-EO.pdf (em Português)

Desenvolvimentos recentes no processo de deslignificação. E.B. Meadows; S. Bugajer. 21º Congresso Anual. ABCP – Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. 10 pp. (1988)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1988_Desenvolvimentos+Recentes+Bugajer.pdf (em Português)

Patente: **Improved precleaning process of *Eucalyptus* kraft pulp with delignification by compressed air.** C. Zvinakevicius. Patente Brasileira BR8803960A.(1988)

https://patents.google.com/patent/BR8803960A/en?oq=BR8803960A+-+%22IMPROVED+PRECLEANING+PROCESS+OF+EUCALYPTUS+KRAFT+PULP+WIT (em Inglês)

Oxygen delignification. T.J. McDonough. IPST – Institute of Paper Science and Technology. IPST Technical Paper nº 318. 11 pp. (1989)

https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/2581/tps-318.pdf (em Inglês)

Patente: **High yield kraft pulping.** Z.C. Prusas; C.L. Oates. United States Patent 4,869,783. 12 pp. (1989)

https://patentimages.storage.googleapis.com/28/64/7c/41583b0ccbc9fd/US4869783.pdf (em Inglês)

Bleaching at SAPPI's Ngodwana mill. S.J. Raubenheimer; J. van Lutterveld; C.J. Davies. TAPPI Journal (February): 101 – 108. (1989)

https://imisrise.TAPPI.org/TAPPI/Products/89/FEB/89FEB101.aspx (em Inglês)

Efeito de aditivos na deslignificação com oxigênio de polpa kraft de eucalipto. J.L. Colodette; J.L. Gomide; J.C. Batista. 22º Congresso Anual. ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 21 pp. (1989)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1989_Efeito_Aditivos.pdf (em Português)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1990_Aditivos_Deslignificacao.pdf (Republicado na Revista O Papel: Maio, 1990 - p: 25 – 35 – em Português)

Capítulo de Livro: **Oxygen delignification. Technologies to reduce chlorinated organics in pulp manufacture.** *In:* "Technologies for Reducing Dioxin in the Manufacture of Bleached Wood Pulp. Background paper". U.S. Congress. Office of Technology Assessment. p.: 56 – 67. (1989)

https://www.google.com.br/books/edition/Technologies_for_Reducing_Dioxin_in_the/nKce6Us_Qu0C?hl=pt-BR&gbpv=1&dq=%22Technologies+for+reducing+chlorinated+organics+in+pulp+manufacture%5D%E2%80%9D&pg=PA57&printsec=frontcover (em Inglês)

Avanços em tecnologias relativas ao uso de oxigênio na produção de pasta branqueada. S. Araia; E. Guedes Filho. 23º Congresso Anual. ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 12 pp. (1990)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1990_Tecnologias_Usos+Oxigenio.pdf (em Português)

Evaluation of oxidized white liquor as an alkali source. V. Ayala; V. Magnotta; A. O'Czerny; J, Zierdt; R. Zanchin. 1990 TAPPI Pulping Conference. TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 06 pp. (1990)

Sugiro visitar o website www.tappi.org para verificar o livre acesso ou para a aquisição do artigo (em Inglês)

VPSA oxygen for oxygen delignification. C.R. Baeuerlin; G. Berndt; M.H. Kirby. 23º Congresso Anual. ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 32 pp. (1990)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1990_VPSA+Oxygen.pdf (em Inglês)

Deslignificação com oxigênio da polpa kraft de bambu. J.L. Gomide; J.L. Colodette; A.S. Campos. 23º Congresso Anual. ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 19 pp. (1990)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/ABTCP/1990_Polpa_Bambu_Deslignificada_Oxigenio.pdf (em Português)

In search of the ideal pulp mill. T.J. McDonough. IPST – Institute of Paper Science and Technology. IPST Technical Paper nº 375. 10 pp. (1991)

https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/2369/tps-375.pdf (em Inglês)

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)

Development in pulp and bleaching. R.G. Elliot. 24º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 28 pp. (1991)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1991_Pulping+Developments.pdf (em Inglês)

Kraft pulping and oxygen delignification of bamboo. J.L. Gomide; J.L. Colodette; A.S. Campos. 1991 - TAPPI Pulping Conference. TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 07 pp. (1991)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1991_Bamboo_Pulping.pdf (Uma cortesia do professor Dr. José Lívio Gomide e da TAPPI - em Inglês)

Utilização de licor branco kraft não oxidado na deslignificação com oxigênio. J.L. Colodette; J.L. Gomide; A.S. Campos. Revista O Papel (Agosto): 35 – 43. (1991)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1991_Licor_kraft_oxidado.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 com oxigênio de celulose sulfato. Qualidade das emissões e custos comparados com branqueamento convencional. K. Idner; N. Kjellberg. Revista O Papel (Setembro): 25 – 33. (1991)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1991_+09_Efeito+Poluente.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)

Planta de pré-deslignificação por oxigênio da Riocell. Um avanço tecnológico. C.A. Busnardo; R. Zanchin; P. Bergter. 25º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 24 pp. (1992)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1992_Planta+O2+Delig+Riocell.pdf (em Português)

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 – Universidade Federal de Viçosa. 120 pp. (1992)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufv/Branqueamento%20sem%20Cloro%20Molecular.pdf (em Português)

Deslignificação com oxigênio da polpa kraft de bambu. J.L. Gomide; J.L. Colodette; A.S. Campos. Revista O Papel (Fevereiro): 25 - 31. (1992)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/08-%20deslignificacao%20oxigenio%20bambu.pdf (em Português)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/ABTCP/1992_Deslignificacao_oxigenio_polpa_bambu.pdf (em Português)

TCF pulping: A chemical challenge. G. Gellerstedt. 3rd Brazilian Symposium on the Chemistry of Lignins and Other Wood Components. *In:* "PinusLetter nº 56". 07 pp. (1993)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1993_Third+Symposium+Lignins+Wood+Components_Arquivo+07.pdf (em Inglês)

Aumentando a seletividade e eficiência no branqueamento com oxigênio pelo uso do metanol. J.L. Colodette; C.B Souza; A.H. Mounteer; A.S. Campos. Revista O Papel (Abril): 26 – 36. (1993)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1993_Seletividade+Eficiencia+O2+Delig.pdf (em Português)

Deslignificación de una pasta kraft de coníferas con peróxido de hidrógeno. L. Soria. 26º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 11 pp. (1993)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1993_Deslignificacion+Peroxido+Hidrogeno.pdf (em Português)

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)

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. 21pp. (1994)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1994_Projeto_planta_TCF.pdf (Versão 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): J193 – J198. (1994)

https://p2infohouse.org/ref/29/28996.pdf (em Inglês)

Implantação de deslignificação por oxigênio na Aracruz Celulose. R. Guerón; C.P. Fraga. Revista O Papel (Março): 28 – 39. (1994)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1994_03_Oxigenio+Delig+Aracruz+Celulose.pdf (em Português)

Development of a new bleaching system based on the oxygen derived chemicals. J.L. Colodette; A.K. Ghosh; U.P. Singh; B. Dhasmana; R.P. Singh. 1994 TAPPI International Bleaching Conference. TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 14 pp. (1994)

Sugiro visitar o website www.tappi.org para verificar o livre acesso ou para a aquisição do artigo (em Inglês)

High-kappa pulping and extended oxygen delignification decreases recovery cycle load. B. Parsad; J. Gratzl; A. Kirkman; H. Jameel; T. Rost; V. Magnotta. TAPPI Journal 77(11): 135 – 147. (1994)

https://imisrise.tappi.org/TAPPI/Products/94/NOV/94NOV135.aspx (em Inglês)

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)

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)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1995_Verdadeira+Eficiencia+O2+Delig.pdf (Republicado na Revista O Papel, Novembro, 1995 – 03 pp. – em Português)

Medium consistency oxygen delignification design utilizing a two phase concept. *Part 1.* W. Miller; H. Kwon; A. Liukkonen; J. Genco. 1995 TAPPI Pulping Conference. TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 12 pp. (1995)

Sugiro visitar o website www.tappi.org para verificar o livre acesso ou para a aquisição do artigo (em Inglês)

Modern pulping and bleaching techniques applied to *Eucalyptus*. T.M. Poulin; B.F. Greenwood; R. Szopinski; K.R. Crofut. 28º Congresso Anual. ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 13 pp. (1995)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1995_Modern+Pulping+Bleaching.pdf (em Inglês)

Patente: **Acid process of delignification of cellulose pulp at high temperature**. C.E.B. Foelkel; E. Ratnieks; V.M. Sacon. Patente Brasileira BR9506184A. (1995)

https://patents.google.com/patent/BR9506184A/en?oq=BR9506184A+-+Acid+process+of+delignification+of+cellulose+pulp+at+high+temperature+- (em Inglês)

Effect of the brownstock kappa number on fiber line bleached yield. J.L. Colodette; J.L. Gomide; D.V. Sales; A.C.H. Brito. 1995 TAPPI Pulping Conference. TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 09 pp. (1995)

Sugiro visitar o website www.tappi.org para verificar o livre acesso ou para a aquisição do artigo (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)

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)

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)

Riocell simplifies O2 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)

Effects of several factors on medium consistency oxygen delignification. J.F. Iijima; H. Taneda. 1996 TAPPI International Pulp Bleaching Conference. TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 07 pp. (1996)

Sugiro visitar o website www.tappi.org para verificar o livre acesso ou para a aquisição do artigo (em Inglês)

High pressure oxygen delignification of kraft pulps. *II. Simulation*. J. Iribane; L.L. Schoroeder. 1996 TAPPI International Pulp Bleaching Conference. TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 08 pp. (1996)

https://www.researchgate.net/publication/302455469_High_Pressure_Oxygen_Delignification_of_Kraft_Pulps_II_-_Simulation (em Inglês)

Low purity oxygen for oxygen delignification. S.K. Mehlman. 1996 TAPPI International Pulp Bleaching Conference. TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 03 pp. (1996)

Sugiro visitar o website www.tappi.org para verificar o livre acesso ou para a aquisição do artigo (em Inglês)

The two stage oxygen delignification process and recent experiences. O. Pikka; A. Vilpponen; J. Vehmaa. 1996 TAPPI International Pulp Bleaching Conference. TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 09 pp. (1996)

Sugiro visitar o website www.tappi.org para verificar o livre acesso ou para a aquisição do artigo (em Inglês)

Oxygen delignification. A study of performance parameters. D. Carter; T. Johnson; D. McKenzie; K. Idner. 1996 TAPPI l Pulping Conference. TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 11 pp. (1996)

Sugiro visitar o website www.tappi.org para verificar o livre acesso ou para a aquisição do artigo (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. Revista O Papel (Fevereiro): 41 – 49. (1996)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/ABTCP/1996_Fatores_afetam_branqueabilidade_polpas.pdf (em Português)

Branqueamento com oxigênio: Fundamentos e tendências. J.L. Colodette; J.L. Gomide; A.C.H. Brito. Encontro Internacional de Branqueamento de 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)

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)

Delignification by oxygen in organic solvent water media: State-of-the-art and future development. D. Evtuguin. 29º Congresso Anual. ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 16 pp. (1996)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1996_Delignification+Oxygen+Organic+Solvents.pdf (em Inglês)

Efeito da adição de H2O2 na deslignificação com oxigênio em duplo estágio. J. Barna; D.V.C. Salles; E. Salvador; J.L. Colodette. Revista O Papel (Agosto): 57 – 67. (1997)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1997_08_Peroxido+O2+Delig.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. O Papel (Fevereiro): 33 – 43. (1997)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1997_Qualidade_madeira.pdf (em Português)

Effect of kraft pulping on oxygen delignification kinetics. J.M. Genco; W. Miller; H. Zou; B.J.W. Cole; A. Liukkonen. 1997 TAPPI Pulping Conference. TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 17 pp. (1997)

Sugiro visitar o website www.tappi.org para verificar o livre acesso ou para a aquisição do artigo (em Inglês)

High pressure oxygen delignification of kraft pulps. *Part I. Kinetics.* J. Iribane; L.L. Schoroeder. TAPPI Journal 80(10): 241 - 250. (1997)

https://www.researchgate.net/publication/287945240_High-pressure_oxygen_delignification_of_kraft_pulps_Part_I_Kinetics (em Inglês)

Performance parameters of oxygen delignification. D. Carter; D.G. McKenzie; A.P. Johnson; K. Idner. TAPPI Journal 80(10): 111 - 117. (1997)

https://www.tappi.org/publications-standards/tappi-journal/home/97/oct/performance-parameters-of-oxygen-delignification-tappi-journal-october-1997-vol.-8010/ (em Inglês)

Improved *Eucalyptus* pulp bleachability via high temperature acid treatment. E. Ratnieks; C. Foelkel; V. Sacon; M. Sauer. 1997 International Emerging Technologies Conference. 08 pp. (1997)

http://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)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1997.%20Improved%20acid%20treatment.pdf (em Inglês)

The influence of alkaline pulping conditions on the efficiency of oxygen delignification. Y.-Z. Lai; S. Luo; R. Yang. 1998 TAPPI Pulping Conference. TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 09 pp. (1998)

Sugiro visitar o website www.tappi.org para verificar o livre acesso ou para a aquisição do artigo (em Inglês)

Kinetics of oxygen delignification. S.B. Agarwall; J.M. Genco; B.J.W. Cole; W. Miler. 1998 TAPPI Pulping Conference. TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 14 pp. (1998)

Sugiro visitar o website www.tappi.org para verificar o livre acesso ou para a aquisição do artigo (em Inglês)

The ideal fibre line. J.L. Rogers. 31º Congresso Anual. 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 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)

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)

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)

Limits of oxygen delignification. C. Chirat; D. Lachenal. 1998 TAPPI Pulping Conference. TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 06 pp. (1998)

Sugiro visitar o website www.tappi.org para verificar o livre acesso ou para a aquisição do artigo (em Inglês)

Perfil de deslignificação da linha de fibras da Bahia Sul Celulose. C.A. Santos. Revista O Papel (Março): 50 – 61. (1999)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1999_Delig+Bahia+Sul.pdf (em Português)

Pulp properties influencing oxygen delignification bleachability. M. Zawdzki; A. Ragauskas. IPST – Institute of Paper Science and Technology. IPST Technical Paper nº 818. 16 pp. (1999)

https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/3135/tps-818.pdf (em Inglês)

Extended oxygen delignification for increased yield. D.A. Johnson, S. Park; L.D. Shackford; H. Kwon; J.M. Genco; D.P. Sullivan. 1999 TAPPI Pulping Conference. TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 13 pp. (1999)

Sugiro visitar o website www.tappi.org para verificar o livre acesso ou para a aquisição do artigo (em Inglês)

Extended oxygen delignification with the OxyTrac™ process. M. Bokström. 1999 TAPPI Pulping Conference. TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 08 pp. (1999)

Sugiro visitar o website www.tappi.org para verificar o livre acesso ou para a aquisição do artigo (em Inglês)

A model for predicting yield in oxygen delignification of softwood kraft pulps. T.J. McDonough; J.T. Burton; A.E. Yethon. 1999 TAPPI Pulping Conference. TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 12 pp. (1999)

Sugiro visitar o website www.tappi.org para verificar o livre acesso ou para a aquisição do artigo (em Inglês)

Avanços recentes no tratamento da polpa marrom. O. Pikka; J. Vehmaa. Revista O Papel (Julho): 38 - 47. (1999)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1999_07_Tratamentos+Polpas+Marrom.pdf (em Português)

Developments in pulping and bleaching. R. Patt; O. Kordsachia. 6th Brazilian Symposium on the Chemistry of Lignin and Other Wood Components. *In:* "PinusLetter nº 56". 10 pp. (1999)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1999_Developments+Pulping+Bleaching.pdf (em Inglês)

A comparative evaluation of low-AOX hardwood kraft pulp bleaching sequences. T. McDonough; C. Courchene; A. Ragauskas; B. Khandelwal; V. Magnotta. IPST - Institute of Paper Science and Technology. 11 pp. (1999)

http://smartech.gatech.edu/bitstream/1853/2201/1/tps-771.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 (em Inglês)

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)

Otimização da tecnologia de deslignificação com oxigênio. L. Shackford; D.P. Sullivan; J.L. Colodette. Seminário de Deslignificação. ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 16 pp. (1999)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1999_O2+Delig_Optimization.pdf (em Português)

Parâmetros de controle na deslignificação por oxigênio. A. Turqueti. Seminário de Deslignificação. ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 11 pp. (1999)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1999_Parametros_Controle+O2Delig.pdf (em Português)

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)

Emerging bleaching technologies. T.J. McDonough. 1st CIADICYP – Congreso Ibero Americano de Investigación em Celulosa y Papel. 17 pp. pp. (2000)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2000_CIADICYP_Emerging+Technologies.pdf (em Inglês)

Influence of kraft pulping on the kinetics of oxygen delignification. H. Zou; A. Liukkonen; B. Cole; J. Genco; W. Miller. Tappi Journal 83(2): 65 – 71. (2000)

https://imisrise.tappi.org/TAPPI/Products/00/FEB/00FEB65.aspx (em Inglês)

Efeito da deslignificação com oxigênio nas propriedades físico-mecânicas de polpas kraft. E. Salvador; R.C. Oliveira; J.L. Colodette; J.L. Gomide. 33º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 25 pp. (2000)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2000_33_Efeito_delignificacao.pdf (em Português)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2001_Oxigenio+Resistencias.pdf (Republicado na Revista O Papel, Fevereiro, 2001 – 22 pp. - 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. 33º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 16 pp. (2000)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2000_Pretratamentos.pdf (em Espanhol)

Extending the limits of oxygen delignification. F.S. Chakar; L. Lucia; A.J. Ragauskas. IPST – Institute of Paper Science and Technology. IPST Technical Paper nº 855. 10 pp. (2000)

https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/2131/tps-855.pdf (em Inglês)

Controlling the efficiency of oxygen delignification through selected key operational parameters: pulp mixing and metals management. R. Yang; L.A. Lucia; A.J. Ragauskas. 2001 TAPPI Pulping Conference. TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 18 pp. (2001)

Sugiro visitar o website www.tappi.org para verificar o livre acesso ou para a aquisição do artigo (em Inglês)

Effects of delignification strategies on production and quality of eucalypt kraft pulp. V. Manfredi; J.L. Gomide; C.J. Carneiro; E. Salvador; H. Fantuzzi Neto. 7th Brazilian Symposium on the Chemistry of Lignins and other Wood Components. *In:* "PinusLetter nº 56". p.: 119 - 127. (2001)

https://www.eucalyptus.com.br/VailManfredi/2001_Delignification_strategies.pdf (em Inglês)

On the improved selectivity of oxygen delignification. *Part 1. Fiber curl, crystallinity and length.* J.P.T Fiskari; T.J. McDonough; T.J. Dyer; A.J. Ragauskas; J.F. Waterhouse. 11th International Symposium on Wood and Pulping Chemistry. 06 pp. (2001)

https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/29812/tps894.pdf (em Inglês)

Effect of pH on oxygen delignification of hardwood kraft pulp. A. van Tran. Paperi ja Puu – Paper and Timber 83(5): 405 – 410. (2001)

https://www.researchgate.net/publication/290911897_Effect_of_pH_on_oxygen_delignification_of_hardwood_kraft_pulp#:~:text=The%20degree%20of%20oxygen%20delignification%20is%20highest%20at,the%20oxygen%20delignification%20increases%20from%201.6%20to%2013.5. (em Inglês)

Improved bleaching performance with reduced cost: Optimizing ECF bleaching technologies with a poor man's O. T.J. Dyer; D.C. Johnston; A.J. Ragauskas. 2001 TAPPI Pulping Conference. TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 19 pp. (2001)

https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/30194/tps919.pdf (em Inglês)

Selectivity studies of oxygen and chlorine dioxide in the pre-delignification stages of a hardwood pulp bleaching plant. M.J.M.C. Barroca; P.J.T.S. Marques; I.M. Seco; J.A.A.M. Castro. Industrial Engineering Chemistry Research 40: 5680 – 5685. (2001)

https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/10520/1/Selectivity%20Studies%20of%20Oxygen%20and%20Chlorine%20Dioxide.pdf (em Inglês)

Estratégia para aumento de rendimento na produção de polpa kraft de *Pinus* sp. – Polpação e deslignificação com oxigênio. C.R. Miranda; R. Passini; F.G. Silva Jr.; S. Menochelli. 34º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (2001)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/2001_Aumento_rendimento_polpacao.pdf (em Português)

Factors limiting oxygen delignification on kraft pulp. L.G. Akim; J.L. Colodette; D.S. Argyropoulos. Canadian Journal of Chemistry 79: 201 – 210. (2001)

https://www.researchgate.net/publication/237382433_Factors_limiting_oxygen_delignification_of_kraft_pulp (em Inglês)

Maximizing pulp yield potential of Cenibra's wood supply. A.E. Lanna; M.M. Costa; M.J. Fonseca; S.M. Fonseca; A. Mounteer; J.L. Colodette; J.L. Gomide. 7th Brazilian Symposium on the Chemistry of Lignins and Other Wood Components. *In:* "PinusLetter nº 56". 09 pp. (2001)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2001_Maximizing+Pulp+Yield+from+Wood+Cenibra.pdf (em Inglês)

Effect of pH on oxygen delignification of hardwood kraft pulp. A. van Tran. Paperi ja Puu – Paper and Timber 83(5): 405 – 410. (2001)

https://www.researchgate.net/publication/290911897_Effect_of_pH_on_oxygen_delignification_of_hardwood_kraft_pulp (em Inglês)

Influence of pulping conditions on *Eucalyptus* kraft pulp yield, quality, and bleachability. J.L. Colodette; J.L. Gomide; R. Girard; A.-S. Jääskeläinen; D.S. Argyropoulos. TAPPI Journal (March). 07 pp. (2002)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2014%20-%20pulping%20conditions%20colodette.2002.pdf (Uma cortesia do professor Dr. José Lívio Gomide e da TAPPI - em Inglês)

Effect of kraft pulping on oxygen delignification. H. Zou. Tese de Doutorado. The University of Maine. 247 pp. (2002)

https://digitalcommons.library.umaine.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1238&context=etd (em Inglês)

Pulp pretreatments for improved selectivity and extended oxygen delignification. Z. Dhang. Dissertação de Mestrado. University of Maine. 118 pp. (2002)

https://digitalcommons.library.umaine.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=1241&context=etd (em Inglês)

Comparative evaluation of oxygen delignification processes for low and high lignin content softwood kraft pulps. L.A. Lucia; A.J. Ragauskas; F.S. Chakar. IPST – Institute of Paper Science and Technology. IPST Technical Paper nº 925. 36 pp. (2002)

https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/30205/tps925.pdf (em Inglês)

Recommendations from computer modelling for improving single stage oxygen delignification systems. R. Berry; Z.-H. Jiang; M. Faubert; B. van Lierop; G. Sacciadis. 35º Congresso Internacional de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 18 pp. (2002)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2002_Otimizando+O2+Delig+Sistema+Computacional.pdf (em Inglês)

A chemical reactor analysis of industrial oxygen delignification. A. van Heiningen; D. Krothapalli; J. Genco; A. Justason. Pulp and Paper Canada 104(12): 96 – 101. (2003)

https://www.researchgate.net/publication/287001872_A_chemical_reactor_analysis_of_industrial_oxygen_delignification (em Inglês)

Investigation of the chemical basis for the inefficient lignin removal in softwood kraft pulp during oxygen delignification. S. Fu; L.A. Lucia. Industrial and Engineering Chemistry Research 42: 4269 – 4276. (2003)

https://www.academia.edu/12940541/Investigation_of_the_Chemical_Basis_for_Inefficient_Lignin_Removal_in_Softwood_Kraft_Pulp_during_Oxygen_Delignification (em Inglês)

Possibilities for increasing the effectiveness of oxygen delignification of hardwood kraft pulp. S. Nenkova; I. Valchev; G. Simeonova. Journal of Pulp and Paper Science 29(10): 324 – 327. (2003)

https://www.researchgate.net/publication/288295548_Possibilities_for_Increasing_the_Effectiveness_of_Oxygen_Delignification_of_Hardwood_Kraft_Pulp (em Inglês)

The effect of oxygen delignification on fiber properties in kraft pulp production. A review. I. Rauvanto. Lappeenranta University of Technology. 27 pp. (2003)

https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/31080/TMP.objres.62.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Inglês)

Influência da fonte de álcali em pré-branqueamento com oxigênio. F.M. Correa; J.P. Pessotti. 36º Congresso Internacional de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (2003)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2003_%20Efeito+Fonte+Alcali.pdf (em Português)

The importance of high final pH in the oxygen delignification. S. Backa; M. Ragnar. 2003 TAPPI Fall Conference. TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 07 pp. (2003)

Sugiro visitar o website www.tappi.org para verificar o livre acesso ou para a aquisição do artigo (em Inglês)

High selectivity oxygen delignification of SW and HW kraft pulps with tailored bleachability properties. Y. Pu; L. Lucia; A.J. Ragauskas. 2003 TAPPI Fall Conference. TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 10 pp. (2003)

Sugiro visitar o website www.tappi.org para verificar o livre acesso ou para a aquisição do artigo (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)

A comparison of pulping and bleaching of kraft softwood and *Eucalyptus* pulps. L.D. Shackford. 36º Congresso Internacional de Celulose e Papel. 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)

Estudo 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; E.B. Tambourgi. UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas. 111 pp. (2004)

http://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=475818 (em Português)

Extended oxygen delignification. *Part 1: Effects of multi-stage oxygen bleaching on softwood kraft pulp and residual lignin. Comparison with chlorine dioxide delignification.* N. Leroy; C. Chirat; D. Lachenal; D. Robert; R.W. Allison. Appita Journal 57(2): 137 – 140. (2004)

https://search.informit.org/doi/pdf/10.3316/informit.718542677377470 (em Inglês)

Modelagem matemática da deslignificação com oxigénio da celulose kraft de *Eucalyptus*. E.F. Costa Jr.; A.O.S. Costa; R.L.A. Caldeira; F.M Correia; J.P. Pessotti. 37º Congresso Anual de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 12 pp. (2004)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2004_Modelagem_O2+Delig.pdf (em Português)

Optimização de um duplo estágio de oxigénio na deslenhificação de pastas kraft de *Eucalyptus globulus.* T.M. Póvoas; L.G. Ferreira; C.A. Van Zeller; M.G. Carvalho. 3rd CIADICYP – Congreso Ibero Americano de Investigación em Celulosa y Papel. 07 pp. (2004)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2004_CIADICYP_Duplo+O2.pd (em Português)

Parâmetros de otimização no processo de fabricação de celulose e papel. E. Bittencourt. Dissertação de Mestrado. UFPR - Universidade Federal do Paraná. 73 pp. (2004)

https://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao/defesas/pdf_ms/2004/d392_0580-M.pdf (em Português)

Progress in bleaching to top brightness with low reversion. H.U. Suess; C. Moodley. 2004 African Pulp and Paper Week. TAPPSA – Technical Association of the Pulp and Paper Industry of South Africa. (2004)

https://www.researchgate.net/publication/290869893_Progress_in_bleaching_to_top_brightness_with_low_reversion (em Inglês)

Influência da madeira na branqueabilidade e estabilidade da alvura de polpas kraft de eucalipto. R.L. Oliveira. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 106 pp. (2004)

https://www.poscienciaflorestal.ufv.br/wp-content/uploads/2020/07/Romildo-Lopes-de-Oliveira.pdf (em Português)

The two-stage oxygen delignificationof hardwood kraft pulp. A. van Tran. Appita Journal 57(6): 440 - 443. (2004)

https://search.informit.org/doi/epdf/10.3316/informit.643265473960004 (em Inglês)

Improving the efficiency of a two-stage oxygen delignification system. J. Fiskari. 2004 TAPPI Fall Conference. TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry 04 pp. (2004)

https://www.researchgate.net/publication/306181917_Improving_the_efficiency_of_a_two-stage_oxygen_delignification_system (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)

Estudo das causas de reversão de alvura de polpas kraft de eucalipto. K.M.M. Eiras; J.L. Colodette; A.M.M.L. Carvalho. Revista Cerne 11(4): 354 – 368. (2005)

http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/18146/Cerne_v11_n4_p354-368_2005.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Português)

High selectivity oxygen delignification. L. Amerigo-Lucia; A.J. Ragauskas. IPST – Institute of Paper Science and Technology. 159 pp. (2005)

https://www.researchgate.net/publication/236356560_High_Selectivity_Oxygen_Delignification (em Inglês)

e

https://www.osti.gov/servlets/purl/859934 https://www.osti.gov/servlets/purl/859934

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)

http://www.eucalyptus.com.br/icep02/jorge_colodette.pdf (em Inglês)

Optimal conditions for bleaching *Eucalyptus* kraft pulp with three stage sequence. A.F. Milanez; J.L. Colodette. 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)

Modelling oxygen delignification in pulp processing operations. J. Susilo. Dissertação de Mestrado. The University of British Columbia. 178 pp. (2005)

https://open.library.ubc.ca/media/stream/pdf/831/1.0058861/1 (em Inglês)

Estudos de selectividade da deslenhificação com oxigénio de pastas kraft de *Eucalyptus globulus*. T.M. Póvoas; C.V. Van Zeller; L.M.A. Ferreira; M.G.V.S. Carvalho. 19º Encontro Nacional TECNICELPA. 10 pp. (2005)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/35_seletividade%20oxigenio.pdf (em Português)

Capítulo de livro: **Oxygen delignification. Options for environmentally benign bleaching**. P. Bajpai. *In:* "Environmentally benign approaches for pulp bleaching". p.: 23 – 52. (2005)

http://196.190.117.157:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/36661/212.P.%20Bajpai.pdf?sequence=1 (em Inglês)

A modern ECF fiberline for the production of bleached *Eucalyptus* pulp. J. Reyes; F. Valdebenito; T.M. Poulin. 2nd ICEP – International *Coloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 09 pp. (2005)

https://www.eucalyptus.com.br/icep02/reyes_valdebenito_poulin.pdf (em Inglês)

Boostinq oxygen delìgnification of Brazílian eucalypt kraft pulp. Means and limitations. S. Backa; M. Ragnar. 38º Congresso Anual de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (2005)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2005_Boosting_Oxygen_Delignification.pdf (em Inglês)

Modelo multivariado para deslignificação com oxigênio. L.S. de Caux; L.C. Souza; E.C. do Bem; M.F. Silveira. 38º Congresso Anual de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 12 pp. (2005)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2005_Modelo+Multivariado_O2+Delig.pdf (em Português)

Variação da temperatura e da carga de álcali durante a deslignificação com oxigênio em uma seqüência de branqueamento Oa/(Ze)DP. M.S. Rabelo; J.L. Colodette; V.M. Sacon; M.R. Silva. 39º Congresso Anual de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 12 pp. (2006)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2006_Efeito_Temperatura+Carga+Alcali.pdf (em Português)

Blanqueo de celulosa. Avances en el blanqueo de pulpa kraft de eucaliptos. J.L. Colodette; C.M. Gomes; M. Rabelo; K.M.M. Eiras. Revista Celulosa y Papel. ATCP Chile 22(3): 04 - 11. (2006)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2006_22+3_Avances+O2+Delig.pdf (em Espanhol)

O efeito do número kappa do digestor na capacidade de branqueamento e rendimento de celulose de fibra longa EMCC™. (*The effect of digester kappa number on the bleachability and yield of EMCC™ 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)

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)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2004.pdf (em Português)

A comparative evaluation of hardwood kraft pulp bleaching sequences. A. Ragauskas; C. Courchene; B. Khandelwal; V. Magnotta; T. McDonough; A. Shaket. Institute of Paper Science and Technology. Apresentação em Powerpoint: 33 slides. (2006)

http://biorefinery.utk.edu/technical_reviews/HW%20ECF%20Bleaching.pdf (em Inglês)

El uso del peróxido de hidrógeno como primera etapa de blanqueo de una pasta kraft de *Eucalyptus globulus*. L. Soria-Leonardo Ferrer. 4th CIADICYP - Congreso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel. 07 pp. (2006)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2006_CIADICYP_Uso+Peroxido.pdf (em Espanhol)

Understanding factors contributing to low oxygen delignification of hardwood kraft pulps. S.-J. Shin; L.R. Schroeder; Y.-Z. Lai. Journal of Wood Chemistry and Technology 26: 05 – 20. (2006)

https://www.researchgate.net/publication/277466270_Understanding_Factors_Contributing_to_Low_Oxygen_Delignification_of_Hardwood_Kraft_Pulps (em Inglês)

Oxygen delignification of high-kappa number pine kraft pulp. D. Danielewicz; B. Surma-Slusarska. Fibers and Textiles in Eastern Europe 14(2): 89 - 93. (2006)

http://www.fibtex.lodz.pl/56_23_89.pdf (em Inglês)

Extended oxygen delignification of pine kraft pulp. D. Danielewicz; B. Surma-Slusarska. Fibers and Textiles in Eastern Europe 14(4): 95 – 101. (2006)

http://www.fibtex.lodz.pl/58_23_95.pdf (em Inglês)

Improving the economics of *Eucalyptus* kraft pulp ECF bleaching. J.L. Colodette; J.L. Gomide; D. Longue Júnior; C.M. Gomes. 2006 China Paper Conference. 06 pp. (2006)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2006_ECF_Bleaching_China.pdf (em Inglês)

Branqueamento de polpa kraft de eucalipto: Nível atual das técnicas e novos desenvolvimentos. (*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.F. Gomes; K.M. Oliveira. Revista O Papel (Setembro): 88 – 111. (2006)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2003.pdf (em Português e em Inglês)

Desenvolvimento de modelos matemáticos para uma planta de deslignificação de polpa celulósica com oxigênio. B.R. Rubini. Dissertação de Mestrado. UFPR – Universidade Federal do Paraná. 152 pp. (2006)

https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/6197/Disserta%c3%a7%c3%a3o%20final.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Português)

Environmentally friendly *Eucalyptus* pulp production in South America. C. Foelkel. TAPPI *Eucalyptus* Tutorial. 2006 TAPPI EPE – Engineering, Pulping & Environmental Conference. Apresentação em PowerPoint: 27 slides. (2006)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/TAPPI%20Eucalyptus%20Tutorial%20%20Environmental%20Performances.pdf (em Inglês)

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)

Modern fiberlines in Latin America. C. Foelkel. TAPPI *Eucalyptus* Tutorial Seminar. 2006 TAPPI EPE – Engineering, Pulping & Environmental Conference. Apresentação em PowerPoint: 22 slides. (2006)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/Modern%20fiberlines%20in%20Latin%20America.pdf (em Inglês)

Tecnologias avançadas para pré-branqueamento de polpa kraft de eucalipto. M.S. Rabelo. Tese de Doutorado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 277 pp. (2006)

https://www.poscienciaflorestal.ufv.br/wp-content/uploads/2020/07/Marcos-Sousa-Rabelo.pdf (em Português)

The effect of wood supply and bleaching process on pulp bleaching stability. R.L. Oliveira; J.L. Colodette; K.M.M. Eiras; G. Ventorim. Revista Árvore 30(3): 439 – 450. (2006)

https://www.scielo.br/j/rarv/a/qqJV6j8CSRx5jrBSngmMrkv/ (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.M. Gomes. 4th 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)

Effect of pulp delignification degree and bleaching process on an *Eucalyptus* fiber line performance and economics. J.L. Colodette; J. Tucker; R. Phillips; H. Jameel; J.L. Gomide. 2007 TAPPI EPE - Engineering, Pulping and Environmental Conference. TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 13 pp. + 36 slides. (2007)

https://www.researchgate.net/publication/293087506_Effect_of_pulp_delignification_degree_and_bleaching_process_on_an_eucalyptus_fiber_line_performance_and_economics (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/BioRes_02/BioRes_02_2_223_234_Colodette_GJP_PulpDelignificationDegree_Bleaching.pdf (em Inglês)

Kinetics and mechanism of oxygen delignification. Y. Ji. Tese de Doutorado. University of Maine. 220. Pp. (2007)

https://digitalcommons.library.umaine.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1226&context=etd (em Inglês)

Use of oxygen in the delignification and bleaching of pulps. A. Rodríguez; L. Jiménez; J.L. Ferrer. Appita Journal 60(1): 17 – 22. (2007)

https://www.researchgate.net/publication/244993848_Use_of_oxygen_in_the_delignification_and_bleaching_of_pulps

Contribuição de estruturas oxidáveis de origem diversa para o número kappa e alvura da polpa kraft de *Eucalyptus globulus*. (*Contribution of stable oxidable structures of different origins 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)

The true importance of oxygen delignification for *Eucalyptus* kraft pulps. J.L. Colodette; D. Longue Júnior; C. Pedrazzi; L.C. Colodete; J.L. Gomide; C.M. Gomes. 3rd ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 11 pp. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/10_Colodette_Langue_Pedrazzi_Colodete_Gomide_Gomes.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 em PowerPoint: 58 slides – em Inglês)

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)

Advances in the kraft chemical recovery process. H. Tran; E.K. Vakkilainnen. 3rd ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 07 pp. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/200Tran.text.pdf.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)

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. *Uma Visão de Celso Foelkel*. 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. *A Celso Foelkel's viewpoint.* 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)

Procesos de blanqueo a base de oxígeno aplicados a pulpa obtenida del cartón corrugado reciclado (OCC). J.J. Rivera; J. Anzaldo; B. Becerra; J. Ramos; R. Sanjuán; J.L. Colodette. 5th CIADICYP – Congreso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel. 11 pp. (2008)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2008_CIADICYP_Branqueamento+Polpa+OCC.pdf (em Espanhol)

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. *Scientia Forestalis* 36(78): 105 – 113. (2008)

https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr78/cap02.pdf (em Português)

Estudos em deslignificação de polpas kraft de *Pinus* spp com oxigênio e peróxido. I. Venson. Tese de Doutorado. UFPR – Universidade Federal do Paraná. 136 pp. (2008)

http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/4991/Tese_Ivan-Venson.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Português)

Impacto da implementação de um segundo estágio no desempenho da deslignificação com oxigênio. (*Impact of a second stage implementation on oxygen delignification performance*). A.F. Milanez; M.A.B. Azevedo; J.L. Colodette. Revista O Papel (Junho): 47 - 68. (2008)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2008_Duplo+Estagio+Oxigenio.pdf (em Português e em Inglês)

***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.F. Gomes; K.M. Oliveira. TAPPI Journal (February): 18A – 18M. (2008)

https://imisrise.tappi.org/download.aspx?key=08FEB18 (em Inglês)

Novos equipamentos e conceitos MC™ na linha de fibras para melhoria da eficiência do processo. (***New MC™ equipment and concepts for the fiberline to improve process efficiency***). O. Pikka; K. Peltonen; L. Michal. Revista O Papel (Fevereiro): 37 – 48. (2009)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2009_Novos+Conceitos+Linhas+Fibras.pdf (em Português e em Inglês)

Modelagem e simulação do processo industrial de deslignificação com oxigênio e de branqueamento ECF de polpa celulósica. V. Vianna. Dissertação de Mestrado. UFPR – Universidade Federal do Paraná. 168 pp. (2009)

https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/24329/Dissertacao%20Viridiane%20Vianna%20PPGEQ%20UFPR%202009.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Português)

Avaliação das pesquisas e inovações tecnológicas ocorridas na silvicultura e produção industrial de celulose no Brasil. A.E.S. Montebello; C.J.C. Bacha. Revista de Economia e Sociologia Rural 47(2). 33 pp. (2009)

https://www.scielo.br/j/resr/a/vnGDYYx3fvMKZF8rNxJzqJf/?format=pdf&lang=pt (em Português)

Improving bleached kraft pulp production via integrated kraft pulping and O-delignification technologies. A. Ragauskas. IPST – Institute of Paper Science and Technology. U.S. Department of Energy. Apresentação em PowerPoint: 23 slides. (2000)

http://biorefinery.utk.edu/posters/Oxygen%20Delig_handout.pdf (em Inglês)

Alternative technique for evaluating yield loss in modern bleach plants. D. Longue Júnior; J.L. Colodette; M.F. Andrade. Revista Cerne 15(4): 398 – 406. (2009)

http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/15955/Cerne_v15_n4_p398-406_2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Inglês)

Efeito dos sólidos dissolvidos da madeira no desempenho do processo kraft. D. Longue Júnior; J.L. Colodette; F.J.B. Gomes; M.F. Andrade. *Scientia Forestalis* 37(84): 405 – 413. (2009)

https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr84/cap08.pdf (em Português)

Avaliação das condições ideais de operação e do efeito da dosagem de sulfato de magnésio na deslignificação com oxigênio. F.J.B. Gomes; B.M. Barbosa; J.L. Colodette; S.H.M. Savaaedra; J.L. Nascimento. 43º Congresso Anual de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (2010)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2010_Condizoes_Ideais.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)

Avaliação do efeito da temperatura na deslignificação com oxigênio nas propriedades do papel. F.A. Pereira. Trabalho de Conclusão de Curso. UNESP – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". 108 pp. (2010)

https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/120496/pereira_fa_tcc_itap.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Português)

Chemical balances of a modern *Eucalyptus* bleached kraft pulp mill. M.J. Pekkanen. 6th CIADICYP – Congreso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel. 06 pp. (2010)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2010_CIADICYP_Chemical+Balances.pdf (em Espanhol)

Delignification with oxygen and peracids of pulp obtained of liner paper from old corrugated container (OCC). C. Barreto Ríos; J.J. Rivera Prado; J.A. Hernández; J. Ramos Quirarte; J. Rutiaga Quiñonez; R. Sanjuán Dueñas. 6th CIADICYP – Congreso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel. 05 pp. (2010)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2010_CIADICYP_Delignification+Oxygen.pdf (em Inglês)

Aperfeiçoamento da sequência O/OD(EP)DP para branqueamento de 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)

Efeito da adição da antraquinona na pré-deslignificação com oxigênio no branqueamento e na qualidade da polpa kraft de eucalipto. M.P. Silva. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 85 pp. (2010)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/5935/1/texto%20completo.pdf (em Português)

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/?lang=pt (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)

Avaliação da branqueabilidade de polpas kraft pré-O2 de eucalipto. D.D.S. Brito. Trabalho de Conclusão de Curso. UFRB - Universidade Federal do Recôncavo Baiano. 54 pp. (2010)

http://repositorioexterno.app.ufrb.edu.br/bitstream/123456789/846/1/TCC%20Daiane%20Deyseda%20Silva%20Brito.pdf (em Português)

Otimização do processo de deslignificação com oxigênio. (*Optimizing the oxygen delignification process*). F.H. Mine; L.S. Figueiredo; R.A. Teixeira. Revista O Papel (Dezembro): 51 – 64. (2010)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2010_Otimizazao+Etapa+Oxigenio.pdf (em Português e 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)

Factors affecting brightness reversion of hardwood kraft pulps. V.L. Silva; A.G. Lino; R.A. Ribeiro; J.L. Colodette; A. Forsström; E. Wackerberg. BioResources 6(4): 4801 – 4814. (2011)

https://jtatm.textiles.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/BioRes_06_4_4801_Silva_LRCFW_Factors_Brightness_Reversion_HW_Kraft/1233 (em Inglês)

Upscaling TCF bleaching of *Eucalyptus globulus* pulp using an enzyme-catalyzed oxygen delignification stage. A. Burnet; V. Meyer; A.T. Martínez; A. Gutiérrez; L. Kalum; H. Lund; J. Romero; M. Petit-Conil. 5th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 08 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/17_Upscaling_TCF_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)

Branqueamento de polpa de eucalipto com sequências curtas. F.R. Milagres; J.L. Colodette; M.S. Rabelo; D.M. Carvalho. Ciência Florestal 21(1): 159 – 166. (2011)

https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/2758/1684 (em Português)

e

http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/10326/Ci%c3%aancia_Florestal_v21_n1_p159-166_2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Português)

Kraft pulping of *Eucalyptus* to the optimum technical and economical level. J.L. Gomide; J.L. Colodette; D.P. Almeida. 5th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 10 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/21_Eucalyptus_kraft_pulping.pdf (em Inglês)

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 professor Dr. Jorge Luiz Colodette e da TAPPI - 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)

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)

Estudo para otimização da deslignificação com oxigênio e branqueamento ECF da polpa kraft de *Eucalyptus sp.* L.S. de Caux; W.M. Souza; M.J.O. Fonseca; S.C. Amorim; C.C.J. Guimarães. 44º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 11 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2011_Otimizazao+O2+Branqueamento_CNB.pdf (em Português)

Estratégias de internalização da gestão ambiental: O caso da gestão hídrica na etapa industrial da produção na Companhia Suzano de Papel e Celulose. P.A. Oliveira. Dissertação de Mestrado. USP – Universidade de São Paulo. 112 pp. (2011)

https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/90/90131/tde-05082011-115321/publico/Patricia_A_0liveira.pdf (em Português)

Tecnologias e processos de produção industrial de celulose. BRACELPA – Associação Brasileira de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 28 slides. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2011_Processo+Fabricar+Celulose+Bracelpa.pdf (em Português)

Segmento brasileiro de polpa celulósica: Evolução, competitividade e inovação. I.M.B. Gomes. Tese de Doutorado. ESALQ – USP – Universidade de São Paulo. 156 pp. (2011)

https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-12092011-164326/publico/Isabel_Menezes_de_Bulhoes_Gomes.pdf (em Português)

Deslignificação com oxigênio em dois estágios em polpa kraft de alto rendimento. G.S. Cardoso; I. Venson; G.I.B. Muniz; U. Klock. 7th CIADICYP – Congreso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel. 07 pp. (2012)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2012_CIADICYP_O2+Dois+Estagios.pdf (em Português)

Efeito das variáveis do processo de polpação kraft na deslignificação com oxigênio. G. Ventorim; J.S. Comelato; I.R. Santos; J.C. Caraschi. 7th CIADICYP – Congreso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel. 06 pp. (2012)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2012_Efeito+Variaveis+Polpazao.pdf (em Português)

Experiences in kraft ECF pulp bleaching: The development and use of techno economic models to optimize cost, performance, and justify capital expenditures – An analysis and review of the literature. P.W. Hart; R.B. Santos. TAPPI Journal 12(10): 19- 29.(2013)

https://www.researchgate.net/publication/271919661_Experiences_in_Kraft_ECF_Pulp_Bleaching_The_Development_and_Use_of_Techno_Economic_Models_to_Optimize_Cost_Performance_and_Justify_Capital_Expenditures_-_An_Analysis_and_Review_of_the_Literature (em Inglês)

Capítulo de Livro: **Oxygen delignification.** P.W. Hart. *In:* "The Bleaching of Pulp". TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. p.: 09 – 28. (2012)

https://www.yumpu.com/en/document/read/3402161/the-bleaching-of-pulp-5-edition-bypeter-w-hart-alan-w-tappi (em Inglês)

Advanced technologies for bleached *Eucalyptus* pulp production: From wood to product. J.L. Colodette; J.L. Gomide; A. Magaton. VIII Simposio Internacional de la Industria de la Celulosa y Papel. CORMA-Chile. Apresentação em PowerPoint: 57 slides. (2012)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2012_Wood_quality_Chile.pdf (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. 7th CIADICYP – Congreso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel. 13 pp. (2012)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2012_Estado+da+Arte+Branqueamento.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 Grau Celsius. 12 pp. (2013)

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

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)

Evaluation of bleachability on pine and eucalyptus kraft pulps. M.F. Andrade; J.L. Colodette; F.N. Oliveira. Revista Cerne 19(3): 433 – 439. (2013)

https://www.scielo.br/j/cerne/a/v3kmvC6xSMGNyVjwdMvwScc/ (em Inglês)

Efeito do DQO da polpa marrom na eficiência dos processos de deslignificação com oxigênio. A.E.S. Bosquê Júnior; A. Bassa; J.L. Colodette. 46º Congresso Anual Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel.07 pp. (2013)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2013_Carry-Over_DQO_O2+Delig.pdf (em Português)

Avaliação da deslignificação com oxigênio utilizando residual da planta química do dióxido de cloro do licor branco oxidado. R. Santos. Dissertação de Mestrado. UNESP – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". 109 pp. (2013)

https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/94389/santos_r_me_guara.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Português)

Aspectos gerais do processo de pré-branqueamento de celulose. C. Favero; O.S. Pinheiro; A.O.S. Costa; E.F. Costa Júnior. Enciclopédia Biosfera 10(18): 3696 – 3711. (2014)

https://www.conhecer.org.br/enciclop/2014a/ENGENHARIAS/aspectos%20gerais.pdf (em Português)

Deslignificação com oxigênio para polpa kraft com alto número kappa. E.A. Bonfatti Júnior. Dissertação de Mestrado. USP – Universidade de São Paulo. 116 pp. (2014)

https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-30042014-154223/publico/Eraldo_Antonio_Bonfatti_Junior_versao_revisada.pdf (em Português)

Enhancing yield though high-kappa pulping. P.W. Hart. TAPPI Journal 13(10): 33 – 35. (2014)

https://www.researchgate.net/profile/Peter-Hart-2/publication/267453042_Enhancing_Yield_Through_High_Kappa_Pulping/links/54cf98a20cf24601c0947516/Enhancing-Yield-Through-High-Kappa-Pulping.pdf (em Inglês)

Avaliação de tecnologias para pré- e pós-branqueamento visando a produção de polpa branqueada (ECF-Ligth) de *Eucalyptus urograndis*. L.S de Caux; L.C. Dalvi; S.A. Amorim. Revista O Papel 75(12): 50 – 77. (2014)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2014_Pos+Pre+Branqueamento+ECF.pdf (em Português)

Estabilidade na deslignificação com oxigênio com auxílio de controle multivariável. A.R. Giacomim. Revista O Papel 76(12): 83 – 89. (2015)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015_Estabilidade+O2+Delig.pdf (em Português)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015_Controle+Estabilidade_O2+Delig_PPT.pdf (Apresentação no 48º Congresso Anual ABTCP, 2015 – Apresentação em PowerPoint: 21 slides – em Português)

Influência dos parâmetros de cozimento na seletividade da deslignificação em um processo kraft industrial. A.E.S. Bosquê Júnior; A. Bassa. 48º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 09 pp. (2015)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015_Seletividade+Parametros+Polpazao.pdf (em Português)

New developments in pulping technology. M.A. Andrade; O. Pikka. 7th ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. (2015)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/11.1.Olavi+Pikka.SLIDES.pdf (Apresentação em PowerPoint: 61 slides - em Inglês)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/11.1.Olavi+Pikka.MANUSCRIPT.pdf (Texto: 13 pp. – em Inglês)

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/ (em Português)

Capítulo de livro: **Oxygen delignification. Minimum impact mill technologies**. P. Bajpai. *In:* "Green Chemistry and Sustainability in Pulp and Paper Industry". p.: 87 - 95. (2015)

https://books.google.com.br/books?id=WbT-CQAAQBAJ&pg=PA201&lpg=PA201&dq=%22Advances+in+oxygen+Bleaching%22+%22Demonstration+of+Its+Feasibility+and+Scope+%E2%80%9D&source=bl&ots=JS8iAgxcOs&sig=ACfU3U3Rg_fbrWC1jj1svRPkVLbkwZ864g&hl=pt-BR&sa=X&ved=2ahUKEwiiq-Sm1pT8AhU0jZUCHWboBDQQ6AF6BAgUEAM#v=onepage&q=%22Advances%20in%20oxygen%20Bleaching%22%20%22Demonstration%20of%20Its%20Feasibility%20and%20Scope%20%E2%80%9D&f=false (em Inglês)

How Brazilian pulp mills will look like in the future. A.P. Mariano. Revista O Papel 76(06): 55 – 61. (2015)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/2015_Brazilian+Pulp+Mills.pdf (em Inglês)

Changing the face of short fiber – A review of the *Eucalyptus* revolution. P.W. Hart; R.B. Santos. TAPPI Journal 14(06): 353 – 359. (2015)

https://www.researchgate.net/publication/279532977_Changing_the_face_of_short_fiber_-_A_review_of_the_eucalyptus_revolution (em Inglês)

Delignification and cellulose degradation kinetics models for high lignin content softwood kraft pulp during flow-through oxygen delignification. V. Jafari; K. Nieminen; H. Sixta; A. van Heiningen. Cellulose 22(3): 2055 – 2066. (2015)

https://www.researchgate.net/profile/Vahid-Jafari-5/publication/276145532_Delignification_and_cellulose_degradation_kinetics_models_for_high_lignin_content_softwood_Kraft_pulp_during_flow-through_oxygen_delignification/links/55514ccc08ae739bdb92161c/Delignification-and-cellulose-degradation-kinetics-models-for-high-lignin-content-softwood-Kraft-pulp-during-flow-through-oxygen-delignification.pdf (em Inglês)

Improved usage of wood raw material through modification of the kraft process. D. Tavas. Trabalho de Conclusão de Curso. KTH – The Royal Institute of Technology. 84 pp. (2015)

http://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:813354/FULLTEXT01.pdf (em Inglês)

The effect of kraft pulping temperature and alkalinity on *Eucalyptus* ECF bleaching. G. Ventorim; J.S.C. Fávaro; T.C. Frigieri. Cellulose Chemistry and Technology 50(9-10): 1025 – 1033. (2016)

https://www.cellulosechemtechnol.ro/pdf/CCT9-10(2016)/p.1025-1033.pdf (em Inglês)

Relato 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)

Using white liquor as the alkali source in oxygen delignification. T. Mullen. TAPPI Journal 15(9): 609 – 618. (2016)

https://www.tappi.org/content/enewsletters/tj/Bestof/16SEP609.pdf (em Inglês)

Effect of shortening kraft pulping integrated with extended oxygen delignification on biorefinery process performance of *Eucalyptus.* J. Li; C. Zhang; H. Hu; X.-S. Chai. BioResource Technology 202: 119 – 124. (2016)

https://daneshyari.com/article/preview/679308.pdf (em Inglês)

Capítulo de Livro: **Uma visão do futuro da indústria brasileira de celulose.** A.P. Mariano. *In:* "Panorama de la industria de celulosa y papel y materiales lignocelulósicos". p.: 268 – 283. (2016)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_Panorama_Cap13_Visao+Futuro+Brasil.pdf (em Português)

Residual acid effect on oxygen delignification. R. Santos; G. Ventorim; J.C. Caraschi. Revista O Papel 77(06): 71 – 76. (2016)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_Effect+Use+Residual+Acid.pdf (em Inglês)

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)

Avaliação do efeito da temperatura na deslignificação com oxigênio sobre as propriedades do papel. R. Santos; F.A. Pereira; J.C. Caraschi; G. Ventorim. 50º Congresso Internacional de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 06 pp. (2017)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2017_Efeito_Temperatura_O2+Delig.pdf (em Português)

Processos de polpação química. Futuro da indústria de celulose. O. Mambrim Filho; A.R. Souza; A.E.S. Bosquê Júnior. 50º Congresso Internacional de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 27 slides. (2017)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2017_Processos+Polpazao+Futuros.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)

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. 50º Congresso Internacional de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. (2017)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2017_Condizoes+Cozimento+Branqueabilidade.pdf (Texto: 10 pp - em Português)
e
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2017_Condizoes+Cozimento+Bleaching.pdf (Apresentação em PowerPoint: 10 slides – em Português)
e
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2018_Influencia+Cozimento+Branqueabilidade.pdf (Republicado na Revista O Papel, Abril, 2018 – 04 pp. – em Português)

Efeito do tempo durante a polpação kraft na deslignificação com oxigênio e no branqueamento. C.R. Rodrigues; R. Santos; G. Ventorim. 50º Congresso Internacional de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (2017)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2017_Tempo+Cozimento.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)

Pollution reduction from pulp bleaching effluents by process change. S. Kumar; N.K. Bhardwaj; P. Kumar. Journal of Indian Pulp and Paper Technical Association 29(E2):.10 – 11. (2017)

https://ippta.co/wp-content/uploads/2021/01/2017_Issue_2_IPPTA_Article_03.pdf (em Inglês)

The effects of temperature, alkali charge and additives in the oxygen delignification in high kappa number *Eucalyptus* pulp kraft. E.A. Bonfatti Júnior; F.G. Silva Júnior. *Scientia Forestalis* 46(118): 217 – 227. (2018)

https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr118/cap08.pdf (em Inglês)

Simulation of an oxygen delignification reactor in the kraft pulp production process. D.M. Lara; J.L. Maeiski; I. Neitzel. 2018 Comsol Conference (Boston). (2018)

https://pdfs.semanticscholar.org/1523/f02c6294cfee881f7532e97e1c5584987791.pdf (Apresentação em PowerPoint: 30 slides – em Inglês)

e

https://cn.comsol.com/paper/download/564442/lara_paper.pdf (Texto: 05 pp. – em Inglês)

Current status and new trends in the production of *Eucalyptus* kraft pulp. J.L. Colodette. F.J.B. Gomes; J. Oliveira; A. Ribeiro; D.C. Martino; O. Noriega. XV Simposio de la Industria de la Celulosa y el Papel. CORMA-Chile. Apresentação em PowerPoint: 54 slides. (2018)

https://docplayer.net/181296824-Current-status-and-new-trends-in-the-production-of-eucalyptus-kraft-pulp.html (em Inglês)

The state and role of gas dispersion in the oxygen delignification process. J. Käyhkö; H. Mutikainen; K. Peltonen; R. Kopra; M.Hakala; M. Honkanen. 10th CIADICYP – Congreso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel. 51º Congresso Anual Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. (2018)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2018_CIADICYP_Gas+Dispersion.pdf (Texto: 10 pp. - em Inglês)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2018_Gas_Dispersion_O2+Delig_PPT.pdf (Apresentação em PowerPoint: 20 slides – em Inglês)

Utilização de valores online de *shives* em controles avançados no branqueamento. F.B. Mattiazzo; E.J. Cardoso; A.O. Santos; L.R. Pimenta; L.F. Soares; A.L. Kakehasi; D. Scigo. 10th CIADICYP – Congreso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel. 51º Congresso Anual Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. (2018)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2018_Shives+Control+Bleachingline.pdf (Texto: 09 pp. - em Português)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2018_Shives+Control+Bleachingline_PPT.pdf (Apresentação em PowerPoint: 21 slides – em Português)

Modelagem e simulação de um reator de deslignificação com oxigênio. J.L. Maeiski; I. Neitzel; BD.M. Lara. 3º Simpósio Paranaense de Modelagem, Simulação e Controle de Processos. 08 pp. (2018)

https://eventos.ufpr.br/simproc/simproc3/paper/viewFile/982/369 (em Português)

Análise de modelos cinéticos para a taxa de deslignificação com oxigênio no processo industrial de pré-branqueamento da polpa celulósica. B.C.M. Miguel; E.F. Costa Júnior. Revista Virtual de Química 10(5). 328 pp. (2018)

http://static.sites.sbq.org.br/rvq.sbq.org.br/pdf/v10n5a18.pdf (em Português)

Análise e modelagem do processo industrial de pré-branqueamento com oxigênio da polpa celulósica produzida pelo processo kraft. B.C.M. Miguel. Dissertação de Mestrado. UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais. 140 pp. (2018)

https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/30120/1/Disserta%c3%a7%c3%a3o%20finalizada-Bruno%20Miguel.pdf

Correlação entre viscosidade e propriedades de polpas kraft em sequências de branqueamento livres de cloro elementar. A.P.A. Ferraz. Dissertação de Mestrado. UNESP – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". 108 pp. (2018)

https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/153551/ferraz_apa_me_guara.pdf;jsessionid=BC2922A4BE1F63577A3B4B6FB5557714?sequence=3 (em Português)

Novas tecnologias de processo: Da produção de celulose ao papel. D. Perissotto. 6ª Semana de Celulose e Papel de Três Lagoas. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 11 slides. (2019)

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

High kappa process for *Eucalyptus* fiberline: The first industrial case. O. Mambrim Filho; R.Z. Bertochi; B.R. Rubini; A.L. Guimarães; A. Figueiredo. 2019 TAPPI PEERS - Pulping, Engineering, Environmental, Recycling and Sustainability Conference. 22 pp. (2019)

Sugiro visitar o website www.tappi.org para verificar o livre acesso ou para a aquisição do artigo (em Inglês)

Influência da qualidade da madeira de eucalipto e dos processos de polpação kraft convencional e *Compact Cooking*^{tm} 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)

Revisitando número kappa: Conceitos e aplicações na indústria de celulose. F.M. Correia; J.V.H. d'Angelo; F.G. Silva Júnior. Revista O Papel 80(7): 77 – 89. (2019)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2019_Revisitando+Numero+Kappa.pdf (em Português)

Patente: **Method for enhanced oxygen delignification of chemical wood pulps.** D.J. Nicholson. Solenis Technologies. United States Patent US 2019/0078258A1. 18 pp. (2019)

https://patentimages.storage.googleapis.com/d1/0f/74/69f7d07268c6d8/US20190078258A1.pdf (em Inglês)

Effect of oxygen delignification process on the lignin content and wastewater quality from kraft-pulped *Eucalyptus pellita*. A. Darmawan; Y.A.P. Ramadhan; N.R. Dewi; H. Ni'mah; A. Roesyadi; F. Kurniawansyah. 2nd International Conference on Chemical Process and Product Engineering. 08 pp. (2020)

https://www.researchgate.net/publication/338361609_Effect_of_oxygen_delignification_process_on_the_lignin_content_and_wastewater_quality_from_kraft-pulped_Eucalyptus_pellita# (em Inglês)

Evaluating the potential to modify pulp and paper properties through oxygen delignification. C.S.V.G. Esteves; E. Brannvall; S. Östlund; O. Sevastyanova. ACS Omega 2020: 13703 – 13711. (2020)

https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acsomega.0c00869 (em Inglês)

Estratégias para maximização do rendimento no processo kraft de polpação para madeira de eucalipto. C. Sarto. Tese de Doutorado. USP – Universidade de São Paulo. 98 pp. (2020)

https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-06052020-142338/publico/Camila_Sarto_versao_revisada.pdf (em Português)

The role of gas dispersion in the oxygen delignification process. J. Kayhkö; K. Peltonen; H. Mutikainen; R. Kopra; H. Eloranta; A. Pesonen; A. van Heiningen. TAPPI Journal 20(5): 321 – 328. (2021)

https://www.tappi.org/content/Events/19PEERS/19PEE37.pdf (em Inglês)

Post-O2 *Eucalyptus* pulp in A/D(EP)DP bleaching sequence washed with recirculation of the alkaline filtrate. L.C. Souza; A.J.V. Zanúncio; J.L. Colodette; A.G. Carvalho; V.R. Castro. Journal of Tropical Forest Science 33(1): 88 – 94. (2021)

https://www.researchgate.net/publication/348882285_POST-O2_EUCALYPTUS_PULP_IN_ADEPDP_BLEACHING_SEQUENCE_WASHED_WITH_RECIRCULATION_OF_THE_ALKALINE_FILTRATE (em Inglês)

Process modifications in cooking and oxygen delignification. The effect on pulp properties. C.S.V.G. Esteves; O. Sevastyanova; S. Östlund; E.Brännvall. 11th CIADICYP – Congreso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel. 07 pp. (2021)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2021_Process+Modifications.pdf (em Inglês)

Differences and similarities between kraft and oxygen delignification of softwood fibers: Effects on chemical and physical properties. C.V. Esteves; O. Sevastyanova; S. Östlund; E. Brännval. Cellulose 28: 3149 – 3167. (2021)

https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10570-021-03713-0.pdf?pdf=button%20sticky (em Inglês)

Modern oxygen delignification concept and control parameters. J. Vehmaa; T. Alajoutsijärvi; K. Harsia; P. Tervola. 11th CIADICYP - Congreso Ibero Americano de Investigación en Celulosa y Papel. 08 pp. (2021)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2021_CIADICYP_Modern+Concept.pdf (em Inglês)

Development of pulp fiber charge in oxygen delignification of softwood. J. Mai. Dissertação de Mestrado. KTH – The Royal Institute of Technology. 31 pp. (2021)

http://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:1608950/FULLTEXT01.pdf (em Inglês)

Pulp strength enhancement by oxygen delignification. C.V. Esteves. Tese de Doutorado. KTH – The Royal Institute of Technology. 85 pp. (2022)

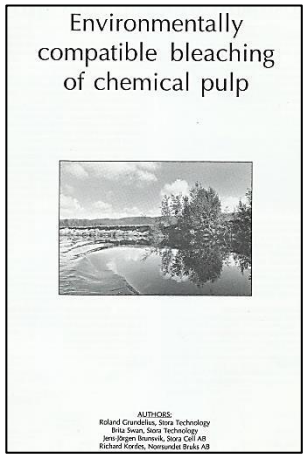
http://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:1710566/FULLTEXT01.pdf (em Inglês)

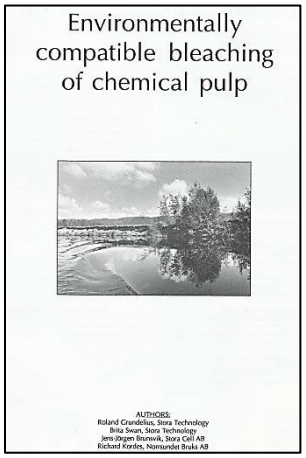
The effects of high alkali impregnation and oxygen delignification of softwood kraft pulps on the yield and mechanical properties. C.V.G. Esteves; E. Brännvall; S. Östlund; O. Sevastyanova. Nordic Pulp and Paper Research Journal 37(2): 223 – 231. (2022)

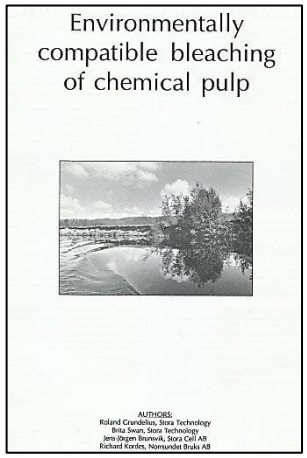
https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1710372/FULLTEXT01.pdf (em Inglês)

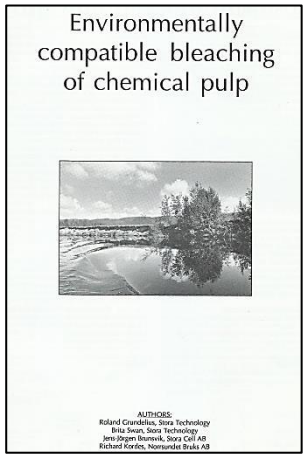
The influence of delignification methods on the overall yield and quality of cellulose: A review. G. Zinovyev. University of Natural Resources and Life Sciences of Austria. 27 pp. Acesso em 17.11.2022

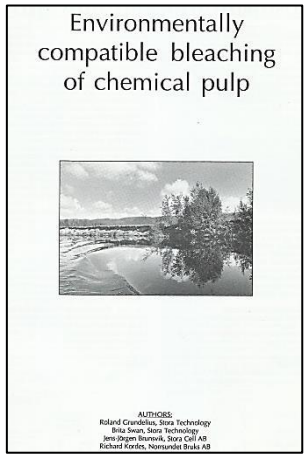
https://www.academia.edu/10363352/The_influence_of_delignification_methods_on_the_overall_yield_and_quality_of_cellulose_a_review?email_work_card=view-paper (em Inglês)

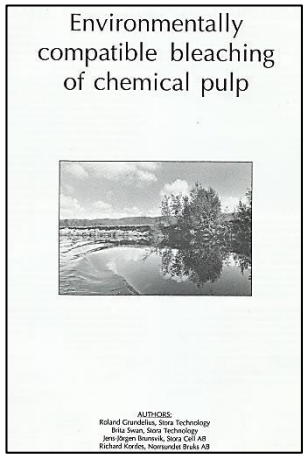

Environmentally compatible bleaching of chemical pulp
AUTHORS:
Roland Grundelius, Stora Technology
Brita Swan, Stora Technology
Jens-Jörgen Brunsvik, Stora Cell AB
Richard Kordes, Nornundet Bruks AB


Environmentally compatible bleaching of chemical pulp
AUTHORS:
Roland Grundelius, Stora Technology
Brita Swan, Stora Technology
Jens-Jörgen Brunsvik, Stora Cell AB
Richard Kordes, Nornundet Bruks AB


Environmentally compatible bleaching of chemical pulp
AUTHORS:
Roland Grundelius, Stora Technology
Brita Swan, Stora Technology
Jens-Jörgen Brunsvik, Stora Cell AB
Richard Kordes, Nornundet Bruks AB

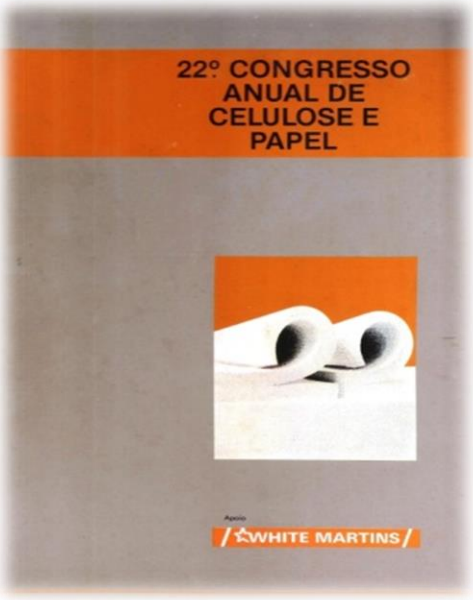

Environmentally compatible bleaching of chemical pulp
AUTHORS:
Roland Grundelius, Stora Technology
Brita Swan, Stora Technology
Jens-Jörgen Brunsvik, Stora Cell AB
Richard Kordes, Nornundet Bruks AB


Environmentally compatible bleaching of chemical pulp
AUTHORS:
Roland Grundelius, Stora Technology
Brita Swan, Stora Technology
Jens-Jörgen Brunsvik, Stora Cell AB
Richard Kordes, Nornundet Bruks AB

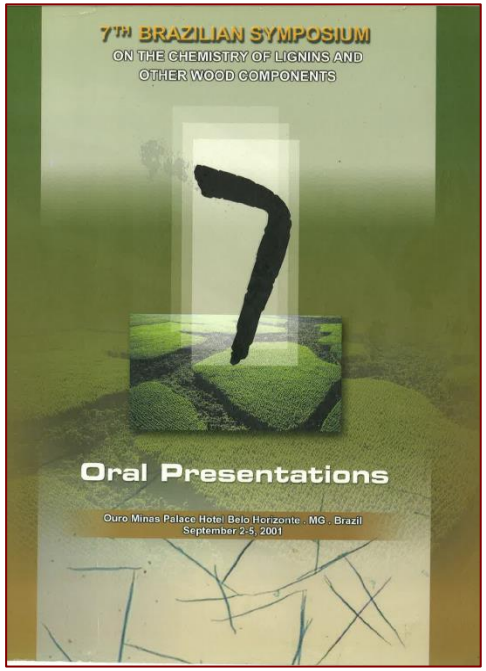

Environmentally compatible bleaching of chemical pulp
AUTHORS:
Roland Grundelius, Stora Technology
Brita Swan, Stora Technology
Jens-Jörgen Brunsvik, Stora Cell AB
Richard Kordes, Nornundet Bruks AB

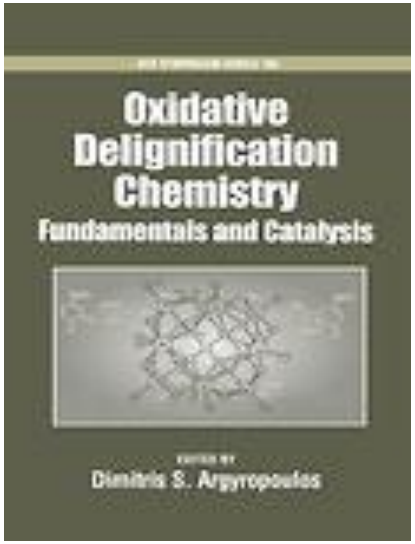
info tecnicelpa
Flores Plant
info tecnicelpa.40
TECNICELPA 2013
Encontro Nacional
Conference and Exhibition

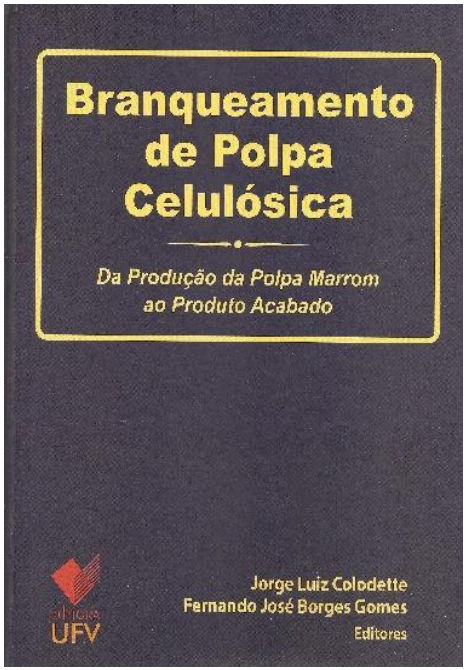
O PAPEL
revista técnica
noticiário oficial da
abcp - associação técnica brasileira de celulose e papel
III CONGRESSO
LATINO-AMERICANO
DE CELULOSE E PAPEL
abcp
De 21 a 26
de Novembro de 1983
Palacio de Convenções -
Parque Anhembi - São Paulo - Brasil


22º CONGRESSO
ANUAL DE
CELULOSE E
PAPEL
WHITE MARTINS

Grupo 3: Algumas referências de literaturas disponibilizadas em mídia eletrônica e referentes a "Química da Madeira e das Polpas e sua relação com a Deslignificação com Oxigênio"







O efeito do oxigênio sobre os constituintes de hidrato de carbono de madeira de pinho na fabricação alcalina de celulose. J. Nowakowski; W. Surewicz. Revista O Papel (Agosto): 52 – 62. (1968)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1968_08_Effect+Oxygen+Carbohydrates.pdf (em Português)

The ultrastructure of cellulose from wood. *Part 1: Wood as the basic material for the isolation of cellulose*. D. Fengel. Wood Science and Technology 3(03): 203 - 217. (1969)

https://ur.booksc.eu/dl/5963271/6b95ba (em Inglês)

The role of hemicellulose in the delignification of wood. A.J. Kerr; D.A.I. Goring. Canadian Journal of Chemistry 53: 952 – 959. (1975)

https://cdnsciencepub.com/doi/pdf/10.1139/v75-134 (em Inglês)

Reação dos carboidratos e dissolução dos constituintes da madeira, durante a polpação alcalina. J.L. Gomide. Revista O Papel (Novembro): 119 – 128. (1979)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1979_Reacao_carboidratos2.pdf (em Português)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/ABTCP/1979_Reacao_Carboidratos.pdf (em Português)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1979_reacao_carboidratos.pdf (em Português)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1979_Reacao_Dissolucao.pdf (em Português)

Polpa de celulose: Química dos processos alcalinos de polpação. J.L. Gomide. Viçosa: Imprensa Universitária – UFV - Universidade Federal de Viçosa. 54 pp. (1979)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1979_Polpa_de_celulose.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)

Aspectos químicos da madeira de *Eucalyptus grandis* visando à produção de polpa celulósica. J.W. Kimo. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 55 pp. (1986)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufv/UFV%20%20Jos%E9%20W%20Kimo.pdf (em Português)

Química do branqueamento de polpas com oxigênio e suas implicações. J.L. Colodette. Seminário sobre "Branqueamento de Pastas Celulósicas". ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 40 pp. (1990)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1990_Quimica+Branqueamento+O2+Colodette.pdf (em Português)

Hemicellulose retention during kraft pulping. J.M. Genco; N. Busayasakul; H.K. Medhora; W. Robbins. TAPPI Journal (April): 223 – 233. (1990)

https://imisrise.tappi.org/TAPPI/Products/90/APR/90APR223.aspx (em Inglês)

Model studies on the autoxidation of lignin in oxygen bleaching. J. Gierer; E. Yang; T. Reitberger. 3rd Brazilian Symposium on the Chemistry of Lignins and Other Wood Components. *In:* PinusLetter nº 56. 04 pp. (1993)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1993_Third+Symposium+Lignins+Wood+Components_Arquivo+12.pdf (em Inglês)

Introdução à biossíntese, ocorrência, estrutura e reações da lignina. A. Mounteer; J.L. Colodette; J.L. Gomide. 1º Congresso Latino-Americano de Deslignificação. ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Anais: 01 – 20. (1994)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1994_Sintese+Estrutura+Lignina+Madeira.pdf (em Português)

The influence of the variability of lignin characteristics of eucalypt species on the delignification rate of wood pulping process. D.E.D. Pereira; B.J. Demuner; F.L.G. Bertolucci; E.C. Silva Junior. 4th Brazilian Symposium on the Chemistry of Lignin and Other Wood Components. *In:* PinusLetter nº 56. 06 pp. (1995)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1995_4th_BSCLWC_Variabilty+Lignin+Eucalyptus.pdf (em Inglês)

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://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/1918/tps-599.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Inglês)

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

Effect of metal ions on oxygen delignification of kraft pulps. G. Brown; R. Dawe. 1996 TAPPI International Pulp Bleaching Conference. TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 08 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. TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 09 pp. (1996)

https://cris.vtt.fi/en/publications/selective-hydrolysis-of-hexenuronic-acid-groups-and-its-applicati (em Inglês)

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. Ciência Florestal 9(1): 193 – 209. (1999).

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ciencia_florestal/elementos%20minerais%201999.pdf (em Português)

Lignin structures: Recent developments. J. Ralph. 6th Brazilian Symposium on the Chemistry of Lignins and other Wood Components. *In:* PinusLetter nº 56. 16 pp. (1999)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1999_Lignin+Structure+Review.pdf (em Inglês)

Undertanding lignin condensation reactions during pulping and oxygen delignification. D.S. Argyropoulos; B.C. Ahvazi; G. Pageau; Y. Liu. 6th Brazilian Symposium on the Chemistry of Lignins and other Wood Components. *In:* PinusLetter nº 56. 08 pp. (1999)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1999_Lignin+Condensation.pdf (em Inglês)

Dissolução dos constituintes da madeira de eucalipto ao longo dos processos kraft contínuo convencional e aditivado. J.M. Almeida; J.L. Gomide; D.J. Silva. Revista Árvore 24(2): 215 – 222. (2000)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2000_Dissolucao_Madeira.pdf (em Português)

Métodos para remoção de ácido hexanurônico em polpas kraft de eucalipto. L.D. Shackford; C.A. Santos; J.L. Colodette; G. Ventorim. 33º Congresso Anual. ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 15 pp. (2000)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2000_Removal+HexAcds.pdf (em Português)

Catalysis and activation of oxygen and peroxide delignification of chemical pulps: A review. M. Suchy; D.S. Argyropoulos. *In*: "Oxidative delignification chemistry. Fundamentals and catalysis". ACS – American Chemical Society Symposium Series. 42 pp. (2001)

https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/bk-2001-0785.ch001 (em Inglês)

Influence of pulping conditions on hexenuronic acid contents of *Eucalyptus globulus* kraft pulps. A.L.D. Daniel; D.V. Evtuguin; A.J.D. Silvestre; C. Pascoal Neto. 7th Brazilian Symposium on the Chemistry of Lignins and other Wood Components. *In:* PinusLetter nº 56. 08 pp. (2001)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2001_Hexenuronic+Acids+Formation.pdf (em Inglês)

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:* Remoçáo 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)

Eucalyptus globulus* kraft pulp residual lignin. *Part 2: Modification of residual lignin structure in oxygen delignification. A.P. Duarte; D. Robert; D. Lachenal. Holzforschung 55: 645 – 651. (2001)

https://www.researchgate.net/publication/240749898_Eucalyptus_globulus_Kraft_Pulp_Residual_Lignin_Part_2_Modification_of_Residual_Lignin_Structure_in_Oxygen_Bleaching (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)

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)

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_HexsAcds_Chemistry.pdf (em Inglês)

Efeito do conteúdo de lignina lixiviável e de ácidos hexenurônicos da polpa na performance da deslignificação com oxigênio. K.M. Eiras; G. Venturim; J.L. Colodette. 2nd CIADICYP – Congreso Ibero Americano de Investigación en Celulosa y Papel. 12 pp. (2002)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2002_CIADICYP_Efeitos.pdf (em Português)

Effect of hemicellulose content in kraft brown stock on oxygen delignification. H. Zou; J.M. Genco; A. van Heiningen; B. Cole; R. Fort. 2002 TAPPI Fall Conference. TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 17 pp. (2002)

https://www.researchgate.net/publication/237801599_Effect_of_hemicellulose_content_in_kraft_brownstock_on_oxygen_delignification (em Inglês)

Influence of non process elements on lignin structure during oxygen delignification. Y. Pu; A. Ragauskas; H. Jameel. IPST – Institute of Paper Science and Technology. IPST Technical Paper nº 947. 11 pp. (2002)

https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/32461/tps947.pdf (em Inglês)

Influence of non-process elements on lignin structure during oxygen delignification. Y. Pu; L. Lucia; A. Ragauskas; H. Jameel. 2nd International Symposium on Emerging Technologies of Pulping and Papermaking of Fast Growing Wood (ISETPP). 12 pp. (2002)

https://www.researchgate.net/profile/Lucian-Lucia/publication/42376851_Influence_of_nonprocess_elements_on_lignin_structure_during_oxygen_delignification/links/09e4150c63582032a2000000/Influence-of-nonprocess-elements-on-lignin-structure-during-oxygen-delignification.pdf (em Inglês)

Influência da carga alcalina no processo de polpação Lo-Solids® para madeiras de eucalipto. F.S. Almeida. Orientação: F.G. Silva Júnior. 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. 131 pp. (2003)

https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-06112003-135906/publico/fabio.pdf (em Português)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2003_Slides_Tese_Fabio_ESALQ.pdf (Apresentação em PowerPoint: 50 slides)

Hexenuronic acids contents of *Eucalyptus globulus* kraft pulps: Variations with pulping conditions and effect on ECF bleachability. A.I.D. Daniel; C. Pascoal Neto; D.V. Evtuguin; A.J.D. Silvestre. TAPPI Journal 2(5): 03 – 08. (2003)

https://imisrise.tappi.org/TAPPI/Products/03/MAY/03MAY03.aspx (em Inglês)

Oxygen delignification chemistry and its impact on pulp fibers. R. Yang; L. Lucia; A.J. Ragauskas; H. Jameel. Journal of Wood Chemistry and Technology 23(1): 13 – 29. (2003)

https://www.academia.edu/12914347/Oxygen_Delignification_Chemistry_and_Its_Impact_on_Pulp_Fibers (em Inglês)

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 International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 14 pp. (2003)

https://www.eucalyptus.com.br/icep01/alfredo_mokfienski.pdf (em Português)

Alkaline pulping of Portuguese *Eucalyptus globulus*: Effect on hexenuronic acid content. A.I. Pedroso; M.G. Carvalho. JPPS – Journal of Pulp and Paper Science 29(5): 150-154. (2003)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/42_Alkaline%20pulping%20of%20eucalyptus.pdf (em Inglês)

Effects of hardwood xylan dissolution on fibre charge and pulp yield. O. Dahlman. 1st ICEP – International *Coloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 10 pp. (2003)

https://www.eucalyptus.com.br/icep01/olof_dahlman.pdf (em Inglês)

The chemistry of *Eucalyptus globulus* wood: Peculiarities and impact on pulping and bleaching behaviour. P. Pinto; D.V. Evtuguin; C. Pascoal Neto. 3rd 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)

Cinética das reacções dos ácidos metilglucurónicos e hexenurónicos no cozimento kraft de *Eucalyptus globulus*. J.P.F. Simão; A.P.V. Egas; C.M.S.G. Baptista; M.G. Carvalho. 3rd CIADICYP – Congreso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel. 05 pp. (2004)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2004_Cinetica+Reacciones.pdf (em Português)

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. 187 pp. (2004)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/553/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Importância relativa da densidade básica e da constituição química de madeira de *Eucalyptus* spp. no rendimento, branqueabilidade e qualidade da polpa kraft. A. Mokfienski. Orientação: José Lívio Gomide. 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)

Relative importance of *Eucalyptus* wood density and carbohydrate content on pulping yield and product quality. J.L. Colodette; A. Mokfienski; J.L. Gomide; R.C. Oliveira. 2004 China International Papermaking & Environmental Conference. Apresentação em PowerPoint: 42 slides. (2004)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2004_Eucalyptus_wood_quality.pdf (em Inglês)

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/CozimentoBranqueamento.pdf (em Português)

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)

Behaviour of alkali-soluble xylan during kraft cooking and oxygen delignification. P. Wollboldt; H. Sixta. Workshop on "Chemical Pulping Processes". Apresentação em PowerPoint: 22 slides. (2006)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2006_Sixta_Karlstad%20xylan.pdf (em Inglês)

A relação entre a xilana e o ácido hexenurônico na polpação kraft de eucalipto. (*The relationship between xylan and hexenuronic acid in Eucalyptus kraft pulping*). D. Johansson; U. Germgard. Revista O Papel (Outubro): 84 - 91. (2006)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2006_Relazao+Xilanas+Acidos+Hexenuronicos.pdf (em Português e em Inglês)

***Eucalyptus* wood characteristics. Brazilian pulping industry.** J.L. Gomide. TAPPI *Eucalyptus* Tutorial. Apresentação em PowerPoint: 36 slides. (2006)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2006%20-TAPPI%20Tutorial2.pdf (Uma cortesia do professor Dr. José Lívio Gomide e da TAPPI - em Inglês)

Influência do número kappa, dos ácidos hexenurônicos e da lignina no desempenho da deslignificação com oxigênio. G. Ventorim; K.D. Oliveira; J.L. Colodette; M.M. Costa. *Scientia Forestalis* 71: 87 – 97. (2006)

https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr71/cap09.pdf (em Inglês)

Elucidating carboxylic acid profiles for extended oxygen delignification of high-kappa softwood kraft pulps. D. Zhang; Y. Pu; X.S. Chai; V. Naithani; H. Jameel; A.J. Ragauskas. Holzforschung 60: 123 – 129. (2006)

https://www.researchgate.net/publication/261161834_Elucidating_Carboxylic_Acid_Profiles_for_Extended_Oxygen_Delignification_of_High-kappa_Softwood_Kraft_Pulps (em Inglês)

Effect of pulping conditions in uronic and hexenuronic acids concentration in kraft pulps of *Eucalyptus globulus*. M. Monrroy; M. Valdebenito; J. Baeza; R. Mendonça; J. Freer. 39º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 07 pp. (2006)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2006_Pulping+Conditions.pdf (em Inglês)

e

https://www.researchgate.net/profile/Regis-Mendonca/publication/237081314_Effect_of_pulping_conditions_on_the_amount_of_methylglucuronic_and_hexenuronic_acids_in_kraft_pulps_of_Eucalyptus_globulus/links/542daff50cf27e39fa947953/Effect-of-pulping-conditions-on-the-amount-of-methylglucuronic-and-hexenuronic-acids-in-kraft-pulps-of-Eucalyptus-globulus.pdf (em Inglês)

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)

On the role of xylan in oxygen delignification. H. Wedin; M. Ragnar; M.E. Lindström. 3rd ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/440Wedin.text.pdf (Texto: 3 pp. - em Inglês)

e

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/441Wedin.ppt.pdf (Apresentação em PowerPoint:23 slides – em Inglês)

Controle dos elementos não processáveis (NPEs) na planta de branqueamento. K.D. Oliveira; M. Cardoso; R. Nicolato. 40º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 28 slides. (2007)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/02_2007_Controle%20dos%20NPEs%20em%20planta%20%20branqueamento.pdf (em Português)

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/ (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 das condições de processo sobre a produção de ácidos hexenurônicos em polpas celulósicas. A.F. Caldeira. Dissertação de Mestrado. USP – Universidade de São Paulo. 124 pp. (2007)

https://teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75131/tde-30082007-101823/publico/AlessandraFCaldeira.pdf (em Português)

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)

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)

Xylan's impact on *Eucalyptus* pulp yield and strength – Myth or reality? N.H. Shin; B. Stromberg. 3rd ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 08 pp. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/100Shin.text.pdf (em Inglês)

Estudo cinético abrangente da polpação kraft de *Eucalyptus globulus. Parte 1: Deslignificação e degradação de carboidratos*. (*Comprehensive kinetic study on kraft pulping of Eucalyptus globulus. Part 1: Delignification and degradation of carbohydrates*). H. Sixta; E.W. Rutkowska. Revista O Papel (Fevereiro): 54 – 67. (2007)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Sixta%20%20kinetics%20kraft%20pulping%20globulus%20-%20Part%201.pdf (em Português e em Inglês)

Estudo cinético abrangente da polpação kraft de *Eucalyptus globulus. Parte 2: Formação e degradação de ácido hexenurônico.* (*Comprehensive kinetic study on kraft pulping of Eucalyptus globulus. Part 2: Formation and degradation of hexenuronic acid*). H. Sixta; E.W. Rutkowska. Revista O Papel (Fevereiro): 68 - 81. (2007)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Sixta%20%20kinetics%20kraft%20pulping%20globulus-%20Part%202.pdf (em Português e em Inglês)

Investigação da cinética das reações químicas dos ácidos hexenurônicos e da lignina na polpa kraft de eucalipto com dióxido de cloro, ácido sulfúrico e ozônio. G. Ventorim; J.L. Colodette. 41º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel.10 pp. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2008_Cineticas_Lignina+HexAcds.pdf (em Português)

Estudos em deslignificação de polpas kraft de *Pinus* spp com oxigênio e peróxido. I. Venson. Tese de Doutorado. UFPR – Universidade Federal do Paraná. 136 pp. (2008)

http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/4991/Tese_Ivan-Venson.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Português)

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)

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 (em Inglês)

***Eucalyptus* wood quality and its impact on kraft pulp production and utilization.** J. L. Colodette; A. Magaton; A.F. Gomes; J.L. Gomide; P.H.D. Morais. Towards Understanding Wood, Fibre and Paper – Deeper Knowledge through Modern Analytical Tools. Apresentação em PowerPoint: 52 slides. (2008)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2008_Eucalyptus_wood_quality.pdf (em Inglês)

Recent developments in *E. globulus* kraft pulping. Chemistry & technology. H. Sixta; E. Rutkowska; P. Wollboldt; G. Schild; M. Leschinsky. 4th ICEP – International *Colloquium* of *Eucalyptus* Pulp. Apresentação em PowerPoint: 54 slides. (2009)

https://www.eucalyptus.com.br/icep04/04_Sixta.et.all.pdf (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)

Chemical composition and wood anatomy of *Eucalyptus globulus* clones: Variations and relationships with pulpability and handsheet properties. M. Ramírez; J. Rodríguez; C. Balocchi; M. Peredo; J. Elissetche; R.T. Mendonça; S. Valenzuela. Journal of Wood Chemistry and Technology 29(01): 43 – 58. (2009)

https://www.researchgate.net/publication/237081316_Chemical_Composition_and_Wood_Anatomy_of_Eucalyptus_globulusClones_Variations_and_Relationships_with_Pulpability_and_Handsheet_Properties (em Inglês)

***Eucalyptus* wood quality and its impact on kraft pulp production and utilization.** A.S. Magaton; J. L. Colodette; A.F.G. Gouvêa; J.L. Gomide; M.C.S. Muguet; C. Pedrazzi. TAPPI Journal (August): 32 – 39. (2009)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2009_Eucalyptus_wood_quality_impact_on_pulping.pdf (Uma cortesia do professor Dr. José Lívio Gomide e da TAPPI - 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)

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)

Métodos alternativos para deposição de xilanas em polpas de eucalipto. M.C.S.M. Soares. Dissertação de Mestrado Profissional. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 56 pp. (2009)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/533/1/texto%20completo.pdf (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. Revista Química Nova 32(02): 373 – 377. (2009)

https://www.scielo.br/pdf/qn/v32n2/v32n2a19.pdf (em Português)

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 (Apresentação em texto: 13 pp.- em Português)

Chemistry of alkaline pulping. D. Dimmel; G. Gellerstedt. *In*: "Lignins and lignans". Editores: C. Heitner; D. Dimmel; J. Schmid. (2010)

https://www.researchgate.net/publication/279408823_Chemistry_of_Alkaline_Pulping (em Inglês)

Investigação do grau de cristalinidade de celulose kraft em diferentes condições de deslignificação com oxigênio e tratamento com agentes oxidantes. M.A.B. Azevedo; V.M. Duarte; J.L. Colodette; M.P.F. Fontes. 42º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 07 pp. (2009)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2009_Grau+Cristalinidade.pdf (em Português)

On the recovery of polysaccharides from oxygen delignification stage of *Eucalyptus* pulp. B. Vega; P. Fardim. 6th CIADICYP – Congreso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel. 07 pp. (2010)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2010_CIADICYP_Recovery+Carbohydrates.pdf (em Inglês)

Xylans deposition onto *Eucalyptus* pulp fibers during oxygen delignification : *Part 1*: *The influence of NaOH charge, reaction time and temperature*. M.C.S. Muguet; J.L. Colodette; C. Pedrazzi. 6th CIADICYP – Congreso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel. 08 pp. (2010)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2010_CIADICYP_Xylans+Deposition.pdf (em Inglês)

Xylan deposition onto eucalypt pulp fibers during oxygen delignification. M.C.S. Muguet; C. Pedrazzi; J.L. Colodette. Holzforschung 65: 605 – 612. (2011)

https://www.researchgate.net/publication/271383088_Xylan_deposition_onto_eucalypt_pulp_fibers_during_oxygen_delignification (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)

Teores de lignina e ácidos urônicos na madeira e polpa celulósica de eucalipto. A.J.V. Zanúncio; J.L. Colodette. Revista Árvore 35(2): 341 – 347. (2011)

https://www.scielo.br/j/rarv/a/tMgzjd64kNtjpy5JLQVFTXp/ (em Português)

Aproveitamento de xilanas de licores negros para melhoria do rendimento e de qualidade da polpa kraft branqueada. A.G. Lino. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 66 pp. (2011)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/2127/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Xylans management in *Eucalyptus* pulp production. J. Colodette; M. Muguet; V. Gomes; R. Oliveira. 3rd Nordic Wood Biorefinery Conference. Apresentação em PowerPoint: 23 slides. (2011)

https://www.yumpu.com/en/document/view/53048216/xylans-management-in-eucalyptus-pulp-production (em Inglês)

Hemicelluloses extraction and uses in the pulp industry. J.O. Resende; J. Colodette; M.C.S.M. Soares; R.C. Oliveira; J.L. Gomide. 5th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 06 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/28_Hemicellulose_Extraction.pdf (em Inglês)

Impacto da presença do ácido hexenurônico nas fibras de celulose durante o branqueamento das polpas kraft de eucalipto. J.J.B. Gonçalves; L.C. Lopes. Trabalho de Conclusão de Curso. USP – Universidade de São Paulo. 79 pp. (2011)

http://sites.poli.usp.br/p/augusto.neiva/TCC/arquivos/1320067868.pdf (em Português)

Lignin model compound approach to modelling oxygen delignification reaction kinetics. M. Lee. Dissertação de Mestrado. University of British Columbia. 242 pp. (2011)

https://open.library.ubc.ca/media/download/pdf/24/1.0059234/1 (em Inglês)

Progress and challenges in the isolation of xylan from *Eucalyptus* wood. H. Sixta; J. Guetsch; T. Nousiainen; P. Wollboldt. 5th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 10 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/21_Xylan_isolation.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)

Bleachability of pulps treated with black liquor xylans in the oxygen delignfication. B.P. Silva; A.G. Lino; J.L. Colodette; H. Santiago; M.A.B. Azevedo; J.M. Lino; R.A. Campos. 5th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 08 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/11_Xylans_black_liquor.pdf (em Inglês)

Improving eucalypt kraft pulp yield and quality though black liquor xylan deposition. A.G. Lino; J.L. Colodette; M.A.B. Azevedo; R.M. Gomes; V.L. Silva; O.J.C. Paula. 5th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 06 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/01_Improving_pulp_yield.pdf (em Inglês)

Structure of *Eucalyptus* xylans and its effects on kraft pulp retention. A.S. Magaton; J.L. Colodette; D. Piló-Veloso; F.R. Milagres; H. Fantuzzi Neto. 5th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 06 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/06_Eucalyptus_xylans.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)

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)

Predição do impacto da madeira em fábrica kraft de eucalipto. W.P. Demuner; O. Mambrim Filho; F. Costa Neto; J.I.M. Abad. 44º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 25 slides. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2011_Predicao_impacto_madeira.pdf (em Português)

Influência do processo de polpação e do conteúdo de xilanas da polpa na sua 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 em Inglês)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2010_Influencia+Xilanas.pdf (Apresentação em PowerPoint: 26 slides – Apresentação no 43º Congresso ABTCP, em 2010 – em Português)

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 em PowerPoint: 87 slides – em Inglês)

Efeito do teor de lignina da madeira de *Eucalyptus globulus* no desempenho da polpação kraft. G.V. Cardoso; C.E.B. Foelkel; S.M.B. Frizzo; C.A.B. Rosa; T.F. Assis. Ciência Florestal 21(1): 133 – 147. (2011)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufsm/Efeito%20lignina%20polpacao%20kraft.pdf (em Português)

O grupo metóxi do ácido 4-*O*-metil-glucurônico é fundamental para a formação de ácido hexenurônico durante a polpação kraft. (*The methoxy group of 4-O-methyl-glucuronic acid is central for the formation of hexenuronic acid during kraft pulping*). J. Li; C. Shi; M.E. Lindström; G. Henriksson. Revista O Papel 72(01): 54 – 65. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2011_Acidos+Hexenuronicos.pdf (em Português e em Inglês)

Kinetics of hardwood carbohydrate degradation during kraft pulp cooking. R.B. Santos; P.W. Hart; H. Jameel; H.-M. Chang. Industrial & Engineering Chemistry Research 51(38): 12191 – 12198. (2012)

https://www.researchgate.net/publication/263925281_Kinetics_of_Hardwood_Carbohydrate_Degradation_during_Kraft_Pulp_Cooking (em Inglês)

Lignin structural variation in hardwood species. R.B. Santos; E.A. Capanema; M.Y. Balakshin; H.-M. Chang; H. Jameel. Journal of Agricultural and Food Chemistry 60: 4923 – 4930. (2012)

https://www.researchgate.net/profile/Mikhail-Balakshin/publication/224848131_Lignin_Structural_Variation_in_Hardwood_Species/links/5ac72930aca272abdc5cd5ae/Lignin-Structural-Variation-in-Hardwood-Species.pdf (em Inglês)

Avaliação morfológica das fibras de polpas kraft de eucalipto com diferentes conteúdos de xilanas. C. Pedrazzi; J.L. Colodette; R.C. Oliveira; V.K.D. Wille. *Scientia Forestalis* 41(100): 512 – 522. (2013)

https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr100/cap08.pdf (em Português)

Impact of lignin and carbohydrate chemical structures on degradation reactions during hardwood kraft pulping processes. R.B. Santos; H. Jameel; H.-M. Chang; P.W. Hart. BioResources 8(1): 158 - 171. (2013)

https://bioresources.cnr.ncsu.edu/wp-content/uploads/2016/06/BioRes_08_1_0158_Santos_JCH_HW_Struc_Lignin_HC_Degrad_Kraft_3306.pdf (em Inglês)

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)

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)

The effect of eucalypt pulp xylan content on its bleachability, refinability and drainability. V.J. Gomes; D. Longue Jr.; J.L. Colodette; R.A. Ribeiro. Cellulose 21: 607 – 614. (2014)

https://www.researchgate.net/publication/262852650_The_effect_of_eucalypt_pulp_xylan_content_on_its_bleachability_refinability_and_drainability (em Inglês)

Retention of cellulose, xylan and lignin in kraft pulping of *Eucalyptus* studied by multivariate data analysis: Influences on physicochemical and mechanical properties of pulp. P. Fardim; N. Durán. Journal of the Brazilian Chemical Society 15(04): 514 – 522. (2014)

https://www.scielo.br/j/jbchs/a/8rn9tMbZBTJWFw5cHWV8cRy/?format=pdf&lang=en (em Inglês)

Chemical reactions causing carbohydrate yield losses during alkaline pulping of wood. G. Henriksson; W. Yan; S. Azhar; J. Berglund; P. Lindén; M.E. Lindström. 7th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. (2015)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/9.1.Gunnar+Henriksson.MANUSCRIPT.pdf (Texto: 06 pp.- em Inglês)_

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/9.1.Gunnar+Henriksson.SLIDES.pdf (Apresentação em PowerPoint: 29 slides - 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/12_Cristiane+Pedrazzi.pdf (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)

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)

Kraft pulping of reduced metal content *Eucalyptus* wood: Process impacts. R.B. Santos; J.L. Gomide; P. Hart. BioResources 10(4): 6538 – 6547. (2015)

https://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/download/BioRes_10_4_6538_Santos_Kraft_Pulping_Reduced_Metal/3781 (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://digital.csic.es/bitstream/10261/116003/1/7th%20ICEP-delRio-Recent%20Advances%20in%20the%20Chemistry%20of.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)

Impact of dissolved lignin on oxygen delignification and chlorine dioxide stages. C. Wilke; N. Andersson; R. van Fleet; A. Mathur; U. Germgärd. TAPPI Journal 15(3): 167 – 174. (2016)

https://imisrise.tappi.org/TAPPI/Products/16/MAR/16MAR167.aspx (em Inglês)

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 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)

The distribution of lignin and xylan in the inner and surface layers of the fiber from *Eucalyptus* kraft pulp and its effects on oxygen delignification. G.B. Bacarin; F.C. Cabrera; M.R. Silva; A.E. Job. Materials Research 20(4): 945 – 950. (2017)

https://www.scielo.br/j/mr/a/LwHvppjCQK4hYgXdVbG7jZz/ (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)

On the structure of softwood kraft lignin. C. Crestini; H. Lange; M. Sette; D.A. Argyropoulos. Green Chemistry of 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)

Addition of corn fiber xylan to *Eucalyptus* and *Pinus* pulp and its effect on pulp bleachability and strength. B.M. Barbosa;, A.G. Lino; B.F.H. Faria; A.R. Aguiar; F.J.B. Gomes; J.C. Silva; J.L. Colodette. Nordic Pulp & Paper Research Journal 33(3): 414 – 419. (2018)

https://www.researchgate.net/publication/326980249_Addition_of_corn_fiber_xylan_to_eucalyptus_and_pinus_pulp_and_its_effect_on_pulp_bleachability_and_strength (em Inglês)

Effects of lignin chemistry on oxygen delignification performance. V.J. Gomes; H. Jammel; H.-M. Chang; R. Narron; J. Colodette; P.W. Hart. TAPPI Journal 17(7): 373 – 381. (2018)

https://www.researchgate.net/profile/Peter-Hart-2/publication/326832156_Effects_of_lignin_chemistry_on_oxygen_delignification_performance/links/5b661bc7a6fdcc94a70ebe8a/Effects-of-lignin-chemistry-on-oxygen-delignification-performance.pdf (em Inglês)

Relação dos componentes químicos da madeira com aspectos da produção de celulose e papel. G.V. Cardoso. I Semana de Celulose. LCP - Laboratório de Celulose e Papel. UFV – Universidade Federal de Viçosa. Apresentação em PowerPoint: 32 slides. (2020)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2020_Relacionando+Processo+Kraft_Componentes+Madeira.pdf (em Português)

Detailed modeling of the kraft pulping chemistry: Carbohydrate reactions. O. Fearon; V. Nykänen; S. Kuitunen; K. Ruuttunen; R. Alén; V. Alopaeus; T. Vuorinen. Aiche Journal: Artigo 66:e16252.09 pp. (2020)

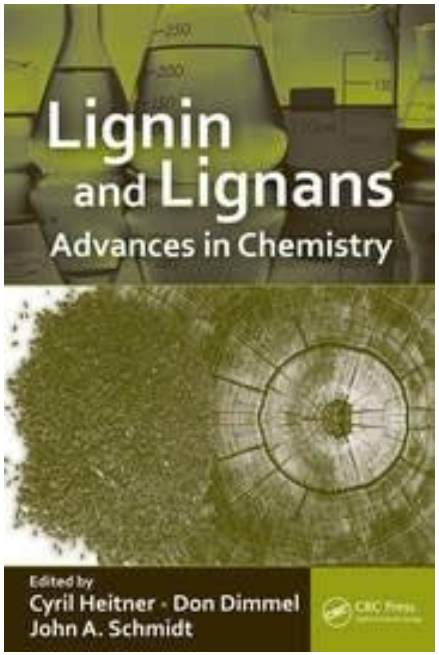
https://aiche.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/aic.16252 (em Inglês)

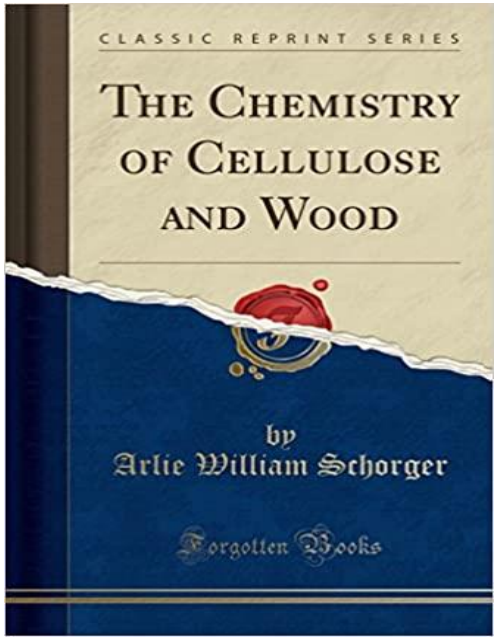
INTRODUCTION TO KRAFT PULPING & BLEACHING

Woodyard | Pulping | Processing | Bleaching

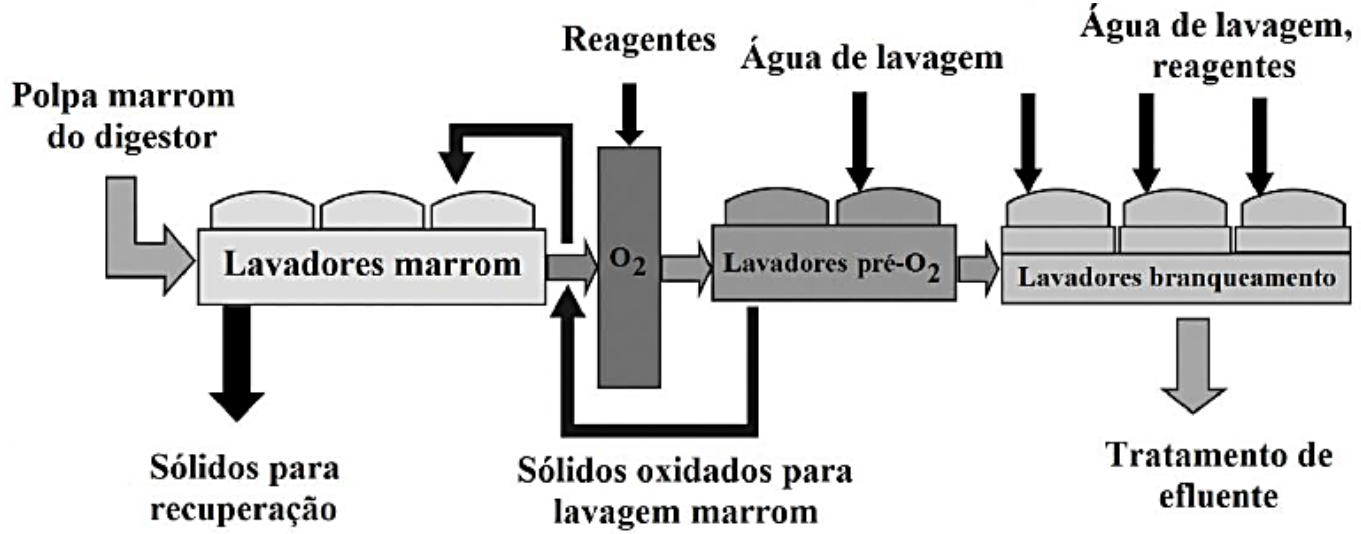
TAPPI

August 11-12, 2014





Grupo 4: Algumas referências de literaturas disponibilizadas em mídia eletrônica e referentes ao "Efeito da Lavagem da Polpa sobre Deslignificação com Oxigênio"



***Fonte da Figura*:** https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Estado_da_Arte_Branqueamento_Oxigenio.pdf

Como melhorar o rendimento da lavagem da polpa crua. IMPCO. 6ª Convenção Anual. ABCP – Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. 08 pp. (1973)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1973_Melhoria+Lavagem+Polpa.pdf (em Português)

Eficiência da lavagem da polpa quanto à remoção de lignina. H.T. Cullinan. Revista O Papel (Outubro): 48 – 56. (1992)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1992_10_Eficiencia+Lavagem.pdf (em Português)

Eficiência de lavagem da polpa não branqueada de eucalipto. J.R.B. Vinhas. Revista O Papel (Outubro): 21 – 27. (1993)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1993_10_Eficiencia+Lavagem+Polpa.pdf (em Português)

A lavagem da polpa. J. Rogers; P. Funo; J. Nery. Revista O Papel (Março): 30 – 38. (1996)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1996_Lavagem+Polpa.pdf (em Português)

A "compact" approach to washing in bleaching. E.A.K. Pettersson; M. Ragnar; H. Dahllöf. 35º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 11 pp. (2002)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2002_Lavagem_Plantas_Braqueamento.pdf (em Inglês)

Processo kraft: Fundamentos de lavagem de polpa. A. Mokfienski. 2º Encontro "Operadores de Sistema de Lavagem e Branqueamento". ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 67 slides. (2003)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2003_Lavagem+Polpa.pdf (em Português)

Diagnóstico da lavagem de polpa marrom através de parâmetros de filtração. C.F.R. Pacheco; J.L. Paiva; A.S. Reynol Jr. 35º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 14 pp. (2005)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2005_Diagnostico+Lavagem+Polpa.pdf (em Português)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2006_Lavagem+Polpa+Marrom.pdf (Reapresentado na Revista O Papel, Março, 2006 – 09 pp. – em Português)

Lavagem: Operação unitária crítica da linha de fibras. C.A. Santos. GLV/ABTCP. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 33 slides. (2005)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2005_Lavagem+Operazao+Critica.pdf (em Português)

Influência da lavagem no branqueamento. O. Mambrim Filho. Mesa Redonda "Comissão de Celulose". ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 25 slides. (2008)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2008_Lavagem+Branqueamento.pdf (em Português)

Sistema de informação para otimização de insumos e perda alcalina na lavagem de celulose marrom aplicado numa fábrica de papéis. M.P. Silva; L.C. Bastos. XVII Simpósio de Engenharia de Produção. 15 pp. (2010)

https://www.researchgate.net/publication/275771481_SISTEMA_DE_INFORMACAO_PARA_OTIMIZACAO_DE_INSUMOS_E_PERDA_ALCALINA_NA_LAVAGEM_DE_CELULOSE_MARROM_APLICADO_NUMA_FABRICA_DE_PAPEIS (em Português)

Influência da lavagem intermediária na deslignificação com oxigênio em polpa kraft. I. Venson; G.S. Cardoso; A.S. Andrade; S. Nisgoski. 45º Congresso Anual Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 07 pp. (2012)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2012_CIADICYP_Efeito+Lavagem.pdf (em Português)

Avaliação de sistemas de lavagem de polpa marrom utilizando simulador de balanço de massa. D.C. Polowski. TCC – Monografia de Conclusão de Curso de Pós-Graduação. Universidade Presbiteriana McKenzie. 89 pp. (2012)

https://dspace.mackenzie.br/bitstream/handle/10899/147/DANIELLE%20CRISTINNE%20POLOWSKI1.pdf;jsessionid=DCE6FC93A34BFD60B8CD9C8194B11B34?sequence=1 (em Português)

Efeito dos sólidos dissolvidos da madeira na branqueabilidade e nas propriedades físico-mecânicas e ópticas de polpa kraft branqueada de eucalipto. D. Longue Jr.; 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)

Efeito do DQO da polpa marrom na eficiência dos processos de deslignificação com oxigênio. A.E.S. Bosquê Júnior; A. Bassa; J.L. Colodette. 46º Congresso Anual Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel.07 pp. (2013)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2013_Efeito+DQO_filtrado.pdf (em Português)

A eficiência da lavagem de polpa marrom. G.A. Molino. 46º Congresso Anual Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 12 pp. (2013)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2013_Eficiencia+Lavagem+Polpa+Marrom.pdf (em Português)

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)

Influência da lavagem intermediária na deslignificação com oxigênio em polpa kraft. I. Venson; G.S. Cardoso; A.S. Andrade; U. Klock; G.I.B. Muniz; S. Nisgoski; G.S. Cardoso. Revista Ciência Florestal 25(4): 991 - 999. (2015)

https://www.scielo.br/j/cflo/a/BmrHvnQXvKMb5P8R3JnQpLr/?format=pdf&lang=pt (em Português)

Effect of brown stock washing on sub-processes and fiber line economy. R. Kopra; O. Dahl. 49º Congresso Anual Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel.09 pp. (2016)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_Efeitos+Lavagem_Fiberlines.pdf (Texto: 09 pp. - em Inglês)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_Efeitos+Lavagem_Fiberlines_PPT.pdf (Apresentação em PowerPoint: 17 slides - em Inglês)

Redução de custos na aplicação de insumos do branqueamento, através da otimização da lavagem e deslignificação. E. Silva. 2º Encontro "Operadores de Linhas de Fibras". Apresentação em PowerPoint: 18 slides. (2016)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_Otimizando+Lavagem_O2+Delig.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)

Brownstock washing: A review of the literature. R.B. Santos; P.W. Hart. TAPPI Journal 13(1): 09 - 19. (2018)

https://www.researchgate.net/profile/Peter-Hart-2/publication/271916363_Brown_Stock_Washing_-_A_Review_of_the_Literature/links/54d70a600cf25013d03636fe/Brown-Stock-Washing-A-Review-of-the-Literature.pdf (em Inglês)

Grupo 5: Seleção de alguns "Websites onde se podem encontrar materiais disponíveis sobre a Deslignificação com Oxigênio" com acesso público e gratuito

Website: **Biblioteca Digital de Teses e Dissertações do IBICT.** Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia. Acesso em 10.01.2023:

http://bdtd.ibict.br/vufind/ (em Português)

Website: **Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES.** Coordenação de Apoio ao Ensino Superior. Acesso em 10.01.2023:

http://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/

Website: **Revista O Papel.** ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Acesso em 10.01.2023:

https://www.revistaopapel.org.br/ (em Português)
e
https://www.opapeldigital.org.br/pub/papel/ (em Português)

Website: **Eucalyptus Online Book & Newsletter.** C. Foelkel. Acesso em 10.01.2023:
https://www.eucalyptus.com.br/ (em Português)
e
https://www.eucalyptus.com.br/index_eng.html (em Inglês)

Website: **Celsius Degree. Página do Professor Celso-Foelkel.** C. Foelkel. Acesso em 10.01.2023:
https://www.celso-foelkel.com.br/index.html (em Português)
e
https://www.celso-foelkel.com.br/english.html (em Inglês)

Website: **Andritz.** Acesso em 10.01.2023:
https://www.andritz.com/group-en/products/search-our-products?search=pulping&sba=#page=1 (em Inglês)
e
https://www.andritz.com/products-en/group/pulp-and-paper/pulp-production/kraft-pulp/fiberline/oxygen-delignification
(Deslignificação com oxigênio – em Inglês)

Website: **Valmet.** Acesso em 10.01.2023:
https://www.valmet.com/pulp/ (em Inglês)
e

https://www.valmet.com/pulp/cooking-and-fiberline/oxygen-delignification/ (Deslignificação com oxigênio – em Inglês)

Website: **The kraft pulping (and bleaching) course.** J.M. MacLeod. Acesso em 10.01.2023:
https://www.kraftpulping.com/courses.html (em Inglês)

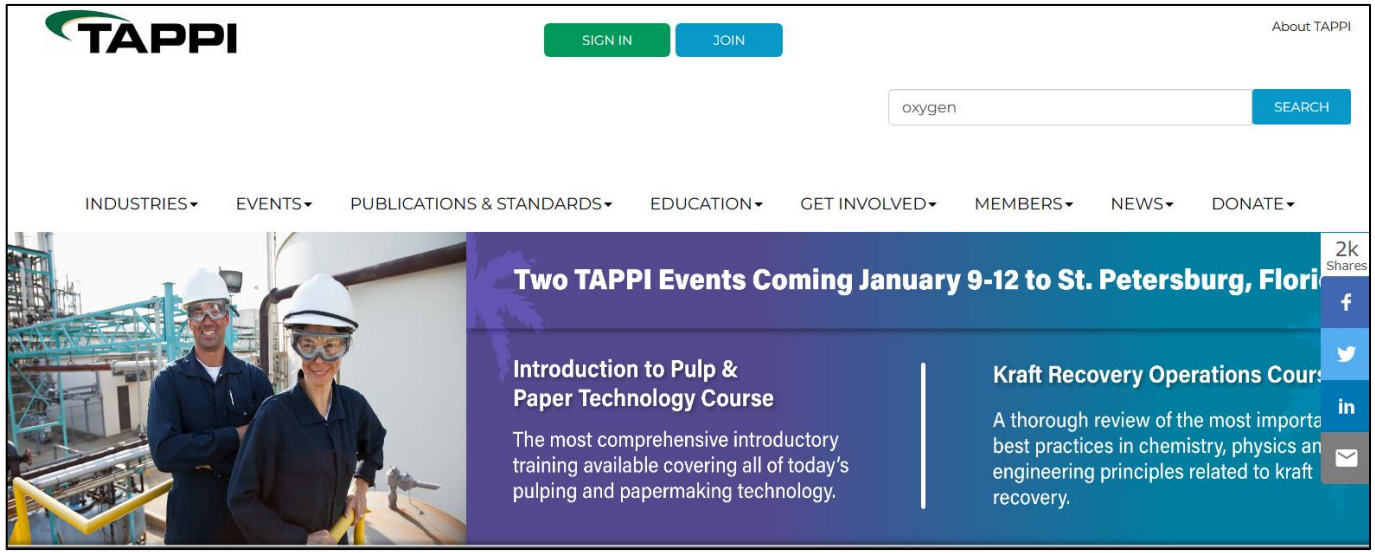
Website: **TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry**. Acesso em 10.01.2023:
https://www.tappi.org/ (em Inglês)

Website: **ResearchGate**. Repositório de literaturas técnicas e científicas. Acesso em 10.01.2023:
https://www.researchgate.net/ (em Inglês)

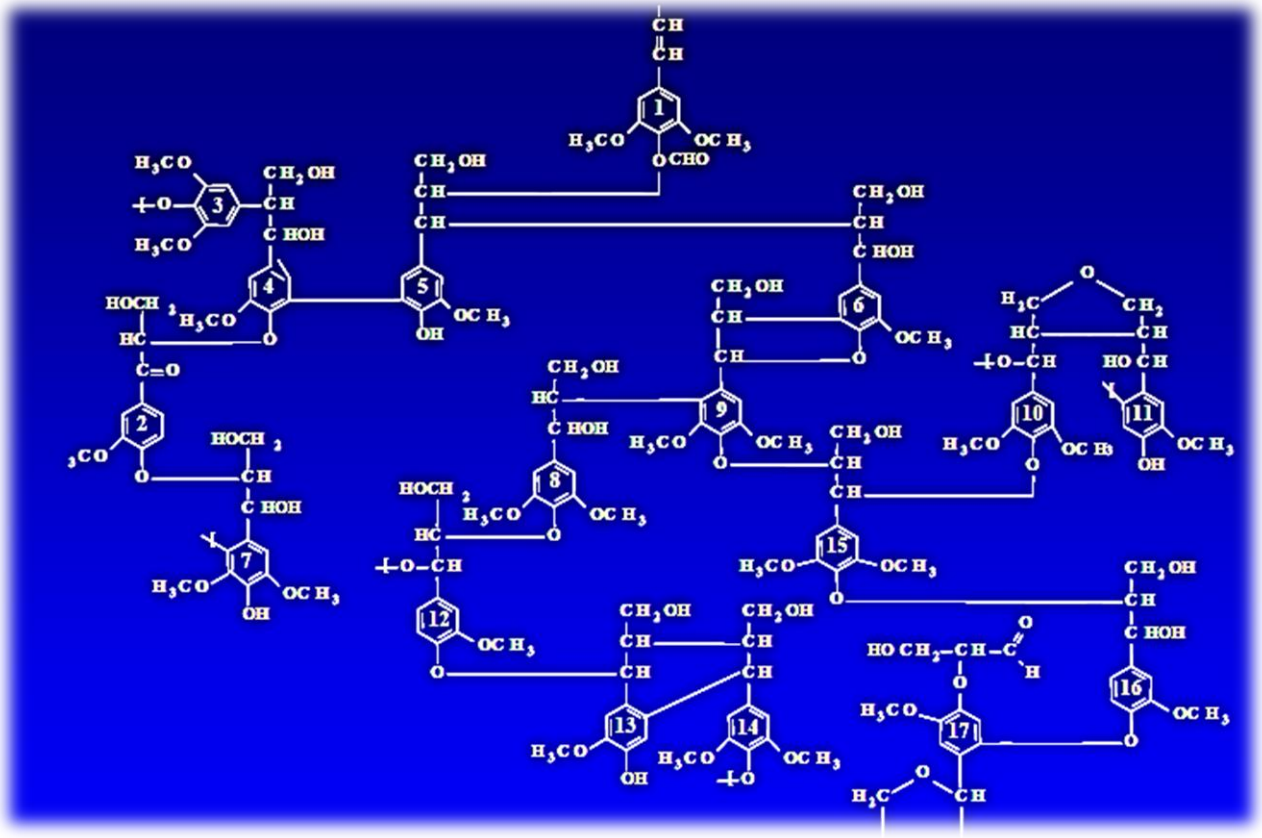
Website: **Academia.edu**. Repositório de literaturas técnicas e científicas. Acesso em 10.01.2023:
https://www.academia.edu/ (em Inglês)

Website: **Biblioteca Florestal Digital**. UFV – Universidade Federal de Viçosa. Repositório de literaturas técnicas e científicas. Acesso em 10.01.2023:
http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/ (em Português)

Website: **SMARTech Repository**. **Georgia Tech Library**. Repositório de literaturas técnicas e científicas do IPST – Institute of Paper Science and Technology. Acesso em 10.01.2023:
https://smartech.gatech.edu/ (em Inglês)


TAPPI
SIGN IN
JOIN
About TAPPI
oxygen
SEARCH
INDUSTRIES
EVENTS
PUBLICATIONS & STANDARDS
EDUCATION
GET INVOLVED
MEMBERS
NEWS
DONATE
Two TAPPI Events Coming January 9-12 to St. Petersburg, Flori
Introduction to Pulp & Paper Technology Course
The most comprehensive introductory training available covering all of today's pulping and papermaking technology.
Kraft Recovery Operations Cours
A thorough review of the most importa best practices in chemistry, physics an engineering principles related to kraft recovery.
2k
Shares

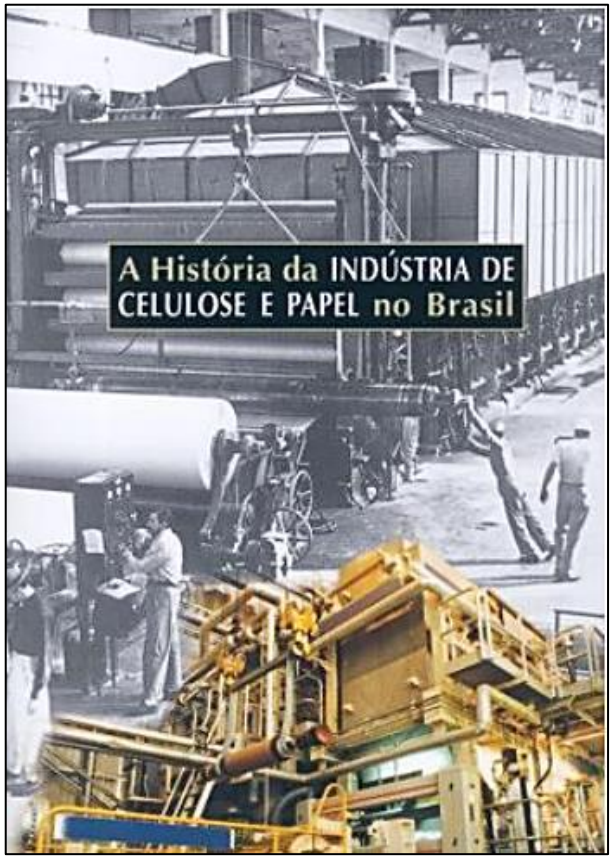
Biblioteca Florestal
Digital
Entrar
Página inicial
Buscar em toda a Biblioteca
Ir
Bem vindo à Biblioteca Florestal
A Biblioteca Florestal integra um repositório digital temático da produção bibliográfica no campo das Ciências Florestais.
Seu objetivo é ampliar e facilitar o acesso à produção bibliográfica relacionada às Ciências Florestais, aumentando assim a visibilidade, o uso e o impacto dos resultados das pesquisas depositadas.
Sobre a Biblioteca Florestal



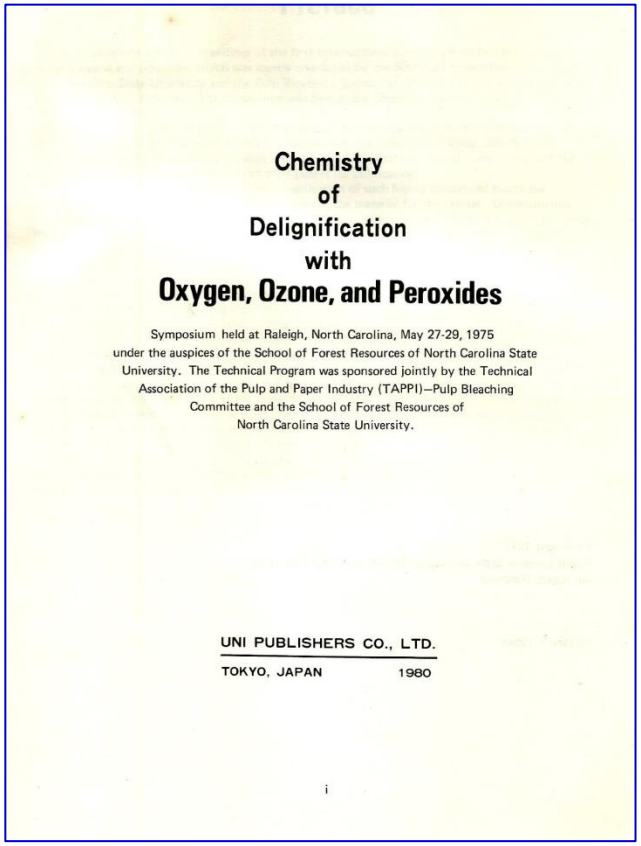
Lignina de Eucalipto

Fonte da Imagem: *Curso pelo saudoso Dr. José Lívio Gomide*

Obrigado amigos leitores

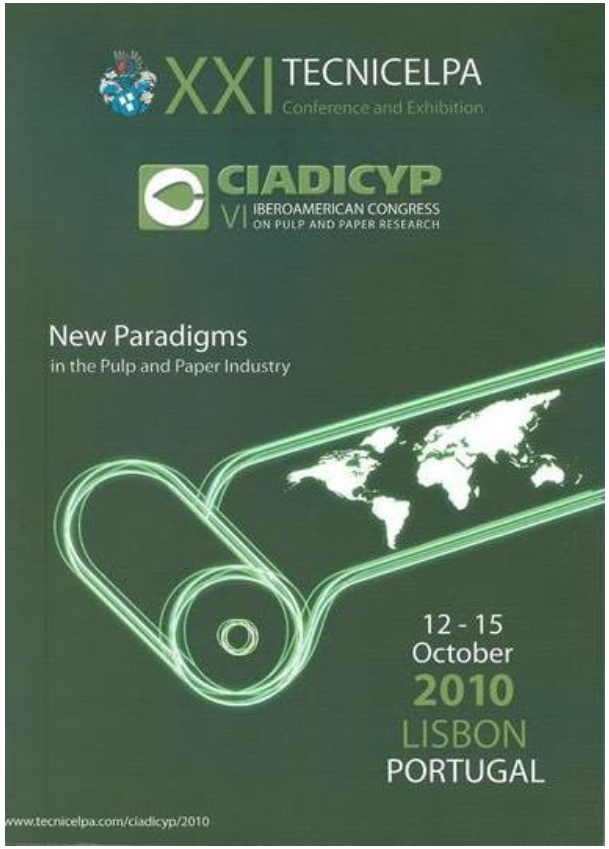


Até a próxima edição - Aguardem



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

i