As Páginas na Web do Professor Celso Foelkel

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

https://www.eucalyptus.com.br/

Relato de Vida e Coletânea de Publicações...

Biorrefinarias Integradas ao Setor de Celulose & Papel

Vivências no desenvolvimento desses processos tecnológicos no Brasil

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

Abril de 2023

CONTEÚDO DA PUBLICAÇÃO

01. Agradecimentos

02. Introdução às biorrefinarias de biomassa: Surgimento e crescimento desse conceito tecnológico

03. As biorrefinarias integradas aos processos de produção de celulose e papel no Brasil: *Histórico, desafios, conquistas, dificuldades e virtudes*

04. Aspectos tecnológicos e conceituais sobre as biorrefinarias integradas no setor de celulose e papel

05. Minhas vivências no segmento brasileiro de biorrefinarias integradas ao setor de celulose e papel

05.1 Anos Iniciais - "*Early years*" do Celso Foelkel com o desenvolvimento das biorrefinarias integradas no Brasil: entre 2001 a 2010

05.2 Anos de Ouro – "*Golden years*" do Celso Foelkel com as biorrefinarias integradas no Brasil - entre janeiro de 2011 aos dias atuais

06. Grandes autores e especialistas sobre desenvolvimentos e operacionalizações das biorrefinarias integradas no setor de base florestal

07. Considerações sobre os próximos passos das biorrefinarias para garantia de sustentabilidade dos negócios do setor de celulose e papel

08. Estudo de caso: *O exemplo da MFC – Celulose Micro Fibrilada*

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

10. Coletânea de publicações selecionadas por temas a partir de materiais publicados por consagrados autores em assuntos relacionados à bioeconomia e às biorrefinarias integradas ao setor de celulose e papel e de base florestal plantada

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.

À provável exceção dos websites a seguir, onde estarei comprometido, enquanto eu estiver vivo e consciente de meu papel com a sociedade científica e tecnológica, para manter os endereços de web 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

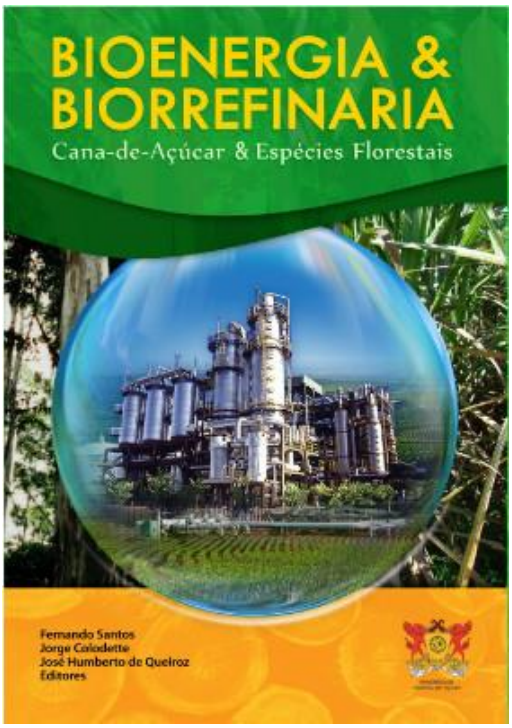
Caso tenham alguma dificuldade para descarregar o arquivo e/ou a necessidade de obter algum dos materiais citados como bibliografia, por favor, entrar em contato com:

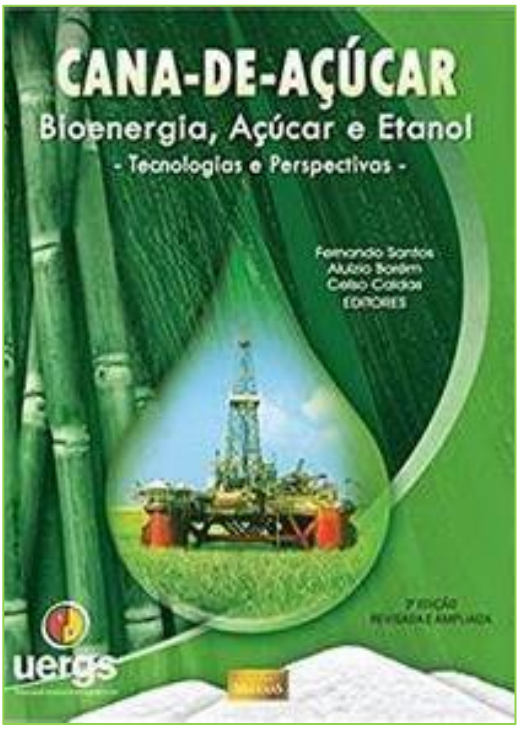
celso.foelkel@eucalyptus.com.br

...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





Biorrefinarias Integradas no Setor de Celulose & Papel

Vivências no desenvolvimento desses processos tecnológicos no Brasil

01. Agradecimentos

Desejo agradecer com muita sinceridade e fraterna amizade à excepcional cooperação de alguns de nossos parceiros, a seguir nominados, que permitem que possamos difundir seletiva e abundantemente os conhecimentos que conseguimos resgatar e selecionar em seus bancos de dados, pois há anos oportunizam e me prestigiam com esse tipo de acesso privilegiado às suas bases documentais para promoção e difusão do conhecimento setorial:

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

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

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

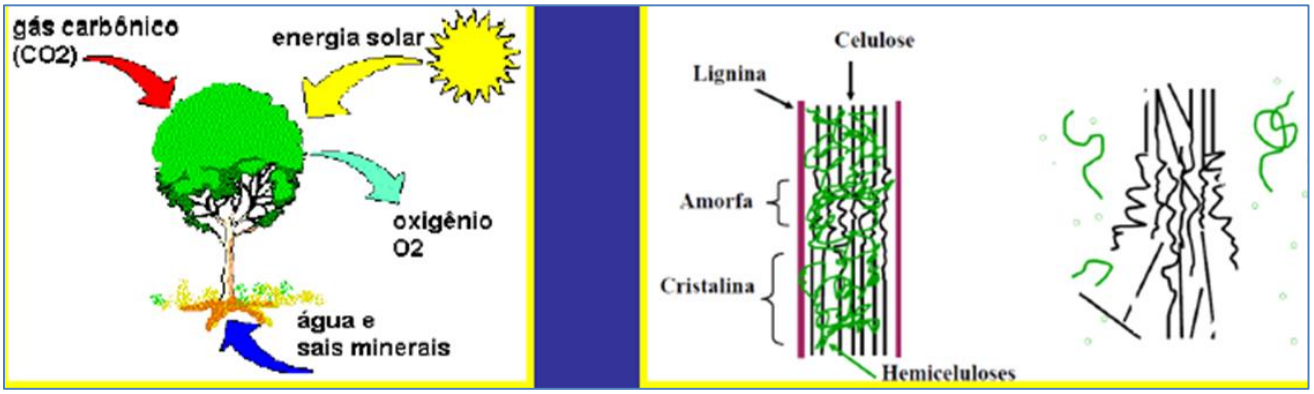
- ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp, através de seus criadores, organizadores e gestores dos eventos: Dr. Fernando José Borges Gomes e Dr. Jorge Luiz Colodette;

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

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

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

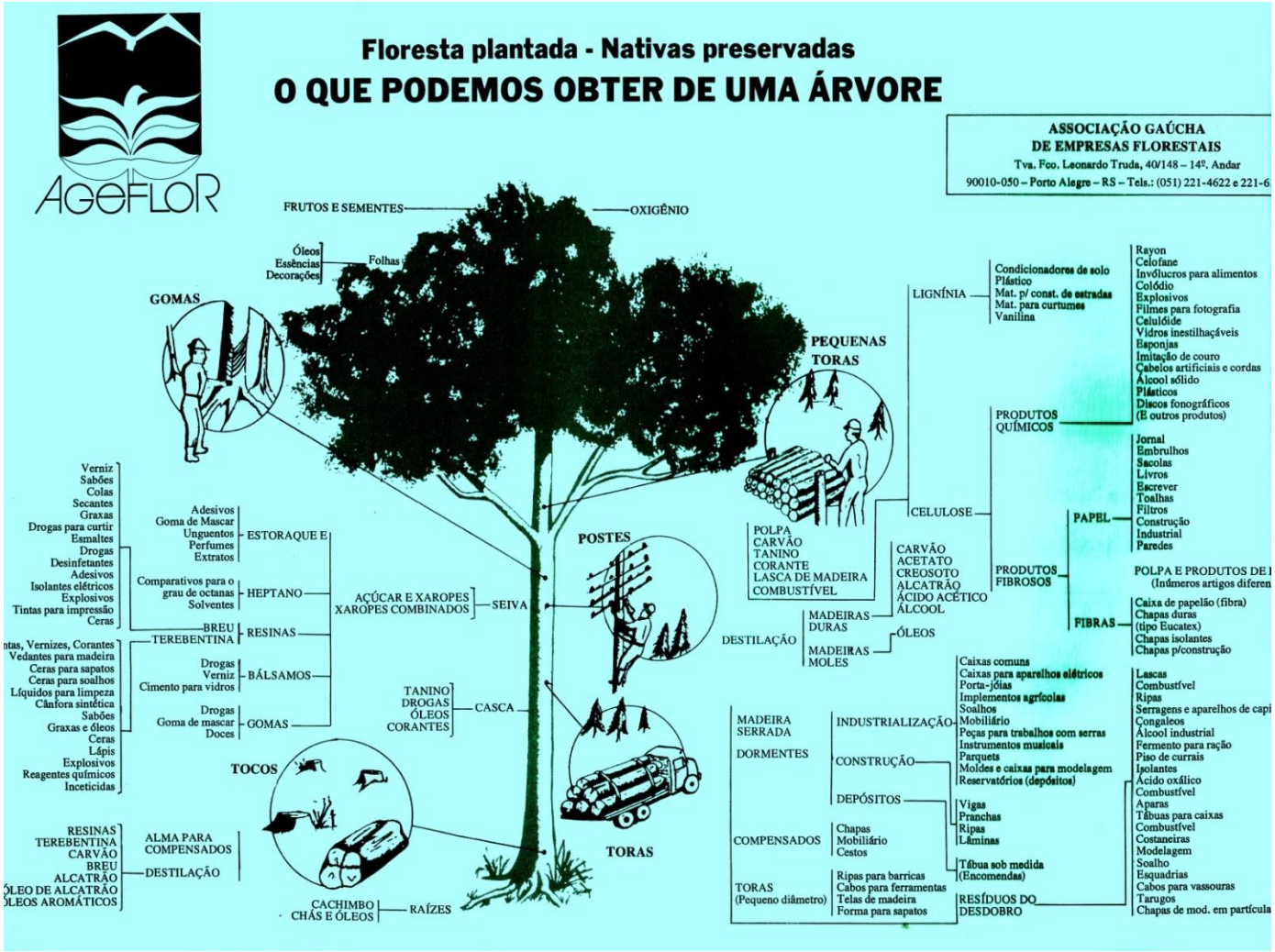
A todos os meus sinceros amigos nessas organizações, obrigado e esperamos todos continuar a manter esse tipo de parceira para a continuada veiculação de muitos conhecimentos a todos do nosso setor de celulose, papel e florestas plantadas.



Nosso tema desse Relato de Vida são as biorrefinarias de biomassas

Algo antigo para a sociedade - mas com nova e charmosa roupagem

02. Introdução às biorrefinarias de biomassa: Surgimento e crescimento desse conceito tecnológico



O que podemos obter de uma árvore – Imaginem de uma floresta!

Há décadas se conhecem imagens como essa acima...

Imagem produzida pela AGEFLOR – Associação Gaúcha de Empresas Florestais

O termo ***biorrefinaria*** surgiu inicialmente como uma alternativa para produção de biocombustíveis no setor energético, que passou a vislumbrar, a partir do início do século atual, como uma possibilidade mais sustentável aos combustíveis fósseis, já que esses estavam recebendo pressões em todo o mundo por seus impactos poluentes e causadores de efeito estufa. Além disso, sabe-se que em um dia ou outro no futuro, essas reservas fósseis acabarão se exaurindo.

As primeiras e ainda incipientes, mas já denominadas de biorrefinarias, foram resultado do entendimento pelo setor energético global de que o bioetanol e o biodiesel brasileiro haviam encontrado a alternativa inovadora ideal ao usar biomassas do agronegócio. Os engenhos de cana e as fábricas de biodiesel a partir de óleos vegetais passaram a se

integrar de forma criativa com os produtores e usuários de combustíveis fósseis, através da adequação desses produtos biocombustíveis e de suas tecnologias às novas realidades, com padrões mais sustentáveis e admirados pela Sociedade.

De forma rápida, a ideia de produção de biocombustíveis chamou a atenção do setor de base florestal, surgindo produtos com maior grau de aderência aos anseios dos novos tempos: o uso da biomassa florestal para produção de biocombustíveis verdes da fotossíntese (cavacos energéticos, péletes e briquetes, etanol de biomassa florestal, lignina, etc.). Até a lenha, um produto milenar do setor florestal, passou a ser vista sob um novo enfoque e a ser chamada de biomassa energética.

Em um primeiro momento, não se focaram as integrações entre tipos distintos de negócios. Foram buscadas inovações em biocombustíveis viáveis em desempenho e preços e que seriam alternativos aos combustíveis fósseis. A busca por biomassas foi intensa, chegando até a se colocarem como produtos biomássicos as algas verdes dos mares, os lixos orgânicos dos centros urbanos, os resíduos florestais e agrícolas depositados sobre o solo pelas culturas e os resíduos orgânicos de fábricas e estações de tratamento de esgotos (o lodo orgânico dessas estações recebeu o charmoso nome de biossólido).

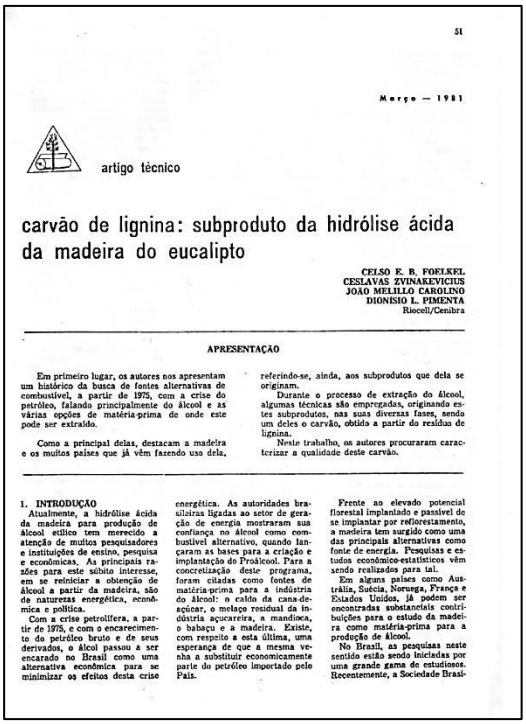
Entre menos erros e mais acertos, os biocombustíveis foram crescendo em tipos e usuários, ganhando espaço e abrindo caminho para os biomateriais, que seriam bioprodutos destinados a utilizações não energéticas (indústria química, indústria alimentícia, indústria farmacêutica, etc.). A integração entre tipos de produtos e tipos de negócios passou a crescer e a se solidificar na forma de aglomerados industriais mais ecoeficientes, que inicialmente se denominaram “clusters”. Entretanto, logo se concluiu que o termo biorrefinaria possuía muito mais impacto, principalmente para obtenção de financiamentos governamentais, para estabelecimento de políticas industriais e para destinações de milhares de estudos pelos pesquisadores em universidades, centros de pesquisa empresariais, etc., etc. Além disso, o termo biorrefinaria tinha uma posição mais simpática para a mídia e para os governantes, os quais se viam pressionados a abandonar ou reduzir a extração e uso de combustíveis fósseis (petróleo, gás natural, carvão mineral, etc.).

Até mesmo as antigamente admiradas refinarias do petróleo e os polos petroquímicos passaram a buscar formas de se integrarem à biomassa da fotossíntese, para ampliar negócios e esverdear sua imagem.

Importante se salientar, que as novas tecnologias desenvolvidas para fins energéticos foram se somando a outros tipos de conhecimentos, seja na área química, bioquímica e térmica e as biorrefinarias passaram a contar com inúmeras plataformas tecnológicas para serem construídas.

Uma interessante e inovadora “legolândia tecnológica”

Entretanto, muito antes de se falar sobre biorrefinarias e sobre combustíveis com o charmoso novo nome de biocombustíveis, já se encontrava na literatura brasileira e internacional uma enormidade de artigos, textos e palestras que apresentavam soluções tecnológicas que hoje seriam definidas como típicas tecnologias de biorrefinarias. ***Em realidade, o conceito de biorrefinaria só surgiu e pode se desenvolver tão rapidamente porque já estavam disponíveis inúmeras tecnologias que puderam ser incorporadas para utilização nas sonhadas biorrefinarias integradas de biomassa para o setor de base florestal, principalmente nas fábricas de celulose kraft e sulfito.***



51

Março — 1981

artigo técnico

carvão de lignina: subproduto da hidrólise ácida da madeira do eucalipto

CELSO E. B. FOELKEL
CESLAVAS ZVINAKEVICIUS
JOÃO MELILO CAROLINO
DIONISIO L. PIMENTA
Riocell/Cenibra

APRESENTAÇÃO

Em primeiro lugar, os autores nos apresentam um histórico da busca de fontes alternativas de combustível, a partir de 1975, com a crise do petróleo, falando principalmente do álcool e as várias opções de matéria-prima de onde este pode ser extraído.

Como a principal delas, destacam a madeira e os muitos países que já vêm fazendo uso dela, referindo-se, ainda, aos subprodutos que dela se originam.

Durante o processo de extração do álcool, algumas técnicas são empregadas, originando estes subprodutos, nas suas diversas fases, sendo um deles o carvão, obtido a partir do resíduo de lignina.

Neste trabalho, os autores procuraram caracterizar a qualidade deste carvão.

1. INTRODUÇÃO

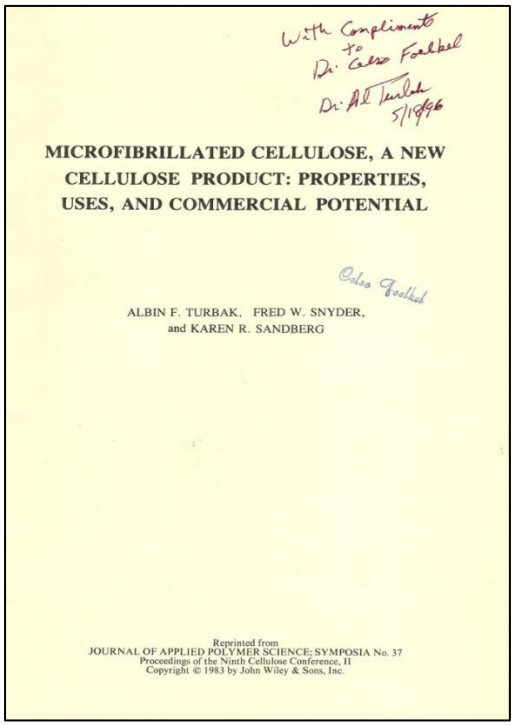
Atualmente, a hidrólise ácida da madeira para produção de álcool etílico tem merecido a atenção de muitos pesquisadores e instituições de ensino, pesquisa e econômicas. As principais razões para este súbito interesse, em se reiniciar a obtenção de álcool a partir da madeira, são de naturezas energética, econômica e política.

Com a crise petrolífera, a partir de 1975, e com o encarecimento do petróleo bruto e de seus derivados, o álcool passou a ser encarado no Brasil como uma alternativa econômica para se minimizar os efeitos desta crise energética. As autoridades brasileiras ligadas ao setor de geração de energia mostraram sua confiança no álcool como combustível alternativo, quando lançaram as bases para a criação e implantação do Proálcool. Para a concretização deste programa, foram citadas como fontes de matéria-prima para a indústria do álcool: o caldo da cana-de-açúcar, o melaço residual da indústria açucareira, a mandioca, o babaçu e a madeira. Existe, com respeito a esta última, uma esperança de que a mesma venha a substituir economicamente parte do petróleo importado pelo País.

Frente ao elevado potencial florestal implantado e passível de se implantar por reflorestamento, a madeira tem surgido como uma das principais alternativas como fonte de energia. Pesquisas e estudos econômico-estatísticos vêm sendo realizados para tal.

Em alguns países como Austrália, Suécia, Noruega, França e Estados Unidos, já podem ser encontradas substanciais contribuições para o estudo da madeira como matéria-prima para a produção de álcool.

No Brasil, as pesquisas neste sentido estão sendo iniciadas por uma grande gama de estudiosos. Recentemente, a Sociedade Brasil-



With Compliments to Dr. Celso Foelkel
Dr. Al Turbak 5/11/96

MICROFIBRILLATED CELLULOSE, A NEW CELLULOSE PRODUCT: PROPERTIES, USES, AND COMMERCIAL POTENTIAL

Celso Foelkel

ALBIN F. TURBAK, FRED W. SNYDER, and KAREN R. SANDBERG

Reprinted from
JOURNAL OF APPLIED POLYMER SCIENCE: SYMPOSIA No. 37
Proceedings of the Ninth Cellulose Conference, II
Copyright © 1983 by John Wiley & Sons, Inc.

Páginas de rosto de documentos sobre essa história

Esquerda:

Carvão de lignina: Subproduto da hidrólise ácida da madeira do eucalipto. C.E.B. Foelkel; C. Zvinakevicius; J.M. Carolino; D.L. Pimenta. Revista O Papel (Março): 51 – 54. (1981)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/Carv%E3o%20de%20lignina_%20subproduto%20da%20hidr%F3lise%20%E1cida%20da%20madeira%20do%20eucalipto.pdf (em Português)

Direita:

Birth of nanocelulose (*Microfibrillated cellulose: A new cellulose product – Properties, uses, and commercial potential*). A.F. Turbak; F.W. Sneyder; K.R. Sandberg. TAPPI Over the Wire. TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry. (1983/2011)

http://www.naylornetwork.com/PPI-OTW/articles/?aid=150993&issueID=22333 (Artigo original de 1983 - Republicado em 2011 pela TAPPI – em Inglês)

Dentre as muitas tecnologias sendo utilizadas pelas atuais biorrefinarias de base florestal, podemos citar diversas delas que já possuíam não apenas bases conceituais próprias e bem desenvolvidas, mas que já estavam inclusive em operações em unidades industriais ou em escalas de plantas piloto. O que o movimento em favor das biorrefinarias oportunizou para essas tecnologias foi uma nova e fantástica incursão de pesquisadores a testá-las, otimizá-las, integrá-las para aproveitá-las em formas novas para a criação dessas biorrefinarias.

Praticamente todas as plataformas tecnológicas sendo adotadas pelas atuais biorrefinarias de base florestal já eram conhecidas e em diferentes estágios de evolução tecnológica. Dentre elas, podemos citar as seguintes:

- Geração de bioeletricidade, vapor e calor em caldeiras de recuperação kraft e em caldeiras de força alimentadas com biomassa;
- Produção de biocombustíveis de madeira adensada, tais como os péletes e briquetes;
- Extração de metanol dos gases de exaustão do digestor e do licor preto kraft;
- Produção de “tall-oil” e de terebintina;
- Produção de biogás a partir da decomposição anaeróbica de resíduos orgânicos;
- Produção de celulose microfibrilada (MFC);
- Gaseificação da biomassa lenhosa e também do licor preto kraft;
- Produção de bioetanol de primeira geração;
- Produção de xilitol;
- Produção de furfural;
- Extração de compostos dos extrativos das cascas e madeiras, como por exemplo, dos taninos;
- Carbonização da madeira e casca das árvores;
- Utilização da pirólise rápida para produção de bio-óleo;

- Extração de lignina do licor preto por precipitação em meio ácido ou por ultrafiltração de suas moléculas;

- Precipitação de hemiceluloses do licor residual de cozimento;

- Extração de hemiceluloses por hidrólise ácida aquosa dos cavacos de madeira; etc.

Em resumo, praticamente todas as plataformas tecnológicas das atuais biorrefinarias de base florestal já estavam com suas rotas em avançados processos de conhecimento e utilização. Isso permitiu então aos criadores das biorrefinarias utilizá-las e integrá-las de formas inovadoras e criativas para a criação de diversos modelos de biorrefinarias.

O que tem sido mais difícil nesse processo é a integração das escalas de produção e o desenvolvimento de mercados que possam absorver as novas produções.

Conheçam alguns outros artigos pioneiros

Gaseificação de madeira em gaseificador co-corrente para produção de gás de médio poder calorífico e gás de síntese. Z.T. Makray. Tese de Doutorado. UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas. 259 pp. (1984)
https://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=473122 (em Português)

Produção conjunta de fibras celulósicas e etanol a partir do bambu. A. Azzini; M.C.O. Arruda; D. Ciaramello; A.L.B. Salgado; M. Tomazello Filho. 19º Congresso Anual. ABTCP – Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel. 13 pp. (1986)
https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/11-%20producao%20conjunta%20fibras%20e%20etanol%20de%20bambu.pdf (em Português)

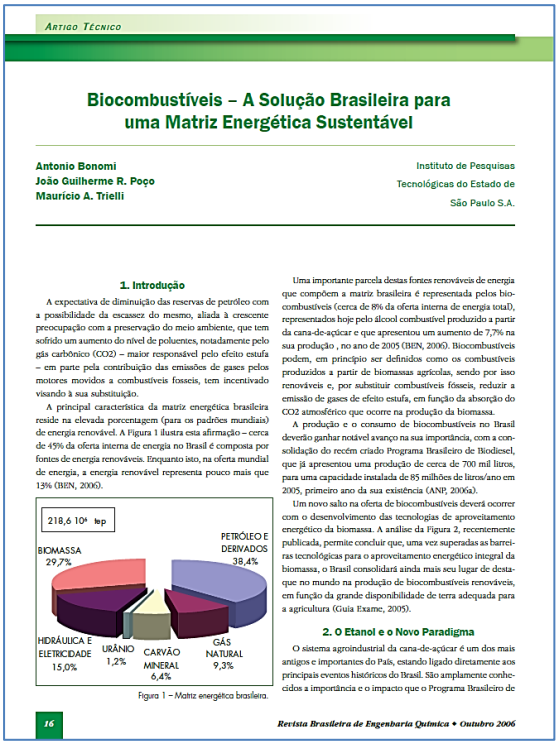
Kraft lignin as a fuel for the rotary lime kiln. B. Richardson. Tese de Mestrado. University of British Columbia. 352 pp. (1991)
https://open.library.ubc.ca/media/download/pdf/831/1.0058552/1 (em Inglês)

Biotechnology for production of fuels, chemicals, and materials from biomass. C.E. Wyman; B.J. Goodman. Applied Biochemistry and Biotechnology: 39 –59. (1993)
https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=c687a007d57c95efa36ffc50ca63e22fed9c272b#:~:text=In%20addition%20to%20fuels%2C%20a,and%20mate%2D%20rials%20from%20biomass (em Inglês)

A virada dos milênios passou a gerar toda uma expectativa de grandes mudanças, já que a era da inteligência artificial e das tecnologias da informação já estavam em pleno andamento e crescimento.

O que realmente aconteceu foi que o crescimento das novas ciências com foco nas matérias-primas geradas pela fotossíntese foi muito mais rápido do que se imaginava.

Isso porque já existiam muitas ciências consagradas e altamente fortalecidas dentro do que se estudava em termos biológicos, tais como: agronomia, biologia molecular, bioquímica, biotecnologia, química orgânica, geração de energias, etc. Também já existiam indústrias baseadas em matérias orgânicas de origem fóssil (indústria do petróleo e do carvão mineral) e não fóssil (indústria sucroalcooleira com o bioetanol, indústria alimentícia, etc.) que já atuavam em modelos que se assemelhavam às biorrefinarias integradas, onde o resíduo de uma etapa era utilizado para fabricação de outros produtos em outros tipos de setores fabris. Ou onde uma mesma matéria-prima permitiria se produzir uma ampla série de produtos diferentes em etapas muitas vezes intimamente integradas, ou mesmo individualizadas.



Artigo Técnico

Biocombustíveis – A Solução Brasileira para uma Matriz Energética Sustentável

Antonio Bonomi
João Guilherme R. Poço
Mauricio A. Trielli

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A.

1. Introdução

A expectativa de diminuição das reservas de petróleo com a possibilidade da escassez do mesmo, aliada à crescente preocupação com a preservação do meio ambiente, que tem sofrido um aumento do nível de poluentes, notadamente pelo gás carbônico (CO2) – maior responsável pelo efeito estufa – em parte pela contribuição das emissões de gases pelos motores movidos a combustíveis fosseis, tem incentivado visando à sua substituição.

A principal característica da matriz energética brasileira reside na elevada porcentagem (para os padrões mundiais) de energia renovável. A Figura 1 ilustra esta afirmação – cerca de 45% da oferta interna de energia no Brasil é composta por fontes de energia renováveis. Enquanto isto, na oferta mundial de energia, a energia renovável representa pouco mais que 13% (BEN, 2006).

Figura 1 – Matriz energética brasileira.

Uma importante parcela destas fontes renováveis de energia que compõem a matriz brasileira é representada pelos biocombustíveis (cerca de 8% da oferta interna de energia total), representados hoje pelo álcool combustível produzido a partir da cana-de-açúcar e que apresentou um aumento de 7,7% na sua produção , no ano de 2005 (BEN, 2006). Biocombustíveis podem, em princípio ser definidos como os combustíveis produzidos a partir de biomassas agrícolas, sendo por isso renováveis e, por substituir combustíveis fósseis, reduzir a emissão de gases de efeito estufa, em função da absorção do CO2 atmosférico que ocorre na produção da biomassa.

A produção e o consumo de biocombustíveis no Brasil deverão ganhar notável avanço na sua importância, com a consolidação do recém criado Programa Brasileiro de Biodiesel, que já apresentou uma produção de cerca de 700 mil litros, para uma capacidade instalada de 85 milhões de litros/ano em 2005, primeiro ano da sua existência (ANP, 2006a).

Um novo salto na oferta de biocombustíveis deverá ocorrer com o desenvolvimento das tecnologias de aproveitamento energético da biomassa. A análise da Figura 2, recentemente publicada, permite concluir que, uma vez superadas as barreiras tecnológicas para o aproveitamento energético integral da biomassa, o Brasil consolidará ainda mais seu lugar de destaque no mundo na produção de biocombustíveis renováveis, em função da grande disponibilidade de terra adequada para a agricultura (Guia Exame, 2005).

2. O Etanol e o Novo Paradigma

O sistema agroindustrial da cana-de-açúcar é um dos mais antigos e importantes do País, estando ligado diretamente aos principais eventos históricos do Brasil. São amplamente conhecidos a importância e o impacto que o Programa Brasileiro de

16 Revista Brasileira de Engenharia Química • Outubro 2006

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola de Química

TENDÊNCIAS E INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS EM BIORREFINO

Projeto Final de Curso

Química Industrial

por

Daniele Silva de Sousa
Fernanda Barbosa da Silva
Lucia Domingos Gonçalves

Outubro de 2006

Fontes das Imagens

Esquerda: https://www.researchgate.net/publication/321886761_Biocombustiveis_-_A_Solucao_Brasileira_para_uma_Matriz_Energetica_Sustentavel

Direita: https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/17987/1/DSSOusa.pdf

Na verdade, a terminologia refinaria era consagrada e dominante na indústria petroquímica. A derivação para biorrefinaria foi uma consequência

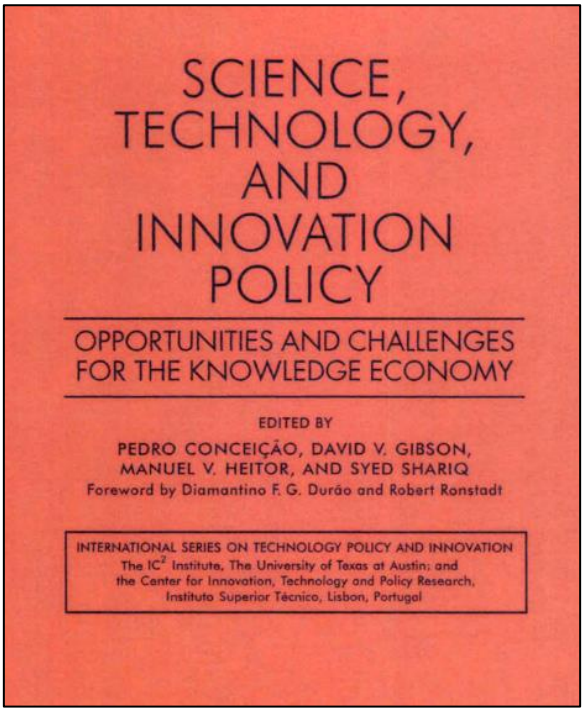
imediata: apenas se levando o conceito para tipos de aglomerados de segmentos industriais que atuassem tendo a matéria orgânica da biomassa renovável como base de seus negócios. Vejam a associação direta entre refinarias petroquímicas e as sonhadas biorrefinarias de biomassas geradas pelo agronegócio, em dois artigos de muito interesse e qualidade:

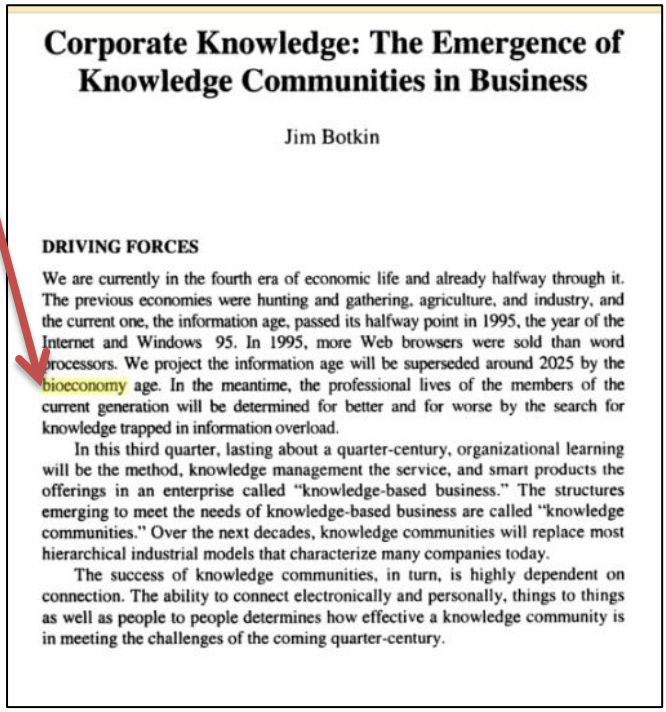
From petro to agro: Seeds of a new economy. R.E. Armstrong. Asian Biotechnology and Development Review 10(1/2): 57 – 74. (2008)

https://ris.org.in/sites/default/files/article4_v10n1&2.pdf (em Inglês)

Biorefinery concepts in comparison to petrochemical refineries. E. de Jong; G. Jungmeier. In: "Industrial Biorefineries and White Biotechnology". Elsevier Publishing. 31 pp. (2015)

https://www.benthis.eu/upload_mm/1/f/3/b2c35eb6-b984-43ae-bfef-b4a018e86584_de%20Jong%202015%20Biorefinery%20Concepts%20in%20Comparison%20to%20Petrochemical%20Refineries%20Book%20Chapter.pdf (em Inglês)





Corporate Knowledge: The Emergence of Knowledge Communities in Business

Jim Botkin

DRIVING FORCES

We are currently in the fourth era of economic life and already halfway through it. The previous economies were hunting and gathering, agriculture, and industry, and the current one, the information age, passed its halfway point in 1995, the year of the Internet and Windows 95. In 1995, more Web browsers were sold than word processors. We project the information age will be superseded around 2025 by the bioeconomy age. In the meantime, the professional lives of the members of the current generation will be determined for better and for worse by the search for knowledge trapped in information overload.

In this third quarter, lasting about a quarter-century, organizational learning will be the method, knowledge management the service, and smart products the offerings in an enterprise called "knowledge-based business." The structures emerging to meet the needs of knowledge-based business are called "knowledge communities." Over the next decades, knowledge communities will replace most hierarchical industrial models that characterize many companies today.

The success of knowledge communities, in turn, is highly dependent on connection. The ability to connect electronically and personally, things to things as well as people to people determines how effective a knowledge community is in meeting the challenges of the coming quarter-century.

Livro do ano 2000 onde se nota que a frase "era da bioeconomia" era prognosticada para se atingir sucesso por volta do ano 2025 – nós *chegamos algo antes disso*

https://books.google.com.br/books?id=YDh8Dr8vZbwC&dq=bioeconomy&lr=&hl=pt-BR&source=gbs_navlinks_s (em Inglês)

Alguns dos estudos publicados tinham finalidades de planejamento de pesquisas, de estimular entidades com as novas propostas de bioeconomia e para detecção das áreas prioritárias a serem trabalhadas.

No estudo do Biomass Research and Development Board de 2001, citado a seguir, já se estipularam inclusive objetivos para atingimentos pelo setor de celulose e papel até o final da primeira década do novo milênio.

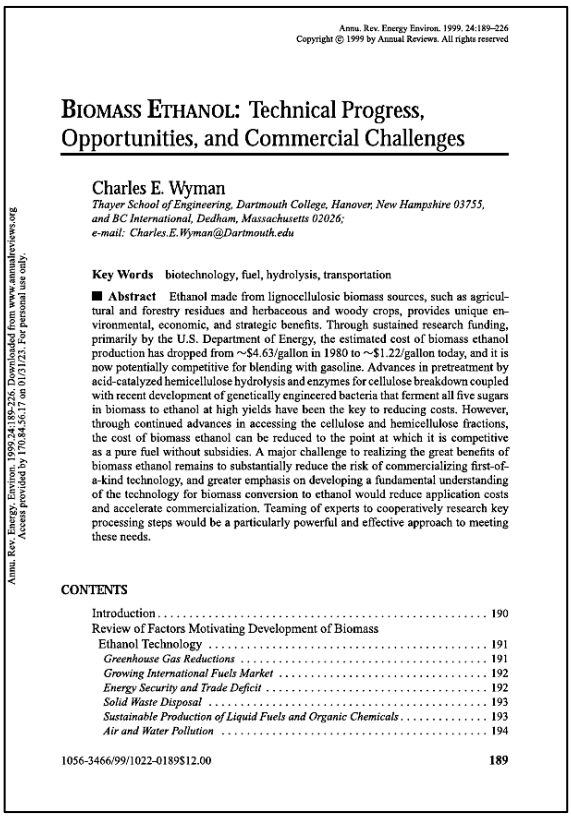
Fostering the bioeconomic revolution… In biobased products and bioenergy. An environmental approach. An Interagency Strategic Plan Prepared in Response to "The Biomass Research and Development Act of 2000" and the Executive Order 13134: "Developing and Promoting Biobased Products and Bioenergy". Biomass Research and Development Board. 32 pp. (2001)

https://p2infohouse.org/ref/37/36210.pdf (em Inglês)

Vale a pena se deter um pouco sobre alguns desses trabalhos pioneiros, que surgiram com a finalidade de desbravar e estimular o crescimento dessas novas rotas tecnológicas, tais como alguns artigos focados em potenciais biorrefinarias do setor sucroalcooleiro:

Biomass ethanol: Technical progress, opportunities and commercial challenges. C.E. Wyman. Annual Review of Energy, Environment 24: 189 – 226: (1999)

https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.energy.24.1.189 (em Inglês)



Annu. Rev. Energy Environ. 1999. 24:189–226
Copyright © 1999 by Annual Reviews. All rights reserved

BIOMASS ETHANOL: Technical Progress, Opportunities, and Commercial Challenges

Charles E. Wyman
Thayer School of Engineering, Dartmouth College, Hanover, New Hampshire 03755, and BC International, Dedham, Massachusetts 02026;
e-mail: Charles.E.Wyman@Dartmouth.edu

Key Words biotechnology, fuel, hydrolysis, transportation

■ **Abstract** Ethanol made from lignocellulosic biomass sources, such as agricultural and forestry residues and herbaceous and woody crops, provides unique environmental, economic, and strategic benefits. Through sustained research funding, primarily by the U.S. Department of Energy, the estimated cost of biomass ethanol production has dropped from ~$4.63/gallon in 1980 to ~$1.22/gallon today, and it is now potentially competitive for blending with gasoline. Advances in pretreatment by acid-catalyzed hemicellulose hydrolysis and enzymes for cellulose breakdown coupled with recent development of genetically engineered bacteria that ferment all five sugars in biomass to ethanol at high yields have been the key to reducing costs. However, through continued advances in accessing the cellulose and hemicellulose fractions, the cost of biomass ethanol can be reduced to the point at which it is competitive as a pure fuel without subsidies. A major challenge to realizing the great benefits of biomass ethanol remains to substantially reduce the risk of commercializing first-of-a-kind technology, and greater emphasis on developing a fundamental understanding of the technology for biomass conversion to ethanol would reduce application costs and accelerate commercialization. Teaming of experts to cooperatively research key processing steps would be a particularly powerful and effective approach to meeting these needs.

CONTENTS

Introduction 190
Review of Factors Motivating Development of Biomass Ethanol Technology 191
Greenhouse Gas Reductions 191
Growing International Fuels Market 192
Energy Security and Trade Deficit 192
Solid Waste Disposal 193
Sustainable Production of Liquid Fuels and Organic Chemicals 193
Air and Water Pollution 194

1056-3466/99/1022-0189$12.00

Annu. Rev. Energy Environ. 1999.24:189-226. Downloaded from www.annualreviews.org
Access provided by 170.84.56.17 on 01/31/23. For personal use only.

Ano do artigo: 1999

Palavras de nova geração encontradas:

Bioetanol
Produtos Lignocelulósicos
Bioenergia
Coprodutos
Processamento Biológico
Gases de Efeito Estufa
Alterações Climáticas Globais
Produtos Bio-based

Fonte do artigo:

https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.energy.24.1.189
(O despertar das biorrefinarias começara a acontecer – em Inglês)

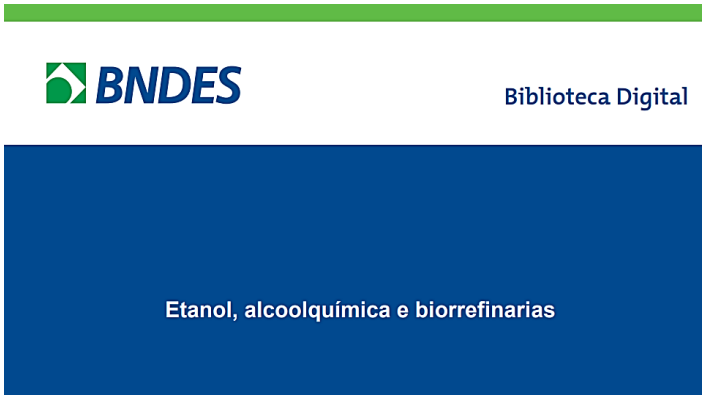
E de outros artigos relacionados fortemente à transformação do engenho de cana para uma biorrefinaria sucroalcooleira. Nessa biorrefinaria se produz até hoje e em algumas delas: bioetanol de primeira e segunda geração, açúcar de diferentes tipos, cachaça, biocombustível para queima e geração de calor, vapor e eletricidade (com o bagaço de cana), biofertilizantes orgânicos com os resíduos (vinhaça, restilo ou vinhoto e lodos de tratamento de efluentes).

Conheçam ainda:

Do engenho à biorrefinaria. A usina de açúcar como empreendimento industrial para a geração de produtos bioquímicos e biocombustíveis. J.A.R. Rodrigues. Química Nova 34(7): 1242 – 1254. (2011)

https://www.scielo.br/j/qn/a/N8VRCFzyBvJ74TmDfyVCYfG/?format=pdf&lang=pt (em Português)

e também:



Fonte da Imagem:

https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2527/1/BS%2025%20Etanol%2c%20Alcoolqu%c3%admica%20e%20Biorrefinarias_P.pdf (2007)

Biorrefinarias, biocombustíveis e química renovável: Revolução tecnológica e financiamento. VD. Bastos. Revista do BNDES 38. 55 pp. (2012)

https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1963/2/Biorrefinarias%2c%20biocombust%c3%adves_P_.pdf (em Português)

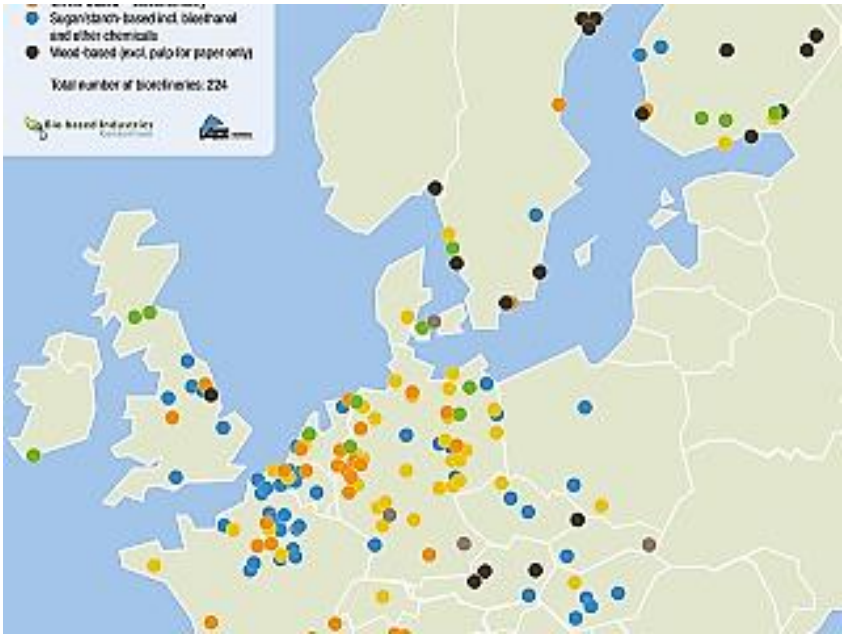
. Com muita certeza, as forças alavancadoras e que serviram de exemplos para as biorrefinarias de biomassas verdes e naturais foram: as lendárias refinarias de petróleo em escala global e também as produções integradas do agronegócio brasileiro no setor de açúcar e etanol e de biodiesel. Os conceitos de biorrefinarias estavam ai sendo aplicados, mas sem a necessária valorização para essa denominação moderna e atrativa.

A partir do ano 2000 já começaram a surgir e a se tornarem frequentes os artigos tecnológicos e científicos utilizando a palavra "***Biorrefinaria***" e com muitas expectativas para a ciência e para a *indústria*. Um novo nicho a ser pesquisado, a obter fundos para inovações e a abrir novos mercados para produtos ainda a serem criados. E para outros, como o etanol e o carvão vegetal, que seriam vestidos com novas roupagens mercadológicas e novos nomes: bioetanol e biocarvão vegetal (para se diferenciar do "problemático" carvão mineral de origem fóssil e gerador de gases de efeito estufa).

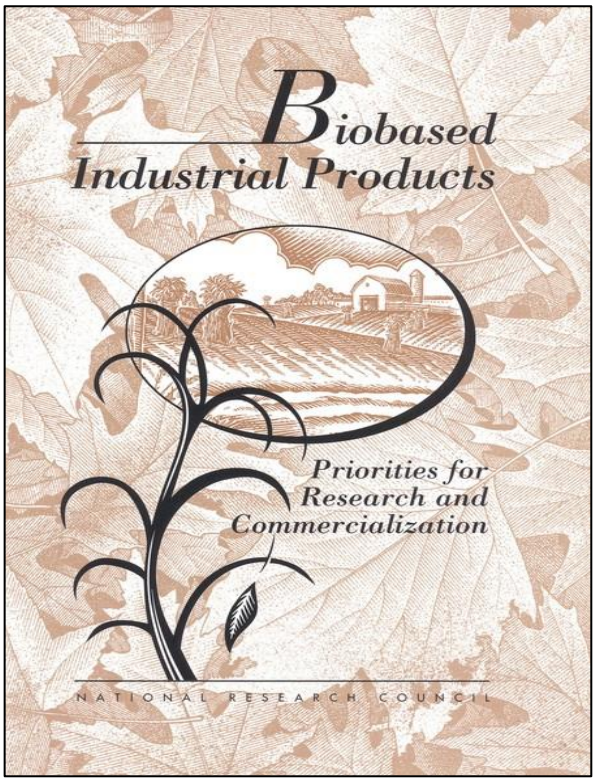
Paralelamente à criação de nomes atrativos para valorizar essa nova rota científica e tecnológica, a própria denominação biomassa acabou sendo também referida como **"materiais lignocelulósicos"** (matérias-primas de origem natural contendo carboidratos celulósicos e lignina) ou como **"materiais bionaturais",** ou ainda **"materiais de base biológica".**

As principais referências de literatura para essas épocas pioneiras surgiram nos Estados Unidos, Canadá, Alemanha, Áustria (em estudos consorciados com outros países europeus) e nos Estados Unidos da América.

Biorrefinarias na Europa (2017)

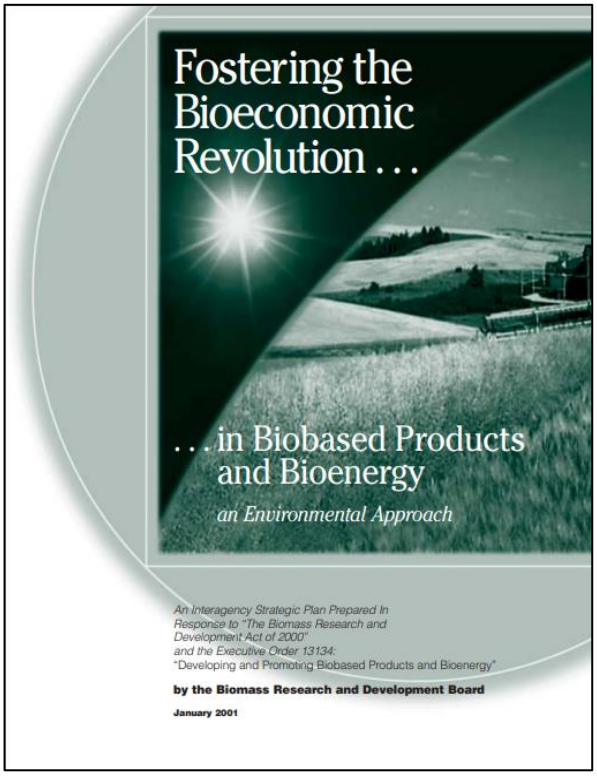


Fonte da Imagem:
https://www.bioplasticsmagazine.com/en/news/meldungen/28112017-map-of-biorefineries-in-Europe-.php (em Inglês)



Fonte da Imagem: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK232956/ (2000)

Capas de livros sobre bioeconomia



Fonte da Imagem: https://www1.eere.energy.gov/bioenergy/pdfs/28950.pdf (2001)

Vejam e conheçam alguns artigos e livros de épocas pioneiras:

Biopolitics - The bios theory. A. Vlavianos-Arvanitis. Biopolitics International Organisation. (1991)

https://biopolitics.gr/publications/textbooks/biopolitics-the-bios-theory/ (Uma das citações pioneiras sobre bioeconomia - em Inglês)

Livro: **Biobased industrial products. Priorities for research and commercialization.** National Research Council (US). Committee on Biobased Industrial Products. (2000)
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK232956/ (em Inglês)

Capítulo de Livro: **The biorefinery concept.** *In:* "Biobased industrial products. Priorities for research and commercialization". National Research Council (US). Committee on Biobased Industrial Products. (2000)

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK232954/#ddd00084 (em Inglês)

Green biorefinery: European Network for the Implementation of Biorefineries (NIB). B. Kamm; M. Kamm; S. Kromus; M. Naradoslawasky. Brandenburgische Unwelt Berichte 8S: 251 – 259. (2001)

https://www.researchgate.net/profile/Michael-Narodoslawsky/publication/228435219_Green_Biorefinery-European_Network_for_the_Implementation_of_Biorefineries_NIB/links/53cf5def0cf2fd75bc59b8eb/Green-Biorefinery-European-Network-for-the-Implementation-of-Biorefineries-NIB.pdf (em Inglês)

The biorefinery concept: An integrated approach. J.H. Clark; F.E.I. Deswarte. *In:* "Introduction to chemicals from biomass". Wiley. 20 pp. (2008)

https://media.wiley.com/product_data/excerpt/56/04700580/0470058056.pdf (em Inglês)

As terminologias **materiais lignocelulósicos**, ***bioeconomia*** e ***biorrefinarias*** começaram a aparecer de maneira tímida no ***setor de celulose e papel*** no início dos anos 2000's, quando a famosa e nefasta crise das dioxinas e furanos do setor já estava praticamente resolvida e também esquecida pela mídia. Entretanto, a economia instável vinha prejudicando o crescimento da indústria de celulose e papel no Hemisfério Norte. Além disso, países como Brasil, Chile, China e Indonésia mostravam ter entrado para jogar nesses negócios de celulose e papel para atuação de forma muito competitiva. Havia necessidade de se criarem novos negócios para esse setor nos países tradicionalmente fortes na indústria de celulose e papel, pois a economia de escala nas fábricas podia ser praticada no Hemisfério Sul, mas no Hemisfério Norte não havia muito espaço para ela.

Foi surgindo assim uma nova visão nas universidades e em muitas empresas dos Estados Unidos, Canadá, Finlândia, Suécia, Alemanha, Japão, Noruega e outros países fortes em produção de celulose e papel: tornava-se vital se diversificar os trabalhos e os estudos em P&D para criação de novos nichos de competitividade dentro desse setor. Dessa forma, as florestas e os resíduos das fábricas passaram a ser vistos como potenciais matérias-primas para novos negócios; negócios esses integrados ou não aos setores de celulose e papel e de base florestal. Outras matérias-orgânicas geradas como resíduos pela sociedade urbana e industrial crescente e desperdiçadora também poderiam entrar como coadjuvantes nesses novos negócios. Seria o caso de resíduos agrícolas, lodos industriais e do saneamento básico dos cidadãos, etc., etc.

Falava-se muito nessa época em desenvolvimento sustentável para o setor de celulose e papel, em novas formas de produção ecoeficientes e mais limpas, em certificações de processos e produtos, mas ainda não se tinha colocado tanto foco em bioeconomia, bioprodutos e bioenergia. Mas o interesse existia e estudos eram realizados, mas ainda sem se terem sido divulgados esses novos nomes charmosos, de inegável prestígio e de enorme apelo mercadológico para encantar a sociedade e os mercados.

Começaram então a surgir as primeiras biorrefinarias baseadas na conversão de alguns tipos de matérias-primas em biocombustíveis e bioprodutos:

- Caldo de cana de açúcar, amido e beterraba para produção de bioetanol e açúcares;

- Óleos e gorduras vegetais para produção de biodiesel, graxas e alimentos;

- Biomassa florestal para bioenergia e inúmeros produtos derivados das florestas;

- Materiais lignocelulósicos vegetais, mas não lenhosos: gramíneas, restos de culturas agrícolas, etc. para produção de bio-óleo, álcool e biocombustíveis;

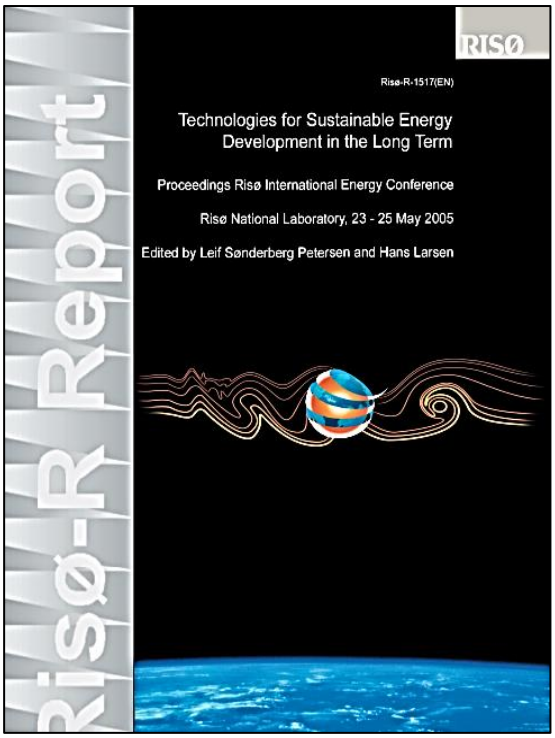
- Resíduos orgânicos industriais e da agricultura, para produção de biofertilizantes;

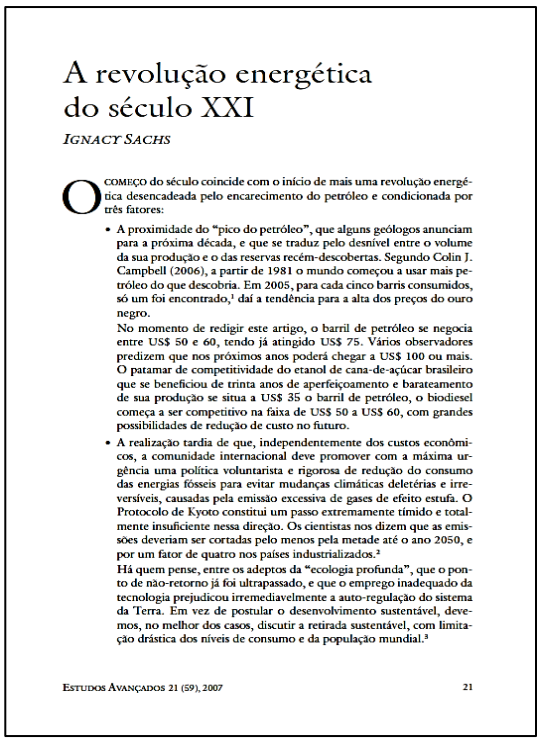
- Produtos intermediários da fabricação de polpa celulósica pelos processos sulfito e kraft, dentre outros.

A partir de 2002, já passaram a serem encontrados numerosos estudos e pesquisas sendo realizadas mais a nível internacional para e pelo **setor de celulose e papel**, um dos mais atrativos em termos de geração de biomassas e de possibilidades de integrações entre diversos produtos baseados em biomassas, incluindo biocombustíveis e biomateriais.

Entretanto, ainda não se havia definido uma clara opção do setor de celulose e papel para investir fortemente nesse segmento. Até certo ponto isso é compreensível, já que as empresas do setor são grandes demandadoras de capital em seus investimentos, e por isso mesmo, adversas ao risco em tecnologias inovadoras e de sucesso comercial ainda questionável.

Fonte das Imagens abaixo: *Citações bibliográficas ao longo desse presente documento*





A revolução energética do século XXI

IGNACY SACHS

O COMEÇO do século coincide com o início de mais uma revolução energética desencadeada pelo encarecimento do petróleo e condicionada por três fatores:

- A proximidade do "pico do petróleo", que alguns geólogos anunciam para a próxima década, e que se traduz pelo desnível entre o volume da sua produção e o das reservas recém-descobertas. Segundo Colin J. Campbell (2006), a partir de 1981 o mundo começou a usar mais petróleo do que descobria. Em 2005, para cada cinco barris consumidos, só um foi encontrado,[1] daí a tendência para a alta dos preços do ouro negro.
  No momento de redigir este artigo, o barril de petróleo se negocia entre US$ 50 e 60, tendo já atingido US$ 75. Vários observadores predizem que nos próximos anos poderá chegar a US$ 100 ou mais. O patamar de competitividade do etanol de cana-de-açúcar brasileiro que se beneficiou de trinta anos de aperfeiçoamento e barateamento de sua produção se situa a US$ 35 o barril de petróleo, o biodiesel começa a ser competitivo na faixa de US$ 50 a US$ 60, com grandes possibilidades de redução de custo no futuro.
- A realização tardia de que, independentemente dos custos econômicos, a comunidade internacional deve promover com a máxima urgência uma política voluntarista e rigorosa de redução do consumo das energias fósseis para evitar mudanças climáticas deletérias e irreversíveis, causadas pela emissão excessiva de gases de efeito estufa. O Protocolo de Kyoto constitui um passo extremamente tímido e totalmente insuficiente nessa direção. Os cientistas nos dizem que as emissões deveriam ser cortadas pelo menos pela metade até o ano 2050, e por um fator de quatro nos países industrializados.[2]
  Há quem pense, entre os adeptos da "ecologia profunda", que o ponto de não-retorno já foi ultrapassado, e que o emprego inadequado da tecnologia prejudicou irremediavelmente a auto-regulação do sistema da Terra. Em vez de postular o desenvolvimento sustentável, devemos, no melhor dos casos, discutir a retirada sustentável, com limitação drástica dos níveis de consumo e da população mundial.[3]

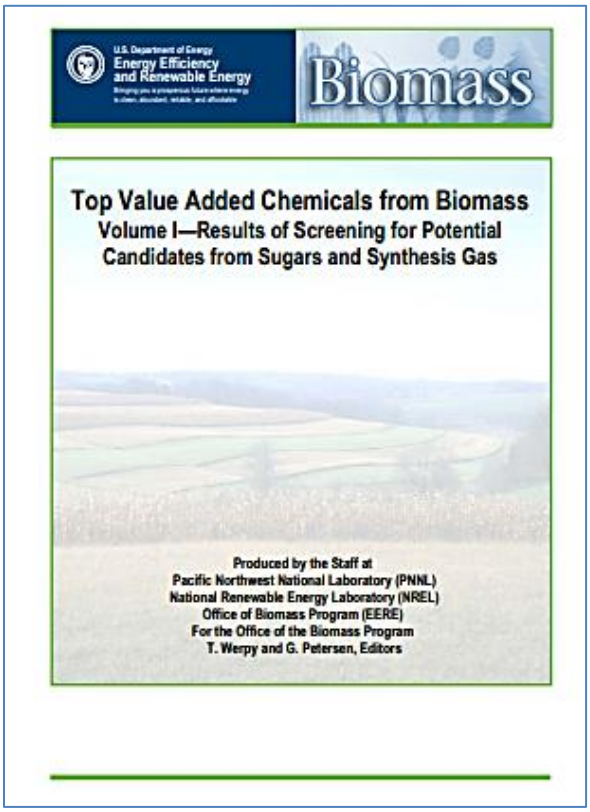
ESTUDOS AVANÇADOS 21 (59), 2007 21

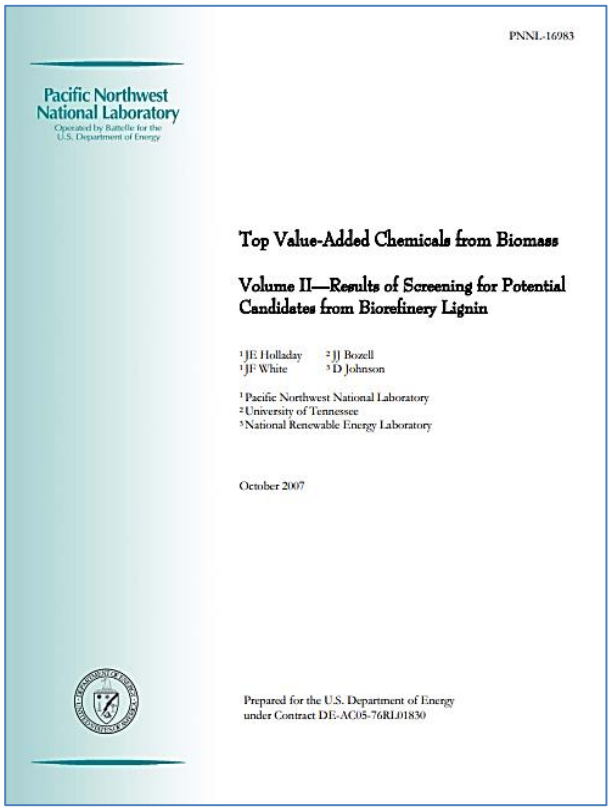
A orientação e os apelos energéticos foram muito fortes para o surgimento das biorrefinarias integradas, procurando novas opções e melhores eficiências no uso da energia

E não apenas nos setores de base florestal e de celulose e papel

O incentivo aos biocombustíveis tornou-se mais evidente quando o governo federal norte-americano ofereceu um crédito fiscal às empresas que utilizassem biocombustíveis, algo que perdurou desde 2005 até 2020. Em 2010, o licor preto kraft foi incluído nos biocombustíveis merecedores desse crédito. (https://www.investopedia.com/terms/b/black-liquor-tax-credit.asp & https://advancedbiofuelsusa.info/paper-industry-pushed-further-into-the-black-by-black-liquor-tax-credits/).

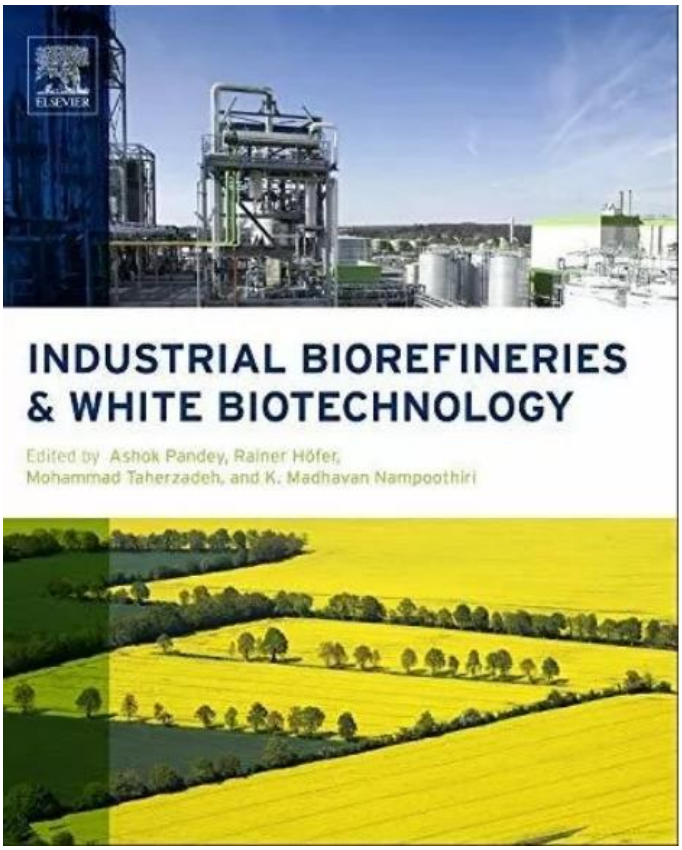
Acredita-se que esse crédito, que era de 50 centavos de dólar por galão queimado do biocombustível licor preto, tinha mais o propósito de reerguer a competitividade da indústria de celulose e papel daquele país, mas ele foi visto como um incentivo à bioeconomia. Apesar dos reclamos do setor de celulose e papel dos demais países do mundo, esse incentivo perdurou por cerca de 10 anos.





Endereços de web dessas fontes de figuras mais adiante nessa seção

Conheçam uma singela seleção de artigos, resultados de estudos e publicações pioneiras (***entre 2002 a 2005***) sobre as biorrefinarias, inclusive algumas das primeiras aventuras dos setores de base florestal e de celulose e papel nesse segmento rico de novas oportunidades tecnológicas e mercadológicas. Para muitos dos que se aventuravam nesses projetos, principalmente empresários, a meta seria encontrar novos caminhos para se agregar valor à matéria-prima conhecida como biomassa, e que muitas vezes costumava até ser queimada para eliminação ou ser descartada em aterros sanitários, por se tornar resíduo indesejável em processos industriais e até urbanos.



Fonte da Imagem:

https://books.google.com.br/books/about/Industrial_Biorefineries_and_White_Biote.html?id=dxKdBAAAQBAJ&redir_esc=y#:~:text=Industrial%20Biorefineries%20and%20White%20Biotechnology%20provides%20a%20comprehensive,chemicals%2C%20in%20particular%2C%20the%20development%20of%20low-cost%20technologies.

Em seções adiantes desse nosso Relato de Vida e em especial na ***Seção 10 – Página 228***, nós estamos oferecendo diversas recomendações de materiais técnicos e websites para serem acessados por vocês, caso tenham interesse nesse tipo de navegação.

Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin: An overview. J. Pérez; J. Muñoz-Dorado; T. de la Rubia; J. Martinéz. International Microbiology 5: 53 – 63. (2002)

https://www.academia.edu/8260225/Biodegradation_and_biological_treatments_of_cellulose_hemicellulose_and_lignin_an_overview (em Inglês)

The biorefinery concept in Alberta: Opportunities and challenges. W. Mabee; P. McFarlane; J. Saddler. The University of British Columbia. 48 pp. (2003)

https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=bb73854927d7a26dbca99b6a0e7e423eb55e0832 (em Inglês)

Commercialization of biopulping: An energy-saving and environmentally-friendly technology for the paper industry. R. Swaney; M. Akhtar; E. Horn; M. Lentz; C. Houtman; J. Klungness. 2003 TAPPI Fall Technical Conference: Engineering, Pulping & PCE&I. TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 08 pp. (2003)

https://www.fpl.fs.usda.gov/products/publications/specific_pub.php?posting_id=13937&header_id=p (em Inglês)

The chemistry involved in the steam treatment of lignocellulosic materials. L.P. Ramos. Química Nova 26(6): 863 – 871. (2003)

https://www.scielo.br/pdf/qn/v26n6/a15v26n6.pdf (em Inglês)

Effects of hardwood xylan dissolution on fibre charge and pulp yield. O. Dahlman. 1st ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 10 pp. (2003)

https://www.eucalyptus.com.br/icep01/olof_dahlman.pdf (em Inglês)

Possibilities for improving the pulping process. P. Axegård. 1st ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 06 pp. (2003)

https://www.eucalyptus.com.br/icep01/peter_axegard.pdf (em Inglês)

Principles of biorefineries. B. Kamm; M. Kamm. Applied Microbiology and Biotechnology 64: 137 – 145. (2004)

http://www.biorefinery.de/publications/KAMM_AMB_64_2004.pdf (em Inglês)

Thermochemical conversion of biomass. R.P. Overend. National Renewable Energy Laboratory. *In:* "Renewable energy sources charged with energy from the sun and originated from earth-moon interaction". 09 pp. (2004)

http://www.eolss.net/Sample-Chapters/C08/E3-08-01-05.pdf (em Inglês)

The green biorefinery in Austria. Development of an integrated system for green biomass utilization. S. Kromus; B. Wachter; W. Koschuh; M. Mandl; C. Krotscheck; M. Narodoslawsky. Chemical and Biochemical Engineering Quarterly 18(1): 07 – 12. (2004)

https://silverstripe.fkit.hr/cabeq/assets/Uploads/02-Green-CABEQ-2004-01.pdf (em Inglês)

Relatório de Conferência: **The World Congress on Industrial Biotechnology and Bioprocessing.** Orlando, Florida, USA, April 21-23, 2004. A.L. Young. Industrial Biotechnology and Bioprocessing. (2004)

https://www.researchgate.net/profile/Alvin-Young/publication/8449307_The_World_Congress_on_Industrial_Biotechnology_and_Bioprocessing_Orlando_Florida_USA_April_21-23_2004/links/5842321b08ae61f75dd106b7/The-World-Congress-on-Industrial-Biotechnology-and-Bioprocessing-Orlando-Florida-USA-April-21-23-2004.pdf (em Inglês)

Modelagem computacional e análise termodinâmica de sistemas de geração de potencia utilizando gaseificação de licor negro. A.G. Gallego. Tese de Doutorado. UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas. 217 pp. (2004)

http://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=472185 (em Português)

Advancing the forest biorefinery. Forest products. G. Closset. 2004 Techno-Business Forum. Apresentação em PowerPoint: 13 slides. (2004)

https://www.paperstudies.org/connect/forumslectures/technobus04/Wednesday%20Morning%20-%20bio/Closset.pdf (em Inglês)

Top value added chemicals from biomass. Pacific Northwest National Laboratory (PNNL) and the National Renewable Energy Laboratory (NREL). (2004)

- Volume I: ***Results of screening for potential candidates from sugars and synthesis gas*** (76 pp. – 2004 – em Inglês)

https://www.rivertop.com/files/bioenergy/pdfs/35523.pdf (em Inglês)

- Volume II—***Results of screening for potential candidates from biorefinery: Lignin*** (87 pp. – 2007 – em Inglês)

https://www1.eere.energy.gov/bioenergy/pdfs/pnnl-16983.pdf (em Inglês)

Overview of potential conversion technologies for forest thinnings. B.L. Polagye; .P.C. Malte. Department of Mechanical Engineering. University of Washington. 10 pp. (2004)

https://faculty.washington.edu/malte/OldSite/pubs/BiomassConversionOverview.pdf (Uso de resíduos florestais para produtos de maior valor agregado - em Inglês)

Aspectos teóricos e práticos do processo de pirólise de biomassa. J.D. Rocha; J.M. Mea-Pérez; L.A.B. Cortes. In*: Curso "Energia na Indústria de Açúcar e Álcool". UNIFEI – Universidade Federal de Itajubá. 22 pp. (2004)*

https://docplayer.com.br/9358172-Aspectos-teoricos-e-praticos-do-processo-de-pirolise-de-biomassa.html (em Português)

Innovation roadmap on bio-based feedstocks, fuels and industrial products. *Capturing Canada´s natural advantage*. Manufacturing Industries Branch. Industry Canada. 57 pp. (2005)

https://publications.gc.ca/collections/Collection/Iu44-11-2004E.pdf (em Inglês)

Gaseificação de briquetes de casca de eucalipto. A.C. Vieira. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 82 pp. (2005)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/9759/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Adaptable biorefinery: Some basic economic concepts to guide research selection. M.C. Farmer. TAPPI Engineering, Pulping & Environmental Conference. 10 pp. (2005)

http://www.paperstudies.org/research/findings/AdaptableBiorefineryMFarmerTAPPI2005.pdf (em Inglês)

Black liquor gasification: The fast lane to the biorefinery. B.R. Gebart; L. Westerlund; A. Nordin; R. Backman; B. Warnkvist; T. Richards; I. Nohlgren; L. Olm; N. Berglin; L. Troselius; I. Landälv. Swedish Research Institutes Consortium. (2005)

https://www.researchgate.net/publication/267839546_Black_liquor_gasification_-the_fast_lane_to_the_biorefinery (em Inglês)

Presentation of a dry black liquor gasification process with direct caustisization. E. Dahlquist; A.K. Jones. Tappi Journal 4(5): 15 - 19. (2005)

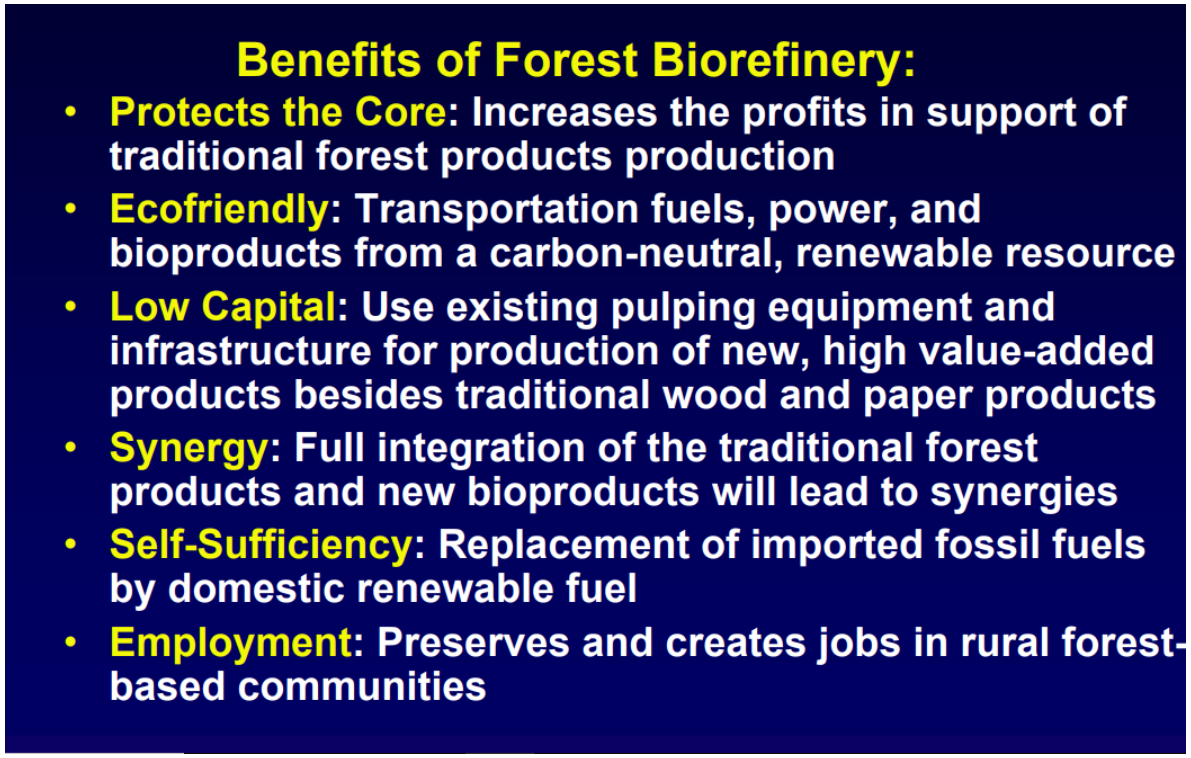
https://imisrise.tappi.org/TAPPI/Products/05/JUN/05JUN15.aspx (em Inglês)

Technologies for sustainable energy developments. Proceeding's RISO International Energy Conference. L.S. Petersen; H. Larsen (Editores). 459 pp. (2005)

https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/56553614/ris_r_1517.pdf (com interessantes estudos de gaseificação do licor preto kraft nas páginas 172 a 183 – em Inglês)

Produção de biodiesel a partir de sistemas agroflorestais em Vazante, Minas Gerais. A.V. Barros. Tese de Doutorado. UFRA – Universidade Federal Rural da Amazônia. 140 pp. (2005)

https://www.agrisustentavel.com/doc/citado/estudo/barros.pdf (em Português)



Alguns dos sonhos e das potencialidades das biorrefinarias florestais
Slide de palestra abaixo por Adriaan van Heiningen (2005)

From a kraft mill to a forest products biorefinery. A. van Heiningen. AICHE Meeting in Cincinnati – AICHE - American institute of Chemical Engineers. Apresentação em PowerPoint: 20 slides. (2005)
https://www.aiche.org/conferences/aiche-annual-meeting/2005/proceeding/paper/250d-kraft-mill-forest-products-biorefinery-0
(em Inglês)

A partir de 2006, tivemos uma explosão de textos, artigos, livros, congressos e patentes publicados e disponibilizados em inúmeros países do mundo sobre as biorrefinarias integradas ao setor de celulose e papel e suas biomassas, inclusive as florestais. Entretanto, alguns países, inclusive o Brasil, ainda não haviam despertado totalmente para essas oportunidades. Nossa indústria crescia de forma pujante: novas unidades altamente modernas surgiam para produção de polpa branqueada de mercado (Exemplos: Veracel – Eunápolis/BA e VCP – Jacareí/SP) e não havia tanto interesse em se aventurar por "mares ainda não conquistados". Apesar desse aparente desinteresse inicial e com o desejo de apenas "acompanhar à distância esse movimento tecnológico novo" pelo setor de celulose e papel no Brasil, começaram a surgir os primeiros interessados em desenvolver estudos sobre as biorrefinarias de biomassa, principalmente entre professores e estudantes de pós-graduação em algumas universidades expoentes do País.

Desde esse ano de 2006 e até o ano de 2009, em que a ***ciência e a tecnologia das biorrefinarias adentraram em escala global para ficar no segmento de produção de celulose, papel e biomassas florestais***, foram publicados centenas de materiais técnicos em todos os idiomas sobre as potencialidades, os riscos, os casos de sucessos e alguns casos de fracasso das biorrefinarias nesse segmento da bioeconomia. Surgiram então, e de forma intensa e rápida, dezenas, centenas ou milhares de iniciativas de estudos e publicações por associações técnicas, empresas, institutos de pesquisas, laboratórios industriais e acadêmicos, incluindo autores de todos os tipos e de diferentes origens e campos de estudo. Tudo porque essas tecnologias se tornaram atrativas, algo da moda científica e tecnológica e potencialmente geradoras de projetos para serem financiados por entidades de origem pública e privada.

Conheçam alguns desses estudos ainda disponíveis na web para leitura e reflexões históricas, técnicas e científicas.

Em seções adiantes desse nosso Relato de Vida e em especial na ***Seção 10 – Página 228,*** nós estamos oferecendo diversas recomendações de materiais técnicos e websites para serem acessados por vocês, caso tenham interesse nesse tipo de navegação.

Biocombustíveis: A solução brasileira para uma matriz energética sustentável. A. Bonomi; J.G.R. Poço; M.A. Trielli. Revista Brasileira de Engenharia Química (Outubro): 16 – 21 (2006)

https://www.researchgate.net/publication/321886761_Biocombustiveis_-_A_Solucao_Brasileira_para_uma_Matriz_Energetica_Sustentavel (em Português)

Converting a kraft pulp mill into an integrated forest biorefinery. A. van Heiningen. Pulp & Paper Canada 107(6): 38 – 43. (2006)

https://www.researchgate.net/profile/Adriaan-Van-Heiningen/publication/279907859_Converting_a_Kraft_pulp_mill_into_an_integrated_forest_biorefinery/links/5dcd7a18a6fdcc7e13818693/Converting-a-Kraft-pulp-mill-into-an-integrated-forest-biorefinery.pdf (em Inglês)

Identifying the Canadian forest biorefinery. U. Wising; P. Stuart. Pulp & Paper Canada 107(6): 25 – 30. (2006)

https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20073297018 (em Inglês)

e

http://cepac.cheme.cmu.edu/pasi2008/slides/stuart/library/reading/Biorefinery_Paper_Wising_Stuart_Polytechnique.pdf (em Inglês)

The potential of bioconversion to produce fuels and chemicals. W.E. Mabee; J.N. Sadler. Pulp & Paper Canada 107(6): 34 - 37. (2006)

https://www.academia.edu/48910883/The_potential_of_bioconversion_to_produce_fuels_and_chemicals (em Inglês)

The biorefinery in New York: Woody biomass into commercial ethanol. T.A. Amidon. Pulp & Paper Canada 107(6): 47 – 50. (2006)

https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=6fde68e4b6a1b10acf445350e73c06a5a500e5de (em Inglês)

From wood to fuels: Integrating biofuels and pulp production. A.J. Ragauskas; M. Nagy; D.H. Kim; C.A. Eckert; J.P. Hallett; C.L. Liotta. Industrial Biotechnology 2(1): 55 – 65. (2006)

https://www.academia.edu/18152045/From_wood_to_fuels_Integrating_biofuels_and_pulp_production (em Inglês)

A novel biorefinery. Production of pulp, bioenergy and green chemicals from nonwood materials. P.P. Rousu; P.P. Rousu; J.R. Anttila; J.P. Tanskanen. TAPPI Engineering, Pulping & Environmental Conference. 07 pp. (2006)

https://www.researchgate.net/publication/282178216_A_novel_biorefinery_-_Production_of_pulp_bioenergy_and_green_chemicals_from_nonwood_materials (em Inglês)

Evaluating biorefinery options in a pulp and paper mill: Carbon balances. F.S. Anand; M. Realff; K. Iisa; C.E. Courchene. TAPPI Engineering, Pulping & Environmental Conference. 11 pp. (2006)

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

Material de Evento: **Proceedings of the International Seminar on Energy & the Forest Products Industry.** FAO – Food and Agriculture Organization. (2006)

https://www.fao.org/docrep/009/j9425e/j9425e00.htm (em Inglês)

Cellulosic biorefineries - Charting a new course for wood use. A.A. Koukoulas. Pulp & Paper Canada 108(6): 17 – 19. (2007)

https://www.researchgate.net/publication/293552387_Cellulosic_biorefineries_-_Charting_a_new_course_for_wood_use (em Inglês)

Alternativas processuais associadas ao conceito de biorrefinarias. G. Sousa. Seminário "Bioenergia – Novas tendências". TECNICELPA/Portugal. Apresentação em PowerPoint: 43 slides. (2007)

https://www.tecnicelpa.com/files/Raiz.pdf (em Português)

The integrated forest biorefinery: The pathway to our bio-future with optionality. TRI. TAPPI Engineering, Pulping and Environmental Conference. Apresentação em PowerPoint: 20 slides. (2007)

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

Biorefinery opportunities for the Canadian P&P Industry. M. Towers; T. Browne; R. Kerekes; J. Paris; H. Tran. Pulp & Paper Canada 108(6): 26 – 29. (2007)

https://tspace.library.utoronto.ca/bitstream/1807/99298/1/J084%20-%202008%20Biorefinery%20opportunities%20for%20the%20Canadian%20P%26P%20Industry.pdf (em Inglês)

Biorefinery – An overview. G.C. Goyal; Z. Tan; C. Yin; N. Marsolan; T. Amidon. 3rd ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/50Goyal.text.pdf (Texto: 05 pp. – em Inglês)

e

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/51Goyal.ppt.pdf (Apresentação em PowerPoint: 39 slides – em Inglês)

The kraft pulp mill as a biorefinery. P. Axegard. 3rd ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/230Axegard.text.pdf.pdf (Texto: 06 pp. - em Inglês)

e

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/231Axegard.ppt.pdf (Apresentação em PowerPoint: 38 slides - em Inglês)

Membrane separation: An essential component for a wood-based biorefinery. T.E. Amidon; C.D. Wood; S. Liu. 3rd ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/120Amidon.text.pdf (Texto: 11 pp. – 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)

Gasification-based biorefining at kraft pulp and paper mills in the United States. E.D. Larson; S. Consonni; R.E. Katofsky; K. Iisa; W.J. Frederick Jr. International Chemical Recovery Conference. 11 pp. (2007)

https://acee.princeton.edu/wp-content/uploads/2016/10/Larson-etal-ICRC07-FINAL-19-Mar-2007-WITH-CITATION.pdf (em Inglês)

Status Report Biorefinery 2007. R. van Ree; B. Annevelink. SenterNovem. 110 pp. (2007)

https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/42141 (em Inglês)

Guided tour: Implementing the forest biorefinery (FBR) at existing pulp and paper mills. V. Chambost; J. Mcnutt; P.R. Stuart. Pulp & Paper Canada 109(7): 01 – 09. (2008)

https://cepac.cheme.cmu.edu/pasi2008/slides/stuart/library/reading/Chambost_pdf1.pdf (em Inglês)

Biorrefinerías a partir de matérias fibrosas. M.C. Area. Mari Papel y Corrugados 21(5): 45 – 48. (2008)

https://www.researchgate.net/publication/235354074_Bio-refineries_using_fibrous_materials_as_raw_material (em Espanhol)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2008_05_MCArea+Biorrefinerias.pdf (em Espanhol)

Impact of the integrated pulp mill/biorefinery on the chemical recovery cycle. N. De Martini; S.J. Lien; W.J. Frederick Jr. TAPPI Engineering, Pulping and Environmental Conference. (2008)

https://www.researchgate.net/publication/286495196_Impact_of_the_Integrated_Pulp_millbiorefinery_on_the_Chemical_Recovery_Cycle (em Inglês)

Cellulosic nanocomposites: A review. M.A. Hubbe; O.J Rojas; L.A. Lucia; M. Sain. BioResources 3(3): 929 – 980. (2008)

https://www.researchgate.net/publication/26526522_Cellulosic_nanocomposites_A_review (em Inglês)

Energy from biomass in pulp and paper mills. D. Gravilescu. Environmental Engineering and Management Journal 7(5): 537 – 546. (2008)

https://www.eemj.icpm.tuiasi.ro/pdfs/vol7/no5/9_Gavrilescu_D.pdf (em Inglês)

Overview of biorefinery concepts and basics for their greenhouse gas balance. G. Jungmeier; F. Cherubini. International Workshop "Transportation Biofuels: for Greenhouse Gas Mitigation, Energy Security or Other Reasons?". Apresentação em PowerPoint: 28 slides. (2008)

https://task38.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/sites/5/2017/02/7_Jungmeier_Biorefinery.pdf (em Inglês)

Toward a common classification approach for biorefinery systems. F. Cherubini; G. Jungmeier; M. Wellisch; T. Willke; I. Skiadas; R. van Ree; E. de Jong. Biofuels, Bioproducts & Biorefining. Society of Chemical Industry. John Wiley & Sons. 13 pp. (2009)

https://www.benthis.eu/upload_mm/0/b/1/4960c94a-c5d8-4065-827d-4fdcc3028cb3_T42_Classification%20paper%20BIOFPR.pdf (em Inglês)

The future pine and *Eucalyptus* pulp mill multi-product biorefinery. P. Axegard. 2nd Latin American Congress on Biorefineries (Chile). Apresentação em PowerPoint: 43 slides. (2009)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2009_Pine+Eucalyptus+Biorefinering+Potential.pdf (em Inglês)

The developments of forest-based biorefineries. Implications for market behavior and policy. P. Söderholm; R. Lundmark. Forest Products Journal 59(1/2): 06 – 16. (2009)

https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:989266/FULLTEXT01.pdf (em Inglês)

The best use of wood. B.A. Thorp; M. Akhtar. Paper 360º (January/February): 26 – 29. (2009)

https://www.researchgate.net/publication/294627183_The_best_use_of_wood (em Inglês)

On value creation at an industrial intersection – Bioenergy in the forest and energy sectors. S. Pätäri. Tese de Doutorado. Lappeenranta University of Technology. 95 pp. (2009)

https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/50569/isbn%209789522148674.pdf?isAllowed=y&sequence=2 (em Inglês)

Plataformas tecnológicas de investigación forestal. M.C. Area. Mari Papel y Corrugados (Março/Abril): 42 – 44. (2009)

https://www.researchgate.net/publication/235354072_Technological_platforms_of_investigation (em Espanhol)

A new generation kraft process. H. Sixta; G. Schild. Lenzinger Berichte 87: 26-37. (2009)

https://www.academia.edu/28812539/A_NEW_GENERATION_KRAFT_PROCESS (em Inglês)

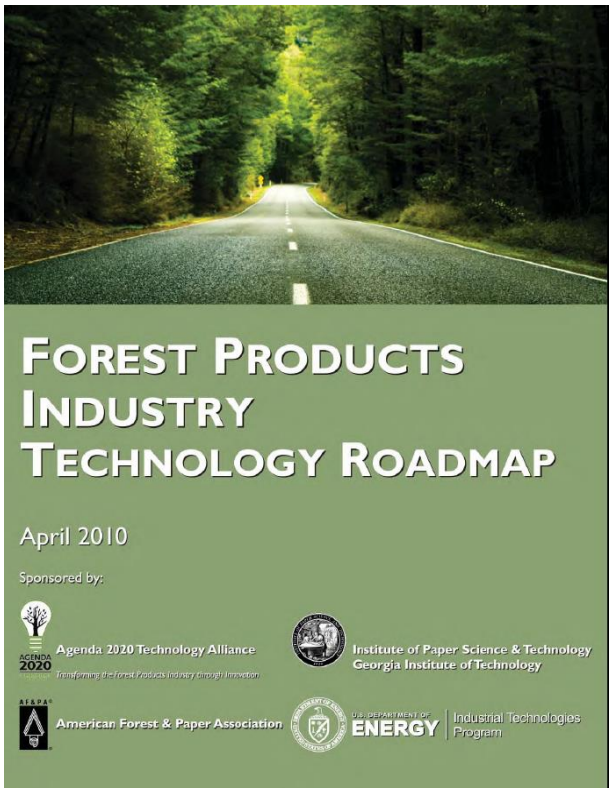
New energy: Fuel resources from kraft pulping. M. Nagy; M. Kosa; A.J. Ragauskas; H. Theliander. Georgia Institute of Technology. Chalmers University. Apresentação em PowerPoint: 28 slides. (2009)

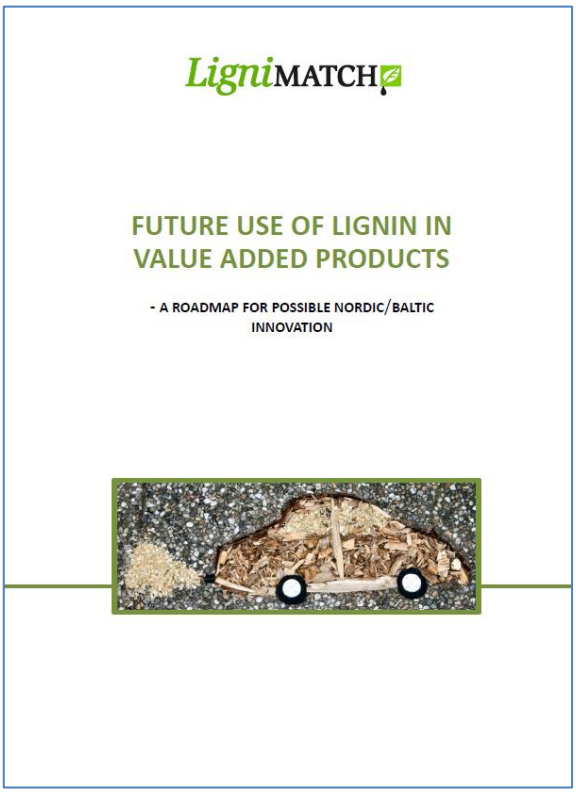
http://biorefinery.utk.edu/posters/ACS_SLC_Mate%20Nagy.pdf (em Inglês)

Biorefineries: Future business opportunity for forest cluster. Diffusion of forest biorefineries in Scandinavia, North America and South America. A. Näyhä; S. Hämäläinen; H.-L. Pesonen. University of Jyväskylä. School of Business and Economics. 51 pp. (2009)

https://www.researchgate.net/publication/277819235_Biorefineries_-_future_business_opportunity_for_forest_cluster_diffusion_of_forest_biorefineries_in_Scandinavia_North_America_and_South_America (em Inglês)

A partir de 2010 e até 2015, começaram então a surgir os consagrados "*roadmaps*", documentos que tinham a missão de orientar e prospectar as rotas tecnológicas dentro das charmosas Agendas 2020 ou de outros planos setoriais de desenvolvimento sustentável e que seriam trilhadas por segmentos do setor de celulose, papel e biomassa florestal, tais como: bioenergia e biocombustíveis de origem florestal, produção de lignina para fins industriais, produção de nanoceluloses e nanocompósitos, produção de biogases, utilização de enzimas em processos industriais, etc.





Fontes das Imagens *(Páginas de rosto de documentos):*

Esquerda:
https://www.appti.org/uploads/1/1/0/6/110618311/fpi_roadmap_2010.pdf

Direita: https://www.gmv.gu.se/digitalAssets/1448/1448662_roadmap.pdf

Paralelamente aos documentos cheios de esperança, havia artigos que questionavam quais as rotas ou plataformas realmente teriam perspectivas de sucesso dentro do setor de celulose, papel e base florestal. Porém, a maior parte dos textos na forma de livros, relatórios, projetos e artigos em revistas e congressos eram de pleno reconhecimento em relação à chegada de uma *"Era de Novos Paradigmas na Indústria de Celulose e Papel"*.

Esse se constituía no mesmo sentimento em praticamente todo o mundo celulósico-papeleiro e de base florestal e também do agronegócio. Muitas expectativas, muitas avaliações e pesquisas e certo número de

empresas já começando a apostar em alguns novos negócios em fábricas de celulose e papel.

"Novos Paradigmas na Indústria de Celulose e Papel"

Sentimentos de certezas ou de preocupações que persistem até os dias atuais

Fonte da Imagem: TECNICELPA/Portugal

Também passaram a serem encontrados muitos documentos mostrando segmentos em que as biorrefinarias já estavam inclusive funcionando ou sendo montadas, conforme a plataforma tecnológica selecionada.

Nessa época, **a quantidade de artigos, eventos, estudos, teses acadêmicas, palestras, etc. foi *grandiosamente grande***. Muito difícil (ou fácil) se selecionar materiais, frente à enorme disponibilidade. Entretanto, tomamos a liberdade de oferecer algumas publicações selecionadas para sua navegação. Conheçam algumas das **excelentes e recomendadas publicações desses tipos geradas entre 2010 a 2015**, de franca expansão das pesquisas, estudos e sonhos para as biorrefinarias de base florestal no setor de celulose e papel.

Em seções adiantes desse nosso Relato de Vida e em especial na ***Seção 10 – Página 228,*** nós estamos oferecendo diversas recomendações de materiais técnicos e websites para serem acessados por vocês, caso tenham interesse nesse tipo de navegação.

Forest products industry technology roadmap. G.R. Brown. American Forest and Paper Association. Agenda 2020 Technology Alliance. 108 pp. (2010)

https://www.appti.org/uploads/1/1/0/6/110618311/fpi_roadmap_2010.pdf (em Inglês)

https://p2infohouse.org/ref/49/48108.pdf (Versão 2006 – 78 pp. – em Inglês)

Implementing the 2010 Technology Roadmap. G.R. Brown. Paper 360º (September/October): 46 – 50. (2010)

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

Future use of lignin in value added products. A roadmap for possible Nordic/Baltic innovation. LigniMatch. 16 pp. (2010)

https://www.gmv.gu.se/digitalAssets/1448/1448662_roadmap.pdf (em Inglês)

Biorrefinería de materiales lignocelulósicos. *Eucalyptus globulus.* F. López; J.C. García; M.J. Feria; M.A.M. Zamudi; A. Pérez. Boletin CIDEU 8/9: 75 – 82. (2010)

http://www.uhu.es/cideu/Boletin/Boletin8_9/BolInf8-9CIDEU75-82.pdf (em Espanhol)

Impact of hemicellulose pre-extraction for bioconversion on birch kraft pulp properties. J. Helmerius; J.V. von Walter; U. Rova; K.A. Berglund; D.B. Hodge. Bioresource Technology 101: 5996–6005. (2010)

https://www.researchgate.net/publication/43079672_Impact_of_hemicellulose_pre-extraction_for_bioconversion_on_birch_Kraft_pulp_properties (em Inglês)

The wood-based biorefinery: A source of carbon fiber? G. Gellerstedt; E. Sjöholm; I. Brodin. The Open Agriculture Journal 3: 119 – 124. (2010)

https://openagriculturejournal.com/contents/volumes/V4/TOASJ-4-119/TOASJ-4-119.pdf (em Inglês)

Lignin-based carbon fiber. J. Luo. Dissertação de Mestrado. University of Maine. 179 pp. (2010)

https://digitalcommons.library.umaine.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1842&context=etd (em Inglês)

Review: Current international research into cellulose nanofibres and nanocomposites. S.J. Eichhorn; A. Dufresne; M. Aranguren; N.E. Marcovich; J.R. Capadona; S.J. Rowan; C. Weder; W. Thielemans; M. Roman; S. Renneckar; W. Gindl; S. Veigel; J. Keckes; H. Yano; K. Abe; M. Nogi; A.N. Nakagaito; A. Mangalam; J. Simonsen; A.S. Benight; A. Bismarck; L.A. Berglund; T. Peijs. Journal of Materials Science 45(1): 1-33. (2010)

http://doc.rero.ch/lm.php?url=1000,43,2,20100319100344-UC/wed_rci.pdf (em Inglês)

Survey finds optimism and skepticism about future of integrated biorefineries. K. Patrick. TAPPI Ahead of the Curve (Janeiro). (2010)

http://www.tappi.org/content/enewsletters/ahead/2010/issues/2010-01-20.html (em Inglês)

Drivers and barriers for implementation of the biorefinery. M. Janssen; P. Stuart. Pulp & Paper Canada (May/June): 13 – 17. (2010)

https://www.researchgate.net/publication/292323860_Drivers_and_Barriers_for_Implementation_of_the_Biorefinery (em Inglês)

Towards comprehensive utilization of side products from sulphite pulp production: A biorefinery approach. D.V. Evtyugin; A.M.R.B. Xavier; C.M. Silva; A. Prates. 21st TECNICELPA Conference and Exhibition / 6º CIADICYP – Congreso Ibero Americano de Docencia e Investigación en Celulosa Y Papel. 08 pp. (2010)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2010_Towards_Biorefinery+Sulphite+Mills.pdf (em Inglês)

Is the biorefinery for real? B.A. Thorp; M. Akhtar. Paper 360º (Julho/Agosto). (2010)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2010_Biorefinery+for+real.pdf (em Inglês)

Elaboração do *technology roadmap* para biorrefinaria de produtos da lignina no Brasil. M.F.R.F. Santos. Tese de Doutorado. UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro. 309 pp. (2011)

https://tpqb.eq.ufrj.br/download/technology-roadmap-para-biorrefinaria.pdf (em Português)

Forest products. The nanocellulosics frontier. A. Ragauskas. Tappi Journal (April): 05 – 06. (2011)

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

The kraft pulp mill biorefinery platform. P. Axegärd; N. Berglin; K. Lindgren; P. Tomani; F. Öhman. 5th ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 08 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/20_Biorefinery_platform.pdf (em Inglês)

Integration of lignin removal into a kraft pulp mill and use of lignin as a bio-fuel. P. Tomani; P. Axegård; N. Berglin; A. Lovel; D. Nordgren; F. Öhman. Cellulose Chemistry and Technology 45(7-8): 533 – 540. (2011)

https://www.cellulosechemtechnol.ro/pdf/CCT45,7-8(2011)/p.533-540.pdf (em Inglês)

Development of the biorefinery concept - (Give it time!). J. Sadler. 24th Annual Global Forest and Paper Industry Conference. Apresentação em PowerPoint: 30 slides. (2011)

https://www.pwc.com/gx/en/forest-paper-packaging/events/24th-fpp-conference/assets/market-outlook-dr-john-saddler.pdf (em Inglês)

Biorefinery platforms in forest industry: Potential new end products from forest. A. Harlin. 44º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 15 slides. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2011_Potential+new+forest+end+producs.pdf (em Inglês)

Roadmap for the development of international standards for nanocellulose. TappiNano. TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 36 pp. (2011)

https://www.tappinano.org/media/1468/2011-roadmapfornanocellulosestandards.pdf (em Inglês)

LignoBoost kraft lignin. A new renewable fuel and a valuable fuel additive. P. Tomani; P. Axegård; N. Berglin; D. Nordgren; J. Berghel. TAPPI International Bioenergy and Bioproducts Conference. Apresentação em PowerPoint: 43 slides. (2011)

https://www.tappi.org/content/Events/11BIOPRO/26.1Tomani.pdf (em Inglês)

Converting *Eucalyptus* biomass into ethanol: Financial and sensitivity analysis in a co-current dilute acid process. Part II. R. Gonzalez; T. Treasure; R. Phillips; H. Jameel; D. Saloni; R. Abt; J. Wright. Biomass & Bioenergy 35: 767 – 772. (2011)

https://www.researchgate.net/profile/Jeff-Wright-4/publication/221996527_Converting_Eucalyptus_biomass_into_ethanol_Financial_and_sensitivity_analysis_in_a_co-current_dilute_acid_process_Part_II/links/5d9a1b2d92851c2f70f20bb2/Converting-Eucalyptus-biomass-into-ethanol-Financial-and-sensitivity-analysis-in-a-co-current-dilute-acid-process-Part-II.pdf (em Inglês)

Lignin as a renewable aromatic resource for the chemical industry. R.J.A. Gosselink. Tese de Doutorado. Wageningen University. 196 pp. (2011)

https://edepot.wur.nl/186285 (em Inglês)

Livro: **Bio-refinerías de pequeña escala a partir de resíduos lignocelulósicos regionales.** M.C. Area; M.E. Vallejos; D.I. Bengoechea; F. Felissia; E.P. Dagnino. Editorial Académica Española. 191 pp. (2012)

https://www.researchgate.net/publication/262933028_Biorrefineria_a_partir_de_residuos_lignocelulosicos_Conversion_de_residuos_a_productos_de_alto_valor (em Espanhol)

New way to produce lignin from black liquor. M. Lake. Ahead of the Curve. TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. (2012)

https://www.tappi.org/content/enewsletters/ahead/2012/issues/2012-02-22.html (em Inglês)

Research into cellulose nanomaterials spans the globe. R. Moon; C. Walter. Paper 360º (May/June): 32 – 34. (2012)

https://www.researchgate.net/publication/296338430_Research_into_cellulose_nanomaterials_spans_the_globe (em Inglês)

The economic impact of nanocellulose. R. Crotogino. International Symposium on Assessing the Economic Impact of Nanotechnology. Apresentação em PowerPoint: 42 slides. (2012)

http://nano.gov/sites/default/files/materials_-_crotogino.pdf (em Inglês)

A decision-support tool for evaluating the technical and economic potential of integrating bioenergy production within pulp and paper mills. M. Machani; M. Nourelfath; S. D'Amours. CIRRELT/Canada. 49 pp. (2013)

https://www.cirrelt.ca/documentstravail/cirrelt-2013-07.pdf (em Inglês)

The technology roadmap for biorefinery lignin in the U.S. M.F.R.F. Santos; S. Borschiver; M.A.P.G. Couto. Energy and Power 3(4): 51 – 60. (2013)

https://www.researchgate.net/profile/Marcia-Santos-3/publication/275272090_The_Technology_Roadmap_for_biorefinery_lignin_in_the_US/links/5afd8f66a6fdcc3a5a753702/The-Technology-Roadmap-for-biorefinery-lignin-in-the-US.pdf (em Inglês)

Capítulo de livro: **Bioeconomy concepts.** R. Birner. In: "Bioeconomy – Shaping the transition to a sustainable bio-based-economy" I. Lewandowsky (Editor). 22 pp. (2018)

https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-319-68152-8_3.pdf?pdf=inline%20link (Capítulo 3 – em Inglês)

https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-319-68152-8.pdf (Livro completo - em Inglês)

Conversion of lignocellulosic biomass to nanocellulose: Structure and chemical process. H.V. Li; S.B.A. Hamid; S.K. Zain. The Scientific World Journal 2014(4). 20 pp. (2014)

https://www.researchgate.net/publication/266026683_Conversion_of_Lignocellulosic_Biomass_to_Nanocellulose_Structure_and_Chemical_Process (em Inglês)

Roadmap 2015-2025: Materials from nanocelulose. RISE – Research Institutes of Sweden. 08 pp. (2015)
https://pt.scribd.com/document/311914893/Roadmap-Materials-From-Nanocellulose (em Inglês)

Biorrefinerías y bioproductos a partir de materias primas lignocelulósicas. M.C. Area. II Jornadas Celulósico Papeleras. AFCP - Asociación Argentina de Fabricantes de Celulosa y Papel (AFCP). Apresentação em PowerPoint: 25 slides. (2015)
https://www.researchgate.net/publication/283727385_Biorrefinerias_y_bioproductos_a_partir_de_materias_primas_lignocelulosicas?_sg%5B0%5D=TdHWhEURdq99vlXPpWGFvPr5Yw4Pe_a5_4ADpVYDEiVXbnHQ9e2_f5rRUc4Nv-bt1qVCILuxLpjECanURM4z8Fsbp1iT7sEZlApqUmQ9.N3gxGaXey4U7mDOslRBKQoG-qRxJT47BsZ6mqKH-1vlZTtUTCT7k5QUYkfKHnCUn_KxPU6mtF-t2u8aTJZKYDQ (em Espanhol)

Lessons learned: Designing the forest biorefinery. F. Clerc; V. Chambost; P. Stuart. Tappi Journal 14(9): 609 – 616. (2015)
https://imisrise.tappi.org/TAPPI/Products/15/SEP/15SEP609.aspx (em Inglês)

Conheçam também algumas plantas industriais de biorrefinarias a partir de biomassas, conforme tenham sido divulgadas em publicações técnicas e websites nacionais e internacionais:

Äänekoski bioproduct mill. Website Metsä Group. Acesso em 22.02.2023:
https://www.metsagroup.com/metsafibre/about-metsafibre/pulp-production/aanekoski-bioproduct-mill/ (em Inglês)

Granbio: Tecnologia de Biorrefinaria. Acesso em 16.02.2023:
https://www.granbio.com.br/quem-somos/unidades-de-negocio/ (em Português)
e
http://www.granbio.com.br/conteudos/bioflex-biocombustiveis/ (em Português)

Raízen. Negócios com produtos renováveis. Acesso em 16.02.2023:
https://www.raizen.com.br/nossos-negocios (em Português)

Biorefinery - Lenzing - Innovative by nature. Acesso em 16.02.2023:
https://www.lenzing.com/sustainability/production/biorefinery/ (em Inglês)

Borregaard – Commercial plant in Sarpsborg, Norway. Factsheet. Borregaard A.S. Acesso em 16.02.2023:
https://www.etipbioenergy.eu/images/Factsheet_Borregaard_final.pdf (em Inglês)

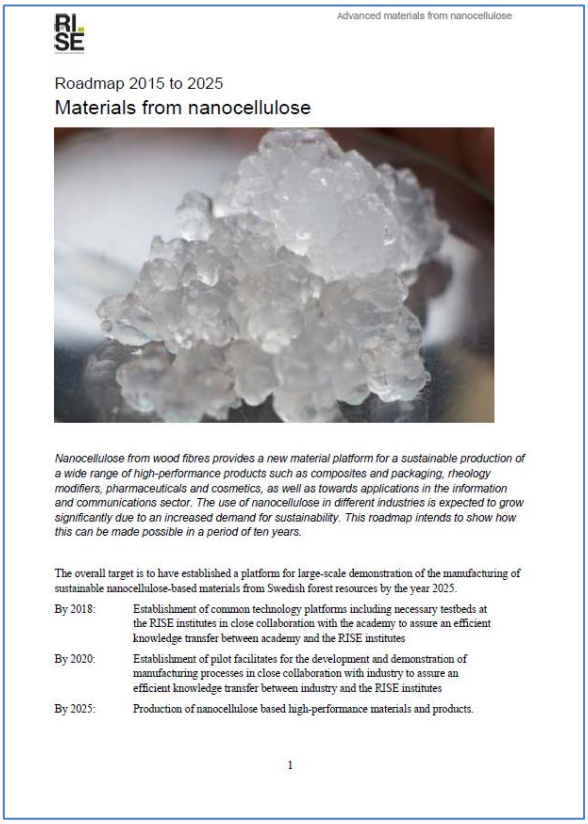
Green chemicals and fuels from the forest. KIRAM. Lund University Biofuels Workshop. Apresentação em PowerPoint: 28 slides. (2011)
http://www.lth.se/fileadmin/energiportalen/images/LU_Biofuels/Lars_Stigsson.pdf (em Inglês)

Biorefineries: Stora Enso in brief. M. Hannus. Lund University. Biofuels Workshop. (2010)
https://www.lth.se/fileadmin/energiportalen/images/LU_Biofuels/hannus.pdf (em Inglês)

Tembec Temiscaming integrated biorefinery. L. Magdzinski. Pulp & Paper Canada 107(6): 44 – 46. (2006)
https://www.yumpu.com/en/document/view/16769263/tembec-temiscaming-integrated-biorefinery-rinascite (em Inglês)

Em diversas seções desse nosso Relato de Vida (Seção 3 – Página 45; Seção 4 – Página 127; Seção 5 – Página 142 & Seção 10 – Página 228), nós estamos oferecendo diversas seleções bibliográficas com importantes quantidades de materiais técnicos e websites para serem acessados por vocês, caso tenham interesse nesse tipo de navegação.

Existe até hoje intensa mobilização em todo o mundo para tentar entender esse novo momento técnico e mercadológico e o audacioso modelo diferenciado de produção e negócios que ainda está sendo otimizado por diversos atores do nosso setor de C&P



RISE

Advanced materials from nanocellulose

Roadmap 2015 to 2025

Materials from nanocellulose

Nanocellulose from wood fibres provides a new material platform for a sustainable production of a wide range of high-performance products such as composites and packaging, rheology modifiers, pharmaceuticals and cosmetics, as well as towards applications in the information and communications sector. The use of nanocellulose in different industries is expected to grow significantly due to an increased demand for sustainability. This roadmap intends to show how this can be made possible in a period of ten years.

The overall target is to have established a platform for large-scale demonstration of the manufacturing of sustainable nanocellulose-based materials from Swedish forest resources by the year 2025.

By 2018: Establishment of common technology platforms including necessary testbeds at the RISE institutes in close collaboration with the academy to assure an efficient knowledge transfer between academy and the RISE institutes

By 2020: Establishment of pilot facilitates for the development and demonstration of manufacturing processes in close collaboration with industry to assure an efficient knowledge transfer between industry and the RISE institutes

By 2025: Production of nanocellulose based high-performance materials and products.

1

Fontes das Imagens acima:

Esquerda:

https://www.noram-eng.com/new-markets-for-lignin/

Direita:

https://pt.scribd.com/document/311914893/Roadmap-Materials-From-Nanocellulose

E foi exatamente no período ***entre os anos de 2011 a 2017***, em que passou a ocorrer uma explosão em lançamentos de estudos, projetos aplicados e plantas industriais pioneiras na concepção das biorrefinarias nos países mais evoluídos em pesquisas e desenvolvimento de tecnologias para o segmento de celulose e papel, **que o Brasil através de seus organismos tecnológicos** (associações técnicas, empresas, pesquisadores e institutos de pesquisa públicos e privados) **passou a se interessar e a também sonhar com as biorrefinarias integradas ao setor de celulose e papel e geração de bioenergia florestal**, *conforme veremos na seção seguinte desse nosso documento*.

Fontes dessas Imagens: Disponíveis em publicações apresentadas ao longo desse documento

Espero sinceramente que essas apresentações, estudos e trajetos históricos e tecnológicos com esses tipos de desenvolvimentos possam ser de utilidade a vocês leitores...

03. As biorrefinarias integradas aos processos de produção de celulose e papel no Brasil: *Histórico, desafios, conquistas, dificuldades e virtudes*

Reportagem de Capa

Lignina extraída do licor negro pode gerar produtos valiosos, como fibra de carbono

Biorrefinaria industrial

Os atuais parques fabris do setor estão aptos a colocar os conceitos em prática ou ainda não comportam tamanho sonho de sustentabilidade?

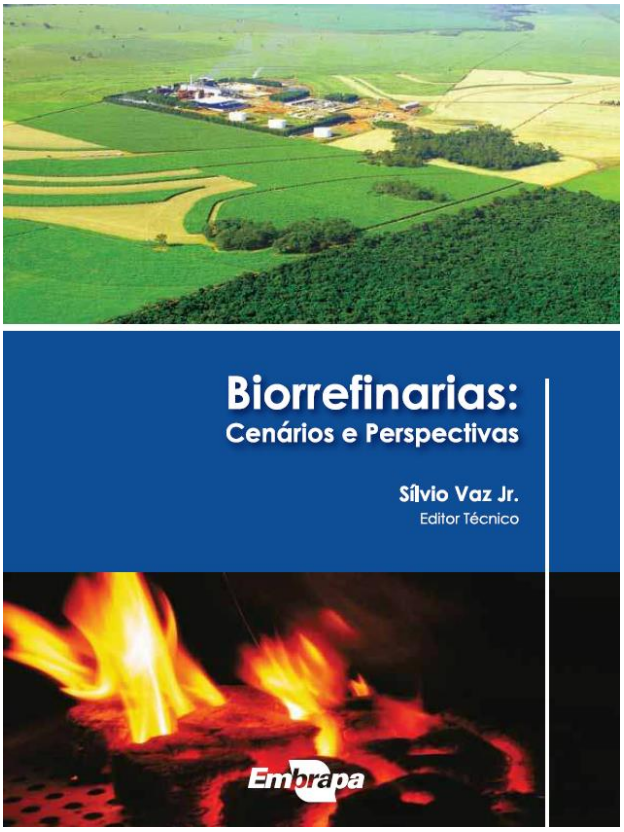
Por Caroline Martin

Em tempos de crescente preocupação sobre o aumento dos preços dos combustíveis, emissões de gases de efeito estufa e escassez de petróleo, fortalece-se o interesse por tecnologias que visam à produção sustentável de energia e geração de combustíveis a partir de fontes renováveis. Nesse contexto, o conceito de biorrefinaria desponta como aposta promissora a diversos segmentos – e não sem motivos: sua oferta de possibilidades parece infinita e caminha a passos largos rumo à aplicação prática em diversos países, onde as pesquisas já saíram dos laboratórios para adentrar o mundo corporativo de negócios.

O que vem a ser, efetivamente, uma biorrefinaria? "A infraestrutura de uma usina de biorrefinaria integra processos produtivos de combustíveis e produtos químicos

O PAPEL - Março 2011

26



Fontes das Imagens:

Esquerda:
http://www.revistaopapel.org.br/noticia-anexos/1302090574_4ece2ae090be1070c0ede8a778feb526_1985635854.pdf

Direita:
http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/10778/EMBRAPA_Biorrefinarias-Cen%C3%83%C6%92%C3%82%C2%A1rios-e-Perspectivas.pdf?sequence=1

De forma geral, divulga-se que as biorrefinarias de biomassa na concepção em que foram propostas por entidades do primeiro mundo começaram no Brasil em segmentos não usuários de madeiras como matérias-primas, embora a madeira e os resíduos de base florestal já estivessem sendo utilizados para finalidades que poderiam se encaixar clara e visivelmente no que se denomina atualmente de biorrefinarias de base florestal, como era o caso da produção da bioenergia (eletricidade, vapor e calor).

Seguem alguns casos para ilustração dessa afirmação:

- Extração do tanino da casca das árvores de acácia negra (*Acacia mearnsii*) no Rio Grande do Sul. Concomitantemente a isso, a casca residual é convertida a composto orgânico ou queimada como biocombustível. A madeira das toras tem valor agregado na sua conversão a madeira bioenergética (lenha, carvão vegetal, briquetes ou péletes) ou para venda como cavacos para fábricas de celulose.

- Industrialização da resina extraída do *Pinus* em alguns estados brasileiros, sendo que a madeira é convertida em celulose para papel, ou em produtos serrados de madeira, ou até mesmo chapas e painéis de madeira.

- Produção de eletricidade, vapor e calor a partir da biomassa florestal e do licor preto kraft, líquido interno ao processamento kraft de produção de celulose, também derivado da biomassa florestal.

- Em fábricas de celulose do início dos anos 2000's tinham-se exemplos de fábricas extraindo "tall-oil", outras usando a casca e restos de madeira como biocombustíveis em caldeiras e/ou produzindo composto orgânico e produtos para a agricultura (calcário, fertilizantes, etc.) a partir de seus resíduos. Enfim, atuavam como biorrefinarias, mas ainda não tinham recebido a distinção de assim serem denominadas (até por iniciativa delas mesmos, que poderiam optar por se autodenominarem também de biorrefinarias). Até se acreditava que para serem verdadeiras biorrefinarias precisariam agregar outros tipos de inovações como: produção de biogás, produção de metanol, extração de lignina do licor preto, extração de hemiceluloses para produção de etanol de segunda geração, produção de bio-óleo a partir de seus resíduos orgânicos, etc.

Acreditava-se que as fábricas de celulose precisariam usar os produtos gerados como biorrefinarias em novos negócios sustentáveis, disponibilizando aos mercados produtos novos e genuínos, resultados de novos investimentos com a finalidade de agregação de outros tipos de valores econômicos. Enquanto o que se tinham eram fábricas gerando subprodutos distintos de celulose e/ou papel, mas usando os mesmos internamente em seus processos de fabricação de celulose/papel. Eram os casos da produção e queima de resíduos de casca e madeira para geração própria de calor, vapor e eletricidade; de queima de "tall-oil" ou metanol no forno de cal, etc.

Trago-lhes um artigo interessante produzido em 2014 a partir de revisão de bibliografia por competentes estudantes acadêmicos, onde se descrevem conceitos do que possam ser definidas como biorrefinarias:

Biorrefinarias: Conceitos, classificação, matérias primas e produtos. J.C. Alvim; F.A.L.S. Alvim; V.H.G. Sales; P.V.G. Sales; E.M. Oliveira; A.C.R. da Costa. Journal of Bioenergy and Food Science 1(3): 61 – 77. (2014)

http://periodicos.ifap.edu.br/index.php/JBFS/article/viewFile/22/30 (em Português)

Fazendo algumas adaptações no que foi escrito pelos autores desse artigo relacionado acima, retrato uma parte das frases dos mesmos e com algumas modificações que tomei a liberdade de introduzir. Vejam em vermelho o que eu modifiquei ligeiramente ou acrescentei às escritas desses autores acima apresentados:

"*O termo biorrefinaria é amplamente discutido e existem várias definições para o mesmo. Diversos autores e órgãos criaram diferentes definições para este termo, no entanto poucas diferenças são encontradas entre as definições atuais.*

Segundo o NREL - American National Renewable Energy Laboratory, ***biorrefinarias são todas as indústrias que convertam a biomassa e que a utilizem para produzir: combustíveis, energia ou produtos químicos*** *(NREL, 2008).*

As biorrefinarias são definidas também como sendo o processamento sustentável de biomassa em um espectro de produtos para uso próprio ou para venda a terceiros (alimentos, rações, materiais, químicos, celulose e papel e/ou energia, tais como biocombustíveis, eletricidade, calor) *(IEA BIOENERGY, 2010).*

A principal diferença entre estes dois conceitos apresentados é que o primeiro deles só inclui como biorrefinarias as indústrias e o segundo inclui também os processos de produção e comercialização.

O terceiro conceito a ser discutido é o proposto por Demirbas (2009a), este autor define ***as biorrefinarias de maneira muito parecida com o primeiro conceito aqui discutido, no entanto ele comenta que as biorrefinarias são análogas às refinarias de petróleo onde múltiplos produtos são obtidos de uma mesma matéria-prima***".

Dentro do conceito de biorrefinarias integradas de biomassa, produzindo diversos e distintos produtos vendáveis a partir das matérias-primas biológicas utilizadas, os agregados industriais usuários de matérias-primas vegetais para produção de amido, açúcar e etanol e aqueles produtores de biodiesel, gorduras e óleos vegetais foram talvez os primeiros e mais visíveis exemplos tecnológicos de biorrefinarias no Brasil de acordo com a versão de produtos fabricados e vendáveis a partir da biomassa. Esses dois tipos de biorrefinarias são típicas do agronegócio, baseadas em culturas agrícolas de rápido crescimento e ciclo curto e com elevadas produções por hectare, graças ao melhoramento genético e técnicas avançadas de produção.

Conheçam mais alguns artigos relacionados à conceituação de biorrefinarias de biomassa e de biorrefinarias de base florestal:

Tendências e inovações em biorrefino. D.S. Sousa; F.B. Silva; L.D. Gonçalves. Trabalho de Conclusão de Curso. UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro. 107 pp. (2006)

https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/17987/1/DSSOusa.pdf (em Português)

Etanol, alcoolquímica e biorrefinarias. V.D. Bastos. BNDES Setorial 25: 05 – 38. (2007)

https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2527/1/BS%2025%20Etanol%2c%20Alcoolqu%c3%admica%20e%20Biorrefinarias_P.pdf (em Português)

Biorrefinaria: Um novo paradigma. A. Figueiredo Martins. Revista Opiniões (Junho/Agosto). (2008)

https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/23-biorrefinaria-um-novo-paradigma/ (em Português)

Biorrefinarias. A. Figueiredo Martins. UFSM – Universidade Federal de Santa Maria. Apresentação em PowerPoint: 36 slides. (2008)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2008_Biorrefinarias.pdf (em Português)

Biorrefinaria é conceito aplicável ao setor florestal. F.G. Silva Júnior. Revista Visão Agrícola 8: 45 – 49. (2008)

https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA08-pesquisa07.pdf (em Português)

Biorrefinaria. Desenvolvimento de plataformas químicas através de tecnologias integradas de biomassa. M. Pervaiz; C.A. Correa. Revista Polímeros: Ciência e Tecnologia 19(1): E9 – E11. (2009)

https://www.scielo.br/j/po/a/tYctmR3ZQ8MK7xsBKxbM4YR/?format=pdf&lang=pt (em Português)

Biorefinery and the pulp and paper industry. P.C. Santos; B. Demuner. Workshop "Biorefineries: Recent Advances and New Challenges". ABQ – Associação Brasileira de Química. Apresentação em PowerPoint: 23 slides. (2010)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2010_Biorefinery_Pulp_Paper_Industry.pdf (em Inglês)

Livro: **Biorrefinarias. Cenários e perspectivas.** S. Vaz Júnior (Editor Técnico). EMBRAPA Agroenergia. 180 pp. (2011)

http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/10778/EMBRAPA_Biorrefinarias-Cen%C3%83%C6%92%C3%82%C2%A1rios-e-Perspectivas.pdf?sequence=1 (em Português)

***Perspectives*: Next generation biorefineries will solve the food, biofuels and environmental trilemma in the energy–food–water nexus**. Y.-H.P. Zhang. Energy Science and Engineering 1(1): 27 – 41. (2013)

https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/ese3.2 (em Inglês)

Muitas expectativas ao final da primeira década do milênio

Fonte da Imagem: **Workshop Biorefineries 2010 – Recent Advances and New Challenges**

ABQ – Associação Brasileira de Química

https://www.abq.org.br/workshop/program.php

Quando se iniciaram - ***por volta de 2006 e com mais intensidade -*** *os estudos no Brasil* para introdução desses novos conceitos de biorrefinarias de base florestal em função dos exemplos que se multiplicavam no exterior, as biorrefinarias do setor sucroalcooleiro e de biodiesel já operavam em pleno sucesso.

Nessa época se multiplicavam no exterior os estudos e atividades de pesquisas para a formação da base tecnológica para diversos tipos de biorrefinarias de base florestal. Evidentemente, isso chamou a atenção dos pesquisadores brasileiros que atuavam no setor de base florestal. Diversas universidades passaram a se dedicar a esses estudos, embora sem uma clara definição pela indústria brasileira de que ela iria adotar alguma coisa do que fosse desenvolvido.

Entre 2006 a 2010, ***o posicionamento das empresas brasileiras fabricantes de celulose e papel foi mais o de acompanhar à distância os processos*, prospectando e pesquisando em seus laboratórios ou plantas piloto se valia ou não a pena migrarem para esse modelo de biorrefinarias, ou em quais tecnologias ou plataformas poderiam se aventurar**.

Afinal de contas, o Brasil era (e continua sendo ainda mais) líder na produção de celulose branqueada de eucalipto com modernas fábricas em operação (Suzano, Fibria, Veracel, Cenibra, Celulose Riograndense, etc.) e se as empresas tivessem que investir pesadamente em algo, preferir-se-ia investir em novas fábricas de celulose ou em ampliações de capacidade de fábricas existentes. Entretanto, essas empresas não ficaram omissas, elas tinham sempre atenção e pessoal técnico participando de eventos internacionais e nacionais, buscando monitorar o crescimento tecnológico do segmento das biorrefinarias, até os momentos em que os riscos fossem suficientemente menores para que se adentrasse nesses novos conceitos. Também dialogavam com os potenciais fornecedores de tecnologias em cada tipo de novo produto, para se manterem atualizadas e no aguardo do momento certo de investirem e se arriscarem, mas certamente dentro de um conceito de mínimas chances de insucessos.

Esse tipo de postura aconteceu principalmente com as empresa Fibria, Suzano e Klabin, as principais e mais qualificadas empresas do setor de fabricação de celulose e papel no Brasil. A partir do final dos anos 2010's, algumas iniciativas surgiram por parte das mesmas, aventurando-se na aquisição de processos tecnológicos para produção em escala piloto ou semi-industrial dos seguintes novos produtos: lignina extraída do licor preto; gás combustível por gaseificação da biomassa para oferecer gases combustíveis ao forno de cal; separação e queima do metanol extraído do licor preto; produção de celulose microfibrilada para uso em seus próprios

processos de produção de papel; produção de bio-óleo a partir de resíduos de biomassa; dentre outras iniciativas;

Mesmo com essa postura das empresas nacionais, com a opção de serem seguidoras e observadoras, diversas das plataformas tecnológicas das biorrefinarias já estavam em operação em algumas das fábricas de celulose e papel brasileiras, tais como:

- Produção de lignosulfonatos a partir de lixívia do processo sulfito (parceria entre as empresas Melbar Produtos de Lignina e Cambará Produtos Florestais, na cidade de Cambará do Sul/RS - *Encerrada*);

- Produção de metanol extraído de gases residuais da polpação kraft (nas fábricas estado-da-arte daquela época);

- Produção de "tall-oil" extraído do licor preto da fabricação da celulose de coníferas (Klabin);

- Produção de calor, eletricidade e vapor em caldeiras de biomassa, queimando casca e resíduos de madeira (em praticamente todas as fábricas de celulose kraft do País);

- Produção de cavacos energéticos ou de madeira adensada (briquetes e péletes) em parceria com outras empresas;

- Produção de biofertilizantes (composto orgânico) e de corretivos do solo (produtos minerais residuais do processo industrial)

...dentre outras inciativas de aumento de escopo de portfólio de produtos.

Apesar dessas iniciativas pioneiras, buscava-se mais uma solução de problemas ou oportunidades internas nas fábricas e não uma comercialização de produtos purificados e de maior valor agregado: alguns desses produtos eram utilizados dentro das fábricas como biocombustíveis (metanol, lodo orgânico do efluente e "tall-oil").

Por outro lado, era frequente e abundante a presença das universidades, institutos de pesquisa e pesquisadores internacionais participando de eventos ou usando nossas revistas e livros para lançar e divulgar suas descobertas. Falava-se e ainda se fala muito nos meios acadêmicos em desconstrução da biomassa florestal para fabricar novos e nunca imaginados produtos nesse nosso setor de celulose e papel. Mas não é apenas com processos complexos e completamente novos que se criam biorrefinarias. Afinal, nem todo material lignocelulósico precisa ser desconstruído quimicamente, muitas vezes, basta se mudar a forma física e

garantir os parâmetros de qualidade e desempenho. Mas se quiserem falar em desconstrução da biomassa lenhosa, o próprio processo de deslignificação para separar as fibras celulósicas já se caracteriza como uma desconstrução de um material lignocelulósico (madeira). Assim, todos ficarão mais felizes com essa realidade.

Destaco a presença constante de algumas universidades e centros de investigações florestais em desenvolver ciência e tecnologias para as biorrefinarias de base florestal, que se iniciaram cedo nessa atividade, as quais são mantidas até os dias presentes: UFV – Universidade Federal de Viçosa; USP – Universidade de São Paulo; UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais; UFPR – Universidade Federal do Paraná; UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas; UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro; UNIFEI – Universidade Federal de Itajubá; UFRRJ – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul; UFSM – Universidade Federal de Santa Maria; UFLA – Universidade Federal de Lavras; EMBRAPA Florestas; EMBRAPA Agroenergia; etc.

Importante ainda ressaltar a participação fantástica da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel na constante estimulação e divulgação dos avanços tecnológicos nesse segmento das biorrefinarias para o setor de celulose e papel

Durante esse espaço de tempo entre 2006 a 2010, embora não tenhamos evidências de que nossas empresas do setor brasileiro de celulose e papel tenham penetrado mais a fundo com investimentos em instalações industriais dentro das plataformas das biorrefinarias, nós tivemos uma grande intensidade de estudos, relatórios, teses acadêmicas e eventos falando e debatendo sobre as potencialidades e riscos para as biorrefinarias que estavam chegando. Isso fica evidente nas referências de literatura que preparei para esse período. Inclusive, as empresas líderes na produção de celulose e papel mantiveram estudos e avaliações em seus laboratórios e setores estratégicos prospectando o assunto.

Conheçam algumas das publicações selecionadas **entre 2006 a 2010** e que apareceram como resultados de pesquisas, inovações realizadas e perspectivas oportunizáveis **para as realidades do setor brasileiro de celulose e papel**. Incluem-se publicações de autores brasileiros (mesmo que publicadas em veículos internacionais) e de autores internacionais que publicaram em eventos, periódicos e livros editados no Brasil.

Em seções adiantes desse nosso Relato de Vida e em especial na ***Seção 10 – Página 228***, nós estamos oferecendo diversas recomendações de materiais técnicos e websites para serem acessados por vocês, caso tenham interesse nesse tipo de navegação.

Biorefinery: *Eucalyptus* wood xylan removal and its impact on kraft pulp quality. D. Longue Jr.; C.M. Gomes; J.L. Colodette; J.L. Gomide; R.C. Oliveira. 1st Latin American Congress on Biorefineries: Innovation Opportunities for the Forestry Sector. (2006)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2006_Xylans+Longue+Colodette.pdf (Apresentação em PowerPoint: 41 slides em Inglês)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2006_Remocion+Xilanos_Colodette.pdf (Resumo - em Inglês)

Componentes essenciais de uma biorrefinaria a base de madeira. (*Essential components of a wood-based biorefinery*). S. Liu; T.E. Amidon. Revista O Papel (Março): 84 – 105. (2007)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/01_Componentes%20essenciais%20de%20uma%20biorrefinaria%20a%20base%20de%20madeira.pdf (em Inglês)

Análise termodinâmica de um sistema de cogeração com gaseificação de licor negro. P.R. Santos. Dissertação de Mestrado. UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas. 128 pp. (2007)

http://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=476217 (em Português)

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)

Métodos alternativos para aproveitamento das hemiceluloses da madeira de eucalipto na indústria de celulose kraft. D. Longue Júnior. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 128 pp. (2007)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/3224/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Substituição da matriz fóssil por matriz renovável. A.F. Milanez. Revista Opiniões (Junho-Agosto). (2008)

https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/22-substituicao-da-matriz-fossil-por-matriz-renova/ (em Português)

Gaseificação de materiais lignocelulósicos para geração de energia elétrica. M.D.C. Arantes; L.M. Mendes; G.F. Rabelo; J.R.M. Silva; F.A. Mori; A.M. Barbosa. Ciência Florestal 18(4): 525 – 533. (2008)

http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaflorestal/article/viewFile/435/319 (em Português)

Plataformas termoquímica e bioquímica para uso da biomassa: **Concepção, rendimento e economia.** E.E.S. Lora; D.S.O. Coral; M.H. Rocha. IV SIMBIO – Simpósio sobre Biotecnologia em Etanol e Biodiesel. Apresentação em PowerPoint: 49 slides. (2008)

https://slideplayer.com.br/slide/9252908/ (em Português)

Rotas termoquímica e bioquímica para biocombustíveis: Estado-da-arte, oportunidades e desafios para o Brasil. D.S.O. Coral; E.E.S. Lora; M.H. Rocha. AGRENER. Anais. 10 pp. (2008)

https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/21379970 (em Português)

Wood biorefinery: The state-of-the-art in Europe – A summary of the 2008 Nordic Wood Biorefinery Conference. J.L. Colodette. UFV - Universidade Federal de Viçosa. Apresentação em PowerPoint: 54 slides. (2008)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2008_Colodette_Biorefinery.pdf (em Inglês)

State-of-the-art on biofuel research and production. J.L. Colodette. XXIII Silvotecna. CORMA – Corporación Chilena de la Madera. Apresentação em PowerPoint: 59 slides. (2008)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2008_Expocorma_Colodette.pdf (em Inglês)

Tecnologia e economia do briquete de madeira. L.V.B. Gentil. Tese de Doutorado. UnB – Universidade de Brasília**.** 215 pp. (2008)

https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/4499/1/2008_LuizVicenteBocornyGentil.pdf (em Português)

A carbonização da madeira. P.F. Trugilho. Revista Opiniões Florestal. Edição 12. (2008)

https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/12-carbonizacao-da-madeira/ (em Português)

O bio-óleo e as rotas termoquímicas de produção de agroenergia. J.D. Rocha. Revista Opiniões Florestal. Edição 12. (2008)

https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/13-o-bio-oleo-e-rotas-termoquimicas-de-producao-de/ (em Português)

Florestas e bioenergia. Revista Opiniões Florestal. Edição 12. (2008)

https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/16-florestas-e-bioenergia/ (em Português)

Biorrefinaria: A matéria-prima definindo o processamento. A.A.S. Curvelo. Revista Opiniões Florestal. Edição 12. (2008)

https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/24-biorrefinaria-materia-prima-definindo-o-process/ (em Português)

Biochar. E.H. Novotny. Revista Opiniões Florestal. Edição 12. (2008)

https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/25-biochar/ (em Português)

Carvão vegetal: Potencialidades por realizar. M.E.A. Rezende. Revista Opiniões Florestal. Edição 12. (2008)

https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/26-carvao-vegetal-potencialidades-por-realizar/ (em Português)

As riquezas das fumaças do carvão vegetal. F. Carazza. Revista Opiniões Florestal. Edição 12. (2008)

https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/26-riquezas-das-fumacas-do-carvao-vegetal/ (em Português)

Produtos derivados da produção de carvão vegetal: Uma nova visão. T.J. Raad. Revista Opiniões Florestal. Edição 12. (2008)

https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/28-produtos-derivados-da-producao-de-carvao-vegeta/ (em Português)

Biorrefinaria ou biomania? J.L. Colodette. Revista Opiniões Florestal. Edição 12. (2008)

https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/21-biorrefinaria-ou-biomania/ (em Português)

A supramolecular proposal of lignin structure and its relation with the wood properties. H.S. Abreu; J.V.F. Latorraca; R.P.W. Pereira; M.B.O. Monteiro; F.A. Abreu; K.F. Amparado. Anais da Academia Brasileira de Ciências 81(1): 137 - 142. (2009)

https://www.scielo.br/j/aabc/a/zxZgHyywcRqGvfRGsz8585D/?format=pdf&lang=en (em Inglês)

Nanocristais de celulose. Cellulose whiskers. D.J. Silva; M.L.O. D'Almeida. Revista O Papel 70(7): 34 – 52. (2009)

http://revistaopapel.org.br/noticia-anexos/1311883542_1b4f1881c01129ce934b0cb4b4ebb9ab_343315426.pdf (em Português)

Potencial para geração de energia elétrica no Brasil com resíduos de biomassa através da gaseificação. R.M. Henriques. Tese de Doutorado. COPPE/UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro. 223 pp. (2009)

http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/doutorado/Rachel_Martins_Henriques.pdf (em Português)

Biomass-to-liquids: Uma contribuição ao estudo da obtenção de combustíveis sintéticos através da síntese de Fischer-Tropsch. A.D. Fonseca. Dissertação de Mestrado. USP – Universidade de São Paulo. 143 pp. (2009)

http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-16082009-174551/publico/Aires_Duarte.pdf (em Português)

Debate sobre bioenergia ganha força no setor. M. Faleiros. Revista O Papel (Outubro): 26 – 30. (2009)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2009_Debate+Bioenergia.pdf (em Português)

Debate on bioenergy gains force in the sector. M. Faleiros. Revista O Papel (Outubro): 32 - 34. (2009)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2009_Debate+on+Bioenergy.pdf (em Inglês)

Biomassa e energia. J. Goldemberg. Química Nova 32(3): 582 – 587. (2009)

https://www.scielo.br/j/qn/a/L6Pd3ZKdPqc4pZ4TQn5RyQy/?format=pdf&lang=pt (em Português)

The Brazilian pulp industry performance and potential for bioenergy generation. J.L. Colodette; M.F. Andrade; A. Zanúncio. Seminário Internacional "Biocombustibles y su futuro en la matriz energética". Apresentação em PowerPoint: 53 slides. (2009)

https://www.uchile.cl/documentos/the-brazilian-pulp-industry-performance-and-potential-for-bioenergy-generation-jorge-l-colodette_57122_7_5935.pdf (em Inglês)

Alternativas tecnológicas para a produção de polpas de eucalipto com diferentes conteúdos de xilanas. C. Pedrazzi; J.L. Colodette; J.L. Gomide; M.C.S. Muguet. 42º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 13 pp. (2009)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2009_Alternativas_tecnologicas_Pedrazzi.pdf (em Português)

Alternativa para redução do consumo de combustível fóssil em uma fábrica de celulose kraft de eucalipto. F.A. Silva. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 38 pp. (2010)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/5898/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Quantificação de metanol celulósico obtido a partir de licor negro de processos kraft de polpação. L.P.S.P. Vasconcellos. Dissertação de Mestrado. USP – Universidade de São Paulo. 71 pp. (2010)

https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-17092010-184039/publico/Livia_Palmeiras.pdf (em Português)

Quantificação de metanol celulósico obtido a partir de licor negro de processos kraft de polpação. L.P.S.P. Vasconcellos; F.G. Silva Júnior; O. Bahia Filho. XXI TECNICELPA Conference and Exhibition / VI CIADICYP 2010. 08 pp. (2010)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2010_Metanol+Recovery.pdf (em Português)

The influence of lignin removal on the energy balance of future pulp mills. M. Hamaguchi; E.K. Vakkilainen. XXI TECNICELPA Conference and Exhibition / VI CIADICYP 2010. 08 pp. (2010)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2010_Lignin+Removal+Mill+Balance.pdf (em Inglês)

Oportunidades de eficiência energética para a indústria. Relatório setorial - Setor papel e celulose. M.D. Berni; S.V. Bajay; F.D. Gorla. PROCEL/CNI. 88 pp. (2010)

http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_24/2012/09/06/262/20121127151918797445a.pdf (em Português)

e

https://cetesb.sp.gov.br/proclima/wp-content/uploads/sites/36/2014/05/cni_eletrobras_oportunidades_experiencias1.pdf (em Português)

Proposta de um modelo conceitual de biorrefinaria com estrutura descentralizada. F.C. Borges. Dissertação de Mestrado. UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 121 pp. (2010)

https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/24714/000744737.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Português)

A aplicação de um modelo de construção de cenários no setor produtivo de etanol: Um estudo sobre o etanol de segunda geração. R. Raele. Dissertação de Mestrado. USP – Universidade de São Paulo. 154 pp. (2010)

https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12139/tde-22102010-131657/publico/Cellulosic_Ethanol_Scenarios.pdf (em Português)

Potencial energético da gaseificação de resíduos da produção de café e de eucalipto. J.L. Oliveira. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 97 pp. (2010)

http://bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/6491/Dissertacao_Jofran-Luiz-de-Oliveira.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Português)

Avaliação do potencial da casca de *Eucalyptus* spp. para a produção de bioetanol. J. Bragatto. Tese de Doutorado. USP – Universidade de São Paulo. 156 pp. (2010)

https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11144/tde-13122010-104913/publico/Juliano_Bragatto.pdf (em Português)

Química verde no Brasil: 2010 – 2030. F.C.R. Assunção; J.O.B. Carioca; M.F.L. Almeida; P.R. Seidl; D.A. Silva Filho; E.F. Medeiros. CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. 436 pp. (2010)

https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/Livro_Quimica_Verde_9560.pdf/f6fa468d-8725-46d6-bc90-6c185835e4bf?version=1.2 (em Português)

Biofuels in lime kiln. N. Berglin. 43º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 25 slides. (2010)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/02_Biofuels%20in%20lime%20kiln.pdf (em Inglês)

Lignin extraction from black liquor. P. Tomani. 43º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 26 slides. (2010)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/03_Lignin%20extraction_Per%20Tomani_Innventia.pdf (em Inglês)

Lignin in fuel applications. P. Tomani. 43º Congresso Internacional de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 34 slides. (2010)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2010_Fuel+Lignin.pdf (em Inglês)

New 2G process for ethanol from wood. N. Berglin. 43º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 24 slides. (2010)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/04_New%202G%20process%20for%20ethanol%20from%20wood_Niklas%20Berglin_Innventia.pdf (em Inglês)

Process simulation of pulp mills and biorefineries. N. Berglin. 43º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 16 slides. (2010)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/05_Process%20simulation%20of%20pulp%20mills%20and%20biorefineries_Niklas%20Berglin_Innventia.pdf (em Inglês)

Chemicals and materials from biorefineries. P. Axegård. 43º Congresso Internacional de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 23 slides. (2010)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2010_Chemicals+Materials.pdf (em Inglês)

Pulp mill biorefining – Drivers and opportunities. P. Axegård. 43º Congresso Internacional de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 26 slides. (2010)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2010_Pulp+Mill+Biorefining.pdf (em Inglês)

Cellulosic biorefinery development – Challenges and opportunities. A. Koukoulas. 43º Congresso Internacional de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 31 slides. (2010)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2010_Biorefineries+Developments.pdf (em Português)

Hemicellulose extraction from wood and black liquor. P. Axegård. 43º Congresso Internacional de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 20 slides. (2010)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2010_Hemicellulose+Extraction.pdf (em Inglês)

Análise prospectiva da utilização de uma usina como plataforma para uma biorrefinaria. A.B. Oliveira. Dissertação de Mestrado. FGV – Fundação Getúlio Vargas. 118 pp. (2010)

https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/8268/65080100005.pdf?sequence=1 (em Português)

Avaliação de biocombustível derivado do bio-óleo obtido por pirólise rápida de biomassa lignocelulósica como aditivo para gasolina. C.L.B. Guedes; D.C. Adão; T.P. Quessada; D. Borsato; O.F. Galão; E.D. Mauro; J.M. Mesa Pérez; J.D. Rocha. Química Nova 33(4): 781-786. (2010)

http://www.scielo.br/pdf/qn/v33n4/03.pdf (em Português)

Perspectivas da biorrefinaria na indústria de celulose e papel. F.G. Silva Júnior. 5° Congresso Internacional de Desenvolvimento Econômico Sustentável da Indústria de Base Florestal e de Geração de Energia. Madeira 2010. Apresentação em PowerPoint: 35 slides. (2010)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/17_BiorefinariasMadeira2010ppt.pdf (em Português)

Carboidratos. Celulose, papel e biorrefinaria. F.G. Silva Jr. UFRRJ – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-graduação. Apresentação em PowerPoint: 115 slides. (2010)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2010_Carboidratos+Refinarias+Francides+Gomes.pdf (em Português)

Curiosidades e Singularidades acerca dos Eucaliptos
(por Ester Foelkel)
(http://www.celso-foelkel.com.br/ester.html)

Obtenção de Ácido Pirolenhoso a partir da Madeira dos Eucaliptos

Fonte da Imagem:

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_mar10.html#sete

Artigo Técnico *PEER-REVIEWED ARTICLE*

Nanocristais de celulose

Cellulose whiskers

Autores/*Authors:** Deusanilde de Jesus Silva
Maria Luiza Otero D'Almeida

Fonte da Imagem:

http://revistaopapel.org.br/noticia-anexos/1311883542_1b4f1881c01129ce934b0cb4b4ebb9ab_343315426.pdf

E chega finalmente o ano de 2011 para que o Brasil se despertasse em relação às biorrefinarias de biomassa de base florestal...

Período: O despertar do setor brasileiro de C&P para as biorrefinarias (2011 a 2016)

ABTCP 2011

Reportagem de Capa

Inovação em toda a cadeia

ABTCP 2011 traz conclusões inovadoras em diferentes fases do processo produtivo de celulose e papel a partir das dez pesquisas científicas e trabalhos técnicos mais bem avaliados pelo Comitê Científico do 44º Congresso Internacional do setor

Para os mais revolucionários, está ultrapassado o desejo do setor de cumprir a meta de agregar valor aos produtos gerados nas fábricas de celulose e papel. Aqueles que estão em busca da competitividade e mantêm o foco em avanços contínuos já são adeptos de outro desafio: aplicar conceitos inovadores em toda a cadeia produtiva.

"Somente com inovação que gera valor teremos uma indústria mais forte e capaz de superar tantos percalços econômicos pelos quais o mundo passa neste momento", afirmou Lairton Leonardi, presidente da ABTCP, em seu discurso de abertura do ABTCP 2011 – 44.º Congresso e Exposição Internacional de Celulose e Papel, promovido no início de outubro.

O Brasil como um todo parece ter despertado para essa realidade, de acordo com o *ranking* global de inovação (*The Global Innovation Index*). Em 2010, o País ocupava a 68.ª posição e passou neste ano para o 47.º lugar. Suíça, Suécia, Cingapura, Hong Kong e Finlândia se destacam, respectivamente, entre os primeiros colocados.

Há ainda um longo caminho a ser percorrido pelo Brasil para chegar ao estado-da-arte dos países mais inovadores, embora a melhoria dos resultados tenha acontecido mais rápido do que se poderia imaginar. Um dos resultados é também o aumento de patentes registradas pelo País a partir de pesquisas científicas que geraram negócios às empresas, e a ABTCP tem contribuído para isso com a organização de seu congresso anual. "A busca constante por inovação pode ser vista na difusão de conhecimento e capacitação técnica", acrescentou Leonardi. Neste ano, o Congresso ABTCP contou com a inscrição de um total de 140 trabalhos técnicos, com destaque para os dez melhores pontuados pelo Comitê Científico do evento. Eles serviram de base para que esta reportagem pudesse apresentar, a seguir, como a inovação vem acontecendo em toda a cadeia produtiva.

Conceitos inovadores em diferentes etapas do processo fabril

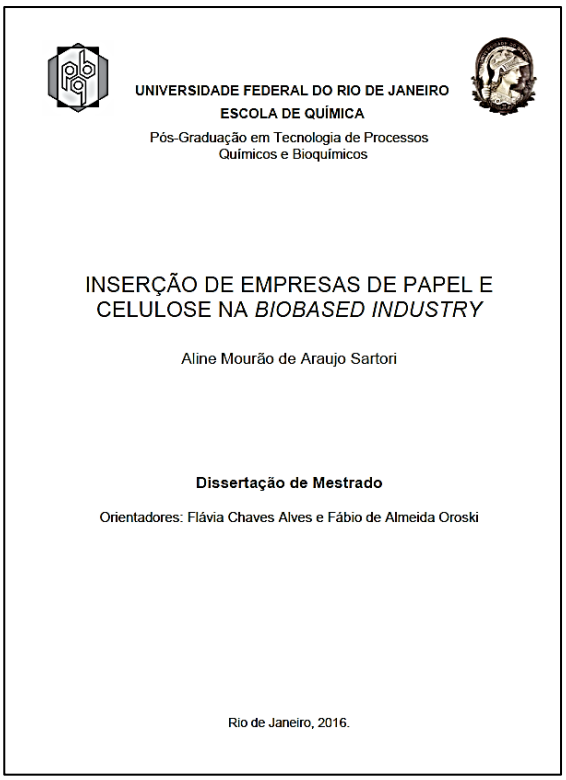
A iniciativa de Alessandro Rodrigues Frias, consultor de Projetos da antiga Fibria Piracicaba e atual Oji Papéis Especiais, surgiu da ideia de encontrar um procedimento prático para otimizar a fabricação de papéis por meio da gestão on-line das malhas de controle. "É possível obter estabilidade do processo aumentando a produtividade e a qualidade, reduzindo o consumo de insumos e custos desnecessários", descreveu ele sobre a praticidade das ferramentas usadas. "Para garantir a competitividade neste mercado globalizado, a indústria de papel brasileira tem de produzir o melhor papel com o menor custo", completou a respeito de seu objetivo principal.

Segundo Frias, apesar de a metodologia Seis Sigma (DMAIC) ser amplamente usada nas fábricas do setor, o procedimento prático descrito por Schuck[1] e adotado em sua pesquisa ainda é uma novidade na indústria de papel brasileira. Na técnica testada pelo consultor de projetos, as fases do ciclo DMAIC são sempre vinculadas ao processo, tendo como destaque a última etapa (*Control*), cujo objetivo é perenizar as melhorias

Por Caroline Martin
Especial para *O Papel*

47 Revista O Papel - outubro/October 2011

outubro/October 2011- Revista O Papel 47



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA DE QUÍMICA
Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos

INSERÇÃO DE EMPRESAS DE PAPEL E CELULOSE NA *BIOBASED INDUSTRY*

Aline Mourão de Araujo Sartori

Dissertação de Mestrado

Orientadores: Flávia Chaves Alves e Fábio de Almeida Oroski

Rio de Janeiro, 2016.

Fontes das Imagens:

Esquerda: https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2011_Inovando+Cadeia+Produtiva.pdf

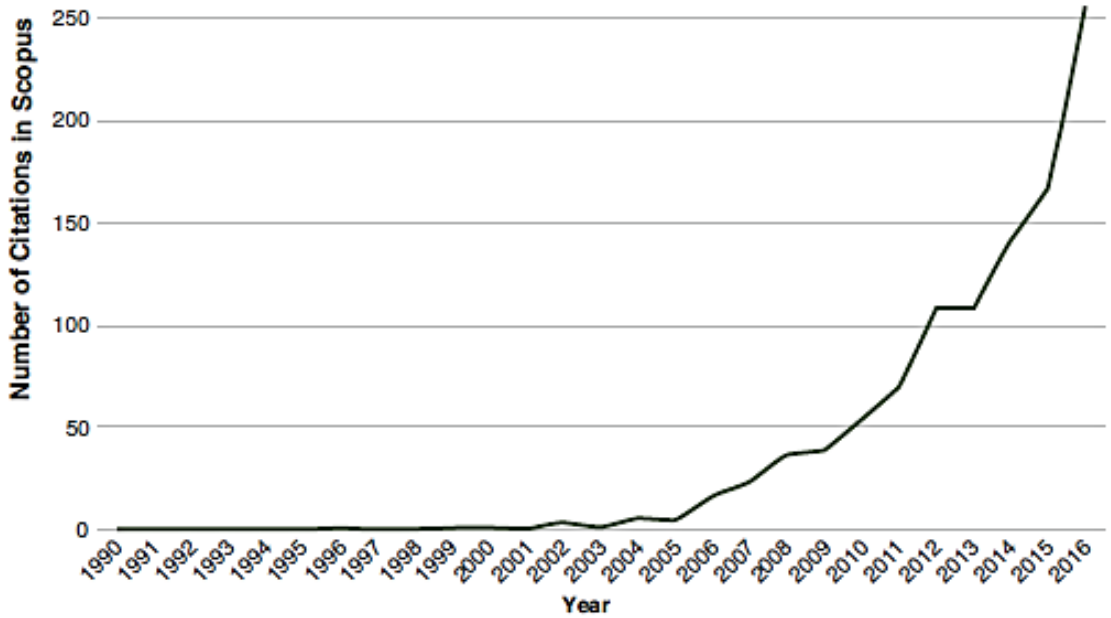
Direita: http://tpqb.eq.ufrj.br/download/insercao-de-empresas-de-papel-e-celulose-na-biobased-industry.pdf

Até final de 2010, as iniciativas para se conhecer ou estudar as biorrefinarias integradas ao setor de celulose e papel no Brasil aconteciam de forma desorganizada e cada um dos atores (universidades, empresas produtoras de celulose e papel e empresas fornecedoras) ficavam tentando estudar, pesquisar, ler e conhecer mais sobre o assunto, mas sem uma clara definição do que se queria fazer e como e onde. Além das pesquisas, materiais de eventos e artigos publicados no Brasil, existia uma enormidade de informações disponibilizadas pelos países mais avançados nessa temática, como visto na seção anterior.

Entretanto, o setor brasileiro de celulose e papel percebeu que não poderia se descuidar desse tema, sob pena de ficar atrasado e deixar de ocupar certo tipo de liderança em alguns dos **produtos dessas biorrefinarias**, que pudessem ser competitivos ou úteis para as empresas nacionais. ***Mas quais seriam? E a que nível de necessidades em investimentos, em que tecnologias se apoiar e quais as oportunidades de mercado?***

Essas ansiedades exigiam avaliações técnicas de muita qualidade e estudos abrangentes e não apenas de cunho tecnológico, mas também mercadológicos. Apesar de que muitas das pesquisas fossem realizadas em laboratórios, alguns institutos de pesquisa e centros tecnológicos de empresas produtoras de celulose e papel já estavam instalando e pesquisando em unidades piloto os seus desenvolvimentos. Com isso, esperava-se ganhar escala produtiva em relação a bioprodutos e biocombustíveis como: lignina, bio-óleo, celulose microfibrilada, nanocristais de celulose, biogás da gaseificação, biogás de compostagem orgânica, *tall-oil*, etc.

Em países do Hemisfério Norte já se notava que o período de aprendizado já estava conseguindo alicerces para alguns produtos e já existiam empresas do setor implementando algumas das plataformas de novos produtos, tais como: produção de lignina extraída do licor preto kraft, produção de gás combustível por gaseificação, produção de bio-óleo por pirólise rápida, etc.



Grau de crescimento de publicações referenciando as biorrefinarias
Fonte da Figura: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-319-68152-8_3.pdf?pdf=inline%20link

Em resumo, se quiséssemos, como setor brasileiro de base florestal, enfrentar com sucesso o "novo mundo tecnológico" nós teríamos que nos movimentar e logo. Percebia-se pelos movimentos internacionais, que ***o ponto de inflexão dessas tecnologias em termos de aceleração de crescimento em publicações e em número de***

usuários e novos negócios com as biorrefinarias já estaria acontecendo entre 2011 a 2016. Por isso, vou concentrar meus relatos a partir de agora para esse período.

Lembrem-se ainda que muita coisa estava também acontecendo por essas épocas com as biorrefinarias para os setores sucroalcooleiro e de produção de biodiesel

Reportagem de Capa

Por Thais Santi

A corrida da bioeconomia

Brasil e Finlândia unem esforços para vencer a competição do século 21 na área de Pesquisa & Desenvolvimento, principalmente em busca da geração de negócios no novo mercado da bioeconomia com base em projetos de energias mais limpas e otimização do potencial dos recursos naturais renováveis

Muito tempo se passou para que o Brasil conseguisse modificar seu status de "subdesenvolvido" e ser visto mundialmente como "uma das maiores promessas econômicas entre os países emergentes". Melhor ainda: o País deixou de ser visto como financiado para se tornar financiador.

Nada fácil para quem saiu da condição de colônia explorada internacionalmente até chegar à posição de sexta maior economia mundial – e independente.

As transformações não pararam por aí: o Brasil passou a ser reconhecido também como um dos países mais comprometidos com o desenvolvimento sustentável no mundo, na luta contra as mudanças climáticas, tornando-se referência na produção de bioenergia, entre outros produtos interessantes à bioeconomia.

Dessa forma, o cenário não poderia ser mais positivo para o Brasil de hoje, que passou a atrair o interesse estrangeiro. Com o objetivo de estreitar relações internacionais com o País, recentemente estiveram aqui representantes que integraram a Delegação Finlandesa de Negócios. Diga-se de passagem, foi a maior já formada por executivos da Finlândia até então.

Com mais de 120 profissionais e autoridades, incluindo representantes das gigantes finlandesas ligadas ao setor de papel e celulose – como a ABB, a Kemira, a Metso e a Stora Enso –, a delegação executiva trouxe também cientistas de universidades e institutos de pesquisa renomados da Finlândia, como a Aalto University, a Åbo Akademi University e o Technical Research Centre of Finland (VTT). Com propósitos bem definidos – entre os quais o de discutir e promover a cooperação internacional no desenvolvimento de tecnologias voltadas à bioeconomia ou "economia verde", como também é conhecida –, a visita liderada por Jyrki Katainen, primeiro-ministro, e Alexander Stubb, ministro dos Assuntos Europeus e do Comércio Externo, marcou o início de uma série de parcerias entre os dois países.

36 Revista **O Papel** - março/March 2012

Artigo Assinado – Biorrefinarias

Novas alternativas para as fábricas kraft

PELO DR. CELSO FOELKEL,
DIRETOR DE RELACIONAMENTO INTERNACIONAL DA ABTCP E DA CELSIUS DEGREE/GRAU CELSIUS – NEGÓCIOS EM GESTÃO DO CONHECIMENTO.
E-MAIL: FOELKEL@VIA-RS.NET

O processo kraft é o meio dominante de produção de celulose química. Desde sua descoberta acidental, em 1879, e posterior patente de Carl Dahl, em 1884, esse processo tem sido imbatível quando se trata de promover a separação das fibras de inúmeras matérias-primas para a fabricação de polpas celulósicas orientadas à manufatura de variados tipos de papéis, derivados de celulose e outros itens.

O conceito básico bastante simples, somado à excepcional versatilidade, eficiência e qualidade conferida aos produtos, tem feito esse processo manter-se vencedor há mais de 130 anos. Praticamente desde que foi criada a caldeira de recuperação Tomlinson, no início dos anos 1930, o que se tem buscado na tecnologia kraft é aumentar escala de produção e eficiência operacional das fábricas, tornando-as maiores e mais eficazes em qualidade, produção e produtividade. Hoje, para ser competitivo, há de ser grande e poderoso, tirando vantagens da economia de escala, que reduz custos unitários de produção e alavanca a conquista de mercados maiores.

Há cerca de uma década, as fábricas de celulose do hemisfério norte descobriram que sua competitividade não era compatível com o que se conseguia no hemisfério sul (em países como Brasil, Chile e Uruguai) e na Ásia (China e Indonésia, por exemplo). Tampouco dispunham de terras e florestas para crescer em escala ao mesmo nível da concorrência global. A solução foi buscar tecnologias alternativas para mudar a feição do negócio, alterando as formas de se produzir celulose kraft e de se recuperarem os licores.

O conceito de biorrefinarias é antigo, praticado com sucesso pelos fabricantes de celulose sulfito. Para os fabricantes kraft é novíssimo, surgindo graças a um enorme esforço de pesquisa e desenvolvimento, seja científico, seja de tecnologias aplicadas. Uma biorrefinaria integrada a uma fábrica kraft consiste em uma instalação industrial capaz de produzir seus itens clássicos (celulose e/ou papel) e também uma variada gama de outros: eletricidade e/ou vapor; biocombustíveis sólidos, líquidos e gasosos, além de insumos químicos para outros processos industriais.

Hoje se fala com naturalidade em se produzir em uma fábrica kraft produtos comerciais para venda, como lignina, xilose, furfural, etanol, metanol, gás de síntese, biodiesel, bio-óleo, dimetil éter, nanocristais de celulose, gás carbônico, carbonato de cálcio, etc. Nota-se uma enorme mudança de paradigma para um setor que sempre foi focado em um único tipo de produto (ou poucos), como o caso da produção de celulose de mercado.

Apesar das inúmeras oportunidades que a ciência está mostrando para as biorrefinarias, nem todas serão sucesso comercial, pois dependem não apenas de produzir algo novo de forma competitiva, mas também de construir mercados para os novos produtos, alguns dos quais já têm mercado estabelecido, mas provêm de outras indústrias. Por esse motivo, a indústria de celulose e papel figurará como uma ingressante nesses mercados já competitivos.

Em outros casos, a própria indústria de celulose pode usar esses novos produtos internamente, o que pode significar maiores chances de sucesso. É o caso da lignina sólida precipitada do licor residual ou do gás combustível obtido da gaseificação de licor preto ou de resíduos florestais. Entendemos que as maiores oportunidades estão, no momento, concentradas nas alternativas tecnológicas que permitem aumento

10 Revista **O Papel** - agosto/August 2012

Fontes da Imagens *(Páginas de rosto de artigos):*

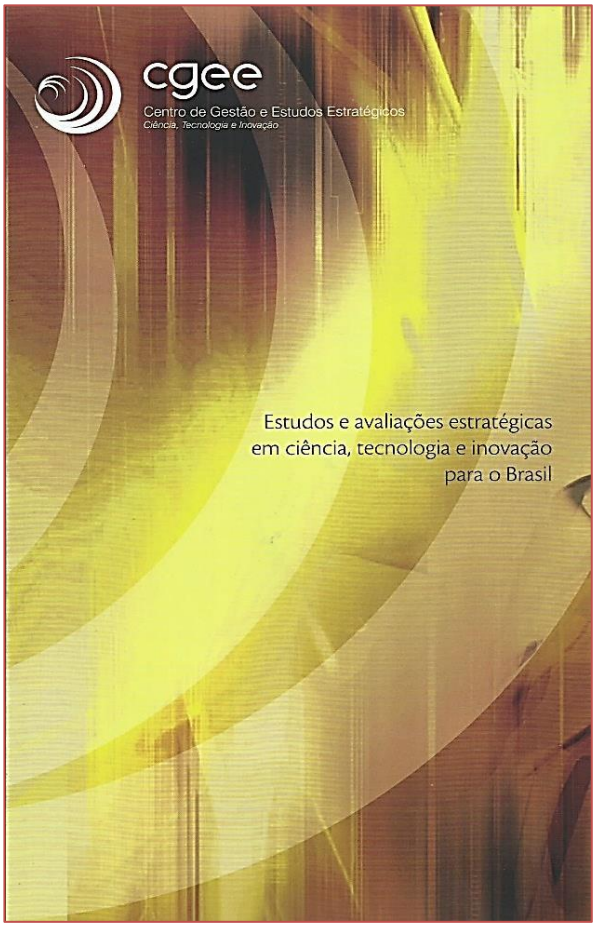
Esquerda:
https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/01_A%20corrida%20da%20bioeconomia.pdf

Direita:
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2012_Novas+alternativas+fabricas+kraft.pdf

Na realidade um grande salto começou a acontecer em agosto de 2011, quando o **CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos**, entidade localizada em Brasília/DF e que servia e serve de apoio tecnológico ao MCTI (Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação), recebeu a missão do Governo Federal daquela época para conduzir um

projeto de avaliações e sugestões de estratégias e que foi intitulado de **Tecnologias Eficientes na Indústria de Papel e Celulose**. Esse estudo do CGEE fazia parte do projeto **Análise de Tendências Tecnológicas**, que tinha por objetivo analisar segmentos da indústria, de forma a identificar como a política de ciência e tecnologia nacional poderia fomentar novas rotas tecnológicas alinhadas ao **Plano Nacional de Eficiência Energética**. Um dos treze setores da indústria que foi selecionado para avaliações e definições de estratégias foi o de produção de celulose e papel. Isso porque é um setor de alta demanda e também de altos níveis de geração de energia.

O CGEE possuía uma equipe própria alinhada a cada projeto e também contratava consultores qualificados para coordenar e gerar documentos técnicos sobre as diversas etapas do desenvolvimento do projeto. Na área de produção de celulose e papel, o foco inicial foi para melhoria dos níveis de eficiência energética nesse segmento industrial. Para isso, o CGEE contou com os serviços de dois pesquisadores do NIPE (Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético) da UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas): os renomados professores e pesquisadores Dr. Sérgio Valdir Bajay e Dr. Mauro Donizete Berni.



Fontes das Imagens: Publicações CGEE

O CGEE procurou a ABTCP ainda em 2011 para estabelecimento de parcerias para desenvolvimento de um programa de Eficiência Energética para o setor de papel e celulose. Entretanto, se notou que esse segmento de eficiência energética estava relativamente bem coberto pela ABTCP, em função de dois documentos gerados pelas parcerias daquela associação e da própria participação da nossa indústria nesses quesitos:

Capítulo de Livro: **Um guia referencial sobre ecoeficiência energética para a indústria de papel e celulose kraft de eucalipto no Brasil.** C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 19. 140 pp. (2010)

https://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT19_EcoeficienciaEnerg.pdf (em Português)

Guia técnico: Eficiência energética na indústria de celulose e papel. Mecanismos de eficiência energética para a economia de baixo carbono. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel; CNI – Confederação Nacional da Indústria e PROCEL/Eletrobrás. 115 pp. (2011)

https://online.fliphtml5.com/rhwu/obdl/#p=1 (em Português)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2011_GuiaTecnico_Eficiencia_Energetica.pdf (em Português)

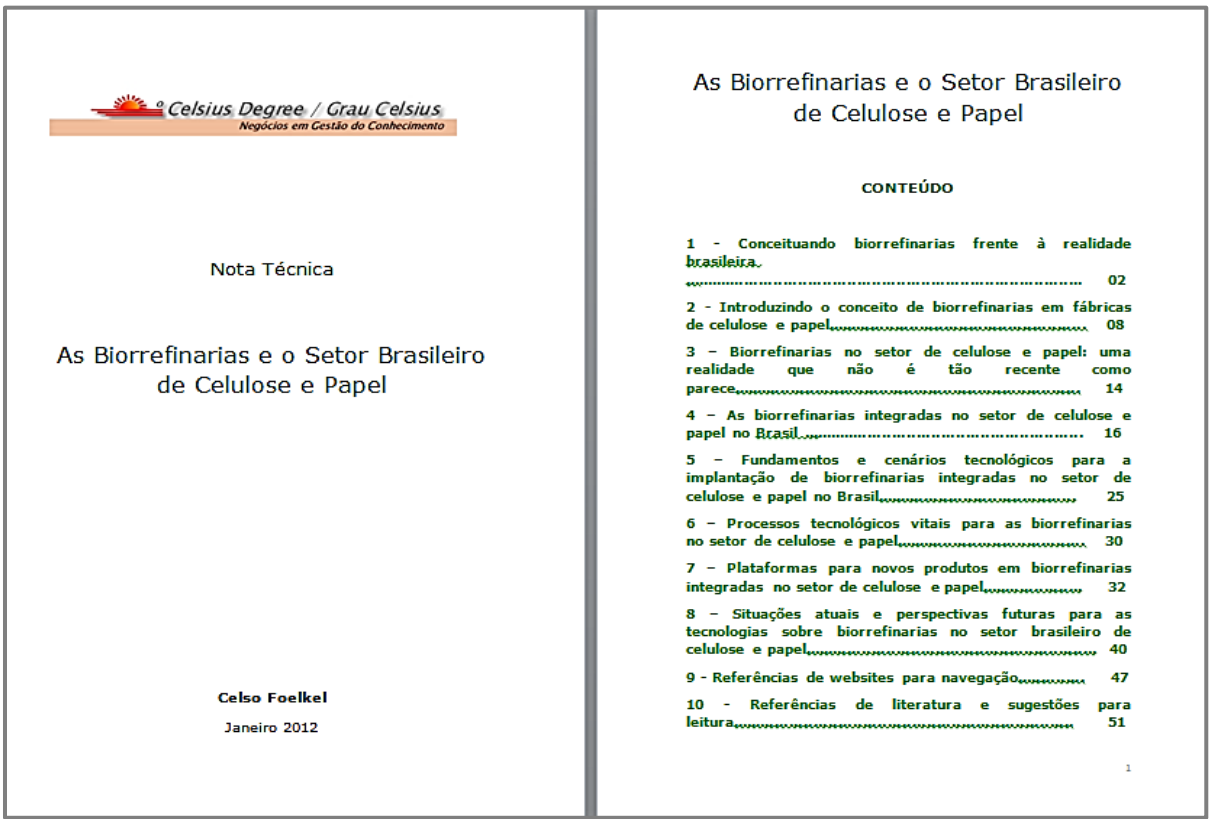
A partir de um diálogo, que resultou em um plano preliminar de trabalho entre CGEE e ABTCP, decidiu-se pela realização de uma Oficina de Estudos em agosto de 2011 na sede da ABTCP, participando a equipe do CGEE, convidados técnicos da ABTCP e interessados e convidados do setor de celulose e papel. A oficina manteve a denominação de ***"Tecnologias eficientes na indústria de papel e celulose"***. Na ocasião, os participantes avaliaram áreas de desenvolvimento tecnológico com potencial em ganhos de eficiência energética. Após análise sobre as colocações na oficina e negociações entre as duas entidades decidiu-se eleger a área de biorrefinarias integradas como foco dos estudos por ser uma área estratégica de médio prazo para desenvolvimento dessa indústria. Esse novo segmento para a indústria de celulose e papel oportunizava potenciais gerações de novos biocombustíveis produzidos internamente às fábricas de celulose e papel. Portanto, o foco em bioenergia e eficiência energética foi mantido no projeto, mas dentro de um escopo maior que seria o das biorrefinarias integradas para esse setor, incluindo a sua área florestal.

Durante essa oficina de 2011, foram criados três grupos de trabalho para identificação dos principais pontos potenciais de estudos para

melhoria da eficiência energética e de gerações de novas rotas tecnológicas: florestas, celulose e papel.

A ABTCP recomendou minha participação como representante do setor junto ao CGEE e para tal passei a atuar com minha empresa Grau Celsius, com alguns contratos específicos junto ao CGEE e também com a ABTCP. Foi um período fantástico de minha vida profissional, principalmente por navegar em mares novos e por ter tido dezenas de possibilidades de diálogo com muitos interlocutores de diversas especialidades.

O primeiro desses novos serviços atribuídos à Grau Celsius foi a elaboração de um documento preliminar sobre as biorrefinarias no setor de celulose e papel. Esse documento seria vital para que uma nova oficina fosse criada para estabelecimento de novas rotinas de trabalho e maior agregação de pessoas do setor ao projeto.


Celsius Degree / Grau Celsius
Negócios em Gestão do Conhecimento

Nota Técnica

As Biorrefinarias e o Setor Brasileiro de Celulose e Papel

Celso Foelkel

Janeiro 2012

As Biorrefinarias e o Setor Brasileiro de Celulose e Papel

CONTEÚDO

1 - Conceituando biorrefinarias frente à realidade brasileira 02
2 - Introduzindo o conceito de biorrefinarias em fábricas de celulose e papel 08
3 – Biorrefinarias no setor de celulose e papel: uma realidade que não é tão recente como parece 14
4 – As biorrefinarias integradas no setor de celulose e papel no Brasil 16
5 – Fundamentos e cenários tecnológicos para a implantação de biorrefinarias integradas no setor de celulose e papel no Brasil 25
6 – Processos tecnológicos vitais para as biorrefinarias no setor de celulose e papel 30
7 – Plataformas para novos produtos em biorrefinarias integradas no setor de celulose e papel 32
8 – Situações atuais e perspectivas futuras para as tecnologias sobre biorrefinarias no setor brasileiro de celulose e papel 40
9 - Referências de websites para navegação 47
10 - Referências de literatura e sugestões para leitura 51

1

Documento ou Nota Técnica de Janeiro de 2012 escrito para o CGEE
Páginas iniciais

Assim sendo, a ABTCP junto ao CGEE elaborou mais um evento, dessa vez na forma de um seminário aberto a todos as pessoas do setor, com participação de palestrantes como o pessoal do CGEE, do

NIPE/UNICAMP, da BRACELPA – Associação Brasileira de Celulose e Papel, da ABTCP e de outros palestrantes convidados.

O evento aconteceu em março de 2012, na própria sede da ABTCP em São Paulo, com excelente participação de representantes do setor, o que permitiu se aprimorar o projeto e alavancar as próximas etapas.

Seguem três das palestras ali apresentadas, a terceira das quais sendo citadas acabou sendo convertida em um trabalho técnico para o 45º Congresso da ABTCP de 2012:

As biorrefinarias e o setor brasileiro de celulose e papel. C. Foelkel. Oficina "Tecnologias Eficientes da Indústria de Celulose e Papel". ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel; CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Apresentação em PowerPoint: 30 slides. (2012)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2012_CGEE+ABTCP_Celso_Foelkel.pdf (em Português)

Possíveis medidas para se obter ganhos de eficiência energética com desenvolvimento tecnológico na indústria brasileira de celulose e papel. S.V. Bajay. NIPE **-** Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético. UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas. Apresentação em PowerPoint: 17 slides. (2012)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2012_Potenciais+Ganhos+Energeticos.pdf (em Português)

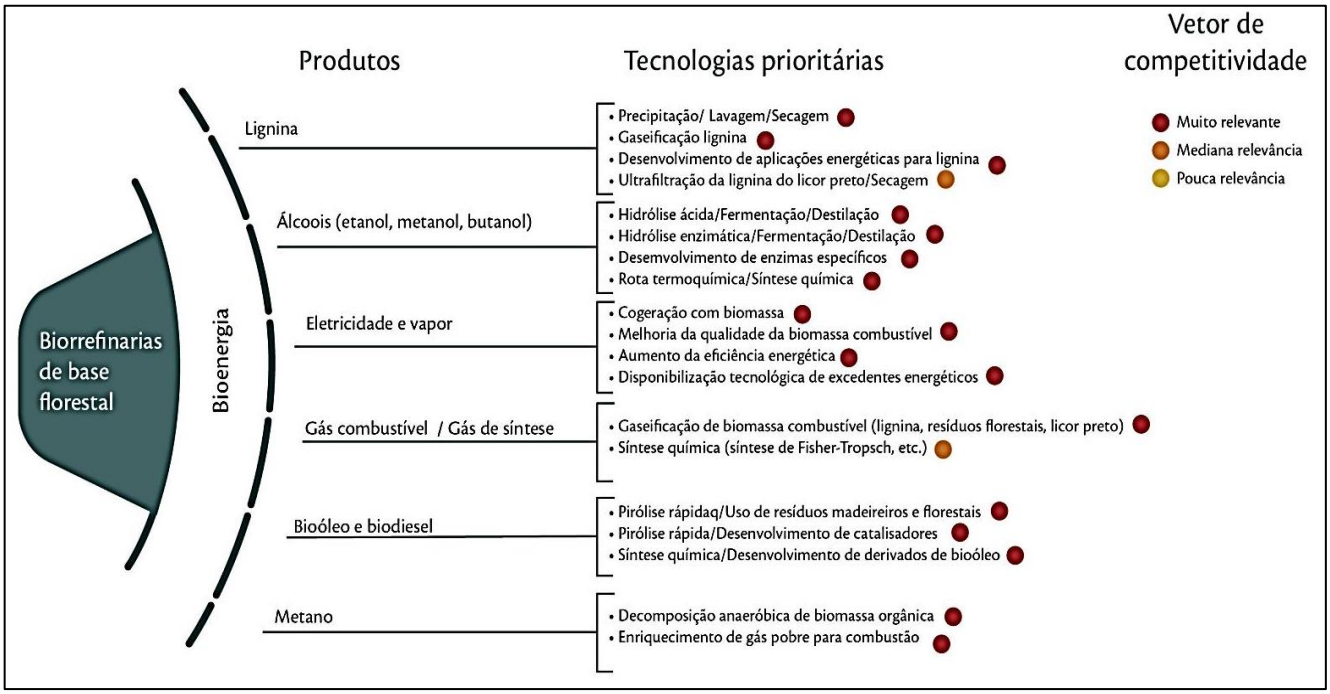
Eficiência energética e oportunidades para as biorrefinarias na indústria brasileira de celulose e papel. M.D. Berni; S.V. Bajay. 45º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 09 pp. (2012)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/2012_Eficiencia_Energetica_Berni_Bajay.pdf (em Português)

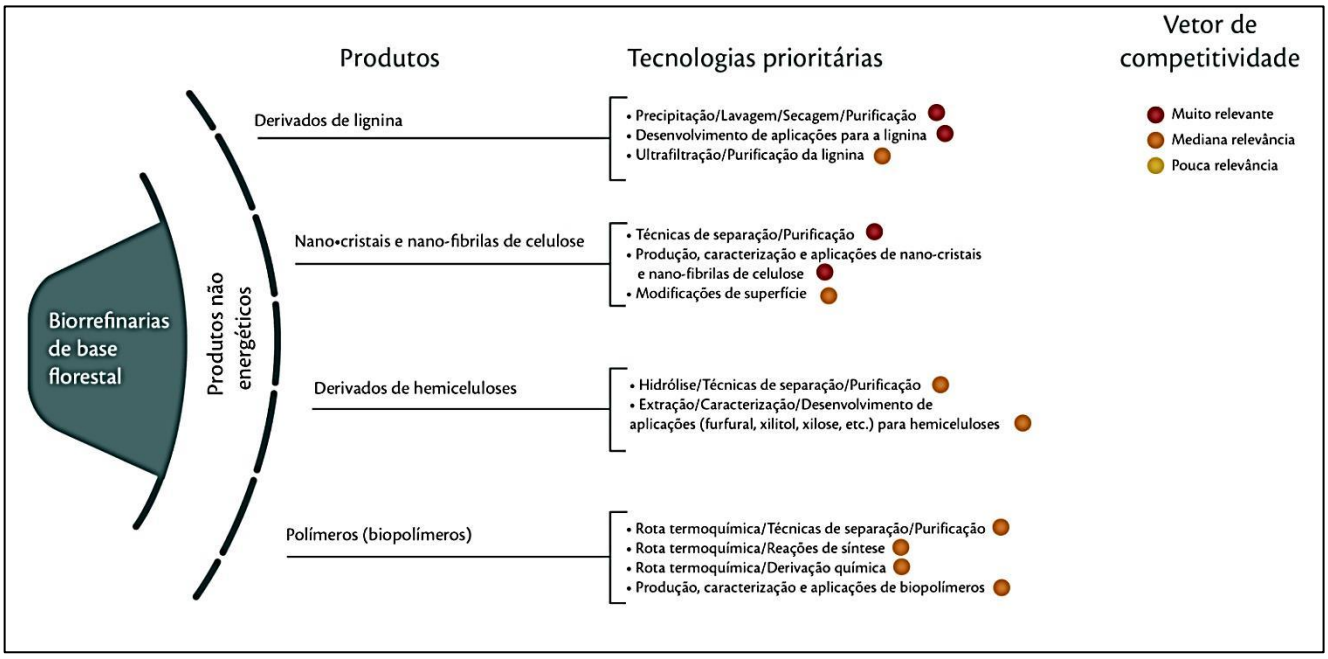
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2012_Berni&Bajay__ABTCP_CIADICYP.pdf (em Português)

A seguir, seguiram-se diversas outras oficinas de trabalho, elaborações de documentos técnicos e a implantação de uma excepcional pesquisa de opinião junto à comunidade científica e tecnológica brasileira e inclusive com respondentes internacionais. Foram identificadas centenas de pessoas para participação dessa pesquisa e os resultados foram tornados públicos em uma publicação que relataremos mais adiante. Foi muito importante a participação da professora Deusanilde de Jesus Silva da UFV nessa etapa de prospecção das literaturas e centros de excelência no Brasil.

O objetivo com a pesquisa era identificar os principais produtos e rotas tecnológicas que as biorrefinarias oportunizariam e em que prazos estimados de tempo. Os resultados serviram de embasamento para diversos novos documentos e inclusive para que se formasse uma base conceitual para a construção de um possível centro tecnológico que atendesse ao setor de celulose e papel em temas relacionados às biorrefinarias integradas ao setor. A pesquisa foi aplicada e uma equipe qualificada do CGEE (e com nosso apoio pela ABTCP) cuidou da avaliação qualificada das respostas e prognósticos colhidos junto aos respondentes.



Alguns resultados das magníficas pesquisas realizadas pelo CGEE



Alguns resultados da pesquisa organizada pelo CGEE sobre o futuro das biorrefinarias – uma visão aplicada ao Brasil de mapas tecnológicos relativos às biorrefinarias para o setor de celulose e papel

Essas imagens anteriores estão disponibilizadas no seguinte documento publicado e aberto à sociedade:

Eficiência energética: Recomendações de ações de C&T&I em segmentos da indústria selecionados: Celulose e Papel. CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. 152 pp. (2013)

https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/Celulose_papel_web_9522.pdf/597793f6-4f78-4a2d-a89f-d54247946865?version=1.4 (em Português)

O projeto para o possível centro tecnológico que poderia ser criado pelo setor com um financiamento e investimentos público/privado foi idealizado através de um estudo patrocinado pelo CGEE e com ampla participação do amigo engenheiro Vinicius Lobosco, e que foi convertido em uma publicação do CGEE, a seguir referenciada, incluindo-se também um anexo com complementos ao documento:

Centro Tecnológico em Celulose e Papel. Proposta de criação. CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. 120 pp. (2016)

https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/centro_tecnologico_celulose_papel.pdf/26dea7d5-5195-4441-a96a-bad978026df7?version=1.4 (em Português)

e

https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/anexo_publicacao_centro_tecnologico_celulose_papel_CGEE.pdf/df10205b-914d-431e-a10c-8ed0e698fd95?version=1.0
(Anexo e complemento ao documento de criação do centro tecnológico - em Português)

Paralelamente a essas realizações da parceria da ABTCP com o CGEE e que perduraram entre 2011 a 2016, pode-se dizer que o Brasil adentrou para valer na temática das biorrefinarias. Isso porque a cada evento ou oficina de trabalho da parceria ABTCP/CGEE eram convidadas dezenas de pessoas técnicas e das áreas científicas de empresas, universidades e fornecedores e instituições públicas relacionadas ao setor de celulose e papel. Isso favoreceu o fortalecimento de integrações e o descortinamento para novas ideias, novos projetos de desenvolvimento e de inovações para esse setor.

Considero muito importante relacionar algumas das inúmeras pessoas do setor brasileiro de celulose e papel que ofereceram seus esforços, tempo, criatividade e profissionalismo para que esse serviço de interesse coletivo pudesse ser elaborado com qualidade. A lamentar apenas

que a memória e os nossos não tão completos bancos de dados não irão permitir que todos fossem lembrados e relacionados.

E vamos a essa notável equipe de trabalho, com participações variadas entre os diferentes atores (quase 80), mas sempre de forma dedicada e entusiasmada:

Adriano Duarte (MCTI); Afonso Moraes Moura (ABTCP); Alberto Mori (MD Papéis); Alexandre Bassa (Fibria); Alexandre Hastenreiter Assumpção (Eletrobras); Aluízio Sales Junior (International Paper); André Barros da Hora (BNDES); André Carvalho Foster Vidal (BNDES); André Leonardo Leite (Andritz); Antenor Lopes de Jesus Filho (IPEA); Antônio Aprigio da Silva Curvelo (USP/CBTE); Antônio Geraldo de Paula Oliveira; (CGEE); Carlos Augusto Santos (Kablin); Cássio Marx Rabello da Costa (ABDI); Celso Foelkel (Grau Celsius); Ceres Zenaide Barbosa Cavalcanti (CGEE); Cesar Augusto de Vasconcellos Anfe (Lwarcel); Cesar Augusto dos Reis (ABRAF); Cláudio Chiari (ABTCP); Cristiano Hugo Cagnin (CGEE); Danyella Oliveira Perissotto (Suzano); Deusanilde de Jesus Silva (UFV); Djamil de Holanda Barbosa (Procel/Eletrobrás); Egmar Rocha; Érico de Castro Ebeling (Suzano); Fernando Castanheira Neto (SAE/Presidência da República); Fernando Pinto Dias Perrone (Procel/Eletrobrás); Fernando Scucuglia (Metso); Flavio de Queiroz Costa (CNPq); Francides Gomes da Silva Júnior (ESALQ/USP); Francisco Bosco Souza (ABTCP); Hamilton Saulo Moreira Brandão (Cenibra); Henrique Macedo Baudel (America Biomass Technologies); Ismael Eleotério Pires (UFV); Jairo Coura (MCTI); John Wesley Siqueira; Jonas Fernando Barbiero (Voith); Jorge Luiz Colodette (UFV); José Antônio Saiz Garcia (Demuth); José Dilcio Rocha (Embrapa); José Mauro de Almeida (UFRB); José Oscival dos Santos (Klabin); José Reinaldo Marquezini (Grupo Bignardi); Juliana Borges de Lima Falcão (Embaixada Britânica); Kátia Regina Alencar Beltrão (CGEE); Lairton Leonardi (ABTCP); Larissa Schmidt; Leonardo Cella; Liliane Rank; Luiz Antonio Rossi (Unicamp/Feagri); Marco Aurélio Ribeiro Gonçalves Moreira (Eletrobrás); Marcus de Freitas Simões (DESIT); Marcus Vinicius da Silva Alves (Serviço Florestal Brasileiro/MMA); Maria Cristina Area (Universidade Nacional de Misiones/Argentina); Maria Elisabete Torres de Andrade (Pöyry); Maria Sírcia de Sousa (Unifei); Maria Teresa Borges Pimenta (CTBE); Maria Vitória Ferrari (UnB); Marilia Sobral Albiero (Voith Paper); Mauro Donizeti Berni (Nipe/Unicamp); Mirna Ivonne Gaya Scandiffio (Nipe/Unicamp); Nei Rubens Lima (Eco Aguas); Nilson Boeta (VTT Brasil); Patrícia Oliveira (CGEE); Priscila Chuffa (Lwarcel); Roberto Ricardo de Araujo Góes (Eletrobrás); Roberto Villarroel (Eldorado Brasil Celulose); Rodrigo Sarmento Garcia (CNI); Samira Sana de Souza (MCTI); Sérgio Valdir Bajay (UNICAMP); Song Won Park (USP); Thais Negri Santi (ABTCP); Tólio Edeo Ribeiro (MDIC); Umberto Caldeira Cinque (Fibria); Vera Maria

Sacon (VTT Brasil); Vinicius Lobosco (Suzano); Vivian Sebben Adami (UVRS); Viviane Nunes (ABTCP).

Fonte das Imagens: Revista O Papel

ABTCP –Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel

Ao mesmo tempo em que essas coisas aconteciam, tanto o CGEE como a ABTCP publicavam notícias em seus veículos de comunicação para divulgação dos novos conceitos sobre as biorrefinarias para aumentar o nível de conhecimento aos potenciais interessados.

As publicações do CGEE consistiam de relatórios, livros e notas técnicas. Algumas serão disponibilizadas e com oportunidades de acesso nas ***Seções 3 & 10*** desse Relato de Vida.

Já a ABTCP possuía jornalistas e colunistas que criavam matérias, reportagens e entrevistas de maneira a se terem atualidades sobre as novas rotas tecnológicas e mercadológicas do setor de celulose e papel. Além disso, a ABTCP disponibilizava em seus congressos, eventos e na Revista O Papel uma grande quantidade de excelentes matérias técnicas de renomados autores, a maioria brasileiros, mas muitas contribuições de autores internacionais também.

CADERNO ABTCP 2016
SESSÃO TEMÁTICA DE BIORREFINARIA

Biorrefinaria integrada à indústria de base florestal

Fabricantes e fornecedores discutem desafios atuais e planejam futuro diante do potencial das estratégias tecnológicas já disponíveis

Por Thais Santi
Especial para *O Papel*

A mesa-redonda sobre biorrefinaria, tema que aponta para o futuro da indústria de base florestal, marcou o último dia da programação de palestras do 49.º Congresso Internacional de Celulose e Papel, demonstrando uma visão da biorrefinaria integrada aos negócios dessas empresas. Peter Axegard, vice-presidente de Estratégias em Biorrefinaria da Innventia, um dos Keynotes do Congresso deste ano, trouxe tendências mundiais sobre o mercado e posicionou a redução do consumo global de papel e a potencial sobrecapacidade de celulose entre os principais desafios para a indústria a justificar a diversificação dos produtos.

"O setor florestal é uma das indústrias com o maior potencial para a biorrefinaria, pois tem um conjunto de fatores positivos, entre os quais as florestas certificadas, eficiência nos sistemas de logística e energia, entre outros", disse Axegard. Ele se baseia no último estudo divulgado pela Innventia, *A Cellulose-based society*, a terceira pesquisa da instituição sobre essa indústria, em que foram examinadas as atitudes em relação aos materiais utilizados pelas pessoas em seu dia a dia e descritas as potenciais forças que levarão a uma economia mais sustentável no futuro.

Cinco países foram entrevistados com perguntas sobre como as pessoas imaginavam um futuro em que a maior diversidade de produtos fosse criada a partir da floresta. "Chegamos à molécula da celulose como peça chave dessa cadeia de transformação, incluindo a lignina, a hemicelulose e todas as demais característi-

Players do mercado já vivem cenário de oportunidades com as vantagens do setor florestal para o cenário das biorrefinarias

GIUSEPPE ALICONI

120 Revista **O Papel** - novembro/November 2016

REPORTAGEM DE CAPA

Por Thais Santi
Especial para *O Papel*

Brasil avança em tecnologia e projetos de biorrefinarias

Perto de se tornarem uma realidade, as biorrefinarias do setor florestal no Brasil ganham forma, prazos e estimativas de investimentos, acompanhando as tendências de desenvolvimento da bioeconomia mundial

A participação da Fibria com a Ensyn foi ampliada em 2014 e representa atualmente 12,6% das ações, garantindo exclusividade para utilização da tecnologia de pirólise rápida da empresa no Brasil

Os avanços registrados nos últimos quatro anos foram fundamentais para mudar o cenário dos principais players brasileiros do setor de base florestal dentro do contexto das biorrefinarias. Adotando diferentes rotas tecnológicas, novos mercados surgem para as grandes fabricantes de celulose como fruto dos muitos anos de investimentos em pesquisa, desenvolvimento e muita inovação.

Com a opção de desenvolver esse mercado em duas principais vias, pelas rotas bioquímicas e termoquímicas, destacam-se, respectivamente, o projeto em construção da primeira planta de extração de lignina na América do Sul da Suzano Papel e Celulose **(saiba mais sobre a nova planta em construção no box "A lignina da Suzano")** e a Fibria Celulose, com sua planta para produção de bio-óleo prestes a sair do papel e ser instalada no Brasil. Atualmente, a empresa já possui uma biorrefinaria em escala piloto para obtenção de produtos derivados da lignina em operação no Canadá. **(veja o box "Fibria Innovations")**

O momento não poderia ser mais propício. Para Carlos Farinha, vice-presidente da empresa de consultoria Pöyry Tecnologia, estudos e projetos voltados justamente à parte de biomassa florestal intensificaram-se de modo expressivo nesses últimos anos. "Os países desenvolvidos estão investindo cada vez mais em produtos de alto valor agregado e diversificando sua matriz de produção para sair do ciclo de commodities, e o Brasil não poderia ficar fora desse processo", destacou.

Tal relevância também é reforçada pelos números que hoje envolvem o desenvolvimento da bioeconomia, mercado global que, conforme dados da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD), já movimenta cerca de € 2 trilhões e gera 22 milhões de empregos. Os novos desenvolvimentos de processos e produtos voltados à bioeconomia, contudo, são motivados por fatores diferenciados em cada região. "Enquanto a indústria de base florestal internacional adentrou as portas da bioeconomia por necessidade de reposicionamento de mercado, as empresas brasileiras de celulose vivem essa

40 Revista **O Papel** - julho/July 2016

Fonte das Imagens: Páginas de rosto de artigos da Revista O Papel

ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel

Conheçam alguns exemplos dessas ***comunicações de valioso cunho jornalístico***, produzidas por consultores e pelas jornalistas e autoras individuais da maioria desses artigos (Caroline Martin e Thais Santi - às quais nosso muito obrigado pelos excelentes textos), todos os artigos ***editados pela ABTCP sobre as biorrefinarias, entre os anos de 2010/2011 a 2016***.

Um histórico muito rico para essa época do despertar de nosso setor brasileiro sobre as potencialidades das biorrefinarias para o setor de celulose e papel.

As fortalezas do setor. C. Martin. Revista O Papel (Dezembro): 30 – 34. (2010)
https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/06_2010_As%20fortalezas%20do%20setor.pdf (em Português)

Biorrefinarias e seu desenvolvimento no Brasil. L. Leonardi. O Papel (Março): 04 - 05. (2011)
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2011_Biorrefinarias+no+Brasil.pdf (em Português)

Biorrefinaria industrial. C. Martin. O Papel (Março): 30 – 36. (2011)
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2011_Biorrefinaria+Industrial.pdf (em Português)
e
http://www.revistaopapel.org.br/noticia-anexos/1302090574_4ece2ae090be1070c0ede8a778feb526_1985635854.pdf
(em Português)

Inovação em toda a cadeia. C. Martin. Revista O Papel (Outubro): 47 – 52. (2011)
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2011_Inovando+Cadeia+Produtiva.pdf (em Português)

A todo vapor. T. Santi. Revista O Papel (Novembro): 24 – 30. (2011)
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2011_A+todo+vapor.pdf (em Português)

A corrida da bioeconomia. T. Santi. Revista O Papel (Março): 36 – 40. (2012)
https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/01_A%20corrida%20da%20bioeconomia.pdf

The bioeconomy race. T. Santi. Revista O Papel (Março): 48 - 52. (2012)
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2012_Bioeconomy+Race.pdf (em Inglês)

A biorrefinaria bate à porta. T. Santi. Revista O Papel. (2012)
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2012_Biorrefinaria+Bate+Porta.pdf (em Português)

Stora Enso aposta em biorrefinaria. C. Martin. Revista O Papel (Maio): 21 – 23. (2012)
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2012_Juan+Carlos+Bueno.pdf (em Português)

Biorrefinarias. Novas alternativas para as fábricas kraft. C. Foelkel. Revista O Papel (Agosto): 10 – 11. (2012)
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2012_Novas+alternativas+fabricas+kraft.pdf (em Português)

Pesquisas promissoras ao desenvolvimento do setor. C. Martin. Revista O Papel (Novembro): 37 – 44. (2012**)**
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2012_Pesquisas+Promissoras.pdf (em Português)

Biorrefinaria se aproxima do setor. C. Martin. Revista O Papel (Fevereiro): 24 – 30. (2013)
https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/ABTCP_biorrefinaria%20se%20aproxima%20do%20setor.pdf (em Português)

O novo modelo de negócios da indústria de base florestal. C. Martin. Revista O Papel (Julho): 38 – 43. (2013)
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2013_Novos+Modelos+Negocios.pdf (em Português)

Futuro das biorrefinarias em foco durante o 8º Colóquio Internacional do Licor Preto. T. Santi. Revista O Papel (Agosto): 42 – 43. (2013)
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2013_Futuro+Biorrefinarias.pdf (em Português)

Eficiência energética. C. Martin. Revista O Papel (Setembro): 32 – 38. (2013)
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2013_Eficiencia+Energetica.pdf (em Português)

Indústria ecoeficiente. C. Martin. Revista O Papel (Outubro): 32 – 40. (2013)
https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/IndustriaEcoeficiente_OPapel_Out2013.pdf (em Português)

A nova configuração do setor de celulose e papel. T. Santi. Revista O Papel (Outubro): 40 – 48. (2014)
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2014_Reestruturando+Industria.pdf (em Português)

A indústria do futuro. T. Santi. Revista O Papel (Julho): 32 – 42. (2015)
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/7th_ICEP_Revista_O_Papel_Julho2015.pdf (em Português)

Sessão temática de biorrefinaria para a nova bioeconomia. T. Santi. Revista O Papel (Novembro): 99 – 100. (2015)
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015_Biorrefinarias+Nova+Economia.pdf (em Português)

Suzano Papel e Celulose inicia produção inédita de celulose *fluff* a partir de fibra curta. C. Martin. Revista O Papel (Fevereiro): 39 – 46. (2016)
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_Novos+Produtos+Suzano.pdf (em Português)

Brasil avança em tecnologias e projetos de biorrefinarias. T. Santi. Revista O Papel (Julho): 40 – 48. (2016)
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_Brasil_Avanza_Biorrefinarias.pdf (em Português)

Biorrefinaria integrada à indústria de base florestal. T. Santi. Revista O Papel (Novembro): 120 – 121. (2016)
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_Biorrefinarias+Integradas+OPapel.pdf (em Português)

ABTCP 2016 amplia debate sobre novo formato da indústria de base florestal. C. Martin. Revista O Papel (Novembro): 62 – 76. (2016)
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_Novas+Plataformas+Negocios.pdf (em Português)

E ainda uma grande novidade pela Revista O Papel da ABTCP em 2016:

COLUNA BIOMASSA E ENERGIA RENOVÁVEL

ACERVO PESSOAL

POR MAURO DONIZETI BERNI,

PESQUISADOR DAS ÁREAS DE MEIO AMBIENTE E ENERGIA DO NÚCLEO INTERDICIPLINAR DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO (NIPE), DA UNIVERSIDADE DE CAMPINAS (UNICAMP-SP).
✉: MAURO_BERNI@NIPE.UNICAMP.ORG.BR

REVISTA *O PAPEL* TRAZ NOVO ENFOQUE SOBRE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Qual empresa não busca atualmente a eficiência no uso da energia? Além disso, as organizações estão em fase de substituir cada vez mais suas fontes de energia por matérias-primas renováveis e mais limpas: é a era da economia de baixo carbono ganhando espaço mundialmente, com foco na preservação dos recursos naturais e da vida no planeta.

Essa tendência levou a revista *O Papel* a repensar sua antiga coluna Eficiência Energética para lançar agora a coluna Biomassa e Energia Renovável, com uma abordagem muito mais ampla sobre a geração e o uso da energia pelas indústrias de base florestal que têm no DNA a essência verde da natureza e sua amplidão de possibilidades de atuação de forma sustentável.

Esta nova coluna mensal irá trazer aos leitores da *O Papel* dados e informações que possibilitem análises e reflexões sobre o quadro político para o desenvolvimento de uma economia de baixo carbono no Brasil, com foco em energia, agricultura, silvicultura, indústria e Pesquisa & Desenvolvimento (P&D).

Os avanços tecnológicos podem ser armazenados em um sistema de informação de fácil acesso e utilização, enquanto os sistemas especialistas auxiliam a tomada de decisão de acordo com as necessidades e especificações particulares.

O Brasil conta com um considerável número de bioindústrias tradicionais e consolidadas que envolvem agricultura, alimentos, rações, fibras e indústrias de base florestal. A biomassa é a base para a bioenergia renovável, biocombustíveis e outros bioprodutos, cada vez mais usados em substituição aos produtos à base de combustíveis fosseis.

Considerando-se que a população mundial deverá atingir 8,3 bilhões em 2030, aumenta ainda mais a importância da biomassa, da bioenergia e dos bioprodutos, pois a utilização global de energia vai intensificar-se com o crescimento populacional e a maior demanda dos consumidores, com significativos reflexos sobre a emissão de gases de efeito estufa.

Diante de todo o cenário futuro e sua demanda por energias limpas, bioprodutos e biomateriais, a essência do conteúdo de nossa nova coluna será a biomassa, a bioenergia e os bioprodutos; as aplicações das ferramentas de Tecnologia da Informação (TI) nas indústrias com foco em um futuro sustentável e a correlação entre a água e a energia. A seguir, portanto, vamos discorrer um pouco sobre cada um desses temas, para nos aprofundarmos em conceitos e *cases* de empresas bem-sucedidas em geração e uso de energia a partir da próxima edição.

Biomassa, bioenergia e bioprodutos no setor de base florestal

A biomassa como matéria-prima para a bioenergia e bioprodutos na indústria de árvores plantadas internaliza um "selo verde" através de um ciclo de produção limpa e governança refletido em um balanço ambiental mitigador das mudanças climáticas globais.

Biomassa compreende todas as matérias orgânicas utilizadas como fontes de energia e a produção de novos produtos lignocelulósicos. Os resíduos agrícolas, madeira e plantas, como o eucalipto e a cana-de-açúcar, colhidos com o objetivo de produzir energia e produtos de baixo carbono, são exemplos comuns de biomassa.

As plantas armazenam energia solar e a transformam em energia química que pode ser convertida em um novo produto, combustível ou calor e energia elétrica. Como podem ser plantadas e replantadas continuamente, considera-se a biomassa um recurso renovável.

Revista O Papel lança em Março de 2016 a coluna mensal que persiste até os dias atuais: Biomassa e Energia Renovável – Artigos pelo Dr. Mauro Donizeti Berni

Temas tratados: Biomassa, Bioenergia, Biocombustíveis, Eficiência Energética e Biorrefinarias

Além das ações da ABTCP e CGEE, outras importantes forças promoviam o desenvolvimento das biorrefinarias no Brasil, tais como:

- Eventos promovidos por outros atores com finalidades de também avaliar potencialidades de novas plataformas de produtos e negócios para o setor brasileiro de celulose e papel a partir de integrações no setor e entre outros setores industriais, através de parcerias e estratégias comerciais.

  Dentre os eventos, a destacar:

  - Black Liquor *Colloquium* – Black Liquor and Biomass to Biofuels and Bioenergy (Belo Horizonte/MG)
  - CIADICYP's - Congresos Ibero Americano de Docencia e Investigación em Celulosa y Papel
  - ICEP's – International *Coloquium* on *Eucalyptus* Pulp

- Grande ênfase em pesquisas sobre as diversas plataformas e rotas tecnológicas das biorrefinarias acontecendo em universidades líderes em desenvolvimento para o setor de base florestal, conforme já relacionadas anteriormente.

- Integrações entre empresas brasileiras e estrangeiras, nessas sendo incluídos institutos de pesquisas e *start-ups* especializadas em algumas das linhas de produtos dentro do conceito de biorrefinarias integradas.

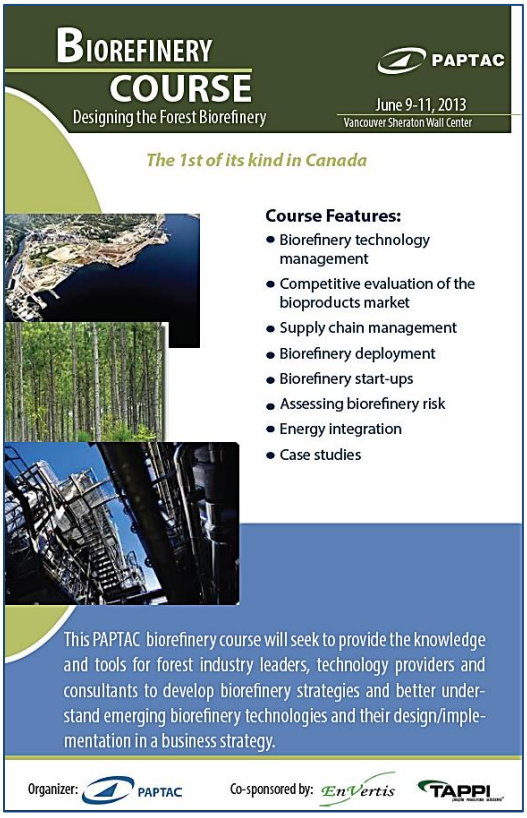
- Integrações entre grupos de pesquisas de organismos nacionais e internacionais.

- Forte participação de técnicos, pesquisadores e cientistas brasileiros em eventos internacionais (cursos, congressos, simpósios, etc.), tanto no papel de simples ouvintes para aprendizado, ou como renomados e prestigiados palestrantes.

- Ampla base de publicações disponíveis em idioma português e facilmente acessadas via plataformas na web (Scielo, Biblioteca Florestal Digital da UFV), repositórios de publicações acadêmicas e bancos de teses e dissertações.

Muita coisa estava acontecendo no setor de C&P no Brasil e internacionalmente durante esse período

Figuras: Folders de Eventos e Cursos



Segue uma seleção de artigos e apresentações relevantes sobre a temática biorrefinarias de autorias de técnicos e pesquisadores brasileiros, referente ao período 2011 a 2016. Constam dessa listagem materiais técnicos de autorias de pesquisadores e técnicos brasileiros em veículos de publicação brasileiros e internacionais.

É possível se perceber a grande mobilização por parte das organizações brasileiras voltadas ao desenvolvimento de pesquisas científicas e tecnológicas para executarem projetos em busca da viabilização de alternativas para a introdução de biorrefinarias no setor florestal e de celulose e papel.

Observem que riqueza de produções técnicas disponibilizadas durante esse período para o setor:

Obtenção de derivados do bio-óleo de serragem de eucalipto para avaliação como aditivo oxigenado em mistura com a gasolina. T.P. Quessada. Dissertação de Mestrado. UEL - Universidade Estadual de Londrina. 62 pp. (2011)

http://www.bibliotecadigital.uel.br/document/?code=vtls000164254 (em Português)

Nanotecnologias: Indicadores tecnológicos sobre os avanços em materiais a partir da análise de documentos de patentes. D.H. Milanez. Dissertação de Mestrado. UFSCAR – Universidade Federal de São Carlos. 208 pp. (2011)

https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/853/4025.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Português)

Advanced applications and studies of lignocellulosic materials for achieving the biorefinery model. T.C.F. Silva. Tese de Doutorado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 118 pp. (2011)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/8805/1/texto%20completo.pdf (em Inglês)

Xylans management in *Eucalyptus* pulp production. J. Colodette; M. Mugget; V. Gomes; R. Oliveira. 3rd Nordic Wood Biorefinery Conference. Apresentação em PowerPoint: 23 slides. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2011_Xylans+Management.pdf (em Inglês)

e

https://www.yumpu.com/en/document/view/53048216/xylans-management-in-eucalyptus-pulp-production (em Inglês)

Energia da celulose, desafios e oportunidades. R. Villarroel. Website Grau Celsius. 03 pp. (2011)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Energia_da_Celulose%20-Villarroel.pdf (em Português)

Isolamento e caracterização de nanocristais de celulose de polpa kraft branqueada de eucalipto. D.J. Silva; M.L.O. D'Almeida. M.T. Koga. 44º Congresso Internacional de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 13 pp. (2011)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/02_Nanocristais%20de%20polpa%20eucalipto.pdf (em Português)

Caracterização preliminar de produtos obtidos da pirólise de resíduos da indústria de celulose. C.A. Zini. 44º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 49 slides. (2011)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/06_Zini%20paper%20abtcp.pdf (em Português)

Hemicelluloses extraction and uses in the pulp industry. J.O. Resende; J.L. 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)

Inovação tecnológica há mais de um século. R.E. Hakamada. Revista Opiniões. (Dezembro 2011/Fevereiro 2012). (2012)

https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/9-inovacao-tecnologica-ha-mais-de-um-seculo/ (em Português)

Biorrefinaria da madeira. O novo foco da pesquisa em celulose e papel. J.L. Colodette. LCP – Laboratório de Celulose e Papel. UFV – Universidade Federal de Viçosa. Apresentação em PowerPoint: 46 slides. (2012)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2012_Biorrefinaria_Colodette.pdf (em Português)

As florestas energéticas no escopo das biorrefinarias. M.C.T. Damaso. Revista Opiniões Florestal. (Dezembro 2011/Fevereiro 2012): 31. (2012)

https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/15-florestas-energeticas-no-escopo-das-biorrefinar/ (em Português)

Characterization of lignin extracted from four species. P.S.B. Santos; P.H.G. Cademartori; L. Serrano; D.A. Gatto, J. Labidi. 45º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (2012)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2012_Lignina+Extraida.pdf (em Português)

Bioenergia: Desenvolvimento, pesquisa e inovação. E.G.M. Lemos; N.R. Stradiotto (Organizadores). Cultura Acadêmica. Editora UNESP. 1072 pp. (2012)

https://www.researchgate.net/publication/338215518_Bioenergia_Desenvolvimento_Pesquisa_e_Inovacao (em Português)

Nanocristais de celulose: Obtenção, caracterização e modificação de superfície. M.O. Taipina. Dissertação de Mestrado. UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas. 116 pp. (2012)

https://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=506001 (em Português)

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(19): 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)

Bio-óleos produzidos de *Acacia mangium*, de *Eucalyptus sp.* e de *Cocos nucifera* – Potencialidades. H.S. Gaudereto; S.J. Suda; R.C. Bonissatto; D.J. Silva; J.M. Almeida; F.A. Rodrigues; R.C.S. Sousa; A.B. Mendonça Neto. 46º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (2013)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2013_Biooleo.pdf (em Português)

Biomassa para química verde. S. Vaz Júnior (Editor Técnico). EMBRAPA Agroenergia. 198 pp. (2013)

https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/222509/1/Biomassa-para-Qui769mica-Verde-Embrapa-2013.pdf (em Português)

Caracterização, análise e perspectivas da matriz energética do setor de papel e celulose. V.B. Almeida. Dissertação de Mestrado. FGV – Fundação Getúlio Vargas. 81 pp. (2013)

https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/10995/Disserta%c3%a7%c3%a3o%20Final%202013_07_22.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Português)

Biorrefinaria de madeira de eucalipto associada à indústria de celulose e papel. D. Longue Júnior. Tese de Doutorado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 132 pp. (2013)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/591/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Capítulo de Livro: **Energia da madeira.** J.O. Brito. *In:* "Bioenergia e biorrefinaria: Cana-de-açúcar e espécies florestais". Capítulo 10. p.: 271 – 295. (2013)

https://lebufes.com.br/wp-content/uploads/2020/07/2-Energia-da-madeira.pdf (em Português)

Análise da cadeia produtiva do carvão vegetal oriundo de *Eucalyptus* sp. no Brasil. F.C.M. Mota. Dissertação de Mestrado. UnB – Universidade de Brasília. 169 pp. (2013)

http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/9364/Dissertacao_Fabricia%20Conceicao%20Menez%20Mota.pdf?sequence=1 (em Português)

Química e sustentabilidade: Novas fronteiras em biocombustíveis. C.J.A. Mota; R.S. Monteiro. Química Nova 36(10): 1483 – 1490. (2013)

https://www.scielo.br/j/qn/a/n9rFfJSXVCWrXH4d9CWXhjP/?format=pdf&lang=pt (em Português)

Estudos de caracterização e desconstrução de biomassas de eucalipto e capim elefante para aplicações em biorrefinaria integrada à indústria de celulose. F.J.B. Gomes. Tese de Doutorado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 145 pp. (2013)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/595/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Biorrefinaria da madeira: Desafios e tendências. J.L. Colodette. 47º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 30 slides. (2014)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2014_ABTCP_Biorrefinarias_Colodette.pdf (em Português)

The Brazilian wood biomass supply and utilization focusing on eucalypt. J.L. Colodette; C.M. Gomes; F.J.B. Gomes; C.P. Cabral. Chemical and Biological Technologies in Agriculture 1(25). 08 pp. (2014)

https://link.springer.com/content/pdf/10.1186/s40538-014-0025-x.pdf?pdf=button (em Inglês)

Influência da incorporação de celulose microfibrilada nas propriedades de resistência mecânica do papel. D.C. Potulski; G.I.B. Muniz; U. Klock; A.S. Andrade. Scientia Forestalis 42(103): 345 – 351. (2014)

https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr103/cap04.pdf (em Português)

Characterisation of kraft lignin separated by gradient acid precipitation. P.S.B. dos Santos; X. Erdocia; D.A. Gatto; J. Labidi. Industrial Crops and Products 45: 149 – 154. (2014)

https://www.researchgate.net/publication/260606267_Characterisation_of_Kraft_lignin_separated_by_gradient_acid_precipitation (em Inglês)

Alternativas para o aproveitamento do licor negro da indústria de papel e celulose. A.C. Fortunatto. Monografia para Conclusão de Curso. USP – Universidade de São Paulo. 81 pp. (2014)

https://silo.tips/download/universidade-de-sao-paulo-instituto-de-energia-e-ambiente-curso-de-especializaao-4 (em Português)

Com novos materiais, fotossíntese artificial é realizada. eCycle. Fonte FAPESP. (2014)

https://www.ecycle.com.br/cientistas-brasileiros-realizam-fotossintese-artificial/ (em Português)

Literature review on biorefinery processes integrated to the pulp industry. F.J.B. Gomes; F.A. Santos; J.L. Colodette; I.F. Demuner; L.A.R. Batalha. Natural Resources 5: 419 – 432. (2014)

https://www.researchgate.net/publication/276496398_Literature_Review_on_Biorefinery_Processes_Integrated_to_the_Pulp_Industry (em Inglês)

Processo de produção de etanol a partir da hidrólise ácida de biomassas lignocelulósicas. R.C. Bonissatto; D.J. Silva; J.M. Almeida; F.A. Rodrigues; S.T. Resende; A.B. Mendonça Neto. XX COBEQ – Congresso Brasileiro de Engenharia Química. 09 pp. (2014)

https://www.researchgate.net/profile/Deusanilde-Silva-2/publication/300655693_PROCESSO_DE_PRODUCAO_DE_ETANOL_A_PARTIR_DA_HIDROLISE_ACIDA_DE_BIOMASSAS_LIGNOCELULOSICAS/links/5c646e2ca6fdccb608c1093c/PROCESSO-DE-PRODUCAO-DE-ETANOL-A-PARTIR-DA-HIDROLISE-ACIDA-DE-BIOMASSAS-LIGNOCELULOSICAS.pdf (em Português)

Evaluation of alkaline deconstruction processes for Brazilian new generation of eucalypt clones. F.J.B. Gomes; J.L. Colodette; A. Milanez; J.C. del Río; M.C.S. Muguet; L.A.R. Batalha; A.F.G. Gouvêa. Industrial Crops and Products 65: 477 – 487. (2015)

https://core.ac.uk/download/pdf/36213457.pdf (em Inglês)

e

https://digital.csic.es/bitstream/10261/123781/1/2015-Gomes-ICP-65-477.pdf (em Inglês)

Biorefining for the Brazilian pulp and paper industry. M.D. Berni; S.V. Bajay; P. Meyers; T. Forster. Revista O Papel 76(1): 58 – 62. (2015)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015_Biorefining+Brazilian+P&P.pdf (em Inglês)

What future for industrial wood energy use in developing countries? The perspective of Fibria, a Brazilian market pulp producer. P.C. Pavan. 14th World Forest Congress. Apresentação em PowerPoint: 13 slides. (2015)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015_Wood+Energy_Paulo+Pavan.pdf (em Inglês)

Biomassa: Possibilidade energética brasileira. Contrapontos, desafios e problemas. C.A. Peres. Trabalho de Conclusão de Curso. Monografia de Pós-graduação. UEL - Universidade Estadual de Londrina. 171 pp. (2015)

http://www.bibliotecadigital.uel.br/document/?down=vtls000172193 (em Português)

e

https://www.academia.edu/41067800/Biomassa_possibilidade_energ%C3%A9tica_brasileira_contrapontos_desafios_e_problemas_Autor_C%C3%A9lia_Aparecida_Peres (em Português)

Extraindo valor adicional da biomassa. O. Pontes. 48º Congresso. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 17 slides. (2015)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015_Valor+Adicional.pdf (em Português)

How Brazilian pulp mills will look like in the future. A.P. Mariano. Revista O Papel (Junho): 55 – 61. (2015)
https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/2015_Brazilian+Pulp+Mills.pdf (em Inglês)

How Brazilian pulp mills will look like in the future. A.P. Mariano. 48º Congresso Internacional de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 16 slides. (2015)
https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/2015_Future+Pulp+Mills.pdf (em Inglês)

Hidrólise enzimática da polpa celulósica de *Eucalyptus dunnii* para oportunidades de biorrefinaria. C.F. Rocha. Dissertação de Mestrado. UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 79 pp. (2015)
http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1267/1/CT_PPGCTA_M_Rocha%2c%20Clarissa%20Fleury_2015.pdf (em Português)

Biorefinery of lignocellulosic materials: Novel products, methods and applications of forest and agricultural feedstocks. J.C. Silva. Tese de Doutorado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 97 pp. (2015)
https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/21924/1/texto%20completo.pdf (em Inglês)

Novas tecnologias – Agregando valor a partir da celulose. S.M. Sommer; R.A.P. Damásio. 49º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 26 slides. (2016)
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_Klabin+Agregando+Valor+Biorrefinarias.pdf (em Português)

Uma visão do futuro da indústria brasileira de celulose. A.P. Mariano. *In:* "Panorama da Indústria de Celulose e Papel e Materiais Lignocelulósicos". RIADICYP – Red Ibero Americana de Investigación en Celulosa y Papel. 16 pp. (2016)
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_Panorama_Cap13_Visao+Futuro+Brasil.pdf (em Português)

Indústria de base florestal. Cruzando novas fronteiras. C.A.F. Silva. 49º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 21 slides. (2016)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_Cruzando+Novas+Fronteiras.pdf (em Português)

Biorrefinaria integrada à indústria de celulose no Brasil: Oportunidade ou necessidade? E.C. Nali; L.B.N.M. Ribeiro; A.B. da Hora. BNDES Setorial 43: 257 - 294. (2016)

https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/9578/2/BS%2043%20Biorrefinaria%20integrada%20%c3%a0%20ind%c3%bastria%20de%20celulose%20no%20Brasil.%20_P_BD.pdf (em Português)

Opportunities in utilizing hardwoods and softwoods in forest biorefineries. M. Muguet. 49º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 29 slides. (2016)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_Biorefineries+Hardwoods+Softwoods.pdf (em Inglês)

Visão Fibria sobre biorrefinaria integrada à indústria de base florestal. T.C. Marchi**.** 49º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 16 slides. (2016)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_Visao+Fibria+Biorrefinarias.pdf (em Português)

Microfibrillated cellulose proven to create value in full scale papermaking. P. Svending; E.S. Costa. Revista O Papel 77(3): 79 – 81. (2016)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_Microfibrillated+Cellulose.pdf (em Inglês)

Valorização econômica e ambiental dos resíduos: Um estudo de caso da Fibria-MS Celulose Sul Mato-Grossense. M.T. Borges; C.K. Sigaki; U.C. Cinque; V.C. Contessoto. Revista O Papel 77(12): 92 – 97. (2016)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_Valorizando+Residuos+Bioeconomia.pdf (em Português)

Inserção de empresas de papel e celulose na *biobased industry*. A.M.A. Sartori. Dissertação de Mestrado. UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro. 120 pp. (2016)

http://tpqb.eq.ufrj.br/download/insercao-de-empresas-de-papel-e-celulose-na-biobased-industry.pdf (Estudo sobre a implantação de algumas biorrefinarias internacionais - em Português)

Separação dos principais componentes do cavaco de eucalipto, hidrólise enzimática da celulose e caracterização das frações obtidas I.J. Cruz Filho. Dissertação de Mestrado. UFPE – Universidade Federal de Pernambuco. 130 pp. (2016)

https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/17763/1/Dissertacao%20Iranildo%20Cruz.pdf (em Português)

Estudo da produção conjunta de celulose e bioetanol provenientes do bambu via hidrólise ácida. A.E.S. Santos. Dissertação de Mestrado. UFPE – Universidade Federal de Pernambuco. 129 pp. (2016)

https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/22482/1/Dissertacao_Anderson_Santos-DEQ-PPGEQ-deposito.pdf (em Português)

Novas perspectivas para uma biorrefinaria de cana-de-açúcar no Brasil. L.P. Novo. Tese de Doutorado. USP – Universidade de São Paulo. 193 pp. (2016)

https://teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75134/tde-12082016-090114/publico/LisiasPereiraNovorevisado.pdf (em Português)

Simulação do processo de pirólise de resíduo lignocelulósico para produção de insumos químicos. R.G. Santos. Dissertação de Mestrado. Centro Universitário FEI – Faculdade de Engenharia Industrial. 64 pp. (2016)

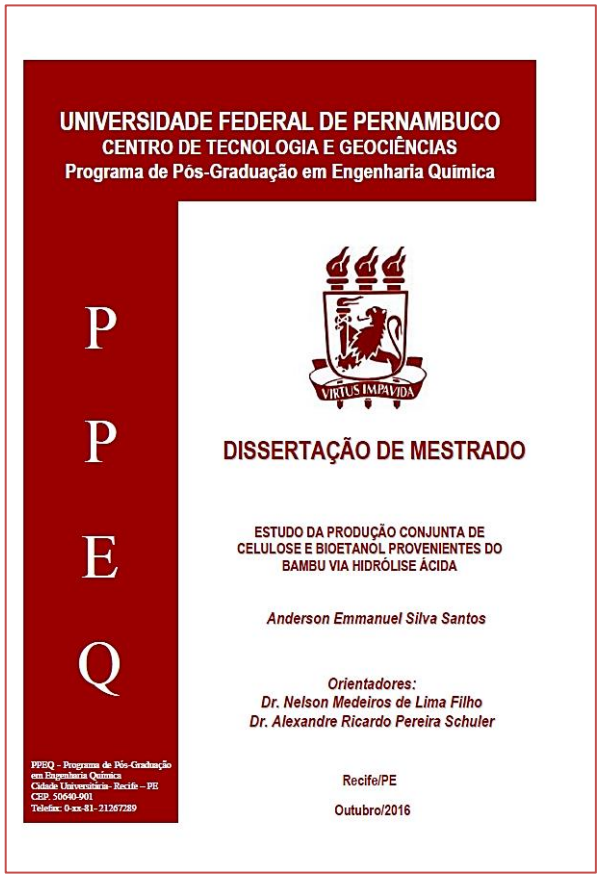
https://repositorio.fei.edu.br/bitstream/FEI/47/1/fulltext.pdf (em Português)

Caracterização e aproveitamento de resíduos gerados na produção de etanol de segunda geração. I. Godoi. Tese de Doutorado. UNIOESTE – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. 108 pp. (2016)

https://tede.unioeste.br/bitstream/tede/2704/1/Isamara_%20Godoi.pdf (em Português)

Biorrefinaria florestal: Uma proposta para integração dos processos de obtenção de nanocelulose e etanol 2G a partir da polpa de celulose de eucalipto. T.J. Bondancia. Dissertação de Mestrado. UFSCar – Universidade Federal de São Carlos. 139 pp. (2016)

https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/8766/DissTJB.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Português)


UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química

P
P
E
Q

VIRTUS IMPAVIDA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ESTUDO DA PRODUÇÃO CONJUNTA DE CELULOSE E BIOETANOL PROVENIENTES DO BAMBU VIA HIDRÓLISE ÁCIDA

Anderson Emmanuel Silva Santos

Orientadores:
Dr. Nelson Medeiros de Lima Filho
Dr. Alexandre Ricardo Pereira Schuler

Recife/PE

Outubro/2016

PPEQ – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química
Cidade Universitária- Recife – PE
CEP. 50640-901
Telefax: 0-xx-81- 21267289

ABTCP 2016 | 49º Congresso e Exposição Internacional de Celulose e Papel
49th Pulp and Paper International Congress & Exhibition
25 a 27 de outubro
October 25th to 27th
Expo Center Norte
São Paulo
Brasil / Brazil

Visão Fibria sobre biorrefinaria
integrada à indústria de base florestal

Tiago Coelho Marchi
tiago.marchi@fibria.com.br
www.fibria.com.br

Fontes das Imagens acima: Materiais técnicos referenciados nessa seção e com link para acesso na web

Também achei interessante disponibilizar alguns valiosos materiais técnicos de autores estrangeiros e que publicaram em veículos de comunicação ou apresentaram em eventos no Brasil durante esse período (2011 a 2016) de despertar do Brasil para as biorrefinarias integradas ao setor de celulose e papel:

Observação: Em anos anteriores a 2016/2017, foram comuns as vindas de especialistas internacionais em biorrefinarias para palestras e consultorias no Brasil, o que começou a diminuir após 2017, quando nossas qualificações foram se adequando e atingindo níveis a não mais depender tanto de *experts* internacionais.

The forest biorefinery: A Canadian perspective. M. Paleologou; R. Berry; T. Radiotis; L.l Kouisni; N. Jemaa; T. Mahmood; D. Singbeil; T. Browne. 5th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 14 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/25_Canadian_biorefinery.pdf (em Inglês)

Nanofibrillated cellulose-based aerogels: A new chemical approach for tuning their micro-architectures. T.C.F. Silva; Y. Habibi; L.A. Lucia. 5th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 03 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/26_Nanofibrillated_cellulose.pdf (em Inglês)

Integration of lignin removal into a kraft pulp mill and use of lignin as a bio-fuel. P. Tomani; P. Axegård; N. Berglin; A. Lovell; D. Nordgren; F. Öhman. 5th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 10 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/44_Lignin_removal.pdf (em Inglês)

Valorisation of lignocellulosic biomass for an integrated biorefinery in the pulp and paper industry. M.G.V.S. Carvalho; C.V.T. Mendes; B.I.G. Soares; G.D.A. Sousa; J.M.S. Rocha. 5th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 09 pp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/42_Lignocellulosic_materials.pdf (em Inglês)

Challenges in black liquor recovery in modern kraft pulp mills. H. Tran; R. Villarroel. 5th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/45_Modern_black_liquor_recovery.pdf (Abstract: 01 pp. - em Inglês)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/45A_Modern_black_liquor_recovery.pdf (Apresentação em PowerPoint: 50 slides - em Inglês)

Cinco obstáculos no caminho de uma nova tecnologia. E. Germer; A. Métais; J.-C. Hostachy. Revista O Papel (Março): 53 – 57. (2012)

http://www.revistaopapel.org.br/noticia-anexos/1331810480_e4c0069bc2601a374a24c0dc8587b0f5_1513092165.pdf (em Português)

Biorefineries in the pulp industry: Current situation and future trends. E. Sipilä. Pöyry Management Consulting. 46º Congresso. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 26 slides. (2013)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2013_Biorefineries+Poyry.pdf (em Inglês)

Large-scale production of chemical intermediates from the pulping industry. N. Berglin. 47º Congresso. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 45 slides. (2014)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2014_Large-Scale+Products.pdf (em Inglês)

Novel biorefinery concepts using *Eucalytpus globulus.* H. Sixta; M. Borrega; A. Stepan; A. Roselli; Q. Lé-Huy; O. Korhonen; O. Ershova; M. Alekhina; M. Hummel. 7th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. (2015)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/6.1.Herbert+Sixta.SLIDES.pdf (Apresentação de slides: 31 slides – em Inglês)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/6.1.Herbert+Sixta.ABSTRACT.pdf (Abstract/Resumo: 01 pp. – em Inglês)

Modification of kraft lignin for use as a replacement for phenol formaldehyde in adhesives. H. Jameel; H.-M. Chang; Z. Hu; J. Lu; J. Du. 7th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. (2015)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/6.2.Hasan+Jameel.SLIDES.pdf (Apresentação de slides: 44 slides – em Inglês)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/6.2.Hasan+Jameel.MANUSCRIPT.pdf (Texto Manuscrito: 10 pp.- em Inglês)

Value Prior to Pulping (VPP): A techno-economic analysis. G. Goyal. 7th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Apresentação de slides: 50 slides. (2015)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/6.3.Gopal+Goyal.SLIDES.pdf (em Inglês)

Challenges and opportunities for the integrated forest biorefineries. L.P. Christopher. 48º Congresso Internacional de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 32 slides. (2015)

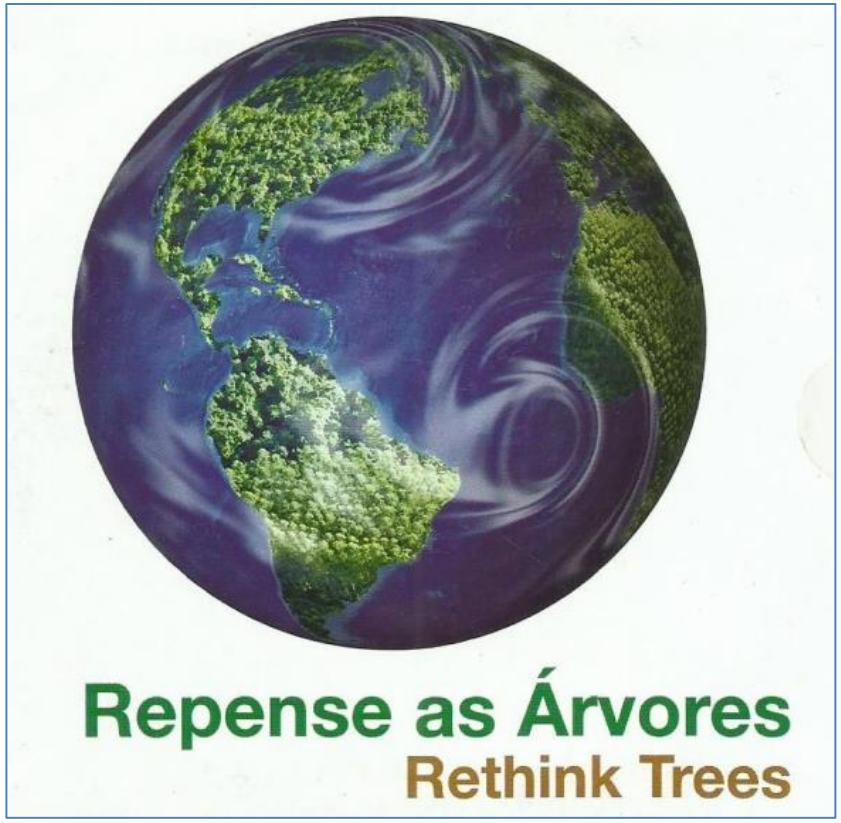
https://www.celsofoelkel.com.br/artigos/2015_Integrated+Forest+Biorefineries.pdf (em Inglês)

New biorefinery business models emerging in Scandinavia. N. Berglin; A. von Schenck. 48º Congresso Internacional de Celulose e Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 37 slides. (2015)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015_Biorefineries+Scandinavia.pdf (em Inglês)

Global trends in pulp mill biorefining. P. Axegard. 49º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 49 slides. (2016)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_Global+Trends+Biorefining.pdf (em Inglês)



TAPPI Nanocellulose Video - Rethink Paper

Fontes das Imagens e do Vídeo sobre Nanocelulose: **TAPPI/USA**
https://www.youtube.com/watch?v=R3HH4iN8aDM

Período: A consolidação do setor brasileiro de C&P com as biorrefinarias (2017 até os dias presentes)

SESSÃO TEMÁTICA BIORREFINARIA

Por Caroline Martin
Especial para *O Papel*
Fotos: ABTCP/Fausto Takao

SESSÃO TEMÁTICA SOBRE BIORREFINARIA ABORDA POTENCIALIDADES

Nanocristais de celulose, lignina e outros componentes da madeira apontam caminhos para o novo formato da indústria de celulose e papel

Promovida durante as atividades vespertinas do terceiro dia do ABTCP 2017 – 50.º Congresso e Exposição Internacional de Celulose e Papel, a Sessão Temática sobre Biorrefinaria deu enfoque às inúmeras possibilidades intrínsecas aos componentes da madeira e ao processo fabril de celulose e papel, promovendo reflexões sobre o novo modelo de negócios que deve se consolidar nas próximas décadas.

Abrindo as palestras da sessão, Mayara Felix Santana, mestranda em Engenharia Química na Universidade Federal de Viçosa (UFV), abordou o efeito do tempo de hidrólise (processo de isolamento) nas características morfológicas, dimensionais e de carga de superfície de Nanocristais de Celulose (NCC) de fibras de algodão. "Dimensão e forma dessas nanopartículas, bem como carga de superfície, podem influenciar no desenvolvimento das propriedades de resistência mecânica de compósitos poliméricos, uma das potenciais aplicações. Dessa forma, entender tal influência é importante para aproveitar o máximo do potencial das nanopartículas para essa e outras aplicações", comentou sobre a iniciativa de realizar o trabalho.

Mayara contextualizou que as pesquisas na área de nanomateriais celulósicos têm sido alavancadas exponencialmente pelo intuito de conhecer e alcançar resultados satisfatórios tanto para o processo de produção quanto para suas aplicações. "No caso dos NCC, as potenciais aplicações abrangem materiais de reforço em compósitos para a indústria automobilística, aeroespacial e de alimentos, além de próteses biomédicas", exemplificou, salientando que a expectativa é melhorar as propriedades técnicas de materiais já existentes ou o desenvolvimento de propriedades para novos materiais e, com isso, reduzir o consumo de matérias-primas de fontes não renováveis e a geração de resíduos. A expectativa para médio e longo prazo é agregação de valor tanto aos resíduos de biomassa lignocelulósica quanto aos materiais já existentes ou novos, aumentando as áreas de aplicações. Isso beneficiaria não só a sustentabilidade ambiental, com o aproveitamento dos resíduos, como também econômica, com a melhoria das propriedades dos materiais.

A produção em larga escala, contudo, ainda desponta como desafio a ser superado pela indústria, uma vez que o processo de isolamento dos NCC utilizando ácidos minerais ainda enfrenta algumas dificuldades, visto que cada matéria-prima se comporta de forma diferente. "Ainda em escala laboratorial, a otimização dos parâmetros do processo e o gerenciamento dos efluentes gerados, bem como a associação desses aspectos, têm sido desafios atuais", ponderou Mayara. É importante considerar que, com a utilização de ácidos minerais no processo, haverá necessidade de instalações com materiais resistentes a essa condição. "Dessa forma, o comportamento de matérias-primas lignocelulósicas perante o processo de isolamento atual apresenta aspectos a serem estudados ainda não consolidados para padronização de produção em escala maior", esclareceu a pesquisadora.

Já o trabalho apresentado por Marcelo Muguet, pesquisador do Centro de Tecnologia da Klabin, em Telêmaco Borba-PR, destacou o potencial da companhia em fornecer diferentes tipos de lignina no futuro. "A Klabin detém a maior quantidade de florestas plantadas

Mayara abordou o efeito do tempo de hidrólise nas características morfológicas, dimensionais e de carga de superfície de nanocristais de celulose de fibras de algodão

novembro/November 2017 - Revista O Papel 89

REPORTAGEM DE CAPA

Por Caroline Martin
Especial para *O Papel*

Indústria do futuro

Setor de base florestal prepara-se para expandir seu modelo de negócios a partir das infindáveis possibilidades oferecidas pela madeira e pelos incrementos tecnológicos de seu processo fabril

46 Revista O Papel - março/March 2017

Fonte das Imagens: Revista O Papel

ABTCP –Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel

O ano de 2017 foi um ano especial para mim e para a ABTCP. Ambos comemorávamos Jubileus de Ouro. A ABTCP completava 50 anos de fundação e eu 50 anos ligados ao setor, já que me iniciei no mesmo ainda como estudante, em agosto de 1967, através de um estágio na SQCP - Seção de Química, Celulose e Papel do Departamento de Silvicultura da ESALQ - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", tendo como mestre, orientador e guru meu fraterno amigo e professor Dr. Luiz Ernesto George Barrichelo.

Como tinha acontecido em outras ocasiões, a ABTCP me ofereceu a responsabilidade de ser o Presidente do seu 50º Congresso Internacional de Celulose e Papel, o que me honrou muito, pois seriam duas festas de

jubileu ao mesmo tempo: a minha e a da minha eterna amiga ABTCP, que sempre se manteve pronta a me oferecer um bem valioso ao longo de toda minha carreira, o conhecimento tecnológico para aprender e compartilhar.

Em reuniões internas, logo no início do ano, já decidimos que o congresso teria que ser "fora de série", tendo como tema central algo que já se relacionaria com as mudanças que estavam acontecendo em nosso setor industrial e de negócios. Chamamos o lema do congresso de "Indústria do Futuro", sendo que todos os autores de trabalhos técnicos e os convidados como "palestrantes-chave" seriam aconselhados a discorrerem ou escreverem seus artigos com o foco no futuro da indústria de celulose e papel.

Além disso, decidimos ressuscitar para abrilhantar o congresso o projeto de um livro que estava parado desde alguns anos, que discorria sobre a evolução tecnológica do setor de celulose e papel do Brasil. O autor inicial era o engenheiro Édison da Silva Campos, que ao sair da ABTCP como funcionário acabou abandonando o projeto. Com minha ajuda, revisão e escrita de alguns capítulos, conseguimos finalizar o livro, que teve então o papel de sedimentar toda nossa busca pelo descobrimento do futuro, conhecendo a história tecnológica de nosso passado e presente tecnológico.

Depois de que tudo aconteceu, escrevi algo sobre isso em uma de minhas Eucalyptus Newsletter e criei uma coletânea de textos que estavam relacionados à nossa "Indústria do Futuro".

Conheçam o livro e o artigo com uma coletânea de textos sobre a tal de indústria do futuro em:

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

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

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

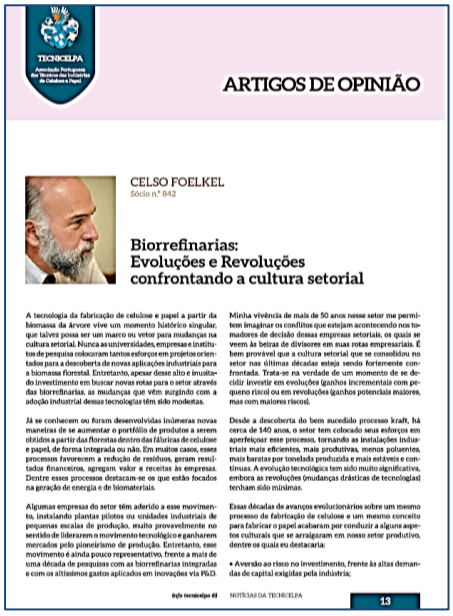
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2017_Quase+Nada_Quase+Tudo.pdf (em Português)

Indústria do futuro. O setor brasileiro de celulose e papel em sua rota competitiva de futuro tecnológico. C. Foelkel. *In:* Eucalyptus Newsletter nº 79. 30 pp. (2020)

https://www.eucalyptus.com.br/news/Coletanea_Industria+Futuro.pdf (em Português)

O 50º Congresso da ABTCP, como era esperado, se constituiu em um marco de integração e de abertura de novas oportunidades para diversas empresas do setor brasileiro de celulose e papel. Isso porque já existia no Brasil um sólido alicerce de conhecimentos sobre as biorrefinarias em função de que as fases anteriores produziram inúmeras pesquisas e desenvolvimentos em algumas das principais plataformas tecnológicas do setor. O setor brasileiro de C&P já havia, de forma inteligente e audaciosa, selecionado algumas tecnologias para abertura de portas e janelas de oportunidades.

As tendências entre os principais atores do setor estavam sendo: a busca para novas aplicações em relação aos produtos que as empresas já produziam; obtenção de produtos comercializáveis da madeira ou de gerações de químicos pelos próprios processos (subprodutos); gerações de novos biocombustíveis ou biomateriais dentro do conceito das biorrefinarias. O objetivo era o aproveitamento de todos os potenciais das matérias-primas biomássicas utilizadas e identificar novas oportunidades de negócios com resultados atrativos. Mesmo que no início um novo produto não gerasse lucro, se ele pagasse seus custos variáveis e parte dos custos fixos gerais da empresa, ele poderia ser elencado para o desenvolvimento de seus potenciais até que tivesse seu mercado ampliado e se convertesse em um produto "vaca leiteira". Ou quase isso, gerando margem positiva e apreciada.


TECNICELPA

ARTIGOS DE OPINIÃO

CELSO FOELKEL
Sócio nº 842

Biorrefinarias: Evoluções e Revoluções confrontando a cultura setorial

A tecnologia da fabricação de celulose e papel a partir da biomassa da árvore vive um momento histórico singular, que talvez possa ser um marco ou vetor para mudanças na cultura setorial. Nunca as universidades, empresas e institutos de pesquisa colocaram tantos esforços em projetos orientados para a descoberta de novas aplicações industriais para a biomassa florestal. Entretanto, apesar desse alto e inusitado investimento em buscar novas rotas para o setor através das biorrefinarias, as mudanças que vêm surgindo com a adoção industrial dessas tecnologias têm sido modestas.

Já se conhecem ou foram desenvolvidas inúmeras novas maneiras de se aumentar o portfólio de produtos a serem obtidos a partir das florestas dentro das fábricas de celulose e papel, de forma integrada ou não. Em muitos casos, esses processos favorecem a redução de resíduos, geram resultados financeiros, agregam valor e receitas às empresas. Dentre esses processos destacam-se os que estão focados na geração de energia e de biomateriais.

Algumas empresas do setor têm aderido a esse movimento, instalando plantas pilotos ou unidades industriais de pequenas escalas de produção, muito provavelmente no sentido de liderarem o movimento tecnológico e ganharem mercados pelo pioneirismo de produção. Entretanto, esse movimento é ainda pouco representativo, frente a mais de uma década de pesquisas com as biorrefinarias integradas e com os altíssimos gastos aplicados em inovações via P&D.

Minha vivência de mais de 50 anos nesse setor me permitem imaginar os conflitos que estejam acontecendo nos tomadores de decisão dessas empresas setoriais, os quais se veem às beiras de divisores em suas rotas empresariais. É bem provável que a cultura setorial que se consolidou no setor nas últimas décadas esteja sendo fortemente confrontada. Trata-se na verdade de um momento de se decidir investir em evoluções (ganhos incrementais com pequeno risco) ou em revoluções (ganhos potenciais maiores, mas com maiores riscos).

Desde a descoberta do bem sucedido processo kraft, há cerca de 140 anos, o setor tem colocado seus esforços em aperfeiçoar esse processo, tornando as instalações industriais mais eficientes, mais produtivas, menos poluentes, mais baratas por tonelada produzida e mais estáveis e contínuas. A evolução tecnológica tem sido muito significativa, embora as revoluções (mudanças drásticas de tecnologias) tenham sido mínimas.

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

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

Info tecnicelpa 41 NOTÍCIAS DA TECNICELPA 13

REPORTAGEM DE CAPA

Por Caroline Martin
Especial para O Papel

ABTCP ESTRUTURA REDE DE INOVAÇÃO EM PROL DA COMPETITIVIDADE DO SETOR

Com o intuito de colocar o conceito de inovação aberta em prática, Associação assume a liderança na organização de um cluster robusto, capaz de posicionar a indústria nacional de celulose e papel entre os futuros *players* globais da bioeconomia

58 Revista O Papel - Agosto/August 2018

Fontes das Figuras: Info@Tecnicelpa e Revista O Papel

A principal de todas as plataformas tecnológicas para as biorrefinarias integradas do setor de C&P no Brasil, como reconhecida em dezenas de estudos e materiais técnicos disponibilizados até agora, foi a produção de eletricidade, vapor e calor por sistemas de cogeração, utilizando tanto a caldeira de recuperação do licor preto kraft como caldeiras auxiliares de força (utilizando biomassa florestal). A eletricidade gerada em turbogeradores passou a ser um produto importante no portfólio de produtos das nossas fábricas de celulose, abastecendo empresas próximas da fonte geradora e sendo o excedente disponibilizado para o sistema elétrico brasileiro.

As principais empresas brasileiras do setor de produção de celulose e papel (Klabin, Suzano, Fibria, Eldorado Brasil e CMPC Guaíba); cada qual dentro de suas realidades; disponibilidades de matérias-primas; potenciais mercados ou utilizações internas em suas unidades industriais; selecionaram também outras plataformas para desenvolver e iniciar produções em algumas de suas unidades. Isso ficou muito evidente para todo o setor durante os anos 2017 a 2022, conforme relatado logo a seguir:

- ***Klabin***: "tall-oil" para uso como biocombustível; gaseificação da biomassa para queima no forno de cal; celulose microfibrilada (MFC) para adição em seus papéis; nanocristais de celulose em parceria com empresa Melodea; extração de metanol do licor preto para uso como biocombustível interno; lignina com base na possibilidade de diferenciação de tipos de ligninas uma vez que a empresa dispõe em seus processos produtivos de lignina de coníferas (*Pinus*) e de folhosas (*Eucalyptus*); bioeletricidade ou eletricidade verde; produção de biogás combustível pela degradação microbiológica anaeróbica de resíduos estocados em aterros; etc.

- ***Fibria***: bioeletricidade ou eletricidade verde; celulose microfibrilada como aditivo em papéis; produção de lignina diferenciada, através de estudos realizados internamente e com a empresa canadense Lignol Energy Corporation, adquirida pela Fibria em 2015 para criação da Fibria Innovations, uma empresa formada para dar suporte a esses desenvolvimentos; metanol por extração do licor preto e uso como biocombustível em seus processos; bio-óleo por extração via pirólise rápida, através de participação acionária minoritária na empresa norte-americana Enzyn Corporation; além de estudos em outras plataformas de menor prioridade (gaseificação, utilização de resíduos florestais e da fábrica). A empresa também desenvolvia processos de purificação de produtos criados por algumas dessas plataformas para geração de produtos de maior valor agregado e tinha foco no setor

têxtil, com sua participação acionária na empresa finlandesa Spinnova a partir de 2017. Dentre as estratégias da empresa para encurtar o caminho tecnológico estavam as parcerias e as aquisições (total ou parcial) de empresas "start-ups" bem sucedidas no Brasil ou no exterior.

- ***Suzano***: bioletricidade ou eletricidade verde; produção de lignina kraft ("EcoLig") para utilizações químicas pela unidade de Limeira, frente à proximidade de inúmeras empresas de base química demandando por esse produto, praticamente todo importado naquele momento; produção de celulose microfibrilada (MFC) para utilização interna em seus papéis; produção de nanocristais de celulose em parceria com a empresa canadense CelluForce; produção de gás combustível por gaseificação de biomassa para queima em alguns de seus fornos de cal; estudos para produção de bio-óleo em parceria com a Bioware; produção de metanol por extração do licor preto e uso como biocombustível em seus processos; etc.

- ***Suzano+Fibria***: Obviamente, a aquisição da empresa Fíbria pela Suzano em 2018 resultou em uma integração interna desses projetos e seleção de estratégias em relação aos desenvolvimentos prioritários. Em suas estratégias atuais a empresa resultante, agora com o nome apenas de Suzano S.A. incluiu, além das já relacionadas estratégias em biocombustíveis e bioprodutos, algumas novas alternativas de novos produtos: polpa "fluff" de eucalipto (já em escala produtiva) e celulose solúvel e açúcares removidos pela pré-hidrólise da madeira (em avaliação).

- ***Eldorado Brasil***: bioeletricidade ou eletricidade verde.

- **CMPC Guaíba:** bioeletricidade ou eletricidade verde e bioprodutos a partir de resíduos do processo.

Além dessas iniciativas mencionadas para essas empresas líderes em produção e tecnologias no Brasil, outros desenvolvimentos eram realizados em seus centros tecnológicos e em parceria com diversas universidades nacionais e internacionais, a maioria focada em gerar produtos de maior valor agregado.

Também outras empresas se iniciaram na utilização de tecnologias já dominadas, tais como: produção de metanol; produção de biofertilizantes a partir de lodos das estações de tratamento de efluentes; produção de biocombustíveis (cavacos e péletes de madeira); produção de

corretivos da acidez do solo pelo uso de resíduos da caustificação e da queima da biomassa, etc.

Enfim, havia muito coisa já caminhando há anos em alguns desses produtos, mas ainda tratados como resultantes ou até mesmo chamados de resíduos. As biorrefinarias serviram também para que cada uma das empresas passasse a enxergar seus resíduos não mais como resíduos, mas como matérias-primas para o desenvolvimento de produtos valorizados pela sociedade, sempre a exigir maior grau de sustentabilidade nas empresas. Assim tem acontecido em outras empresas como: Veracel, WestRock, CMPC Guaíba, dentre outras.

Assim e dessa forma, não apenas as biorrefinarias integradas foram chegando ao Brasil, mas ***a produção baseada em bioeconomia e economia circular foi também se solidificando e sendo cada vez mais praticada no setor.*** Principalmente se levando em conta a imagem favorável que essas ações trazem, em função da melhoria substancial na pegada de carbono e sustentabilidade das empresas e de suas unidades industriais.

Em sua Revista O Papel, a ABTCP tem divulgado diversas dessas conquistas pelas empresas brasileiras em relação à produção de biocombustíveis, bioprodutos, eletricidade verde e práticas de sustentabilidade integradas à bioeconomia e economia circular.

E já se podem encontrar produtos de biorrefinarias do setor brasileiro de celulose e papel ofertados como produtos comerciais desenvolvidos pelas nossas próprias empresas, de forma própria ou em parcerias.

Fonte: Website **Suzano EcoLig** – Lignina extraída do licor preto kraft

https://www.suzanoecolig.com.br/#desenvolvimento

Conheçam algumas matérias recentes produzidas pela equipe jornalística e de consultores técnicos da ABTCP em relação a esses temas entre 2017 a 2022:

Indústria do futuro. C. Martin. Revista O Papel (Março): 46 – 57. (2017)
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2017_Industria+futuro_O+Papel.pdf (em Português)

Indústria do futuro: A visão dos fabricantes de celulose. T. Santi. Revista O Papel (Maio): 55 - 60. (2017)
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2017_ABTCP_Industria+Futuro_Visao+Fabricantes.pdf (em Português)

Indústria do futuro sob o olhar dos fornecedores. C. Martin. Revista O Papel (Maio): 68 - 72. (2017)
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2017_ABTCP_Industria+Futuro_Visao+Fornecedores.pdf (em Português)

Setor de celulose e papel pratica sustentabilidade. C. Martin. Revista O Papel (Outubro): 38 – 55. (2017)
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2017_Pratica+Sustentabilidade.pdf (em Português)

Sessão temática sobre biorrefinaria aborda potencialidades. C. Martin. Revista O Papel (Novembro): 89 – 91. (2017)
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2017_Potencialidades+Biorrefinarias.pdf (em Português)

Suzano Papel e Celulose revela estratégias para diferentes segmentos de atuação. *(Suzano Papel e Celulose reveals the strategies for its business segments).* C. Martin. Revista O Papel (Janeiro): 44 – 57. (2018)
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2018_Novos+Negocios+Suzano.pdf (em Português e em Inglês)

Nanocelulose vegetal desponta como curativo eficaz no tratamento de queimaduras. C. Martin. Revista O Papel (Agosto): 32 – 35. (2018)

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

ABTCP estrutura rede de inovação em prol da competitividade do setor. C. Martin. Revista O Papel (Agosto): 58 - 71. (2018)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2018_Rede+Inovazao+ABTCP.pdf (em Português)

Bioeconomia circular e inovação para o setor florestal. M. Berni. Coluna Biomassa e Energia Renovável. Revista O Papel (Dezembro): 70 – 71. (2019)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2019_Bioeconomia+Circular.pdf (em Português)

Suzano almeja ser protagonista da bioeconomia. (*Suzano aims to be a key player in the bioeconomy*). C. Martin. Revista O Papel (Janeiro): 46 – 59. (2020)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2020_Protagonizando+Bioeconomia.pdf (em Português)

A economia circular na prática. T. Santi. Revista O Papel (Janeiro): 60 - 61. (2020)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2020_Economia+Circular+CMPC.pdf (em Português)

Tecnologias inovadoras na produção de celulose. T. Santi. Revista O Papel (Abril): 38 - 41. (2020)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2020_Tecnologias+Inovadoras.pdf (em Português)

Eldorado Brasil inaugura a maior usina de biomassa do país ainda no 1.º trimestre. T. Santi. Revista O Papel (Janeiro): 60 - 65. (2021)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2021_Eldorado_Bioenergia+Tocos+Raizes.pdf (em Português)

O futuro está nas árvores cultivadas. C. Martin. Revista O Papel (Março): 77 - 79. (2021)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2021_Florestas+Cultivadas+Economia+Verde.pdf (em Português)

Maiores produtores de energia elétrica com biomassa florestal do Brasil. M. Funchal. Revista O Papel (Maio): 24 - 31. (2021)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2021_Produtores+Bioenergia+Brasil.pdf (em Português)

Indústria de celulose e papel fortalece-se como produtora de energia verde. C. Martin. Revista O Papel (Junho): 58 - 70. (2021)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2021_Energia+Verde+Setor+C&P.pdf (em Português)

CMPC anuncia investimento em unidade industrial brasileira. C. Martin. Revista O Papel (Agosto): 76 - 77. (2021)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2021_BioCMPC.pdf (em Português)

Suzano e Spinnova® formam *joint venture* para produzir "têxtil verde". T. Santi. Revista O Papel (Março): 75 - 76. (2021)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2021_Textil+Verde.pdf (em Português)

ISI Biomassa de Três Lagoas trabalha no desenvolvimento de combustíveis renováveis a partir do eucalipto. C. Martin. Revista O Papel (Maio): 06 -09. (2022)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2022_Biocombustiveis+Desenvolvimento.pdf (em Português)

Concomitantemente às publicações da ABTCP e de inúmeras outras organizações do setor empresarial, científico e tecnológico brasileiro e internacional (abrigando inúmeras matérias técnicas de autores brasileiros) passou a ocorrer nessa última década uma intensa atividade de novos eventos abordando e estimulando as biorrefinarias, as bioenergias, a bioeconomia e a economia circular.

Em resumo, o Brasil conseguiu em pouco mais de dez anos (2011 a 2022) gerar um fantástico banco de dados sobre as biorrefinarias, capaz de oferecer suporte para o desenvolvimento industrial desse segmento tecnológico no País.

Foram fatores alavancadores para esse desenvolvimento rápido e qualificado do conhecimento tecnológico e das iniciativas de empresas industriais para se interessarem em aventurar em novos negócios dentro do conceito das biorrefinarias:

- A atuação de estímulo à geração e a disseminação de conteúdos pela ABTCP através de seus veículos de comunicação, eventos, websites, etc.;
- A atuação forte da ABTCP no estimulo e apoio das empresas nacionais em inovações tecnológicas (Rede de Inovação da ABTCP);
- O importante papel catalisador do CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos entre 2011 a 2016;
- O importante papel estimulador da IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores para a implantação dos conceitos da bioeconomia e da sustentabilidade;
- Os ICEPs – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp - organizados pela UFV – Universidade Federal de Viçosa, mais recentemente em parceria com a UFRRJ – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro;
- Os CIADICYPs – Congresos Ibero Americanos de Docencia e Investigación em Celulosa y Papel, organizados pela Rede RIADICYP (https://www.eucalyptus.com.br/news/pt_jun18.pdf);
- Algumas unidades pesquisadoras do SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial e da EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária: Embrapa Florestas e Embrapa Agroenergia;
- Diversas universidades com pesquisas, cursos e eventos de alto grau de qualificação: USP – Universidade de São Paulo (Escola Politécnica, ESALQ, Institutos de Química de São Carlos e de Lorena); UFV – Universidade Federal de Viçosa; UFRRJ – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas; UFPR – Universidade Federal do Paraná; UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais; UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul; UFSM – Universidade Federal de Santa Maria; UNIFEI – Universidade Federal de Itajubá, etc., etc.

- A integração entre institutos de pesquisas nacionais e internacionais;
- O monitoramento constante e adequado pelas empresas industriais e entidades e institutos brasileiros do setor de base florestal sobre a evolução das biorrefinarias integradas e da bioeconomia em nível global;
- A atuação internacional de empresas brasileiras em temas sobre novos negócios, tecnologias, produção e comercialização com as biorrefinarias integradas ao setor de celulose e papel;
- A produção tecnológica e as inovações das principais empresas do setor de produção de celulose e papel: Suzano, Fibria (até 2018), Klabin, Eldorado Brasil, CMPC Guaíba, etc.;
- A formação de recursos humanos qualificados para atuações nesses novos ramos do conhecimento tecnológico;
- O fortalecimento da qualificação e da oferta em qualidade e quantidade por parte dos fornecedores de equipamentos, engenharia, tecnologias, matérias-primas e consultoria.
- O interesse comercial de algumas empresas produtoras de celulose de mercado e de papel em desenvolver plantas piloto e até mesmo plantas comerciais para produção de alguns dos novos produtos das biorrefinarias: lignina (Ecolig da Suzano), celulose microfibrilada para uso na fabricação de papel (Suzano e Klabin), *tall-oil* (Klabin), metanol (Suzano, CMPC, Klabin) e gás combustível por gaseificação (Suzano e Klabin), dentre outros.
- Dentre outras ações e atividades mais.

O que é de se lamentar, é que com tantos conhecimentos e tantas iniciativas, a velocidade de entrada nos mercados com alguns desses produtos esteja sendo lenta. Dessa forma, empresas internacionais estão chegando e buscando ocupar um espaço que poderia ser de nossas próprias empresas brasileiras. Isso se pode notar em situações como a comercialização de produtos fabricados por essas empresas internacionais no Brasil ou fora daqui e de venda de tecnologias/sistemas e equipamentos para os seguintes derivados das biorrefinarias: lignina, MFC, nanocristais de celulose, gás combustível, bio-óleo, tall-oil, etc.

A lentidão nas decisões da entrada "prá valer" na fabricação e comercialização desses produtos pode representar perda de oportunidades comerciais e dependência futura na aquisição desses produtos. Isso porque, em geral as empresas internacionais são muito rápidas na obtenção de patentes para as suas tecnologias, o que pode restringir que as nossas empresas possam caminhar sobre essas rotas já com direitos de patente concedidas a terceiras partes no Brasil ou internacionalmente.

De qualquer forma, é importante se conhecer o que vem sendo conquistado na Europa em termos de novas biorrefinarias entrando em operação, em documentos que foram publicado por estudos promovidos pela CEPI – Confederation of the European Paper Industry, a saber:

Relatório final de pesquisa: **Biorefineries in Europe. Shaping the Biofuture.** NC Partnering. CEPI –Confederation of the European Paper Industry. 69 pp. (2020)

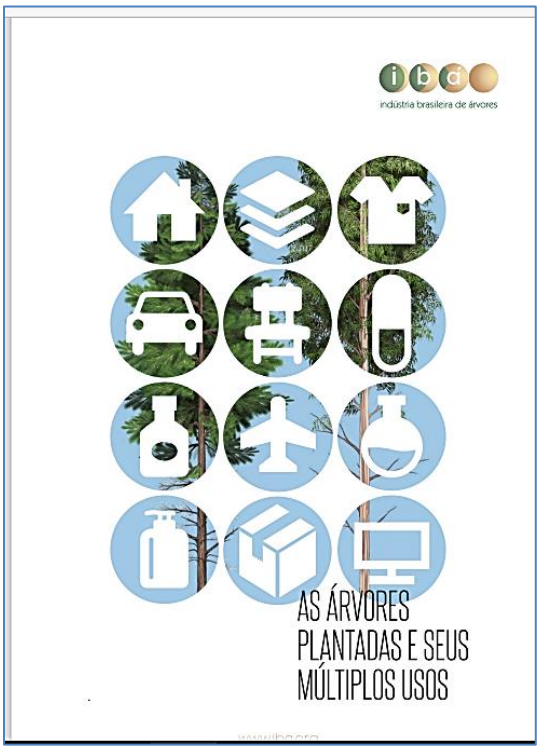
https://task42.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/sites/10/2021/02/Cepi_Biorefineries-in-Europe_master_161220_finalappendixes.pdf (em Inglês)

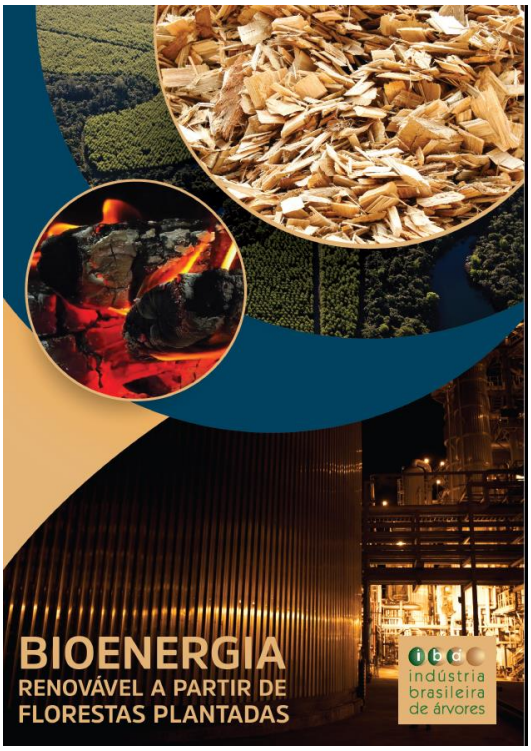
Palestra em PowerPoint: **Innovative bio-based products for a sustainable future. A CEPI study on Pulp and Paper Industry biorefineries in Europe.** CEPINar #biorefineriesEU. CEPI – Confederation of the European Paper Industry. 32 pp. (2021)

https://www.cepi.org/wp-content/uploads/2021/03/Innovative-bio-based-products-for-a-sustainable-future-Cepinar.pdf (em Inglês)

Fonte da Imagem: Endereço de web logo acima

Com determinação, coragem e competência poderemos encurtar nossos caminhos em direção ao futuro. É uma questão de querer fazer e estrategiar como e com qual velocidade..





Fontes das Imagens:

Website IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores – https//www.iba.org

As coisas já estão acontecendo – Não estamos mais apenas monitorando

Somos hoje players em crescimento nesse segmento de biorrefinarias

Isso pode ser confirmado pelas centenas de publicações lançadas por autores nacionais em veículos científicos no Brasil e internacionalmente

Mas ainda há muito mais ser feito

Especialmente nesse momento em que temos virtudes reconhecidas, porém ações não tão rápidas nas implantações das biorrefinarias

Segue uma seleção de artigos e apresentações relevantes sobre a temática biorrefinarias de autorias de técnicos e pesquisadores brasileiros, referente ao período 2017 a 2022. Materiais técnicos de autorias de pesquisadores e técnicos brasileiros em veículos brasileiros e internacionais:

Biorrefinarias integradas à indústria de celulose e papel. J.L. Colodette. Florestas Online 2017. Vídeos YouTube. (2017)

https://www.youtube.com/watch?v=AnpJLB9M2Uw&t=107s (em Português)

Inovações tecnológicas e desafios da produção de carvão vegetal. C. Carneiro. Florestas Online 2017. Vídeos YouTube. (2017)

https://www.youtube.com/watch?v=5HGJlE0LnBw (em Português)

Efeito da etapa de centrifugação no tamanho de nanocristais de celulose. D.S. Soares; F.P. Martins; G.A. Puiatti; R.A. Amaral; R.L. Temoteo; T.G. Carmo; V.K.C. Germano; D.J. Silva; A.V.N.C. Teixeira. The Journal of Engineering and Exact Science 3(3): 404 – 417. (2017)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/14180/1/109-1462-1-PB.pdf (em Português)

Oportunidades de integração. J.L. Colodette; F.J.B. Gomes. Revista Opiniões Florestal 14(49). (Setembro/Novembro 2017)

https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/2-oportunidades-de-integracao/ (em Português)

Lignina e nanocelulose. W.L.E. Magalhães. Revista Opiniões Florestal 14(49). (Setembro/Novembro 2017)

https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/3-lignina-e-nanocelulose/ (em Português)

Um leque de oportunidades. M.C.T. Damaso. Revista Opiniões Florestal 14(49). (Setembro/Novembro 2017)

https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/5-um-leque-de-oportunidades/ (em Português)

A importância e a oportunidade da geração de tecnologia. V. Lobosco. Revista Opiniões Florestal 14(49). (Setembro/Novembro 2017)

https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/6-importancioa-e-oportunidade-da-geracao-de-tecnol/ (em Português)

Processos termoquímicos. P.R.S. Zanoni; E.G. Schaitza. Revista Opiniões Florestal 14(49). (Setembro/Novembro 2017)

https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/7-processos-termoquimicos/ (em Português)

O protagonismo da indústria florestal na sociedade. P.C. Pavan. Revista Opiniões Florestal 14(49). (Setembro/Novembro 2017)

https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/8-o-protagonismo-da-industria-florestal-na-socieda/ (em Português)

Pellets. A.C.O. Carneiro. Revista Opiniões Florestal 14(49). (Setembro/Novembro 2017)

https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/10-pellets/ (em Português)

Biomassa lignocelulósica: Grande potencial e muitos desafios. D.S. Silva. Revista Opiniões Florestal 14(49). (Setembro/Novembro 2017)

https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/15-biomassa-lignocelulosica-grande-potencial-e-mui/ (em Português)

Potencial da biomassa florestal. L.R. Pimenta; T.E.S. Segura. Revista Opiniões Florestal 14(49). (Setembro/Novembro 2017)

https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/16-potencial-da-biomassa-florestal/ (em Português)

Cores que a floresta produz. T. Rossi; J.O. Brito. Revista Opiniões Florestal 14(49). (Setembro/Novembro 2017)

https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/17-cores-que-floresta-produz/ (em Português)

The chemical conversion of biomass-derived saccharides: An overview. J.M.R. Gallo; M.A. Trapp. Journal of the Brazilian Chemical Society 28(9): 1586 - 1607. (2017)

https://www.scielo.br/j/jbchs/a/rDvKMmbbXBZRGKJt5pbymBd/?format=pdf&lang=en (em Inglês)

Kinetics of pyrolysis of some biomasses widely available in Brazil. E.P.A. Rocha; E. Sermyagina; E. Vakkilainen; J.L. Colodette; I.M. Oliveira; M. Cardoso. Journal of Thermal Analyses and Calorimetry. Springer. 10 pp. (2017)

https://link.springer.com/article/10.1007/s10973-017-6138-2 (em Inglês)

Bio-óleo de pirólise rápida como precursor de fibra de carbono. D.C.P. Vélez. Dissertação de Mestrado. UFPR – Universidade Federal do Paraná. 79 pp. (2017)

https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/49573/R - D - DIANA CRISTINA PROCHNOW VELEZ.pdf?sequence=1 (em Português)

Simulação de unidade de recuperação química do processo de polpação kraft visando à obtenção de metanol celulósico. G.J. Stape. Dissertação de Mestrado. USP – Universidade de São Paulo. 146 pp. (2017)

https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-16082017-140858/publico/Glauco_Joubert_Stape_versao_revisada.pdf (em Português)

Kraft lignin and corn fibers addition in the production of *Eucalyptus* pellets. B.M. Barbosa; J.L. Colodette; H.F. de Siqueira; W.L. Cândido; C.M.S. da Silva; A.C.O. Carneiro; F.J.B. Gomes. 8th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. (2017)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/5.6.New_products_Pellets.pdf (Apresentação de slides: 27 slides – em Inglês)

Estudo da adição da lignina kraft nas propriedades mecânicas dos briquetes de resíduos da indústria moveleira. A.F.G. Gouvêa; A.M.M.L. Carvalho; C.M. Silva; A.C.O. Carneiro; P.F. Trugilho; F.P. Freitas; L.B. Valadares; C.M. Gomes; E.B. Costa. Ciência Florestal 27(03): 1029 – 1036. (2017)

https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/28678/pdf (em Português)

Bioeconomia e florestas: Potencial além de papel e celulose. P.L.A. Coutinho. 50º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 26 slides. (2017)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2017_Bioeconomia+Florestas.pdf (em Português)

Etanol de cascas de eucalipto será viável no conceito de biorrefinaria de base florestal? M.D. Berni. Revista O Papel (Fevereiro): 65 – 66. (2017)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2017_Etanol+Cascas.pdf (em Português)

Setor de base florestal: Inovações, novos produtos e novas rotas tecnológicas. C.F. Silva. 5ª Semana de Celulose e Papel de Três Lagoas. Apresentação em PowerPoint: 47 slides. (2017)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2017_Inovando+Setor+Florestal.pdf (em Português)

Evaluation of Klabin's technical lignins portfolio. M. Muguet. 50º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 40 slides. (2017)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2017_Ligninas+Klabin.pdf (em Inglês)

MFC: Uma nova dimensão para inovação na Fibria. G. Siqueira. 50º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 30 slides. (2017)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2017_MFC_Fibria.pdf (em Português)

Hemicelluloses: From "poor cousin" to one of most promising wood components in the biorefinery concept. D.S. Perez. 51º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 70 slides. (2017)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2018_Hemicelluloses.pdf (em Inglês)

Biorefining trends: Potential and challenges in the kraft pulp mills. M. Hamaguchi; J. Autio; S. Enestam; K. Sjoblom; H. Wallmo. 7th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. (2017)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/6.4.Marcelo+Hamaguchi.SLIDES.pdf (Apresentação de slides: 19 slides – em Inglês)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/6.4.Marcelo+Hamaguchi.MANUSCRIPT.pdf (Texto Manuscrito: 10 pp. – em Inglês)

Desenvolvimento de um bioprocesso flexível e intensificado para a produção de butanol/etanol integrado a uma usina kraft de celulose. (*Development of a flexible and intensified bioprocess for the production of butanol/ethanol integrated to a kraft pulp mill*). G.C.Q. Pereira. Dissertação de Mestrado. UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas. 106 pp. (2018)

http://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=476922 (em Português)

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)

Influência da adição de celulose nanofibrilada (CNF) nas propriedades ópticas e físicas do papel. D.C. Potulski; M.S. Lopes; G.I.B. Muniz; M.E. Carneiro; A.S. Andrade. BioFix Scientific Journal 3(1): 122 – 129. (2018)

https://revistas.ufpr.br/biofix/article/view/57860/35023 (em Português)

Produção de combustível de aviação em biorrefinarias anexas a fábricas kraft de celulose de eucalipto: Avaliação técnico-econômica, de ciclo de vida e tomada de decisão por múltiplos critérios. D.S. Braz. Dissertação de Mestrado. UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas. 113 pp. (2018)

https://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=476361 (em Português)

Produção de açúcares lignocelulósicos em biorrefinarias anexas a fábricas kraft de celulose de eucalipto: Análise técnico-econômica e metodologia para seleção de mercados. L.B. Dornelles. Dissertação de Mestrado. UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas. 113 pp. (2018)

http://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=476740 (em Português)

Estratégias de pré-tratamento para fracionamento e recuperação dos componentes majoritários de biomassas lignocelulósicas para uso em biorrefinarias. A. Toscan. Tese de Doutorado. UCS – Universidade de Caxias do Sul. 184 pp. (2018)

https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/4017/Tese Andreia Toscan.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Português)

Avanços e oportunidades. J.L. Colodette; F.J.B. Gomes. Revista Opiniões Florestal 15(53). (Setembro/Novembro 2018)

https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/6-avancos-e-oportunidades/ (em Português)

Nanocelulose. F.C. Claro. Revista Opiniões Florestal 15(53). (Setembro/Novembro 2018)

https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/15-nanocelulose/ (em Português)

Nanocelulose aplicada como reforço para papel reciclado. D.C. Potulski; L.C. Viana; A.P.N. Fonte; M.E.B. Carneiro; G.I.B. Muniz; A.S. Andrade**.** Scientia Forestalis 46(119): 495 – 505. (2018)

https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr119/cap16.pdf (em Português)

Estudo sobre a extração de lignina do licor negro, seu impacto no processo de recuperação e geração de energia e seu potencial uso em novas aplicações. I.E. Jorge. Monografia de Especialização. UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 60 pp. (2018)

http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/18531/1/CT_CEER_IV_2018_06.pdf#:~:text=O%20licor%20negro%20%C3%A9%20utilizado%20para%20queima%20na,mesmo%20vender%20o%20excedente%20do%20que%20%C3%A9%20consumido. (em Português)

Lignina e os blocos de construção. M.D. Berni. Revista O Papel (Março): 57. (2019)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2019_Lignin+Building+Blocks.pdf (em Português)

Estudo de caso: Impacto econômico e ambiental relacionado à recuperação e queima estável em fornos de cal de metanol >85%. G.R. Fressato; B. Tocchio; F.S. Bittencourt; C.S. Lopes. Revista O Papel 80(6): 76 - 81. (2019)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2019_Queima+Metanol+Forno+Cal.pdf (em Português)

Avaliação do potencial de valoração da lama de carbonato de cálcio como coproduto em diferentes setores. G.L. Benini; J. Fröhlich; F.A Brehm; M.P. Kulakowski; L.A.S. Miranda; R.C.E. Modolo. Revista O Papel 80(10): 90 - 97. (2019)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2019_Valorando+Lama+Cal.pdf (em Português)

Bioeletricidade como alternativa energética sustentável na indústria de celulose. F.G.F.S. Rossato. Tese de Doutorado. UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas. 126 pp. (2019)

http://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=481343 (em Português)

Extração e caracterização da lignina proveniente do pré-tratamento de biomassa para produção de etanol de 2ª geração. K. Bes; J.S Lemões; C.F.L. Silva; S.D.A. Silva. Revista Engenharia Sanitária Ambiental 24(1): 55 – 60. (2019)

https://www.scielo.br/j/esa/a/z7rWzwGF9MdDzPYw5MH9K4R/?lang=pt (em Português)

Investigação do efeito de pré-tratamentos na estrutura de biomassas lignocelulósicas para o isolamento de celuloses de alta reatividade. H.O.M.A. Moura. Dissertação de Mestrado. UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 108 pp. (2019)

https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/27779/1/Investigaçãoefeitopré-tratamentos_Moura_2019.pdf (em Português)

Livro: **Fontes de biomassa e potenciais de uso – Volume 1.** M. Jasper (Organizadora). Atena Editora. 144 pp. (2019)

https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/553431/1/E-book-Fontes-de-Biomassa-e-Potenciais-de-Uso-1.pdf (em Português)

Livro: **Fontes de biomassa e potenciais de uso – Volume 2.** L. Tullio (Organizador). Atena Editora. 127 pp. (2020)

https://www.atenaeditora.com.br/catalogo/download-file/3320 (em Português)

Livro: **Recursos naturais: Energia de biomassa florestal.** R.J. Oliveira (Organizador). Editora Científica Digital. 214 pp. (2021)

https://downloads.editoracientifica.com.br/books/978-65-87196-84-8.pdf (em Português)

Produção e aplicação de carvões sulfonados de lignina kraft na reação de desidratação da frutose sob aquecimento convencional e micro-ondas. R.S. Nunes. Dissertação de Mestrado. UFABC – Universidade Federal do ABC. 121 pp. (2020)

https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=8223745 (em Português)

Caracterização de ligninas kraft de *Eucalyptus urograndis* com relação à estrutura e parâmetros de solubilidade. W.C.O. Ribeiro. Dissertação de Mestrado. UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas. 304 pp. (2020)

http://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=475728 (em Português)

The changing paper industry: How todays efforts will create the roots for a sustainable tomorrow. L.R.F. Koch; F.V. Markus. Revista O Papel 82(2): 92 - 97. (2021)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2021_Changing+Paper+Industry.pdf (em Inglês)

Defibrillation phenomenon and parameters to control MFC production. R.A.P. Damásio; A. Horchulhak; A. Ferreira; P. Bocardi. Revista O Papel 82(3): 88 - 92. (2021)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2021_Defibrillation+Phenomenon.pdf (em Inglês)

Modificações na lignina kraft de eucalipto e produção de lignosulfonatos. I.F. Demuner. Tese de Doutorado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 129 pp. (2021)

https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/27987 (em Português)

Biopolymer application to improve the sack kraft paper production. N.B. Casagrande; F.R. Milagres; S.M. Sommer; C.A.S.A. Santos. Revista O Papel 83(5): 75 - 81. (2022)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2022_Biopolymer+Sack+Kraft.pdf (em Inglês)

Energy from planted forest and its residues characterization in Brazil. G. Pena-Vergara; L.R. Castro; C.A. Gasparetto; W.A. Bizzo. Energy 239: Artigo 122243. (2022)

https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0360544221024919?token=83C2CAB83337937958A1F2AF9C3810B457A25B3AB0EE5EB69A5B55B97D0E8FE22C42721ABACE1CA0877506D283A48C74&originRegion=us-east-1&originCreation=20230227173827 (em Inglês)

Forest bioeconomy in Brazil: Potential innovative products from the forest sector. Y.I Maximo; M. Hassegawa; P.J. Verkerk; A.L. Missio. Land 11: Artigo 1297. (2022)

https://www.mdpi.com/2073-445X/11/8/1297/pdf?version=1661350178 (em Inglês)

Proposta de planta piloto de celulose nanocristalina integrada a uma fábrica de polpa branqueada utilizando simulação em Aspen Plus. C.C.Z. Nunes; G.D. Gonçalves; G.O. Daflon; T.B. Oliveira; W.X. Martins Júnior; T.A. Andrade; S.B. Carvalho; F.P. Cristelli; J.M. Almeida; F.Á. Rodrigues; D.J. Silva. Revista O Papel 83(8): 85 - 89. (2022)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2022_Planta+Piloto+NCC.pdf (em Português)

Conversão de glicose e xilose em produtos químicos de alto valor agregado. D.M.E. Delgadillo. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 88 pp. (2022)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/29445/1/texto%20completo.pdf (em Português)

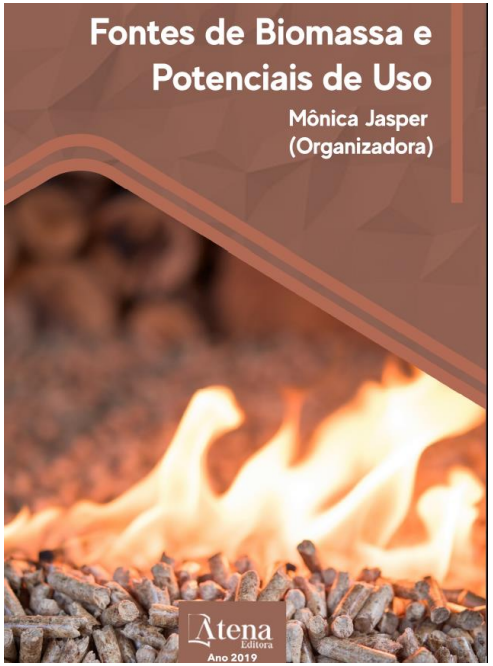
A robust optimization generic model for forest biorefineries design considering uncertainties on biomass growth and product selling prices. B. Theozzo. Tese de Doutorado. USP – Universidade de São Paulo. 187 pp. (2022)

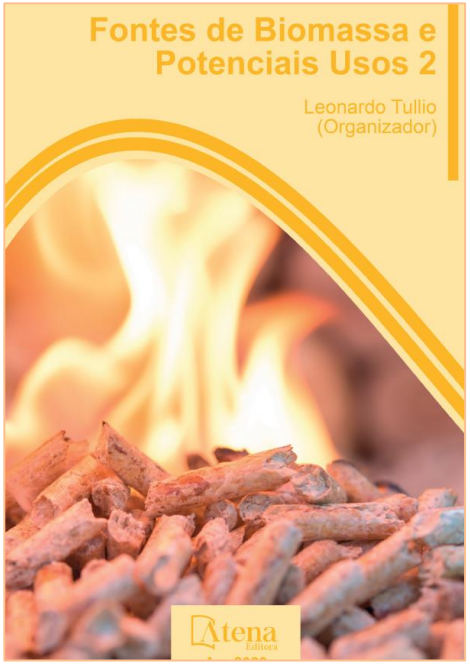
https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3137/tde-20122022-085410/publico/BrunoTheozzoCorr22.pdf (em Inglês)

Pela enorme e diversificada produção técnica e científica no Brasil sobre as biorrefinarias de biomassa em inúmeras universidades, empresas e institutos de pesquisas, resultando em abundante geração de publicações nacionais de inegável valor, pode-se dizer que na atualidade as biorrefinarias entraram de vez no sistema científico e tecnológico brasileiro

Até mesmo se pode relembrar de artigo do professor Jorge Luiz Colodette de 2008, que já no título comparava as biorrefinarias a uma nova biomania

E depois um artigo de opinião de minha autoria em 2013, onde chamei a esse processo que atingiu prazerosamente os setores de base florestal e de celulose e papel de biomania alucinada





Fontes das Imagens: Referenciadas nas correspondentes literaturas quando citadas

Capas de materiais técnicos relevantes

Também achei interessante se disponibilizar alguns valiosos materiais técnicos de autores estrangeiros e que publicaram em veículos de comunicação nacionais ou se apresentaram em eventos no Brasil durante esse período (2017 a 2023) ao qual estou acreditando que seja exatamente a época de consolidação e participação plena e competitiva do Brasil com as biorrefinarias integradas em fábricas de celulose e papel:

Observação: Foi bastante perceptível a redução na vinda de especialistas internacionais (em nossos congressos e revistas) para nos contar algo sobre as biorrefinarias em outros países. Acredito que nossas empresas, centros tecnológicos e universidades líderes já haviam conseguido, a partir de 2017, um nível de qualificação a não mais "ficarem encantados ou se sentirem inferiorizados" com as novidades vindas do exterior. Entretanto, não podemos deixar de valorizar a força restritiva ao deslocamento de técnicos entre o Brasil e o exterior durante os anos de 2020 a 2022 em função da pandemia do Covid vírus.

De todas as maneiras, e sempre deverá ser assim, é fundamental se manter o intercâmbio em nível global para se continuar com a troca de conhecimentos entre as principais lideranças científicas e tecnológicas globais. Por isso, precisamos manter nossas leituras de materiais técnicos em veículos técnicos internacionais e participações em eventos internacionais para continuação da ampliação de nossas bases e bancos de dados tecnológicos sobre as plataformas que nos interessarem, ou que sejam atrativas em relação às biorrefinarias.

Seguem algumas boas referências de matérias científicas e tecnológicas trazidas ao Brasil por especialistas internacionais entre 2017 a 2022:

Lignin: Structure, properties and valorization. O. Sevastyanova. 8th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Apresentação de slides: 57 slides. (2017)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2.3.Pulping_Lignin_structure.pdf (em Inglês)

A generic tactical planning model to supply a biorefinery with biomass. B.H. Ba; C. Prins; C. Prodhon. Pesquisa Operacional 38(1): 01 – 30. (2018)

https://www.scielo.br/j/pope/a/wrqnhVjLs9xS34YMzwt9Hsf/?format=pdf&lang=en (em Inglês)

Replacement of fossil fuel with biomass in pulp mill lime kilns. J. Taillon; A. Horvath; A. Oksman. Revista O Papel 79(3): 85 – 89. (2018)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2018-%20Replacement+Fossil+Fuel.pdf (em Inglês)

Biochemical processes for value chemicals production from heterogeneous biomass. R. Bura; C. Dou; H. Hörhammer; A. Suko; H. El-Husseini; R. Gustafson. 51º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 29 slides. (2018)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2018_Biochemical+Processes.pdf (em Inglês)

Integrated systems for viable bio-based enterprises. R. Gustafson; A. Chowyuk; R. Bura; H. El-Husseini. 51º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 23 slides. (2018)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2018_Integrated+Projects.pdf (em Inglês)

Valorization of the lignocellulosic components into biofuels, platform chemicals and materials. J.C. Villar. 51º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 29 slides. (2018)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2018_Valorization+Lignocellulosic+Materials.pdf (em Inglês)

Biorefineries: Pulp industry 2.0. J. Poesche; K. Lilja. Revista O Papel 80(9): 90 – 97. (2019)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2019_Biorefineries_Pulp+Industry_2.0.pdf (em Inglês)

Transforming cellulose nanocrystals into sustainable products through surface engineering. E.D. Cranston. 52º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 39 slides. (2019)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2019_Cellulose+Nanocrystals.pdf (em Inglês)

Melodea's solution: Cellulose Nano Crystals. S. Lapidot. 52º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 36 slides. (2019)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2019_Melodea+Cellulose+NanoCrystals.pdf (em Inglês)

Análise técnico-econômica na produção de bio-óleo de resíduos de eucalipto: Unidades de produção centralizada no estado de São Paulo. *(Techno-economic analysis of bio-oil production from Eucalyptus residues: Centralized units production in the state of the Sao Paulo).* S.P.I. Guerrero. Dissertação de Mestrado. UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas. 92 pp. (2020)

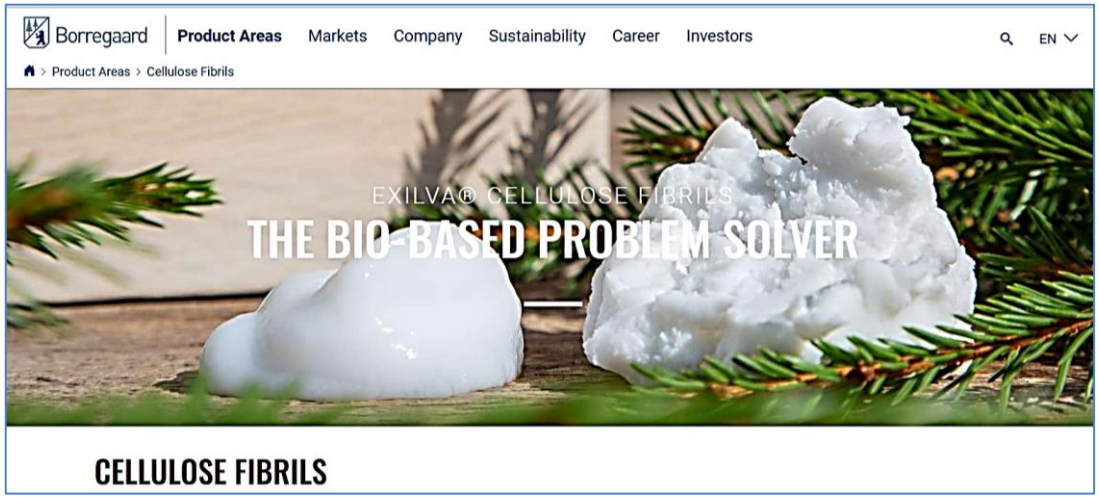
http://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=545450 (em Inglês)

Advances in CNC production and purification processes. J. Anderson; J. Lockhart; J. Wearing; D. Genders; P. Symons; E. Milligan. Revista O Papel 82(10): 73 - 81. (2021)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2021_CNC+Production.pdf (em Inglês)

Economia circular na prática

Fonte da Imagem: https://cmpcbrasil.com.br/sustentabilidade/#hub_CMPC



As biorrefinarias introduzindo seus novos produtos no mundo tecnológico

Fonte da Imagem: Exilva MFC - Website Borregaard- Noruega

https://www.borregaard.com/product-areas/cellulose-fibrils/

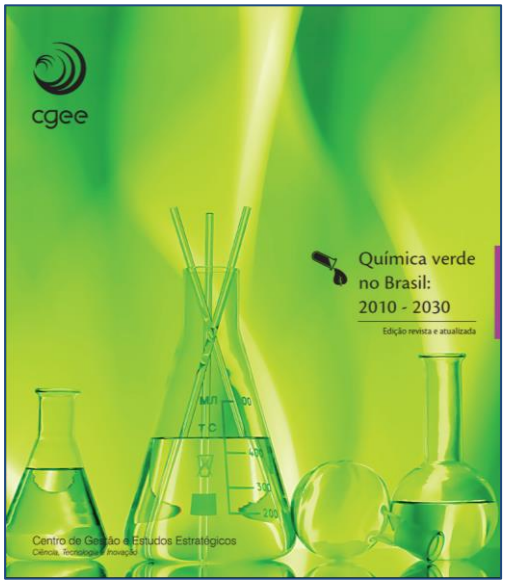
Fonte da Imagem: Website Lignotech – Lignin - Borregaard - Noruega

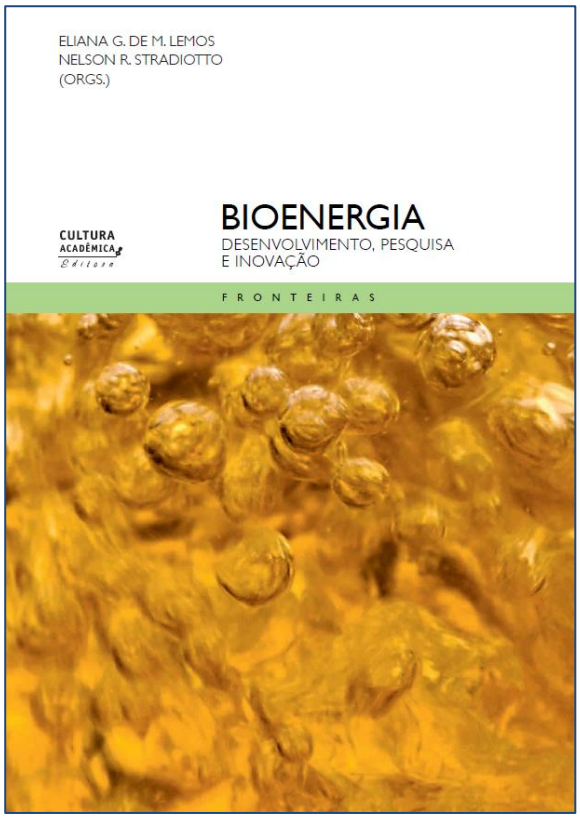
https://www.borregaard.com/product-areas/lignin-biopolymers/

Esquerda: https://www.youtube.com/watch?v=dCztjePuWVk&t=6s

Fontes das Imagens E & D

Direita: https://www.youtube.com/watch?v=6hWzwBylwzU&t=77s





Fontes das Imagens: CGEE e Editora Cultura Acadêmica - UESP

BRASIL: O futuro que se delineava em passado recente já está chegando

Com efetiva participação da nossa rede empresarial, universitária e tecnológica

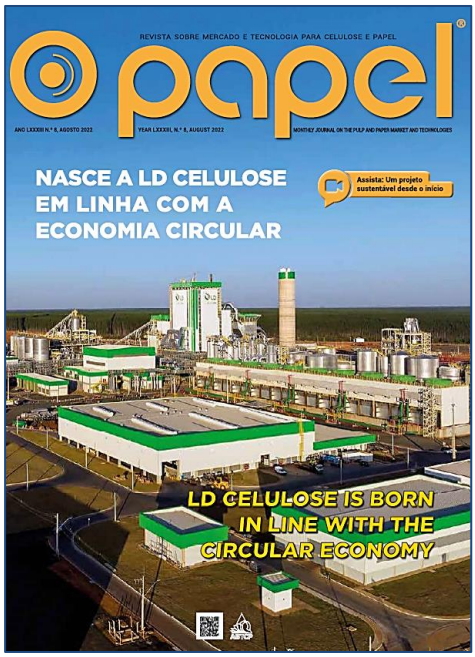
Muitas pesquisas, muitos estudos, muitas publicações

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

Fonte: Website IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores – https//www.iba.org

04. Aspectos tecnológicos e conceituais sobre as biorrefinarias integradas no setor de celulose e papel

A bioeconomia sugere uso responsável para as fontes de biomassa. Caso isso não ocorra, o planeta poderá perder condições para desenvolver vida (e formação de biomassa) - e consequentemente, definhará sua sustentabilidade para os humanos e para a própria vida na Terra...



Desde a "invenção" do bem sucedido processo kraft, há mais de 140 anos, o setor tem colocado seus esforços em aperfeiçoar esse processo, tornando as instalações industriais maiores e mais eficientes, mais produtivas, menos poluentes, mais baratas por tonelada produzida, mais estáveis e mais contínuas em suas produções. A evolução tecnológica tem sido muito significativa, embora as revoluções (mudanças drásticas de tecnologias) tenham passado a acontecer mais recentemente, não no processo kraft em si, mas em externalidades que são próprias de suas operações.

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

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

- Minimização intensa dos custos produtivos;

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

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

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

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

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

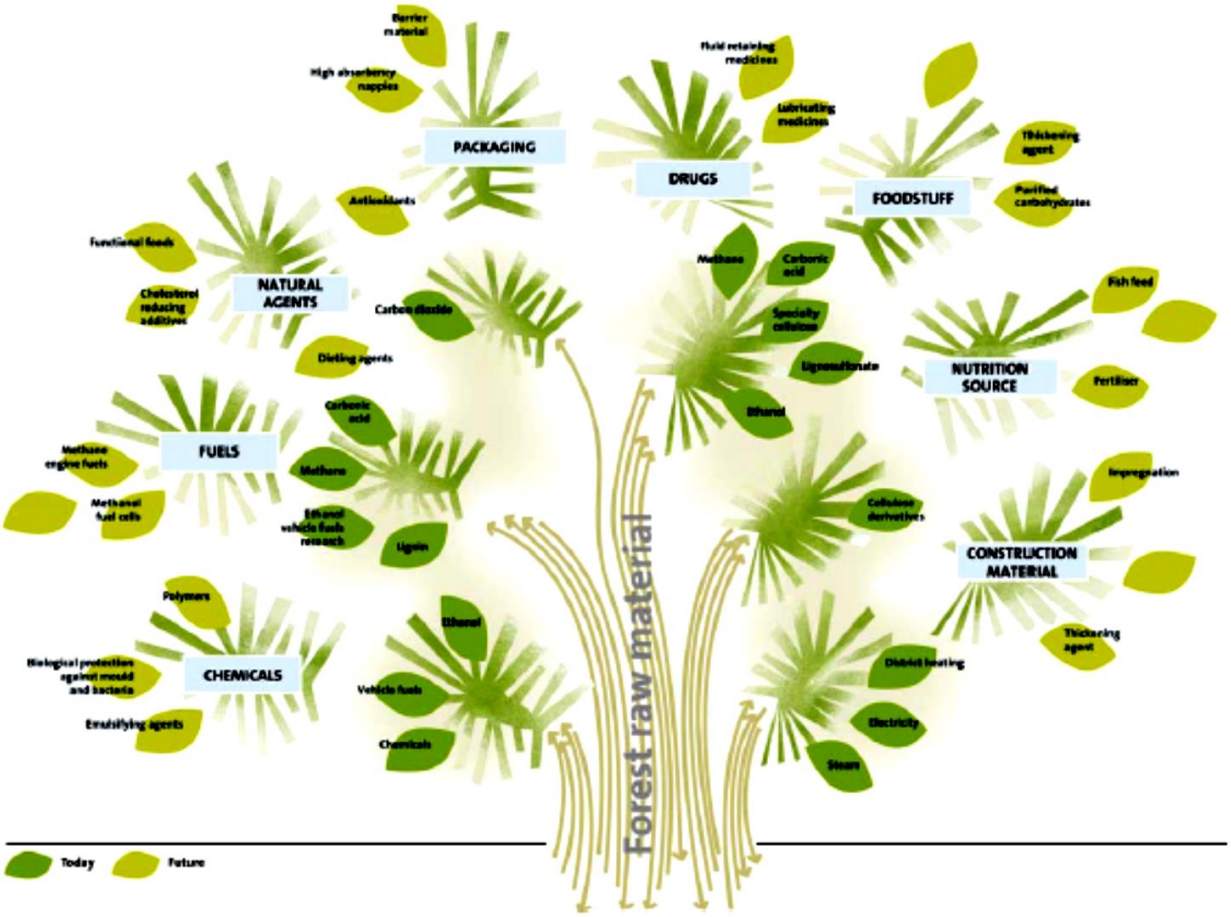
É fácil entender então, que essa cultura setorial assim estruturada tem dificuldades para se revolucionar com alguns dos tipos de biorrefinarias, pois em alguns casos os processos são disruptivos, até mesmo dentro de toda a indústria e não apenas no setor de celulose e papel. Portanto, os movimentos em direção às biorrefinarias têm sido um pouco demorados em função das naturais cautelas, embora com diversos exemplos de forte interesse e ações das empresas líderes em seguir algum tipo de rota nesses novos desafios tecnológicos e mercadológicos.

Acredito que a grande maioria das empresas do setor esteja investigando algum tipo de processo dentre as alternativas em biorrefinarias. Fundamentado no exposto anteriormente, o interesse setorial nesse momento está mais orientado às alternativas que não agridam ou que se complementem à cultura setorial vigente.
Assim sendo, o setor está focado em biorrefinarias que:

- Não prejudiquem as instalações e as eficiências produtivas das atuais fábricas de celulose e/ou papel; pelo contrário, que possam trazer ganhos em eficiência ou capacidade produtiva das fábricas atuais (Exemplo: extração de lignina do licor preto);
- Não exijam grandes esforços para se desenvolverem mercados consumidores (Exemplo: produção de péletes e/ou briquetes);
- Não criem competição pelas fontes da madeira sendo consumida pela fábrica de celulose (Exemplo: uso de resíduos de biomassa florestal e da fabricação de celulose e/ou papel);
- Ofereçam escalas de produção compatíveis com as ofertas de biomassa disponibilizadas pela empresa âncora à qual estejam integradas;
- Eliminem resíduos sólidos de forma ampla e fácil (Exemplo: geração de eletricidade e vapor pelo uso de caldeiras de força alimentadas com biomassas mistas);
- Gerem produtos que possam ser consumidos pelas florestas plantadas ou produtores rurais das vizinhanças (Exemplo: compostagem de lodos, cascas e resíduos de processo para aplicação como fertilizantes agroflorestais);
- Permitam utilização vantajosa dos produtos gerados pelas biorrefinarias pelo próprio processo de produção de celulose e papel (Exemplo: produção local de celulose nano ou micro fibrilada na forma úmida; produção de metanol para queima e obtenção de energia; etc.);
- Sejam unidades produtivas autônomas, sem nenhuma interferência aos processos das fábricas de celulose e papel, embora podendo comprar delas insumos ou utilidades (Exemplo: produção de bio-óleo);
- Sejam unidades complementares ao processo vigente, que possam se agregar à fábrica de forma a solucionar algum tipo de ineficiência do mesmo (Exemplo: produção de “tall-oil” em fábricas de celulose de fibra longa); etc., etc.

O conceito e a prática industrial de se promover um tipo de negócio semelhante aos atualmente propostos para as biorrefinarias integradas no setor de produção de celulose e papel não são novos. Muito antes de surgir o conceito de biorrefinaria integrada para se referir à utilização de uma empresa de celulose e papel para atuar de forma integrada a outros negócios se valendo de seus processos, matérias-primas e resíduos, isso já acontecia já na primeira metade do século 20. Isso tem sido algo usual em fábricas de celulose sulfito, inclusive no Brasil.

O processo sulfito permite produção simultânea não apenas de polpa celulósica sulfito, mas também de: calor/vapor/eletricidade, ácido acético, lignosulfonatos, baunilha, furfural, fermentos, biogás e outros derivados de compostos lignocelulósicos. Agora, com a adoção de outras tecnologias mais recentes, pode também produzir nanocelulose, gás de síntese, etanol de segunda geração, etc. As fábricas kraft são potencialmente mais intensamente beneficiadas por esse conceito, já que muito do que hoje aparece como oportunidades em novos produtos vêm tendo destinos pouco nobres: queima na caldeira de recuperação ou perdas como resíduos sólidos ou poluentes hídricos ou atmosféricos.



Árvore de produtos da empresa Domsjö
Fonte da Imagem: Website Domsjö

Na verdade, sob o guarda-chuva de biorrefinarias de biomassa ou de materiais lignocelulósicos se colocaram inúmeras tecnologias que já haviam sido descobertas ou que ainda estavam em desenvolvimento:

- Combustão de biomassa para geração de calor, vapor e eletricidade;
- Produção de "tall-oil";
- Gaseificação da biomassa;
- Produção de biogás por decomposição anaeróbica;
- Gaseificação do licor preto kraft;
- Biomassa combustível adensada (Péletes e briquetes)
- Usos da casca;
- Produção de furfural;
- Produção de metanol;
- Produção de álcool de material lignocelulósico por processos físico-químicos;
- Produtos gerados pela decomposição térmica da madeira (carvão, ácido pirolenhoso, alcatrão, bio-óleo, etc.);
- Etc., etc.

Entretanto, algumas novas tecnologias surgiram, se aperfeiçoaram e se adequaram , mostrando uma evolução rápida dentro e fora do setor de celulose e papel:

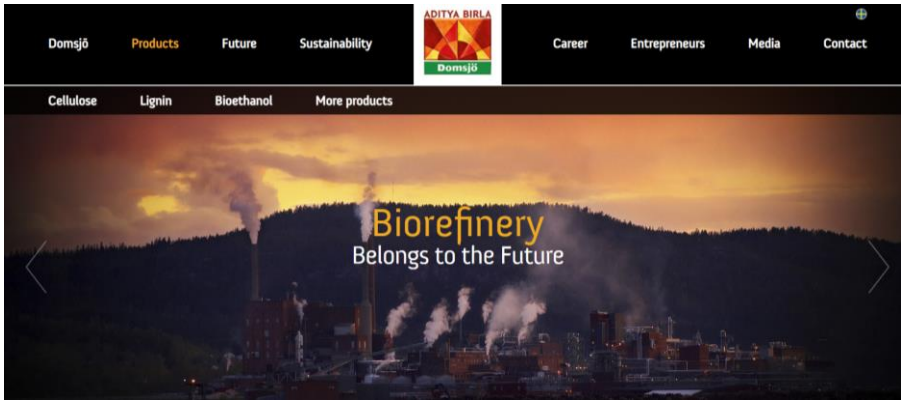
- Extração da lignina do licor preto;
- Produção de nanocelulose (p.e.: nanocristais de celulose);
- Produção de etanol de segunda geração;
- Pirólise rápida e produção e fracionamento de bio-óleo;
- Produção de polímeros de hemiceluloses;
- Produção de gás de síntese; etc., etc.

Todas essas tecnologias e os fundamentos para esses desenvolvimentos estão suficientemente descritos e apresentados em diversos livros, apostilas, manuais, guias técnicos e textos na web.

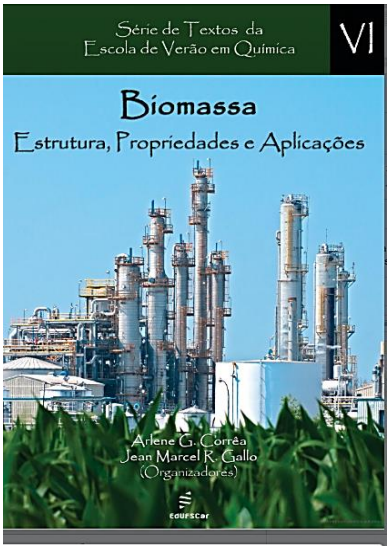
Portanto, ao invés de eu mesmo lhes escrever sobre biorrefinarias, colocarei algumas indicações de materiais didáticos escritos ou por mim, ou por terceiros para que possam ler.

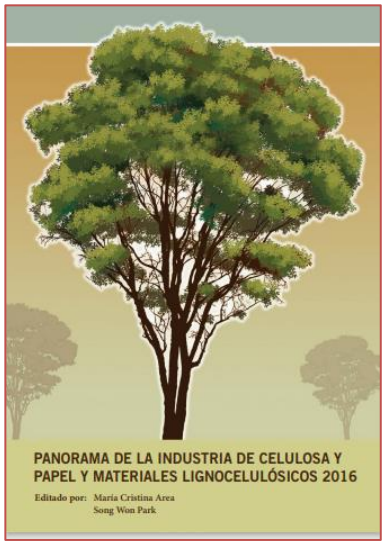
Alguns desses materiais estão em formato papel e necessitam ser adquiridos, mas a maioria está em formato digital, com possibilidades de serem baixados para seus estudos a partir de recursos e fontes da internet. Alguns estão disponibilizados parcialmente pelo Google Books ou nas próprias editoras em seus websites. Outros não estão mais disponíveis para venda em livrarias, mas podem ser adquiridos e sebos ou lojas de varejo virtuais (Amazon, Mercado Livre, etc.).

Espero que gostem e aproveitem os materiais sugeridos para leituras e estudos.



Fonte das Imagens acima: https://www.domsjo.adityabirla.com/en/Sidor/Startpage.aspx





Fontes das Imagens: Capas de Livros e Materiais Técnicos Publicados

Materiais apresentados em ordem decrescente de data da edição ou acesso:

Texto técnico: **Biorefinery**. Enciclopédia Livre Wikipédia. Acesso em 22.02.2023:
https://en.wikipedia.org/wiki/Biorefinery (em Inglês)

Texto técnico: **Biorefinaria**. Enciclopédia Livre Wikipédia. Acesso em 22.02.2023
https://pt.wikipedia.org/wiki/Biorrefinaria (em Português)

Texto técnico: **Lignocellulosic biomass.** Enciclopédia Livre Wikipédia. Acesso em 22.02.2023
https://en.wikipedia.org/wiki/Lignocellulosic_biomass (em Inglês)

Capítulo de Livro: **As biorrefinarias integradas no setor brasileiro de fabricação de celulose e papel de eucalipto.** C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 29. Revisão nº 08. 244 pp. (2023)
https://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT29_BiorrefinariasCelulosePapel.pdf (em Português)

Relato de Vida: **Biorrefinarias integradas ao setor de celulose & papel. Vivências no desenvolvimento desses processos tecnológicos no Brasil.** C. Foelkel. Website www.celso-foelkel.com.br. 307 pp. (2023)
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2023_Relato+Vida+CFoelkel+Biorrefinarias+Integradas.pdf (em Português)

Livro: **Ciencia y tecnologia forestal Argentina.** M.C. Area; A. Lupi; P. Escobar. CONICET – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. 426 pp. (2021)
https://www.researchgate.net/publication/356894367_Ciencia_y_tecnologia_forestal_Argentina (em Espanhol)

Livro: **Lignocellulosic biomass in biotechnology.** P. Bajpai. Elsevier. 248 pp. (2021)
https://books.google.com.br/books?id=Q18lEAAAQBAJ&newbks=0&printsec=frontcover&dq=inauthor:%22Pratima+Bajpai%22&hl=pt-BR&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false (em Inglês)

Livro: **Biotechnology in the chemical industry: Towards a green and sustainable future**. P. Bajpai. Elsevier. 248 pp. (2021)

https://books.google.com.br/books?id=CkW9DwAAQBAJ&newbks=0&printsec=frontcover&dq=inauthor:%22Pratima+Bajpai%22&hl=pt-BR&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false (em Inglês)

Livro: **Biomassa: Estrutura, propriedades e aplicações.** A.C. Corrêa; J.M.R. Gallo. EdUFSCar – Editora da Universidade Federal de São Carlos. 372 pp. (2020)
https://www.google.com.br/books/edition/Biomassa/N-EeEAAAQBAJ?hl=pt-BR&gbpv=1&dq=biorrefinaria+celulose+papel&printsec=frontcover (em Português)

Livro: **Lignocellulosic biorefining technologies.** A.P. Ingle; A.K. Chandel; S.S. Silva. Wiley & Sons. 376 pp. (2020)
https://books.google.com.br/books?id=csjHDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false (em Inglês)

Livro: **Biotechnology for pulp and paper processing.** P. Bajpai. Springer Science and Business Media. 588 pp. (2018)
https://www.google.com.br/books/edition/Biotechnology_for_Pulp_and_Paper_Process/9ztMDwAAQBAJ?hl=pt-BR&gbpv=1&dq=inauthor:%22Pratima+Bajpai%22&printsec=frontcover (em Inglês)

Livro: **Cana de açúcar: Bioenergia, açúcar e etanol.** F. Santos; A. Borém; C. Caldas. Editora Mecenas. 448 pp. (2018)
https://www.editoraufv.com.br/produto/cana-de-acucar-bioenergia-acucar-e-etanol-3-edicao/1110223 (Para aquisição - em Português)

Conteúdo de Revista Dedicada: **Tudo que a floresta produz.** Revista Opiniões 14(49). (2017)
https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/tudo-o-que-floresta-produz/artigos/ (em Português)

Livro: **Carbon fibre from lignin.** P. Bajpai. Springer Briefs in Materials. 77 pp. (2017)
https://books.google.com.br/books?id=lIttDgAAQBAJ&newbks=0&printsec=frontcover&dq=inauthor:%22Pratima+Bajpai%22&hl=pt-BR&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false (em Inglês)

Livro: **Pulp and paper industry: Nanotechnology in forest industry.** P. Bajpai. Elsevier. 258 pp. (2017)

https://books.google.com.br/books?id=RsDkDAAAQBAJ&newbks=0&printsec=frontcover&dq=inauthor:%22Pratima+Bajpai%22&hl=pt-BR&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false (em Inglês)

Livro: **Panorama de la industria de celulosa y papel y materiales lignocelulósicos 2016.** Edição M.C. Area; S.W. Park. 1ª Edição. 460 pp. (2016)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_Area+Park_Livro_Panorama_Celulose+Papel.pdf ((Capítulos em Espanhol, Português ou Inglês)

Anais de Evento: **13th EWLP - European Workshop on Lignocellulosics and Pulp**. J.C. del Río, A. Gutiérrez, J. Rencoret; Á.T. Martínez (Editores). Institute of Natural Resources and Agrobiology of Seville. 936 pp. (2014)

https://digital.csic.es/bitstream/10261/98728/1/Proceedings-13thEWLP.pdf (em Inglês)

Livro: **Eficiência energética: Recomendações de ações de C&T&I em segmentos da indústria selecionados: Celulose e Papel.** CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. 152 pp. (2013)

https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/Celulose_papel_web_9522.pdf/597793f6-4f78-4a2d-a89f-d54247946865?version=1.4 (em Português)

Livro: **Bioenergia & Biorrefinaria - Cana-de-açúcar & espécies florestais.** F. Santos; J.L. Colodette; J.H. Queiroz (Editores). Editora UFV. 551 pp. (2013)

https://www.editoraufv.com.br/produto/bioenergia-e-biorrefinaria/1110808 (Para aquisição - em Português)

Livro: **Integrated forest biorefineries. Challenges and opportunities.** L.P. Christopher. RSC Green Chemistry Publishing. 307 pp. (2013)

https://www.google.com.br/books/edition/Integrated_Forest_Biorefineries/98V8-ZKU1f0C?hl=pt-BR&gbpv=1 (em Inglês)

Livro: **Biorefinery in the pulp and paper industry**. P. Bajpai. Academic Press. Elsevier. 114 pp. (2013)
https://www.google.com.br/books/edition/Biorefinery_in_the_Pulp_and_Paper_Indust/1yt_8qQp4XAC?hl=pt-BR&gbpv=1&dq=Biorefinery_in_the_Pulp_and_Paper+pratima+bajpai+book&printsec=frontcover (em Inglês)
e
http://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/4187/1/35.pdf (Livro completo - em Inglês)

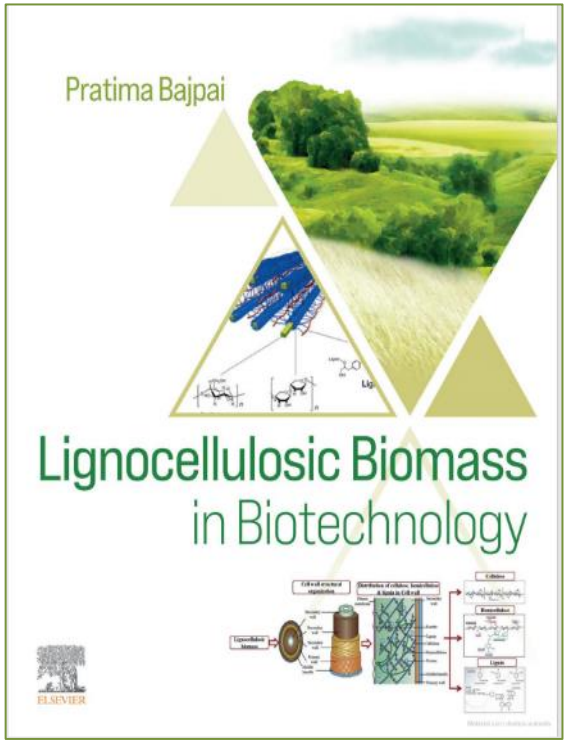
Livro: **Integrated biorefineries: Design, analysis and optimization.** P.R. Stuart; M. El-Halwagy. CRC Press. 851 pp. (2013)
https://www.google.com.br/books/edition/Integrated_Biorefineries/xBraBSoZkmYC?hl=pt-BR&gbpv=1&dq=biorefinery+pulp+paper&printsec=frontcover (em Inglês)

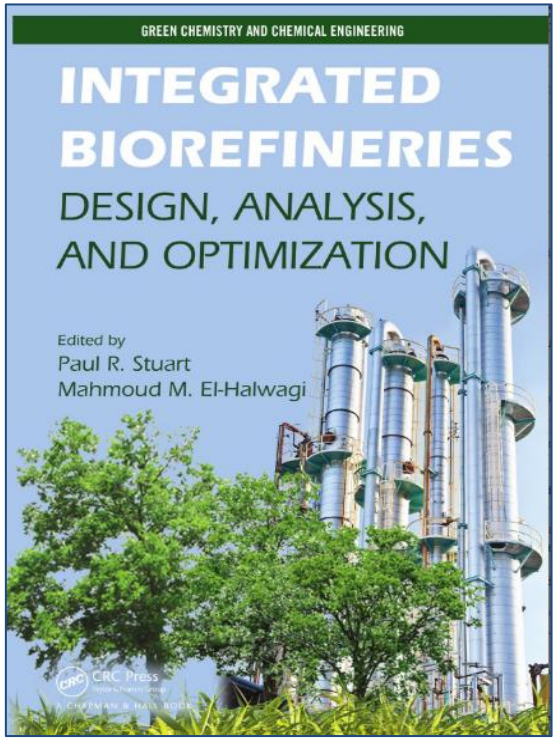
Livro: **Biorrefinería a partir de residuos lignocelulósicos. Conversión de residuos a productos de alto valor.** M.C. Area; M.E. Vallejos (Editoras). Editorial Académica Española. 202 pp. (2012)
https://www.researchgate.net/profile/Maria-Area/publication/262933028_Biorrefineria_a_partir_de_residuos_lignocelulosicos_Conversion_de_residuos_a_productos_de_alto_valor/links/570bf3ec08aea660813b1a0a/Biorrefineria-a-partir-de-residuos-lignocelulosicos-Conversion-de-residuos-a-productos-de-alto-valor.pdf (em Espanhol)

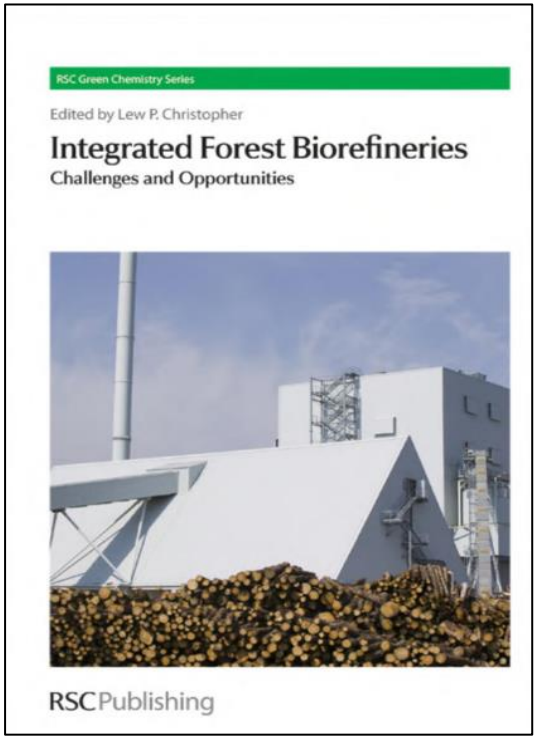
Conteúdo de Revista Dedicada: **A energia da floresta.** Revista Opiniões Florestal. (Dezembro 2011 – Fevereiro 2012)
https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/energia-da-floresta/artigos/ (em Português)

Livro: **Biorrefinarias. Cenários e perspectivas.** S. Vaz Júnior (Editor Técnico). EMBRAPA Agroenergia. 180 pp. (2011)
http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/10778/EMBRAPA_Biorrefinarias-Cen%C3%83%C6%92%C3%82%C2%A1rios-e-Perspectivas.pdf?sequence=1 (em Português)

Conteúdo de Revista Dedicada: **Florestas energéticas.** Revista Opiniões Floresta. Edição 12. (Junho – Agosto 2008)
https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/florestas-energeticas/artigos/ (em Português)



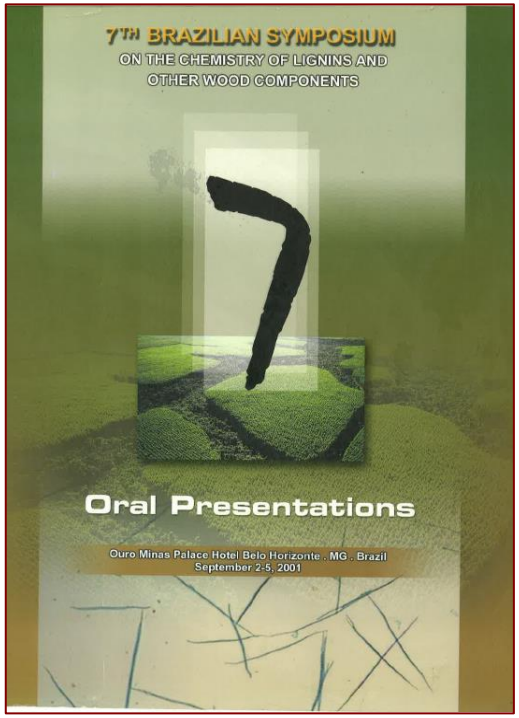




Fontes das Imagens: Citações dos endereços de web nessa seção

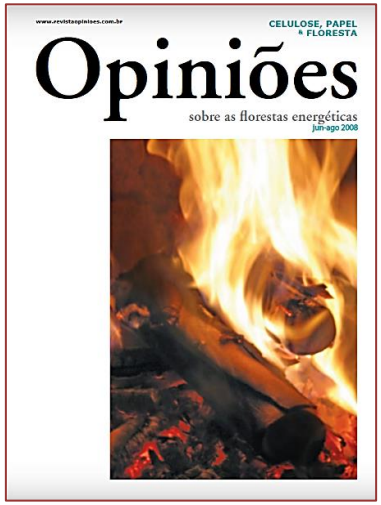
Capas de publicações referenciadas

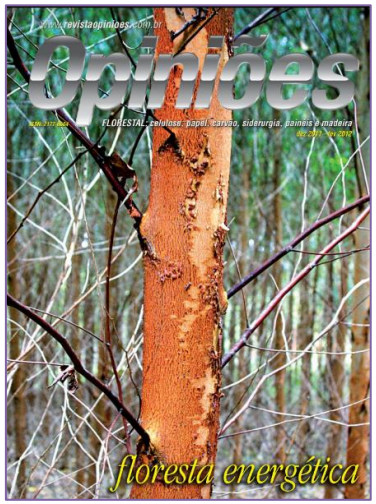
É isso mesmo, amigos leitores – espero que aproveitem as suas descobertas lendo as literaturas oferecidas para seus estudos ao longo desse documento

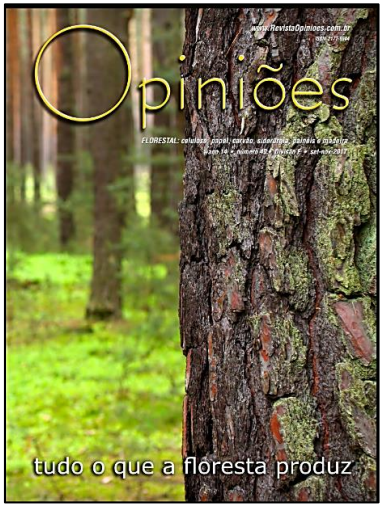


Fontes das Imagens: Citações dos endereços de web nesse relato

Capas de publicações referenciadas

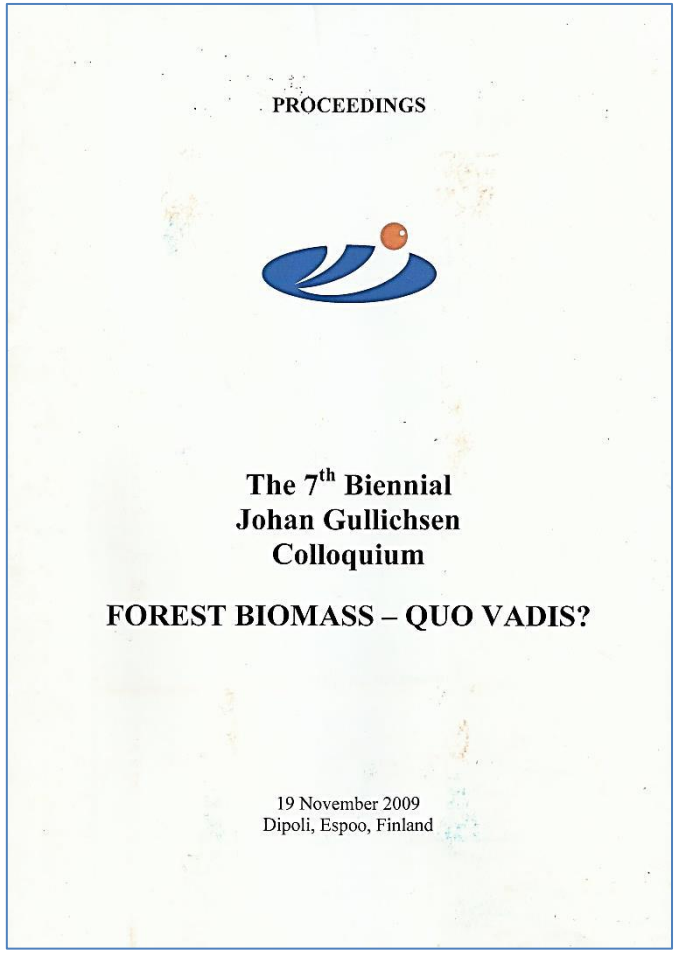






Fontes das Imagens: Referenciadas nas correspondentes literaturas quando citadas

Fonte do Vídeo: https://www.youtube.com/watch?v=KgaiCXJ8jDM



PROCEEDINGS

The 7th Biennial
Johan Gullichsen
Colloquium

FOREST BIOMASS – QUO VADIS?

19 November 2009
Dipoli, Espoo, Finland

Conhecer mais em: https://www.tappi.org/content/events/09FB/program.pdf

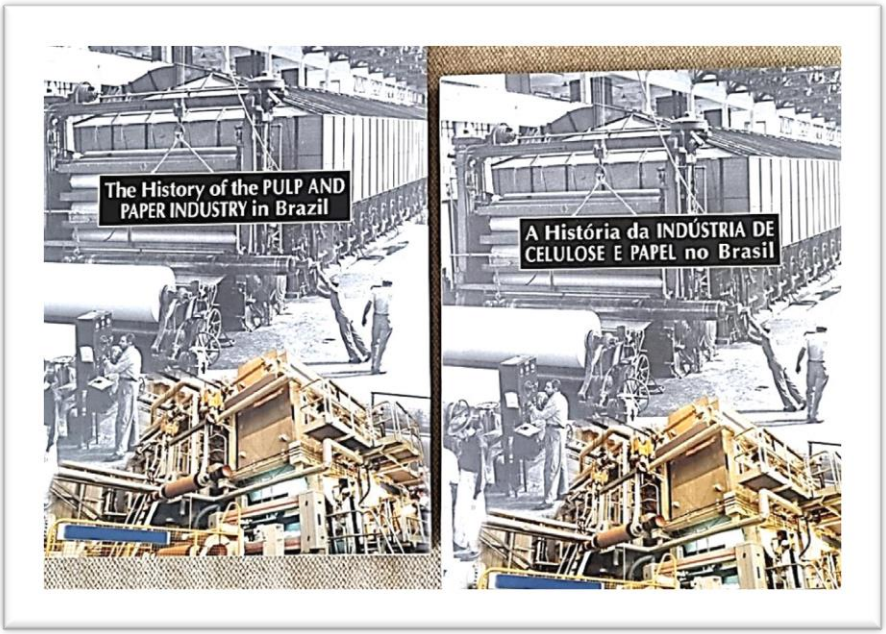
Fonte da Imagem:

XXVI Conferência Internacional - Forest Biobased Materials - TECNICELPA 2023

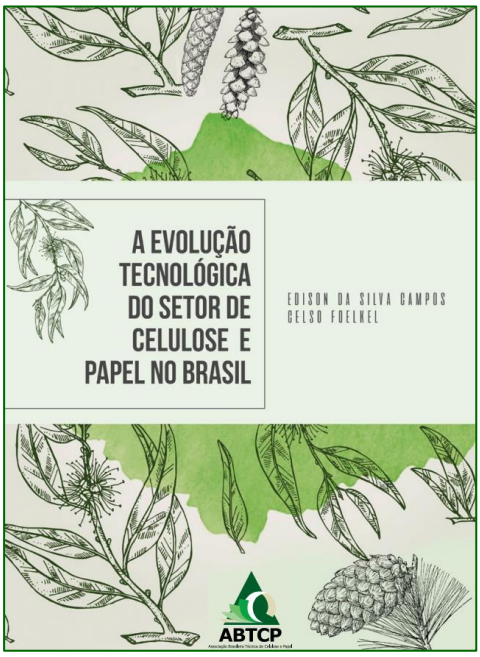
https://www.tecnicelpa.com/XXVITecnicelpa2023/

Setor de celulose e papel mudando definitivamente o foco e ampliando seus ramos de negócios

05. Minhas vivências no segmento brasileiro de biorrefinarias integradas ao setor de celulose e papel



Um caminho percorrido e vivido intensamente pelo autor em relação aos estudos e ao pioneirismo em relação às biorrefinarias de biomassa integradas ao setor de base florestal



Entendendo as diferenças, virtudes, desafios, problemas e vantagens das diversas rotas tecnológicas das biorrefinarias de biomassa disponibilizadas ou em evolução para agregar diversificações e agregações de valor ao setor de base florestal no Brasil

Informação importante:

Agradecemos antecipadamente a busca e leitura das fontes bibliográficas que estamos compartilhando

Todas as publicações escritas e publicadas pelo professor Celso Foelkel e pela Dra. Ester Foelkel estão relacionadas e disponibilizadas nessa Seção 5 (página 142) desse Relato de Vida, nas subseções 5.1 e 5.2

Para acessar as mesmas, basta localizá-las mais adiante nessa seção

Mini-Artigo Técnico por Ester Foelkel

Lignosulfonatos Obtidos a Partir da Lignina do *Pinus*

Introdução

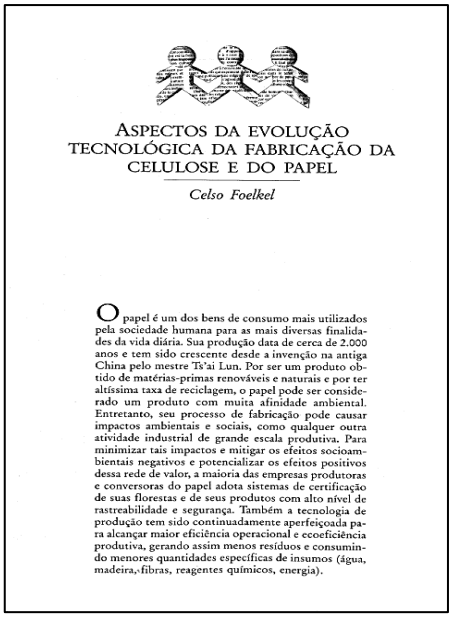
Os lignosulfonatos são subprodutos ricos em lignina gerados a partir da polpação da madeira pelos processos ácidos sulfito ou bissulfito em fábricas de celulose e papel (EMBRAPA, 2004). Também chamados de ligninas

Capítulo Número 18 do Eucalyptus Online Book por Celso Foelkel

Produção de Carvão Vegetal Utilizando Madeira de Florestas Plantadas de Eucalipto

O Brasil é o maior produtor mundial de carvão vegetal, tendo a madeira dos eucaliptos como sua principal matéria-prima. No Balanço Energético Nacional publicado em 2009 pelo Ministério de Minas e Energia do Brasil,

5.1. Anos Iniciais – "*Early years*" do Celso Foelkel com o desenvolvimento das biorrefinarias integradas no Brasil: entre 2001 a 2010



ASPECTOS DA EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA DA FABRICAÇÃO DA CELULOSE E DO PAPEL

Celso Foelkel

O papel é um dos bens de consumo mais utilizados pela sociedade humana para as mais diversas finalidades da vida diária. Sua produção data de cerca de 2.000 anos e tem sido crescente desde a invenção na antiga China pelo mestre Ts'ai Lun. Por ser um produto obtido de matérias-primas renováveis e naturais e por ter altíssima taxa de reciclagem, o papel pode ser considerado um produto com muita afinidade ambiental. Entretanto, seu processo de fabricação pode causar impactos ambientais e sociais, como qualquer outra atividade industrial de grande escala produtiva. Para minimizar tais impactos e mitigar os efeitos socioambientais negativos e potencializar os efeitos positivos dessa rede de valor, a maioria das empresas produtoras e conversoras do papel adota sistemas de certificação de suas florestas e de seus produtos com alto nível de rastreabilidade e segurança. Também a tecnologia de produção tem sido continuadamente aperfeiçoada para alcançar maior eficiência operacional e ecoeficiência produtiva, gerando assim menos resíduos e consumindo menores quantidades específicas de insumos (água, madeira,-fibras, reagentes químicos, energia).

OPINIÃO

CELSO FOELKEL

Biorefinarias a partir de florestas plantadas: excelentes oportunidades, mas sérios riscos, também...

As árvores sempre forneceram produtos e alimentos ao ser humano. Com certeza, delas vieram os primeiros combustíveis usados pelo homem, pela queima de galhos, depois toras, e hoje, também os cavacos como biomassa energética. A madeira sempre teve papel importante oferecendo alternativas fantásticas ao ser humano para agregar qualidade e felicidade em sua vida. Curiosamente, mesmo com toda a evolução tecnológica e científica, ainda não aprendemos a fazer artificialmente a mais incrível de todas as reações que a Natureza criou: a da fotossíntese. Através dela, a mais simples das plantas consegue transformar gás carbônico e água em carboidratos ricos em energia e em oxigênio. Caso viéssemos a dominar essa reação, conseguiríamos resolver os problemas de alimentação e de energia no planeta. Entretanto, como ainda não conseguimos, continuamos a utilizar as biomassas vegetais como matérias-primas para nossos processos industriais. A partir dos compostos orgânicos e das celulas das plantas, construímos indústrias de manufactura e caldeiras para geração de energia, tais como o que encontramos na fabricação de celulose e de papel. Nessa indústria, usamos as celulas das árvores (fibras) e geramos energia do licor negro e da biomassa excedente, especialmente preparada para essa finalidade.

A madeira, para ser competitiva como matéria-prima, não pode ter preços altos. Toda vez que encarece em preço, surgem produtos alternativos para tentar substituí-la: isso é comum principalmente na indústria de construção civil e de mobiliário.

Atualmente, em função do presumciado e anunciado esgotamento das reservas de combustíveis fósseis, e por isso mesmo, de seu encarecimento, a biomassa passou a ser olhada mais intensamente como fonte de energia. Na verdade, a biomassa das plantas nunca deixou de ser uma fonte importante nas matrizes energéticas, principalmente no caso de países em desenvolvimento. Sua utilização como lenha e na produção de carvão vegetal tem sido continuada por séculos e continuará a sê-lo no futuro.

Por outro lado, surgem agora novas alternativas, encaradas como muito atractivas para o sector florestal. A madeira passa a ter condições de ser convertida em biocombustíveis (etanol, butanol, metanol, etc.), através de tecnologias em franco processo de desenvolvimento em países como Estados Unidos, Canadá, Suécia, Finlândia, dentre outros. A lignina também pode ser extraída e usada para produtos químicos mais sofisticados e valiosos. Surgem então promissoras expectativas para avanços e maior integração na cadeia produtiva da madeira. Muito bom isso para o sector de base florestal, desde que ele saiba se preparar para os novos usos da madeira e das florestas.

Evidentemente, nos casos de Brasil e Portugal, se as florestas vierem a fornecer matéria-prima para essa finalidade, com certeza serão as florestas plantadas de eucalipto, as mais promissoras e viáveis. As possibilidades são enormes para negócios complementares aos atuais (como biorefinarias associadas à fabricação de celulose), e também, para unidades autônomas de processamento e conversão da biomassa florestal em biocombustíveis, por exemplo.

De formas simples, podemos categorizar as biorefinarias em 3 tipos, independentemente do tipo de biomassa que venham a usar (resíduos florestais, madeira, bagaço de cana, lodos de tratamento de esgoto, lixo orgânico, etc.):

- Biorefinarias baseadas na extracção aquosa de compostos orgânicos facilmente extraíveis (amido, hesoses, pentoses, etc.) e posterior processamento deles por fermentação, separação por membranas, destilação, etc. É o caso que está sendo muito estudado para o sector de fabricação de celulose kraft.
- Biorefinarias baseadas na hidrólise ácida e/ou enzimática da biomassa vegetal para produção do etanol celulose.
- Biorefinarias baseadas na gaseificação da madeira para geração de gases combustíveis.

Em praticamente todos os casos, a idéia é simples: fragmentar as cadeias complexas da biomassa construída pela Natureza em unidades mais simples e manuseáveis pelo homem (metano, metanol, etanol, etc.). Apesar das oportunidades visualizadas, existem ameaças e riscos também e eles não são poucos. Na falta de um planejamento adequado de suprimento de madeira, a competição por ela aumentará. Os recursos madeireiros hoje disponíveis, já reconhecidamente escassos, passarão a faltar para todos os negócios madeireiros e o preço aumentará, não há dúvidas disso. Mesmo que as biorefinarias sejam baseadas em resíduos celulósicos (serragem, casca de árvores, restos de madeira da indústria do mobiliário, bagaço de cana-de-açúcar, etc.) muitos negócios

Fontes das Imagens: Referenciadas como artigos nessa seção

Como já vimos em seções anteriores, entre os anos de 2001 até 2010, as iniciativas para se conhecer ou estudar as biorrefinarias para o setor de celulose e papel no Brasil aconteceram de forma um pouco desorganizada e cada um dos atores (universidades, empresas produtoras de celulose e papel e empresas fornecedoras) tentando estudar, pesquisar, ler e conhecer mais sobre o assunto, mas sem uma clara definição do que se queria fazer ou produzir industrialmente, e também como e onde?

Até 2006, a minha participação em termos de conhecer e desenvolver essas tecnologias para a construção de biorrefinarias integradas nas fábricas era mais com o intuito de aprender os fundamentos para poder compartilhar com o pessoal técnico e empresarial do Brasil. Isso também incluía a área de geração de bioenergia com a biomassa florestal e com o licor preto kraft.

Enquanto no Hemisfério Norte, a atividade em relação às biorrefinarias era intensa, no Brasil havia dois segmentos interessados nas integrações para biorrefinarias industriais e bioeconomia, mas com níveis de interesse distintos: o de bioenergia (incluindo-se os setores florestal, sucroalcooleiro e o de produção de biodiesel) e o de celulose e papel.

Eu, mesmo sem desenvolver um interesse muito grande nos anos iniciais do que se chamava de biorrefinaria, mantinha minha atenção sobre o que estava acontecendo globalmente. Antes dessa época, mesmo sem utilizar os nomes charmosos que estavam surgindo para essas novas integrações tecnológicas, eu já estava fazendo coisas de bioeconomia, economia circular e biorrefinaria, mas com outros nomes: mais focado em processos e produtos que podiam ser aplicados às madeiras das florestas plantadas. E em muitos desses estudos e publicações, eu contava com a ajuda de minha filha e engenheira agrônoma, Dra. Ester Foelkel, que na época era a principal redatora da nossa publicação digital denominada PinusLetter. Ela também colaborava em uma seção da Eucalyptus Newsletter que se denominava "Curiosidades e singularidades acerca dos eucaliptos". Juntos, produzimos diversas redações que hoje seriam classificadas como temas das biorrefinarias.

Por exemplo, compartilhei publicações nossas desse período sobre alguns desses processos e produtos sem sequer mencionar as palavras biorrefinaria ou bioeconomia:

- *Sobre Bioenergia*: Queima de serragem de madeira no forno de cal - (1980)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/35_serragem%20madeira%20ao%20forno%20de%20cal%20busnardo.pdf (em Português)

- *Sobre Bioenergia*: Produção de carvão de lignina - (1981)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/Carv%E3o%20de%20lignina_%20subproduto%20da%20hidr%F3lise%20%E1cida%20da%20madeira%20do%20eucalipto.pdf (em Português)

- *Sobre Economia Circular*: Resíduos sólidos ou bens de produção (especialmente biofertilizantes) – (1988)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1988.%20Res%EDduos%20ou%20bens%20de%20produ%E7%E3o.pdf (em Português)

- *Bioprodutos*: Produção de "*tall- oil"* em fábricas kraft - (2009)

https://www.celso-foelkel.com.br/pinus_19.html#quatorze (em Português)

- *Sobre Bioprodutos*: Geração de ácido pirolenhoso e alcatrão/creosoto da madeira - (2010)

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_mar10.html#sete (em Português)
e
https://www.eucalyptus.com.br/newspt_abril10.html#seis (em Português)

- *Sobre Bioenergia*: Produção de carvão vegetal – (2010)

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_abril10.html#quatorze (em Português)

- *Sobre Bioprodutos*: Produção de lignossulfonatos - (2010)

https://www.celso-foelkel.com.br/pinus_27.html#quatorze (em Português)

Importante a se mencionar que tive alguns fatores alavancadores muito importantes para meu desenvolvimento com as biorrefinarias:

◊ Entre 2001 a 2006 eu exerci posições diretivas importantes na ABTCP (presidência entre 2001 a 2003 e vice-presidência entre 2004 a 2006).

◊ Entre 2003 a 2006 acumulei também a posição de membro do "Board of Directors" da TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry.

Em função de minhas viagens para representar a ABTCP internacionalmente e para as reuniões da TAPPI (quatro vezes ao ano), minha presença junto aos grupos de pesquisa e liderança tecnológica no desenvolvimento das biorrefinarias daquelas épocas foram muito frequentes. Fui inclusive tendo oportunidades de dialogar com grandes especialistas internacionais que estudavam as biorrefinarias na época nos eventos da TAPPI e outras associações técnicas internacionais para as quais eu representava a ABTCP nos cargos em que nela estava ocupando, inclusive o de diretor de relações internacionais a partir de 2007: PAPTAC/Canadá; TECNICELPA/Portugal; APPITA/Austrália e Nova Zelândia; PI/Finlândia; TAPPSA/África do Sul; ZELLCHEMING/Alemanha; TAPPI/USA; dentre outras.

Em 2003, quando do evento da TAPPI, conhecido como Tappi Fellows Luncheon & Tappi Annual Meeting, que aconteceu em Orlando/USA, reunimos diversos brasileiros para homenagear os novos *fellows* da TAPPI, entre eles o amigo Carlos Augusto Lira Aguiar. Nos bate-papos de corredor e em algumas das palestras já se falava sobre essas novas alternativas de biorrefinarias – mas de forma *light*, completamente *light*, só nas observações e esperando para ver mais em futuros próximos.

No mesmo tipo de evento, no 2006 TAPPI Fellows, onde ocorreu a homenagem de *fellowship* ao professor Dr. José Lívio Gomide, na nossa mesa do almoço, o papo foi bem mais abrangente sobre as biorrefinarias, instigados que fomos a falar sobre isso pelo diretor executivo da TAPPI, Mr. Wayne Gross. Dr. Gomide confidenciou que na UFV as ações ainda eram diminutas, mas que ele voltaria ao Brasil com o propósito de incentivar esses tipos de pesquisas, o que realmente aconteceu, mas ainda de forma modesta até 2010.

Nessas funções associativas, que eu desempenhava com paixão, era vital que eu me mantivesse acompanhando essas tecnologias sendo

geradas e implementadas para poder atuar e apoiar esses desenvolvimentos no Brasil através de cursos, eventos, palestras, artigos, etc. em nossos programas associativos.

Dessa forma, começamos a incentivar apresentações de especialistas internacionais nos eventos da ABTCP e apoiar como ABTCP eventos importantes no Brasil que estavam também trazendo especialistas para falarem sobre biorrefinarias (principalmente os ICEPs – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp – que se iniciaram por iniciativa da UFV em 2003 e aconteciam em frequência de a cada dois anos – 2003/2005/2007/2009, e assim por diante, com algumas variações depois dessa época).

Alguns brasileiros foram vitais para que isso fosse acontecendo nesse período entre 2001 a 2010, portanto, nada mais justo do que citar alguns desses pioneiros que lançaram as primeiras sementes nos estudos com relação às biorrefinarias, principalmente aquelas associadas ao setor de celulose e papel e à base florestal plantada: Jorge Luiz Colodette; Francides Gomes da Silva Júnior; José Dílcio Rocha; Paulo Fernando Trugilho; Luiz Pereira Ramos; Sílvio Vaz Júnior; Marcelo Coelho dos Santos Muguet Soares; Cristiane Pedrazzi; José Lívio Gomide; Dalton Longue Júnior; Flávia Azevedo Silva; Lívia Paula Silva Palmeiras; Augusto Fernandes Milanez; Braz Demuner; Pablo Cadaval Santos; Ayrton Figueiredo Martins; Maria Luiza Otero D'Almeida Lamardo; Deusanilde de Jesus Silva; Ester Foelkel; José Otávio Brito; Antônio Aprígio da Silva Curvelo; Maria Emília Antunes de Rezende; Fernando Carazza; Adriano Pinto Mariano; Mauro Donizeti Berni; Sérgio Bajay; dentre outros.

Nesse período de meados da primeira década do século XXI, passaram a serem comuns as palestras e debates técnicos e científicos, e a se tornarem frequentes os diálogos sobre o tema, mas as produções altamente científicas no Brasil eram ainda poucas, mas elas existiam – "*era a fase do monitorar para ver o que aconteceria e tentar entender o formato da oportunidade ou dos seus possíveis riscos"* – isso para o setor de base florestal/celulose/papel, mas não para o setor sucroalcooleiro e de bioenergia, que crescia em magnitude graças ao aumento considerável e do sucesso do etanol, do biodiesel e das florestas energéticas.

Afortunadamente, eu participava de quase tudo isso, tentando estimular algo nesse sentido e em algumas das publicações em meus websites e nas revistas nas quais oferecia meus artigos de opinião e tecnológicos.

Dessa forma, e conforme se pode observar em seções anteriores desse presente documento, a partir de 2006 as publicações na forma de artigos e palestras oferecidas no Brasil sobre as biorrefinarias foram crescendo e se multiplicando. E isso tomou uma dimensão bem maior a partir de 2011.

Também comecei a partir de 2008 a escrever artigos de opinião e a me dedicar em divulgar conceitos básicos sobre as biorrefinarias, sempre em revistas e eventos nacionais. O objetivo era divulgar conceitos ao setor de base florestal e promover e estimular interesses em pesquisadores, técnicos e empresas sobre as biorrefinarias. Mas sem o propósito de colocá-las em pedestal para serem veneradas – o objetivo era mais para que o Brasil pudesse se manter interessado e acompanhando o que estava acontecendo em alguns países com liderança nos desenvolvimentos em bioenergia, bioeconomia e biorrefinarias naquela época (Noruega, USA, Canadá, Alemanha, Áustria, Finlândia, Suécia, etc.). E também para que os pesquisadores e técnicos brasileiros também viessem a se dedicar mais a essa temática, sempre se valendo de uma avaliação crítica e criteriosa, sem se cegarem com a biomania que começara a se propagar.

Também, entre 2008 a 2010, escrevemos, eu e minha filha Dra. Ester Foelkel, sendo ela a principal redatora da nossa publicação PinusLetter, diversos artigos técnicos tanto sobre produtos a obter do *Pinus*, como do *Eucalyptus*. A Ester teve, durante esses anos, uma coluna na publicação Eucalyptus Newsletter, onde ela discorria sobre curiosidades e informações técnicas valiosas sobre as espécies do gênero *Eucalyptus*, contando com a minha colaboração nas redações. A maioria desses artigos foi escrita sem focar na utilização em biorrefinarias, mas sim em processos e produtos das florestas e das madeiras, os quais podem estar eventualmente fazendo parte de projetos de algumas biorrefinarias. Por essa razão, eles também estarão relacionados e listados como produções bibliográficas nossas que sejam de utilidade para as biorrefinarias.

Importante mencionar que a partir de 2003 me associei à TECNICELPA – Associação Portuguesa dos Técnicos das Indústrias de Celulose e Papel, sendo que a partir de 2007 passei a publicar regularmente e sem nenhuma falha, artigos de opinião na revista Folha Informativa Info@Tecnicelpa daquela associação sobre temas do setor de celulose e papel. Em diversos deles me ocupei em colocar questionamentos, inquietudes e realidades potenciais para as biorrefinarias, caso usassem demais de uma biomassa que poderia se tornar escassa se esse modelo se tornasse gigantesco. Também me vali de algumas revistas como Revista O Papel e Revista Opiniões (além da revista da TECNICELPA) para colocar pontos de vista e opiniões sobre as refinarias de base florestal e aquelas para o setor de celulose e papel.

Seguem algumas referências selecionadas de artigos, palestras e publicações especialmente produzidos sobre as biorrefinarias e produzidas por mim e por Ester Foelkel entre 2001 a 2010.

Na verdade, eram opiniões ainda em fase de crescimento sobre um assunto que no Brasil estávamos começando a conhecer e a tentar compreender as potencialidades e os riscos, também.

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)

Capítulo de Livro: **Casca da árvore do eucalipto: Aspectos morfológicos, fisiológicos, florestais, ecológicos e industriais, visando à produção de celulose e papel.** C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo nº 01. 109 pp. (2005)

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

Biorrefinarias a partir de florestas plantadas: Excelentes oportunidades, mas sérios riscos, também... C. Foelkel. Info@Tecnicelpa - Folha Informativa TECNICELPA 27: 07 - 08. (2008)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Tecnicelpa%2027_CF.pdf (em Português)

e

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/90%20final.pdf (em Português)

Biomassas e biorrefinarias: Quem necessita delas e para quê? C. Foelkel. 10º Congresso Florestal Estadual do Rio Grande do Sul. Nova Prata. Apresentação em PowerPoint: 50 slides. (2008)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/Biorefinarias_1_FOELKELNova%20Prata.pdf (em Português)

e

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Nova_Prata_RS_Congressos_Florestais.pdf (Sobre os Congressos Florestais de Nova Prata – em Português)

Os eucaliptos utilizados para a produção de repelentes de insetos. E. Foelkel. Colaboração: C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 16. (2008)

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_ag08.html#oito (em Português)

Os eucaliptos utilizados para a fabricação de sabões e detergentes. E. Foelkel. Colaboração: C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 18. (2008)

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_dez08.html#sete (em Português)

Os *Eucalyptus* e a produção de taninos. E. Foelkel. Colaboração: C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 22. (2009)

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_ago09.html#sete (em Português)

Briquetes e péletes de madeira de *Pinus* para geração de energia. E. Foelkel. Colaboração: C. Foelkel. PinusLetter nº 20. (2009)

https://www.celso-foelkel.com.br/pinus_20.html#quatorze (em Português)

"Tall-oil" - Um valioso subproduto das fábricas de celulose kraft de *Pinus*. E. Foelkel; Colaboração: C. Foelkel. PinusLetter nº 19. (2009)

https://www.celso-foelkel.com.br/pinus_19.html#quatorze (em Português)

Capítulo de Livro: **Diferenciando polpas de mercado e papéis de eucalipto através da gestão dos finos celulósicos das polpas.** C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 17. 87 pp. (2009)

https://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT17_Finoscelulosicos.pdf (em Português)

Produção industrial de terebintina de *Pinus.* E. Foelkel. Colaboração: C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 24. (2010)

https://www.celso-foelkel.com.br/pinus_24.html#quatorze (em Português)

Obtenção de ácido pirolenhoso a partir da madeira dos eucaliptos. E. Foelkel. Colaboração: C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 26. (2010)

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_mar10.html#sete (em Português)

Obtenção de alcatrão/creosoto a partir da madeira dos eucaliptos. E. Foelkel. Colaboração: C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 27. (2010)

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_abril10.html#seis (em Português)

Lignosulfonatos obtidos a partir da lignina do *Pinus*. E. Foelkel. Colaboração: C. Foelkel. PinusLetter nº 27. (2010)

https://www.celso-foelkel.com.br/pinus_27.html#quatorze (em Português)

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)

Capítulo de Livro: **Um guia referencial sobre ecoeficiência energética para a indústria de papel e celulose kraft de eucalipto no Brasil.** C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 19. 140 pp. (2010)

https://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT19_EcoeficienciaEnerg.pdf (em Português)

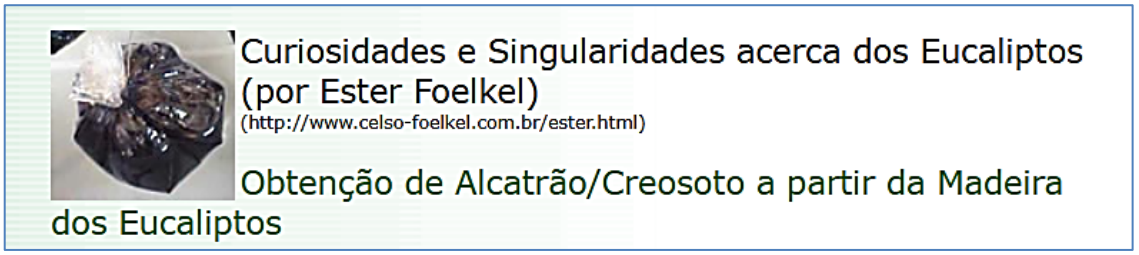
Capítulo de Livro: **Resíduos sólidos industriais do processo de fabricação de celulose e papel de eucalipto. Parte 04: Casca suja.** C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 21. 100 pp. (2010)

https://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT21_CascaSuja.pdf (em Português)

Mesmo considerando as dificuldades de trilhar essas novas rotas tecnológicas naquele momento, o setor brasileiro de celulose e papel percebeu que não poderia se descuidar desse tema, sob pena de ficar atrasado e deixar de ocupar certo tipo de liderança em alguns dos produtos dessas biorrefinarias, que pudessem ser competitivos ou úteis para as empresas nacionais.

Mas quais seriam? E a que nível de necessidades em termos de desenvolvimentos de tecnologias e mercados? Eram questões a serem pesquisadas para se pudessem eleger respostas viáveis e encontrar os necessários mercados compradores dos produtos das biorrefinarias.

Além disso, garantir o suprimento constante e regular das matérias-primas.



5.2. Anos de Ouro – "*Golden years*" do Celso Foelkel com as biorrefinarias integradas no Brasil - entre janeiro de 2011 aos dias atuais

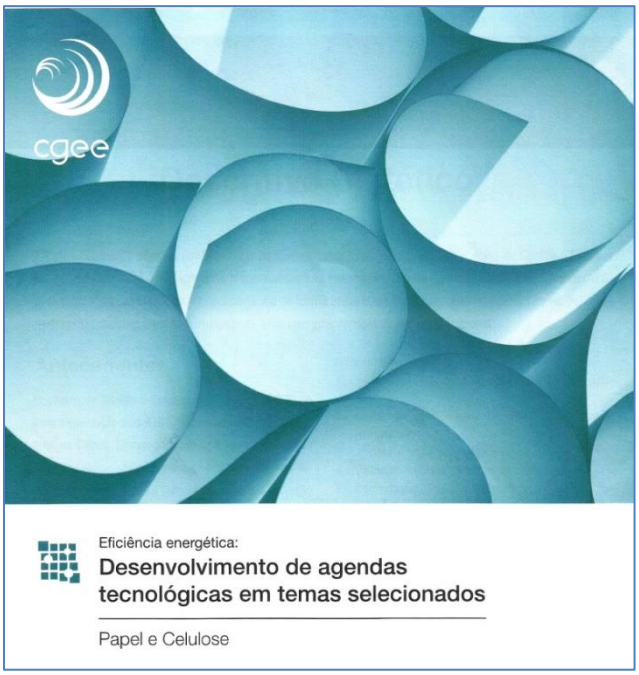
Fonte da Imagem: Citação disponível nesse presente documento

A partir de 2011, as minhas atividades com as biorrefinarias cresceram e se tornaram parte importante de minha vida profissional. A principal força motriz para que isso acontecesse foi a oportunidade de uma consultoria junto ao CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos desde 2012 até 2014, em períodos não consecutivos, atendendo às demandas dos projetos sobre eficiência energética e biorrefinarias para o setor de celulose e papel. Isso já foi relativamente discorrido na ***Seção 3 (página 45)*** desse Relato de Vida.

Os resultados foram por demais expressivos, com inúmeras oficinas cursos, palestras, relatórios técnicos, artigos e livros sobre as oportunidades que as biorrefinarias ofereceriam ao setor de celulose e papel. Um dos focos desses estudos eram as oportunidades de melhoria da eficiência energética no setor através do uso de biocombustíveis que poderiam ser gerados pelo setor de celulose e papel, inclusive para seu próprio uso, tais como: cavacos energéticos, casca energética, péletes e briquetes de resíduos florestais, bio-óleo, biogás, gás combustível da gaseificação, metanol, "tall-oil", etc. Isso permitiria ao setor se enquadrar com sucesso no que se denomina de bioeconomia, usando matérias-primas naturais, economia circular pela utilização ou reciclagem externa dos seus próprios resíduos e obter inúmeros tipos de certificações ou selos verdes de

qualidade ambiental e atestados de pegadas sustentáveis (hídrica e carbono neutro).

Meu envolvimento foi intenso, integrando-me às equipes do CGEE, da ABTCP e de inúmeros grupos de técnicos das mais variadas origens do setor e de setores integrados.



Como resultado, a partir da conclusão desses estudos com a parceria ABTCP/CGEE, continuei a escrever e falar aos públicos interessados pelo tema através de palestras, cursos e serviços de consultoria.

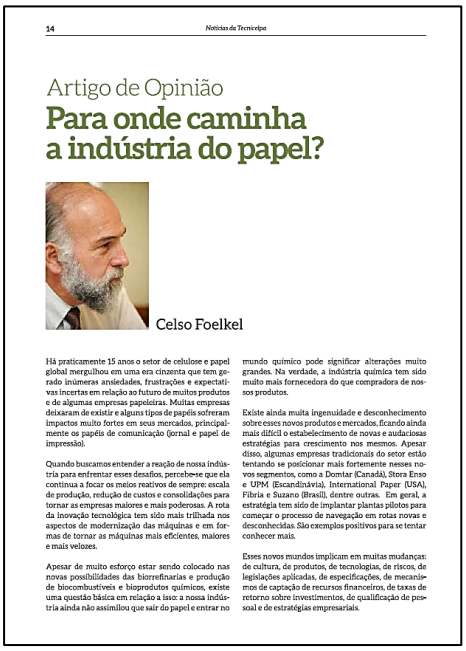
As atividades de consultoria aconteceram em algumas empresas do setor que me convidavam para dialogar em relação ao futuro das biorrefinarias e quais os potenciais produtos que poderiam vir a ser vencedores nos mercados, que se acreditava poderem surgir ou serem conquistados ocupando o espaço de outros produtos de origem fóssil. Dentre as empresas onde ocorreu esse tipo de um trabalho técnico e de prospecção futurística citaria as seguintes: Fibria e Stora Enso.

Outra atividade que resultou dessa minha especialização em biorrefinarias, não apenas em seus aspectos técnicos, mas também mercadológicos, foi a preparação de um curso que passei a ministrar em cursos de pós-graduação e em atividades de educação tecnológica na forma de um curso técnico para a ABTCP.

Os cursos para a especialização ou pós-graduação *lato sensu*, ocorreram inicialmente com a parceria da ABTCP em conjunto com as seguintes universidades: Universidade Presbiteriana MacKenzie e

Universidade Federal de Viçosa. Posteriormente e até atualmente, estou lecionando uma disciplina na pós-graduação *lato sensu* da UNOESC – Universidade do Oeste de Santa Catarina com uma disciplina denominada "*Novas tecnologias na produção de celulose e papel*", onde apresento aos alunos que têm objetivos de conhecer sobre as novas tecnologias em biorrefinarias e biotecnologias.

Folhetos cursos ABTCP



14 Notícias da Tecnicelpa

Artigo de Opinião

Para onde caminha a indústria do papel?

Celso Foelkel

Há praticamente 15 anos o setor de celulose e papel global mergulhou em uma era cinzenta que tem gerado inúmeras ansiedades, frustrações e expectativas incertas em relação ao futuro de muitos produtos e de algumas empresas papeleiras. Muitas empresas deixaram de existir e alguns tipos de papéis sofreram impactos muito fortes em seus mercados, principalmente os papéis de comunicação (jornal e papel de impressão).

Quando buscamos entender a reação de nossa indústria para enfrentar esses desafios, percebe-se que ela continua a focar os meios reativos de sempre: escala de produção, redução de custos e consolidações para tornar as empresas maiores e mais poderosas. A rota da inovação tecnológica tem sido mais trilhada nos aspectos de modernização das máquinas e em formas de tornar as máquinas mais eficientes, maiores e mais velozes.

Apesar de muito esforço estar sendo colocado nas novas possibilidades das biorrefinarias e produção de biocombustíveis e bioprodutos químicos, existe uma questão básica em relação a isso: a nossa indústria ainda não assimilou que saír do papel e entrar no mundo químico pode significar alterações muito grandes. Na verdade, a indústria química tem sido muito mais fornecedora do que compradora de nossos produtos.

Existe ainda muita ingenuidade e desconhecimento sobre esses novos produtos e mercados, ficando ainda mais difícil o estabelecimento de novas e audaciosas estratégias para crescimento nos mesmos. Apesar disso, algumas empresas tradicionais do setor estão tentando se posicionar mais fortemente nesses novos segmentos, como a Domtar (Canadá), Stora Enso e UPM (Escandinávia), International Paper (USA), Fibria e Suzano (Brasil), dentre outras. Em geral, a estratégia tem sido de implantar plantas pilotos para começar o processo de navegação em rotas novas e desconhecidas. São exemplos positivos para se tentar conhecer mais.

Esses novos mundos implicam em muitas mudanças: de cultura, de produtos, de tecnologias, de riscos, de legislações aplicadas, de especificações, de mecanismos de captação de recursos financeiros, de taxas de retorno sobre investimentos, de qualificação de pessoal e de estratégias empresariais.

Imagens acima: Revistas Folha Informativa TECNICELPA

Dentre as minhas escritas sobre essa temática e outras relacionadas, coloco as seguintes das publicações elaboradas, diversas em parceria com a Ester Foelkel, e que foram selecionadas pelo possível interesse que possam vir a despertar nos leitores desse relato:

Torrefação de resíduos de madeira de *Pinus*. E. Foelkel. Colaboração: C. Foelkel. PinusLetter nº 35. (2011)

https://www.celso-foelkel.com.br/pinus_35.html#cinco (em Português)

Produtos farmacêuticos (fármacos) derivados dos eucaliptos. E. Foelkel. Colaboração: C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 36. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_agosto11.html#cinco (em Português)

***Eucalyptus* como ingrediente de chás e alimentos.** E. Foelkel. Colaboração: C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 38. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_dez11.html#seis (em Português)

Plantios adensados de eucaliptos: Será que esse novo modelo de silvicultura pode apresentar adequada sustentabilidade? C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 33. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/newspt_fev11.html#quatorze (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)

Biorrefinarias integradas ao setor de celulose e papel. C. Foelkel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 22 slides. (2012)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2012_Biorrefinarias+Integradas_CF.pdf (em Português)

As biorrefinarias e o setor brasileiro de celulose e papel. C. Foelkel. Oficina "Tecnologias Eficientes da Indústria de Celulose e Papel". ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel; CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Apresentação em PowerPoint: 30 slides. (2012)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2012_CGEE+ABTCP_Celso_Foelkel.pdf (em Português)

Florestas energéticas em plantações adensadas de árvores: A energia pode ser renovável – Mas e os demais itens do ecossistema? C. Foelkel. Info@Tecnicelpa – Folha Informativa TECNICELPA 35: 28 – 30**.** Websites Grau Celsius. (2012)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Tecnicelpa%2035_CF.pdf (em Português)

e

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Florestas%20energeticas%20em%20plantacoes%20adensadas.pdf (em Português)

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)

Biorrefinarias: Novas alternativas para as fábricas kraft. C. Foelkel. Revista O Papel (Agosto): 10 – 11. (2012)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2012_Novas+alternativas+fabricas+kraft.pdf (em Português)

A energia pode ser renovável, mas o modelo é sustentável? C.E.B. Foelkel. Revista Opiniões Florestal. Edição 26. (Dezembro 2011/Fevereiro 2012)

https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/1-energia-pode-ser-renovavel-mas-o-modelo-e-susten/ (em Português)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2012_Plantios+Adensados.pdf (em Português)

To where and how the Brazilian kraft pulp industry will be running? Heat & power generation versus gasification & extracted biofuel/biomaterials? C. Foelkel. 8th International Black Liquor Colloquium. Apresentação em PowerPoint: 29 slides. (2013)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/2013_BlackLiquorColloquium_Foelkel_3.pdf (em Inglês)

Inquietudes sobre os modelos de gestão dos negócios. C.E.B. Foelkel. Revista Opiniões Florestal. Edição 33. (Setembro/Novembro 2013)

https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/1-inquietudes-sobre-os-modelos-de-gestao-dos-negoc/ (em Português)

e

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

Biotecnologia: Sonhos, ventos e realidades. C. Foelkel. Info@Tecnicelpa - Folha Informativa TECNICELPA 37: 10 - 12. (2012)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Tecnicelpa%2037_CF.pdf (em Português)

Capítulo de Livro: **Eficiência energética: Recomendações de ações de C&T&I em segmentos da indústria selecionados: Celulose e Papel.** CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. 152 pp. (2013)

https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/Celulose_papel_web_9522.pdf/597793f6-4f78-4a2d-a89f-d54247946865?version=1.4 (em Português)

Inovar nos negócios, no produto ou nas pessoas? C. Foelkel. Info@Tecnicelpa - Folha Informativa TECNICELPA 39. 02 pp. (2013)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Tecnicelpa%2039_CF.pdf (em Português)

Biomania alucinada. C. Foelkel. Info@Tecnicelpa - Folha Informativa TECNICELPA 40: 10 - 11. (2013)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Tecnicelpa%2040_CF.pdf (em Português)

Projetos de implantação de unidades em biorrefinarias integradas no setor de celulose e papel. C. Foelkel. *In:* Eucalyptus Newsletter nº 45. 15 pp. (2014)

https://www.eucalyptus.com.br/news/08_news45_Biorrefinarias_Estudos_caso.pdf (em Português)

As biorrefinarias dependem de mercados para serem vitoriosas. C. Foelkel. Info@Tecnicelpa - Folha Informativa TECNICELPA 42: 12 – 13. (2014)

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

Para onde caminha a indústria do papel. C. Foelkel. Info@Tecnicelpa - Folha Informativa TECNICELPA 43: 14 – 15. Websites Grau Celsius. (2014)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2014_Tecnicelpa+43.pdf (em Português)

Capítulo de Livro: **Aplicações da biotecnologia em processos ambientais da fabricação de celulose kraft e de papel de eucalipto: Compostagem de resíduos e geração de biogás.** C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 35. 152 pp. (2014)

https://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT35_Compostagem_Residuos_Biogas.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)

Capítulo de Livro: **Utilização da biomassa do eucalipto para produção de calor, vapor e eletricidade.** *Parte 1:* Biomassa florestal & florestas energéticas. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 43. 239 pp. (2016)

https://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT43_Florestas_Energeticas_Eucaliptos.pdf (em Português)

Capítulo de Livro: **Utilização da biomassa do eucalipto para produção de calor, vapor e eletricidade.** *Parte 2:* Geração de calor, vapor e eletricidade. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 44. 264 pp. (2016)

https://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT44_Geracao_Calor_Vapor_Eletricidade.pdf (em Português)

Capítulo de Livro: **Utilização da biomassa do eucalipto para produção de calor, vapor e eletricidade.** *Parte 3:* Resíduos florestais energéticos. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 45. 235 pp. (2016)

https://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT45_Residuos_Florestais_Energeticos.pdf (em Português)

A lignina do *Pinus* e o seu potencial para as biorrefinarias integradas ao setor de celulose e papel. C. Foelkel. *In:* PinusLetter nº 48. 22 pp. (2016)

https://www.celso-foelkel.com.br/pinus/Pinus48_Lignina_Pinus_Biorrefinarias.pdf (em Português)

O futuro e o setor de papel e celulose. C. Foelkel. Curso "Gestão de Resultados Operacionais". Arquivo em PowerPoint: 32 slides. (2016)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/06_2016_Setor_futuro.pdf (em Português)

Novos produtos, novos negócios e nova cultura setorial? C. Foelkel. Info@Tecnicelpa - Folha Informativa TECNICELPA 50: 10 - 11. Websites Grau Celsius. (2017)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2017_Produtos+Negocios+Cultura.pdf (em Português)

Muito além da floresta plantada! C. Foelkel. Info@Tecnicelpa – Folha Informativa TECNICELPA 52: 19 - 20. Websites Grau Celsius. (2017)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2017_Tecnicelpa+52.pdf (em Português)

Biorrefinarias integradas: Ficção ou realidade. C.E.B. Foelkel. Revista Opiniões Florestal. Edição 49. (Setembro/Novembro 2017)

https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/4-biorrefinarias-integradas-ficcao-ou-real-idade2/ (em Português)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2017_Biorrefinarias+Opinioes.pdf (em Português)

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

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

Materiais de Evento: **Colóquios Internacionais sobre Celulose de Eucalipto - ICEP's - International *Colloquia* on *Eucalyptus* Pulp**. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 55. 72 pp. (2017)

https://www.eucalyptus.com.br/news/pt_ago17.pdf (em Português)

Materiais de Associação Tecnológica: **RIADICYP & suas Publicações. RIADICYP - Red IberoAmericana de Docencia e Investigación en Celulosa, Papel y Productos Lignocelulósicos*. Parte I – Livros, oficinas, boletins, apresentações e artigos*.** C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter nº 61. 79 pp. (2018)

https://www.eucalyptus.com.br/news/pt_jun18.pdf (em Português)

Materiais de Eventos: **International Symposium on Lignocellulosic Materials & Conferência IberoAmericana sobre Bioeconomia. Rede RIADICYP & Publicações. Red IberoAmericana de Docencia e Investigación en Celulosa, Papel y Productos Lignocelulósicos.** C. Foelkel. PinusLetter nº 54. 105 pp. (2018)

https://www.celso-foelkel.com.br/pinus/pinus_54.pdf (em Português)

Biorrefinarias: Evoluções e Revoluções confrontando a cultura setorial. C. Foelkel. Info@Tecnicelpa - Folha Informativa TECNICELPA 61. Websites Grau Celsius. (2019)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/2019_Tecnicelpa_Biorrefinarias_Evolucao_x_Revolucao.pdf (em Português)

Processo reflexivo sobre como atacar um problema e o converter em uma oportunidade. C. Foelkel. Website www.celso-foelkel.com.br. 03 pp. (2019)

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

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

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

Indústria do futuro. O setor brasileiro de celulose e papel em sua rota competitiva de futuro tecnológico. C. Foelkel. *In:* Eucalyptus Newsletter nº 79. 30 pp. (2020)

https://www.eucalyptus.com.br/news/Coletanea_Industria+Futuro.pdf (em Português)

Materiais de Evento: **Simpósios Brasileiros sobre a Química das Ligninas e outros Componentes da Madeira.** (*Brazilian Symposium on the Chemistry of Lignins and other Wood Components*). C. Foelkel. PinusLetter nº 56. 122 pp. (2020)

https://www.celso-foelkel.com.br/pinus/pinus_56.pdf (em Português)

Projetando o "muito além" para a construção do futuro do setor de celulose e papel. Info@Tecnicelpa - Folha Informativa TECNICELPA 66: 26 - 27. (2021)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2021_Tecnicelpa_Projetando+Muito+Alem.pdf (em Português)

Sonhos, oportunidades e inquietudes para os produtos obtidos das florestas. C. Foelkel. Revista Opiniões Florestal nº 67. (2022)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2022_Plantar_florestas_&_produtos_florestais_Sonhos+Oportunidades+Inquietudes.pdf (em Português)

e

https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/15-sonhos-oportunidades-e-inquietudes/ (em Português)

Capítulo de Livro: **As biorrefinarias integradas no setor brasileiro de fabricação de celulose e papel de eucalipto.** C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 29. Revisão nº 08. 244 pp. (2023)

https://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT29_BiorrefinariasCelulosePapel.pdf (em Português)

Arquivos Euca Expert. Perguntas e respostas da seção "Pergunte ao Euca Expert". C. Foelkel. Exige navegação para se encontrar as perguntas relacionas às biorrefinarias e seus produtos. (2004 a 2016)

https://www.eucalyptus.com.br/eucaexpert.html (Perguntas e respostas em Português ou Inglês ou Espanhol)

Fibria

Publicação dirigida aos profissionais da Fibria

nº 33 dezembro 2012

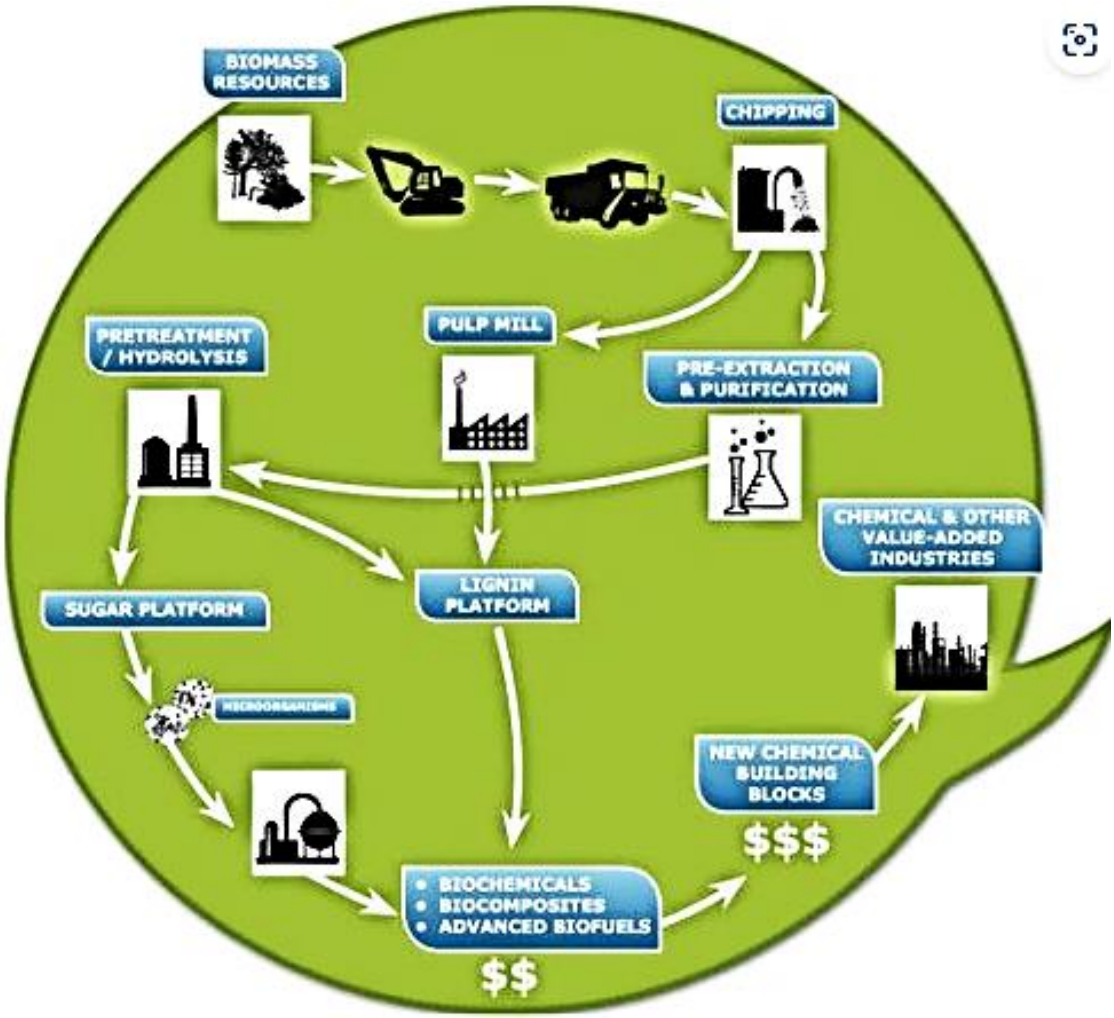
Bionegócio

Transformar

Fibria assina parceria com a norte-americana Ensyn para a produção de bio-óleo a partir de resíduos da operação florestal e de outras fontes de biomassa. Estratégia diversifica atuação da empresa e gera ainda mais valor para as florestas.

Fonte da Imagem: Capa de publicação da empresa Fibria Celulose, cliente de minha empresa Grau Celsius quando dessa edição, comentando sobre suas atividades em bionegócios

06. Grandes autores e especialistas sobre desenvolvimentos e operacionalizações das biorrefinarias integradas no setor de base florestal



Fonte da Figura acima:

https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/www/images/science/articles/2015/may-image2_en.jpg

Essa seção tem a missão de lhes oferecer possibilidades para que conheçam grandes autores, estudiosos, técnicos e especialistas sobre as diversas plataformas tecnológicas das biorrefinarias de biomassas em suas diversas e variadas perspectivas. Daremos ênfase aos autores e especialistas do setor de base florestal plantada, com destaque ao segmento de produção de celulose e papel. Entretanto, teremos também citações de autores que se dedicam a outros setores de biorrefinarias de biomassas. Para cada um dos autores relacionados, ofereceremos chances de navegação em suas publicações relevantes, valendo-se de buscadores especializados em publicações técnicas e científicas.

Para a maioria deles, será possível encontrar também alguns de seus estudos em artigos, livros ou palestras relacionados em seções do nosso presente Relato de Vida. Por isso, naveguem e busquem nesse presente documento, que muito provavelmente poderão encontrar trabalhos técnicos de muitos desses *experts* nas literaturas referenciadas.

É possível se perceber que é enorme a quantidade de estudiosos sobre os processos e produtos das biorrefinarias de biomassas. É fácil entender, que por serem bastante amplas as possiblidades de estudos e descobertas de novos processos e produtos, isso acabou por levar a que a maioria dos estudiosos e pesquisadores do setor de celulose e papel se concentrasse nesses temas de ampla popularidade no momento e possibilidades de novas patentes e de obtenção de recursos financeiros de potenciais interessados.

Dessa forma, autores que se consagraram até recentemente em pesquisar os processos de polpação (kraft, pré-hidrólise kraft e sulfito), de branqueamento da celulose, da deslignificação com oxigênio, da recuperação de licor kraft, da geração de energia e de recuperação de resíduos orgânicos, acabaram migrando também para os estudos em biorrefinarias.

Muitos, ao migrarem para esses estudos de momento, acabaram criando novos pesquisadores na área, fruto de que muitos estudantes de pós-graduação também se interessaram nesses temas de maior atualidade e com promissoras chances de sucesso e de obtenção de empregos.

Enfim, estamos relacionando algumas dezenas de pesquisadores, autores e estudiosos em biorrefinarias, mas essa minha listagem é infinitamente menor do que se nós fossemos buscar e até mesmo ter capacidade de encontrar os milhares de nomes de pessoas dedicando-se a esses campos de estudos, o que está acontecendo em praticamente todos os países do mundo que se interessem por biomassas e novos usos e processos para elas.

De qualquer forma, mesmo sendo uma relação limitada contendo cerca de 135 autores, nossa listagem contém muitos dos principais autores, pesquisadores, ícones, gurus e estudiosos das biorrefinarias, quer seja globalmente como nacionalmente. Praticamente, todos os autores relacionados, cujos nomes estão em fonte vermelha, constituem-se em fontes magníficas de publicações nos principais segmentos tecnológicos das biorrefinarias de biomassa na base florestal.

Conheçam então e naveguem nessa nossa seleção de autores que atuam em estudos sobre as biorrefinarias integradas tendo as biomassas como fontes de matérias-primas: em especial as biomassas de origem florestal e de seus produtos e processos derivados.

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 as Biorrefinarias", desde o passado até o presente, através de suas realizações em termos de descobertas de novos conhecimentos

Atenção: Autores com os nomes escritos em fonte vermelha são aqueles que possuem uma quantidade significativa de referências bibliográficas sobre a temática das biorrefinarias em suas mais diversas plataformas tecnológicas e muitas das quais foram encontradas pelos mecanismos buscadores

- **Adrian van Heiningen**

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

e

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

- **Alain Dufresne**

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

e

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

- **Alan Sulato de Andrade**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0,5&q=%22as+andrade%22+biorrefinaria

e

https://www.semanticscholar.org/author/Alan-S.-de-Andrade/1699651750

- **Alessandro Guarino Lino**

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

- **Alexander A. Koukoulas**

https://www.semanticscholar.org/author/A.-Koukoulas/46974952

e

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

- **Ali Harlin**

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

e

https://www.semanticscholar.org/author/A.-Harlin/91871197

- **Ana Paula Duarte**

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

- **Anders Nordin**

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

- **Andréia da Silva Magaton**

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

e

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

- **Angélica de Cássia Oliveira Carneiro**

https://scholar.google.com/citations?user=kE3PRgkAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://www.semanticscholar.org/author/A.-C.-O.-Carneiro/152941229

- **Antônio Aprígio da Silva Curvelo**

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

e

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

- **Arthur J. Ragauskas**

https://www.semanticscholar.org/author/A.-Ragauskas/50787151

e

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

- **Augusto Fernandes Milanez**

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

- **Ayrton Figueiredo Martins**

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

e

https://www.semanticscholar.org/author/Ayrton-F.-Martins/2069903792

- **Barbara van Lierop**

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

e

https://www.google.com.br/search?q=%22bv+Lierop%22+biorefining

- **Benjamin A. Thorp**

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

e

https://www.semanticscholar.org/author/B.-Thorp/69866700

- **Bertil Strömberg**

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

- **Bianca Moreira Barbosa**

https://www.semanticscholar.org/author/B.-M.-Barbosa/66807087

e

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

- **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+biorrefinaria&btnG=

- **Charles E. Courchene**

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

e

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

- **Cláudio Mudadu Silva**

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

https://www.semanticscholar.org/author/C.-M.-Silva/97605118

- **Cristiane Pedrazzi**

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

e

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

- **Dalton Longue Júnior**

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

- **Dan Gravilescu**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0,5&q=%22D.+Gavrilescu%22+biorefining

- **Daniele Cristina Potulski**

https://www.semanticscholar.org/author/D.-Potulski/87336803

e

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

- **Denilson Silva Perez**

https://scholar.google.com/citations?user=z5Z5ds0AAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://www.semanticscholar.org/author/D.-S.-Perez/12259312

- **Deusanilde de Jesus Silva**

https://www.semanticscholar.org/author/Deusanilde-de-Jesus-Silva/2116297262

e

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

- **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+biorefining&btnG=

- **Dmitry V. Evtuguin**

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

- **Duarte M. Neiva**

https://scholar.google.com/citations?user=qkFMEU8AAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://www.semanticscholar.org/author/Duarte-M.-Neiva/3657535

- **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

- **Erik Dahlquist**

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

e

https://www.semanticscholar.org/author/E.-Dahlquist/49037296

- **Esa Kari Vakkilainen**

https://www.semanticscholar.org/author/E.-Vakkilainen/47563193

e

https://scholar.google.com/citations?user=5wswAKkAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

- **Ester Foelkel**

https://scholar.google.com/scholar?start=10&q=ester+foelkel&hl=pt-BR&as_sdt=0,5

- **Ewellyn A. Capanema**

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

e

https://www.semanticscholar.org/author/E.-Capanema/5842907

- **Fernando A. Santos**

https://scholar.google.com/citations?user=BTM1q6sAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://www.semanticscholar.org/author/F.-Santos/34825224

- **Fernando Carazza**

https://www.semanticscholar.org/author/F.-Carazza/4571243

e

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

- **Fernando José Borges Gomes**

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

e

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

- **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

- **Gerfried Jungmeier**

https://scholar.google.com/citations?user=cKl7fwsAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

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

- **Gopal C. Goyal**

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

e

https://www.semanticscholar.org/author/G.-C.-Goyal/151010242

- **Goran Gellerstedt**

https://scholar.google.com.br/citations?user=6g7yujoAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://www.semanticscholar.org/author/G.-Gellerstedt/10005558

- **Graciela Inês Bolzon de Muniz**

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

e

https://www.semanticscholar.org/author/G.-I.-B.-Mu%C3%B1iz/87998556

- **Gustavo Ventorim**

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

e

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

- **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

https://www.semanticscholar.org/author/H.-Pereira/144995717

- **Heber S. Abreu**

https://scholar.google.com/citations?user=MZIA4F0AAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://www.semanticscholar.org/author/H.-Abreu/2069410674

- **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+biorefining&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+biorefining+&btnG=

e

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

- **Iara Fontes Demuner**

https://www.semanticscholar.org/author/I.-F.-Demuner/87948006

e

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

- **Ilari Filpponen**

https://scholar.google.com/citations?user=h1lUC-EAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://www.semanticscholar.org/author/Ilari-Filpponen/9909232

- **James H. Clark**

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

e

https://www.semanticscholar.org/author/J.-Clark/145973625

- **Jean Bouchard**

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

e

https://www.semanticscholar.org/author/J.-Bouchard/145903115

- **Jhonny Alejandro Poveda-Giraldo**

https://scholar.google.com/citations?user=snZ_83MAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://www.semanticscholar.org/search?q=%22J.%20A.%20Poveda-Giraldo%22&sort=relevance

- **Jorge Gominho**

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

e

https://www.semanticscholar.org/author/J.-Gominho/6912985

- **Jorge Luiz Colodette** (possivelmente, o autor que mais estudou e publicou com sua diversificada equipe de estudos sobre as potencialidades das biorrefinarias de base florestal no Brasil)

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/citations?user=SMsGoNYAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

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

- **José Cláudio Caraschi**

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

- **José Dílcio Rocha**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%21jd+rocha%22+biorrefinarias&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/J.-D.-Rocha/143783170

- **José Lívio Gomide**

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

e

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

- **José Otávio Brito**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22jo+brito%22+processos+t%C3%A9rmicos&btnG=

e

https://www.semanticscholar.org/author/J.-Brito/38890184

- **Joseph M. Genco**

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

e

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

- **Joshua M. Sadler**

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

e

https://www.semanticscholar.org/author/Joshua-M.-Sadler/3854700

- **Juan Carlos Villar**

https://scholar.google.com/citations?user=eqr_4acAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://www.semanticscholar.org/author/J.-C.-Villar/40197572

- **Juha Fiskari**

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

e

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

- **Juliana Cristina da Silva**

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

- **Jung Myoung Lee**

https://scholar.google.com/citations?user=lNGOV5AAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://www.semanticscholar.org/search?q=%22Jung%20Myoung%20Lee%22&sort=relevance

- **Kari Kovasin**

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

e

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

- **Larissa A. Ribas Batalha**

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

e

https://www.semanticscholar.org/author/L.-A.-R.-Batalha/11729845

- **Leelo Olm**

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

e

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

- **Lew Paul Christopher**

https://scholar.google.com/citations?user=ADEcX6MAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://www.semanticscholar.org/author/L.-Christopher/4104614

- **Luana Dessbesell**

https://scholar.google.com/citations?user=Tm4HHfYAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://www.semanticscholar.org/author/Luana-Dessbesell/29393279

- **Lucian A. Lucia**

https://scholar.google.com/citations?user=p6hikTUAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://www.semanticscholar.org/author/L.-Lucia/7495953

- **Luiz Pereira Ramos**

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

e

https://www.semanticscholar.org/author/L.-P.-Ramos/2054402107

- **Marcelo Cardoso**

https://www.semanticscholar.org/author/M.-Cardoso/145705410

e

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

- **Marcelo Coelho dos Santos Muguet Soares**

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

e

https://www.semanticscholar.org/author/M.-Muguet/92570594

- **Marcelo Hamaguchi**

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

e

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

e

https://www.semanticscholar.org/author/Marcelo-Hamaguchi/9455865

- **Marcelo Moreira da Costa**

https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22mm+costa%22+biorefinery+cellulose+kraft&btnG=

e

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

- **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 Emília Antunes de Rezende**

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

- **Maria E. Vallejos**

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

e

https://www.semanticscholar.org/author/M.-Vallejos/32543270

- **Maria Graça Videira de Sousa Carvalho**

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

e

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

- **Martin A. Hubbe**

https://www.semanticscholar.org/author/M.-Hubbe/4468386

e

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

- **Martin Lawoko**

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

e

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

- **Mauro Donizeti Berni**

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

e

https://www.semanticscholar.org/author/M.-D.-Berni/89971893

- **Michael Paleologou**

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

e

https://www.semanticscholar.org/author/M.-Paleologou/48556610

- **Michel Brienzo**

https://scholar.google.com/citations?user=kBBMgC0AAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://www.semanticscholar.org/author/M.-Brienzo/6287966

- **Mikael E. Lindström**

https://scholar.google.com.br/citations?user=jwT36wIAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

https://www.semanticscholar.org/author/M.-Lindstr%C3%B6m/91092222

- **Mikhail Balakshin**

https://scholar.google.com/citations?user=Mtm8mR4AAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://www.semanticscholar.org/author/M.-Balakshin/51313359

- **Niklas Berglin**

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

e

https://www.semanticscholar.org/author/N.-Berglin/93767451

- **Olena Sevastyanova**

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

e

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

- **Orlando J. Rojas**

https://www.semanticscholar.org/author/O.-Rojas/1837589

e

https://scholar.google.com/citations?user=10Tfs5cAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

- **Otávio Mambrim Filho**

https://scholar.google.com.br/citations?user=XvM6nn4AAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://www.semanticscholar.org/author/O.-M.-Filho/90219392

- **Panu O. Tikka**

https://www.semanticscholar.org/author/Docent-Panu-Tikka/113252332

e

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

- **Patrícia Soares Bilhalva dos Santos**

https://www.semanticscholar.org/author/P.-S.-B.-dos-Santos/2127213649

- **Paulo Fernando Trugilho**

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

e

https://www.semanticscholar.org/author/Paulo-Fernando-Trugilho/89851071

- **Paul R. Stuart**

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

e

https://www.semanticscholar.org/author/P.-Stuart/145787810

- **Pedro Fardim**

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

e

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

- **Pere Mutjé Pujol**

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

e

https://www.semanticscholar.org/author/P.-M.-Pujol/2070785678

- **Per Svending**

https://www.semanticscholar.org/author/P.-Svending/97419265

e

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

- **Per Tomani**

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

e

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

- **Peter Axegärd**

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

e

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

- **Peter 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+biorefining&btnG=

e

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

- **Renata Bura**

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

e

https://www.semanticscholar.org/author/R.-Bura/6237339

- **Ricardo Balleirini Santos**

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

e

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

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+biorefinery&btnG=

- **Richard Kerekes**

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

e

https://www.semanticscholar.org/author/R.-Kerekes/92199779

- **Rick Gustafson**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22R.+Gustafson%22+biorefining&oq=

- **Robert J. Moon**

https://scholar.google.com/citations?user=FD8YFDkAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

e

https://www.semanticscholar.org/author/R.-Moon/5877409

- **Roberto Villaroel**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22r+villarroel%22+kraft+lignin&btnG=

- **Ross Swaney**

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

- **Rubens Chaves de Oliveira**

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

e

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

- **Sérgio Valdir Bajay**

https://www.semanticscholar.org/author/S.-V.-Bajay/91139321

e

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

- **Silvana Meister Sommer**

https://www.semanticscholar.org/author/Silvana-Meister-Sommer/96847659

- **Sílvio Vaz Júnior**

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

e
https://www.semanticscholar.org/author/S.-V.-J%C3%BAnior/2056950657

- **Song Won Park**

https://scholar.google.com/citations?user=QK-QoMcAAAAJ&hl=pt-BR&oi=ao

- **Tainise V. Lourençon**

https://scholar.google.com/citations?user=DcUm9HEAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra
e
https://www.semanticscholar.org/author/T.-Louren%C3%A7on/4221187

- **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 E. Amidon**

https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=%22te+amidon%22+biorefining&btnG=
e
https://www.semanticscholar.org/author/T.-Amidon/10691603

- **Umberto Klock**

https://scholar.google.com/citations?user=NCnGyt0AAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

- **Vahid Jafari**

https://scholar.google.com/citations?user=9zagnbs312sc&hl=pt-br&oi=sra
e
https://www.researchgate.net/profile/vahid-jafari-5

- **Valentin Popa**

https://scholar.google.com/citations?user=nLHK1B0AAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra
e
https://www.semanticscholar.org/author/V.-Popa/47778469

- **Vinicius Bohrer Lobosco Gonzaga de Oliveira**

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

e

https://www.semanticscholar.org/author/Vin%C3%ADcius-Lobosco/113874544

- **Virginie Chambost**

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

e

https://www.semanticscholar.org/author/V.-Chambost/97949363

- **Wadood Y. Hamad**

https://www.semanticscholar.org/author/W.-Hamad/6461220

e

https://scholar.google.com/citations?user=f-h1nM8AAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

- **Washington Luiz Esteves Magalhães**

https://scholar.google.com/citations?user=g9J3-j8AAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra

https://www.semanticscholar.org/author/W.-Magalh%C3%A3es/3806962

- **Yungiau Pu**

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

Além dos renomados autores, recém-relacionados acima nessa seção, é importante lembrar que existem muitos outros técnicos, pesquisadores, especialistas e estudiosos brasileiros ou não, que foram ou têm sido bastante importantes no presente e no passado para o desenvolvimento de conhecimentos para a evolução das tecnologias e dos conhecimentos científicos para as biorrefinarias de base florestal. Alguns deles terão referências de literaturas citadas em seções desse meu documento, enquanto outros, mesmo não tendo publicações aqui relacionadas, apresentam seus nomes associados por suas importantes participações no desenvolvimento dessas tecnologias, principalmente no Brasil.

Nossos agradecimentos e sinceros cumprimentos a todos eles, alguns dos quais nominados ao longo desse relato pelo meu conhecimento

mais direto sobre suas atuações profissionais, enquanto muitos nomes foram incidentalmente esquecidos por minha memória e pelo fato que meu conhecimento não é pleno sobre todos os envolvidos na produção técnica em nosso setor. Alguns inclusive infelizmente já nos deixaram.

Em outra listagem mais singela, logo a seguir, trago nomes de profissionais, que também têm colaborado e deixado um legado em suas carreiras para o crescimento das tecnologias relacionadas às biorrefinarias. Portanto, meu reconhecimento, melhor dizendo, nosso reconhecimento, aos talentos dos seguintes profissionais que atuam ou atuaram nesse setor:

Alessandro Martoni

André Ferraz

Ann Honor Mounteer

Antônio José Vinha Zanúncio

Braz José Demuner

Brunno Theozzo

Carlos Augusto Soares do Amaral Santos

Fábio de Oliveira Paula

Flaviana Reis Milagres

Frederic Clerc

Gabriel Valim Cardoso

José F. Colom Pastor

José Mauro de Almeida

Júlio César da Costa

Pablo Cadaval dos Santos

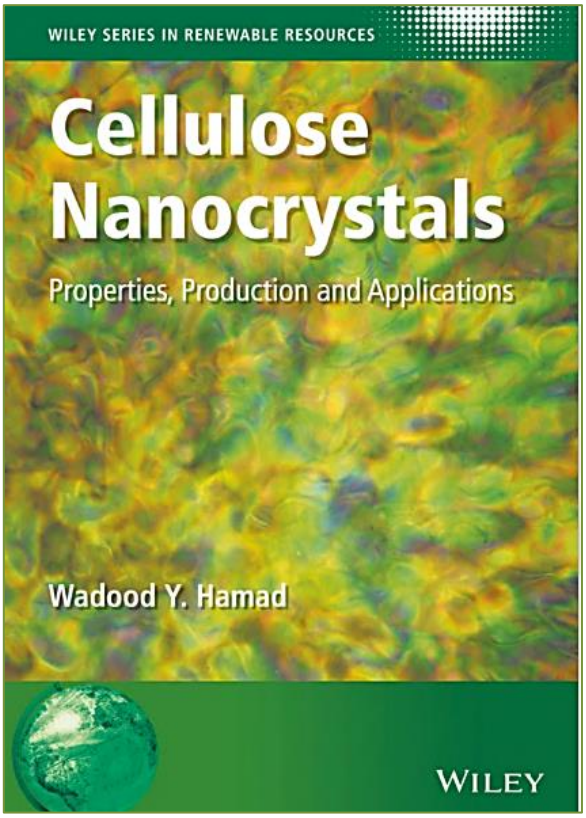
Paulo César Pavan

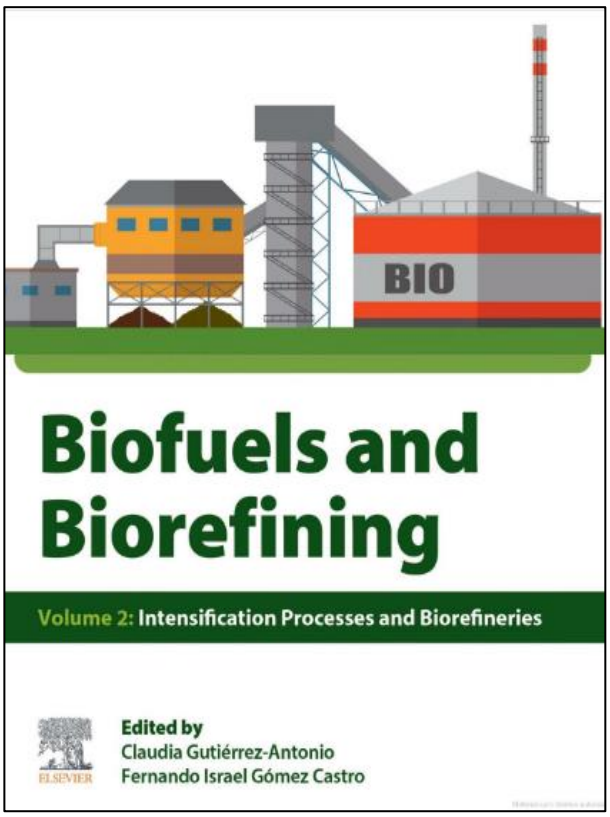
Raymond Francis

Teresa Vidal

Wendel Pianca Demuner

A todos os amigos relacionados e muitos outros incidentalmente esquecidos pelas dificuldades de memorizar tantos nomes ao longo dos tempos, um especial MUITO OBRIGADO pelos excelentes diálogos tecnológicos e busca da melhoria contínua nos produtos e processos relacionados às biorrefinarias de biomassa florestal, em particular àquelas do setor de celulose e papel.

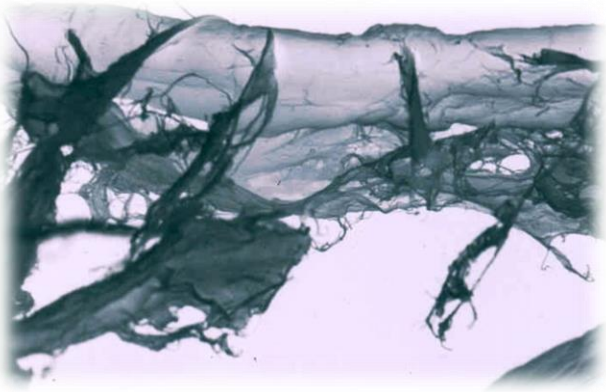




Fontes da Imagens:

Esquerda: https://books.google.com.br/books?id=Xh-ZDgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Direita:
https://www.google.com.br/books/edition/Biofuels_and_Biorefining/uTJcEAAAQBAJ?hl=pt-BR&gbpv=1&dq=linkin+biorefining&pg=PA315&printsec=frontcover



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

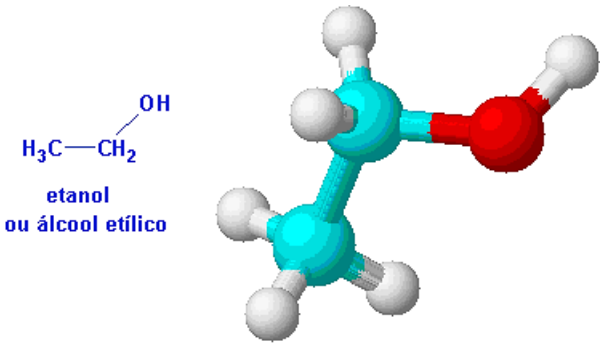
Com tantas possibilidades de encontrar informações e conhecimentos disponibilizados gratuitamente por todas as partes...

Basta encontrar determinação para:

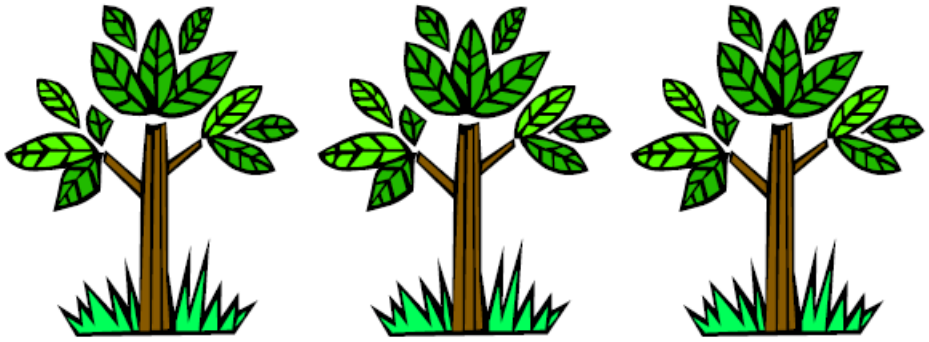
Estudar os fundamentos científicos e tecnológicos, não importando onde possam estar... Basta procurar para se achar

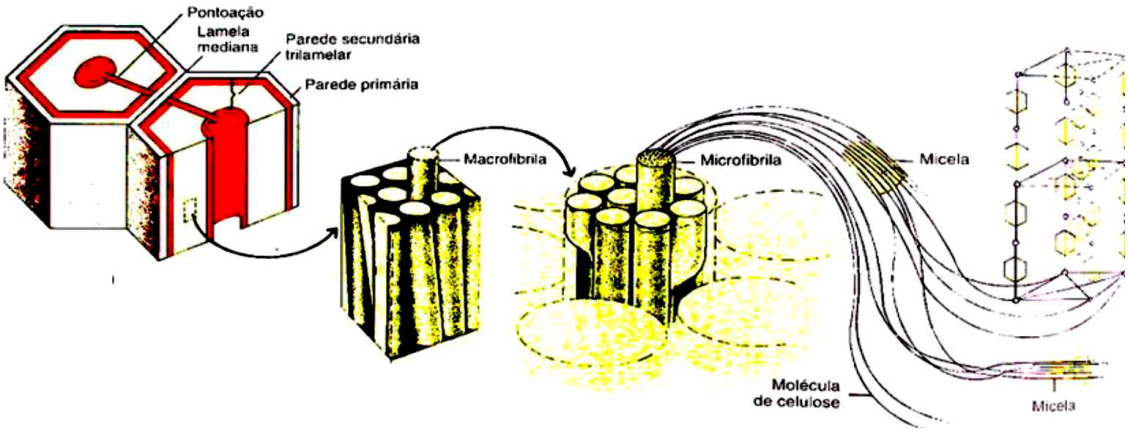
A maioria dos livros e das publicações está praticamente ao dispor de todos na atual ***Era do Conhecimento Compartilhado***

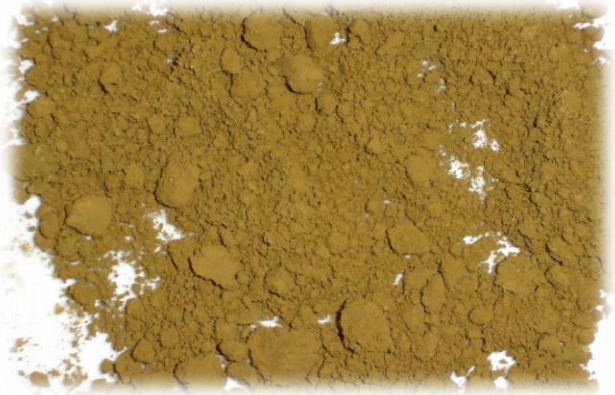
Fonte da Imagem: https://pubs.acs.org/journal/bomaf6



07. Considerações sobre os próximos passos das biorrefinarias para garantia de sustentabilidade dos negócios do setor de celulose e papel







Lignina?

Nanogéis de nanocelulose?

E os mercados para tudo isso que se está criando – Eles existem? Ou podem ser criados?

O presente documento está sendo escrito desde março e finalizado em abril de 2023. Portanto, essa seção traz considerações do autor com opiniões que podem ser geradas sob a ótica, disponibilidade de literaturas e perspectivas do momento que está sendo vivido. Evidentemente, como o segmento das biorrefinarias de biomassas está em rápido desenvolvimento em termos globais, muitas das colocações atuais podem ser modificadas em momentos futuros, até mesmo em pouco tempo. Isso porque o interesse e os estudos sobre as mais diversas plataformas tecnológicas estão acontecendo em ritmo até mesmo frenético.

Dividirei minas considerações em tópicos, permitindo assim um ordenamento mais fácil das ideias.

***Considerações nº 1*: Mercados**

Selecionando novos produtos em mercados competitivos

Um dos grandes obstáculos ao crescimento desse segmento é a capacidade de produzir e encontrar ou desenvolver mercados atrativos e que remunerem os investimentos para os produtos das biorrefinarias.

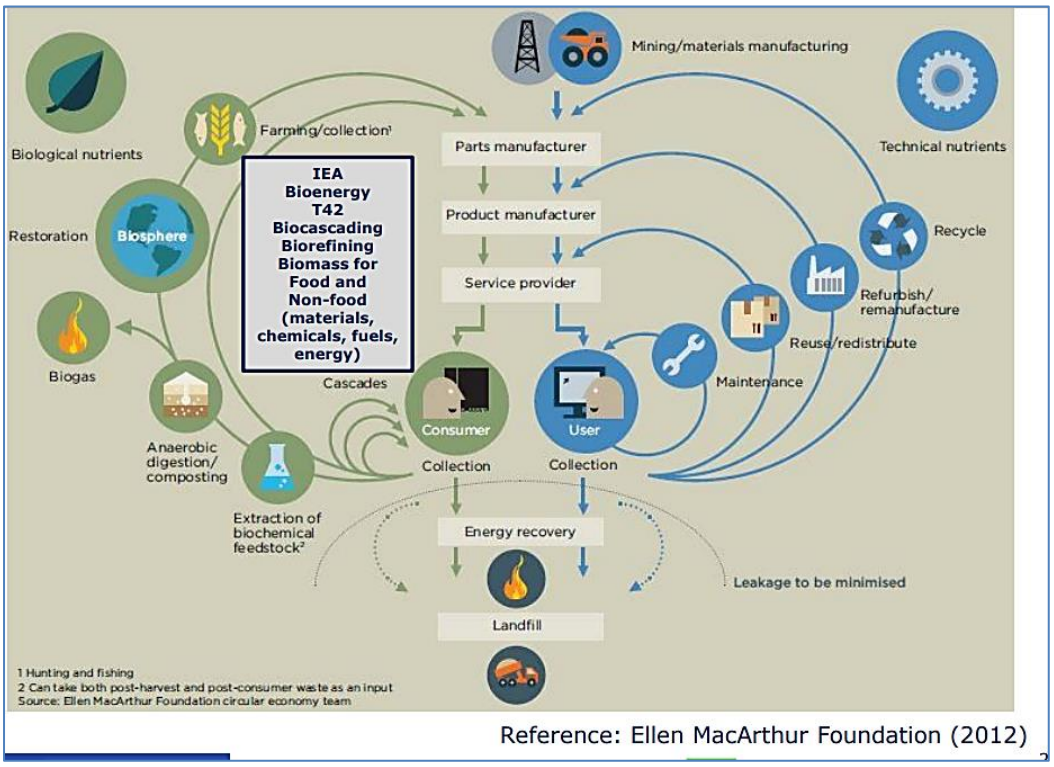
Quando um produto já existe nos mercados globais e vem sendo fabricado a partir de outras matérias-primas ou processos tecnológicos, a maior dificuldade é entrar de forma competitiva com esse novo produto, deslocando espaço dos produtores tradicionais. Esse seria o caso de produtos como: metanol, bio-óleo, lignossulfonatos, furfural, biogás, gás de síntese, etanol, filamentos de carbono, eletricidade e vapor, etc.

A situação se torna ainda mais difícil quando o produto é absolutamente novo e ainda sem mercados, o que exige uma alta atratividade do produto e da capacidade de convencimento dos potenciais clientes pelas empresas produtoras. Seria o caso das nanocelulose em forma de cristais, por exemplo.

As estratégias sendo adotadas pelas empresas do setor estão concentradas em momentos: em um primeiro momento, a própria empresa produtora utiliza esse produto, mesmo que seja queimando-o como biocombustível, como por exemplo: tall-oil, bio-óleo, metanol, lignina, etc. Durante esse período inicial, a empresa teria condições de ir aperfeiçoando o produto, purificando-o, melhorando seu desempenho e qualidade, ao mesmo tempo em que tenta introduzi-lo nos mercados.

Outra estratégia comum é a parceria com um segmento que tenha interesse nesse desenvolvimento conjunto, como o caso dos nanocristais de celulose.

***Considerações nº 2*: Biorrefinarias tem muitas áreas afins e quesitos técnicos a serem gerenciados e otimizados**



Reference: Ellen MacArthur Foundation (2012)

Fonte da Imagem:
https://www.gezondekas.eu/upload_mm/5/7/d/62bda661-5627-4bf6-86ea-90fc160f8a91_D5%20The%20role%20of%20Biomass%20Bioenergy%20and%20Biorefining%20in%20a%20Circular%20Economy%20-%20Paris%20meeting%20-%20version%20170105.pdf

Qualquer planta industrial que venha a ser construída em uma fábrica de celulose para manufatura de um dos produtos das biorrefinarias vai ter que se relacionar não apenas com a fábrica de celulose em si, mas com um conjunto de áreas afins (próximas ou distantes) e se destacar em todas para se tornar vitoriosa, tais como:

- A própria fábrica de produção de celulose e seus sistemas de produção, recebimento de matérias-primas, geração de energia, tratamento de poluentes, etc.;

- A compatibilidade de escalas de produção, permitindo que a fábrica mãe não seja prejudicada pela nova planta industrial introduzida. Ou seja, o parasitismo ou a predação não serão situações permitidas para se atingir o sucesso.

- As necessidades de insumos que podem ser obtidos das florestas, da fábrica mãe de celulose ou adquiridos de terceiros.

- As operações florestais e a qualidade do sítio florestal não poderão ser prejudicadas por uma rapinagem de biomassa florestal.

- As atividades de logística para recebimento dos insumos, manuseios internos e entrega dos produtos fabricados.

- O cumprimento de suas atividades dentro de conceitos de ecoeficiência, sustentabilidade e respeito à sociedade e à natureza.

Considerações nº 3: **As principais interrogações atuais**

Fonte da Imagem: https://pngimg.com/image/38138

Dentre as principais dúvidas atuais se destacam:

- Como as biorrefinarias evoluirão dentro do setor? Quais as dinâmicas que virão a acontecer?

- Quais as plataformas tecnológicas de novos produtos com maiores chances de sucesso no curto ou médio prazo?

- Quais as plataformas tecnológicas que ainda não estão plenamente desenvolvidas e que demandarão aperfeiçoamentos e pesquisas para atingirem adequados níveis de competitividade?

- Quais os conflitos potenciais a serem resolvidos entre a fábrica-mãe e as plantas de biorrefino?

- Quais os potenciais conflitos no suprimento de biomassa: tipo, qualidade, quantidades? Quais os gargalos que poderão surgir com as novas exigências das matérias-primas de biomassa?

- Como manter a capacidade produtiva do sítio florestal em função das novas e potencialmente grandes necessidades de biomassas?

- Como organizar as biorrefinarias de base florestal para consumir outros tipos de biomassa, tais como: resíduos agrícolas, resíduos orgânicos urbanos, lodos de tratamento de efluentes, etc.?

- Quais os potenciais impactos sociais e ambientais pela introdução de novos produtos em uso de novas tecnologias pelas atuais fábricas de celulose e/o papel?

***Considerações nº 4*: Fatores propulsores para as biorrefinarias integradas**

Dentre os fatores alavancadores ao crescimento das biorrefinarias, destaco:

- Renovabilidade da biomassa.
- Competência na produção de florestas plantadas (eucaliptos, pinheiros, acácias, etc.).
- Demanda crescente de biocombustíveis e de biomateriais pela sociedade (Mercados de produtos não-fósseis em crescimento acelerado).
- Certificações e licenças ambientais para comprovações das origens e qualidades do produto, processos e respeito ao ambiente.
- Mudanças climáticas exigindo mudanças nos padrões de consumo da sociedade.
- Convenções globais focando em bioprodutos e em maior respeito à natureza e ao ser humano.
- Foco da sociedade empresarial na economia circular e na ecoeficiência.
- Alterações no consumo de alguns tipos de papéis conduzirão a que as empresas do setor passem a buscar outras alternativas de produtos a partir de suas florestas.

- Rapidez nos desenvolvimentos tecnológicos em função da biomania que se gerou entre os pesquisadores.

- Crescente desenvolvimento em mecanização no agronegócio.

- Riquezas de outros tipos de biomassas: algas, gramíneas, lixo orgânico, etc.

Considerações nº 5: **Fatores de sucesso para as biorrefinarias integradas**

Destaques favoráveis aos empreendedores:

- Melhoria na eficiência energética das fábricas integradas.

- Ganhos em rendimentos de fabricação.

- Aumento no número de produtos do portfolio empresarial.

- Redução do custo de fabricação do produto "vaca leiteira", ou seja, da celulose e/ou papel.

- Aumento dos resultados econômico-financeiros da fábrica integrada: margem total de contribuição, EBITDA, etc.

- Redução de geração de poluentes hídricos e aéreos.

- Reduções nas gerações de resíduos sólidos (economia circular em prática).

***Considerações nº 6*: Cenários desafiadores para as biorrefinarias integradas**

Dentre os desafios a serem superados, destaco:

- Instabilidade econômica (custo e disponibilidade de capital, recessão econômica, etc.).
- Mudanças nos hábitos de consumo.
- Economia de escala competitiva.
- Custo de fabricação em relação aos produtos similares da concorrência.
- Competição e potencial escassez para alguns dos tipos de biomassa e aumento de seu preço.
- Usos conflitivos de recursos naturais: solo e água, principalmente.
- Plataforma tecnológica competitiva em termos de rendimentos, ritmos de produção e continuidade operacional.
- Surgimento de novos produtores entrantes e possivelmente de forma acelerada de dentro e de fora do setor, aumentando a oferta e com isso reduzindo preços de venda.
- Necessidade de compatibilização de culturas: as fábricas de celulose e papel têm metas audaciosas e dinossáuricas para escalas de produção, o que não deverá acontecer para muitos dos produtos das biorrefinarias.

- Novos impactos gerados pelas operações, desde as florestas até a entrega e uso dos produtos pelos clientes.

- Conflitos ambientais e sociais em temas como biodiversidade, desertos verdes, exaustão do solo, mecanização excessiva, etc.

- Falta de recursos humanos qualificados para operação dessas novas tecnologias dentro das exigências necessárias.

- Desenvolvimento dos mercados.

- Complexidade das operações de logística, com multiprodutos em escalas de produção potencialmente muito diferentes.

***Considerações nº 7*: Plataformas tecnológicas mais promissoras no momento atual**

Tendo em vista o momento atual e as movimentações que estão ocorrendo no Brasil pelos principais fabricantes de celulose e papel e de outros tipos de empresas de base florestal, fica claro que as principais plataformas tecnológicas até o momento sendo eleitas para atuação são as seguintes:

- Produção de bioeletricidade por processos de combustão para uso próprio, venda a parceiros ou ao sistema elétrico nacional.

- Produção de calor e vapor, associados à produção de eletricidade, em geral para uso próprio ou venda a empresas próximas e localizadas em agregados produtivos.

- Extração e purificação da lignina kraft.

- Produção de gás combustível para queima em fornos de cal através processo de gaseificação da biomassa.

- Extração do metanol gerado na polpação kraft para queima cativa na própria fábrica (fornos de cal, aquecedores, etc.).

- Produção de MFC – Celulose Micro Fibrilada para uso cativo ou "in situ", ou venda a clientes próximos em função da baixa consistência do produto (cerca de 20 a 30% de consistência).

- Produção de bio-óleo por pirólise rápida da madeira: objetivo inicial é usar como biocombustível, mas se dedicar estudos para purificação e fracionamento.

- Produção de tall-oil: objetivo inicial é usar como biocombustível, mas se dedicar estudos para purificação e fracionamento.

- Produção comercial de péletes e briquetes a partir de resíduos de biomassa

- Produção de xilitol a partir de hemiceluloses (xilanas) extraídas na etapa de auto-hidrólise da madeira em processo de polpação pré-hidrólise kraft para produção de polpas solúveis.

- Produção de CNC – Nano Cristais de Celulose e desenvolvimento de mercados para esses intrigantes materiais.

- Usos de processos termoquímicos para obtenção de carvão vegetal, alcatrão, ácido pirolenhoso, etc.

O que já se configura como excelentes passos em direção a futuros variados.

Em momentos mais distantes, como a partir de meados de 2030, estima-se que as biorrefinarias de segunda geração muito provavelmente estarão produzindo etanol de segunda geração, bioprodutos de hemiceluloses, álcoois de maior peso molecular, gás de síntese e usando os mesmos para produção de compostos mais complexos através de sínteses em colunas de biorefino.

Considerações nº 8: **Estruturação industrial**

A estruturação e formação de agregados industriais mais complexos dependerão dos mercados e das tecnologias que permitam máximas integrações e níveis de ecoeficiência e reduções de desperdícios, como idealizado pela bioeconomia e economia circular.

Etapa 1: Introduções de unidades industriais para manufatura de bioprodutos e biocombustíveis, tentando se obter escalas de produção compatíveis para esses produtos novos, valendo-se das vantagens e facilidades da fábrica-mãe. Isso tudo sem prejudicar a "galinha dos ovos de ouro", pelo contrário, colaborando para sua redução em gerar desperdícios, melhorias de rendimentos e de eficiência energética.

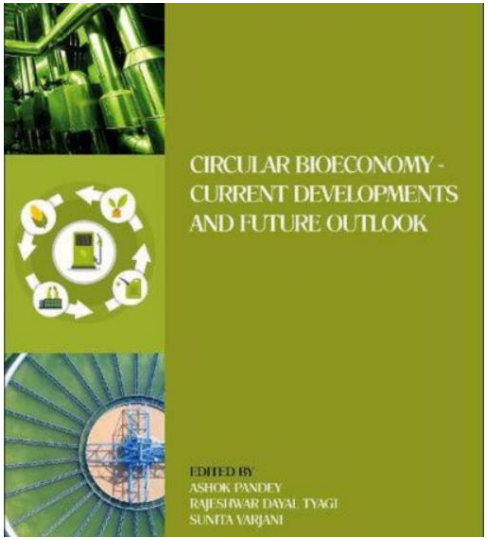
Etapa 2: Desenvolvimento de parceiros que possam consumir os produtos das biorrefinarias ou fornecer matérias-primas para ela, preferencialmente em *clusters* ou agregados produtivos localizados tendo a fábrica-mãe atuando como empresa âncora.

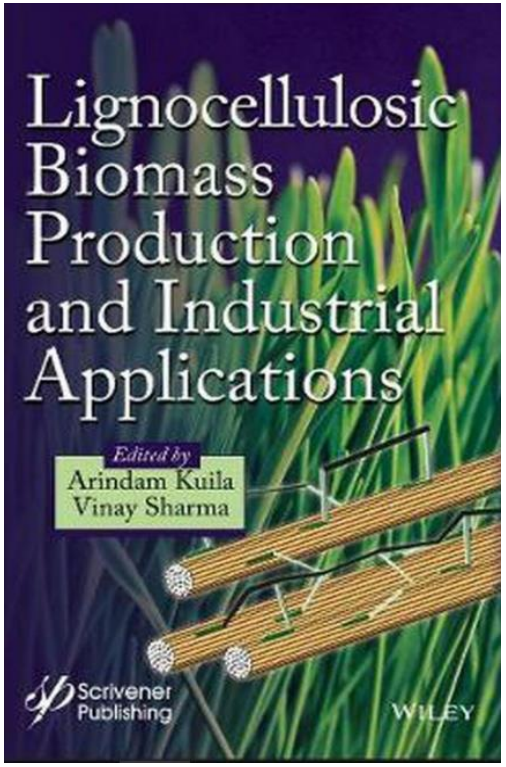
Etapa 3: Aumento gradual das escalas de produção e formação de redes muito eficientes entre as unidades produtivas, as fontes de matérias-primas biomássicas e os mercados consumidores.

Entretanto, cada tipo de produto tem suas peculiaridades e necessidades, o que muito provavelmente acabará levando a modelos distintos de biorrefinarias e de produtos sendo fabricados. O que de certa forma é muito bom, para se evitar excesso de produção de um determinado produto, com as consequências negativas desse modelo.

E assim caminharemos em busca de nossos futuros...

Quer sejam futuros sonhados, planejados ou nada disso....



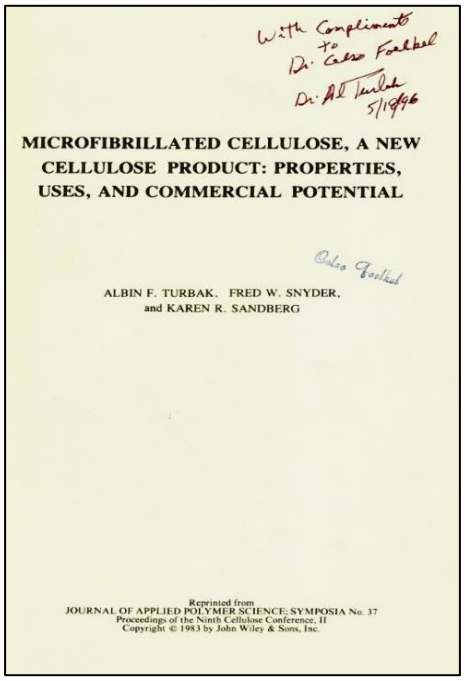


Literatura riquíssima e variada sobre as biorrefinarias lignocelulósicas

Hoje facilmente disponibilizada na web

Fontes das Imagens acima: Capas de documentos e publicações

08. Estudo de Caso: *O exemplo da MFC – Celulose Micro Fibrilada*



With Compliments to Dr. Celso Foelkel
Dr. Al Turbak 5/10/96

MICROFIBRILLATED CELLULOSE, A NEW CELLULOSE PRODUCT: PROPERTIES, USES, AND COMMERCIAL POTENTIAL

Celso Foelkel

ALBIN F. TURBAK, FRED W. SNYDER, and KAREN R. SANDBERG

Reprinted from
JOURNAL OF APPLIED POLYMER SCIENCE: SYMPOSIA No. 37
Proceedings of the Ninth Cellulose Conference, II
Copyright © 1983 by John Wiley & Sons, Inc.

Diferenciando Polpas de Mercado e Papéis de Eucalipto através da Gestão dos Finos Celulósicos da Polpa

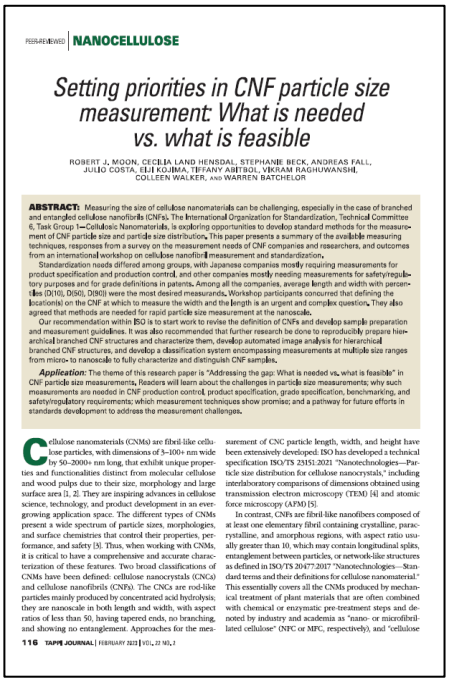
Celso Foelkel
www.celso-foelkel.com.br
www.eucalyptus.com.br
www.abtcp.org.br

DEFININDO FINOS CELULÓSICOS

Madeiras, fibras, elementos de vasos e finos – a diversidade anatômica pode e deve ser gerenciada

Polpas celulósicas são misturas complexas e com certo nível de irregularidade nas suas partículas constituintes, tanto em termos de formato, como de composição química e dimensões. Isso em parte porque a madeira, sua principal matéria-prima, é constituída por elementos anatômicos que possuem diferentes morfologias e funções nas árvores.

4



PEER-REVIEWED | NANOCELLULOSE

Setting priorities in CNF particle size measurement: What is needed vs. what is feasible

ROBERT J. MOON, CECILIA LAND HENSDAL, STEPHANIE BECK, ANDREAS FALL, JULIO COSTA, ELI KOJIMA, TIFFANY ABITBOL, VIKRAM RAGHUWANSHI, COLLEEN WALKER, AND WARREN BATCHELOR

ABSTRACT: Measuring the size of cellulose nanomaterials can be challenging, especially in the case of branched and entangled cellulose nanofibrils (CNFs). The International Organization for Standardization, Technical Committee 6, Task Group 1—Cellulosic Nanomaterials, is exploring opportunities to develop standard methods for the measurement of CNF particle size and particle size distribution. This paper presents a summary of the available measuring techniques, responses from a survey on the measurement needs of CNF companies and researchers, and outcomes from an international workshop on cellulose nanofibril measurement and standardization.

Standardization needs differed among groups, with Japanese companies mostly requiring measurements for product specification and production control, and other companies mostly needing measurements for safety/regulatory purposes and for grade definitions in patents. Among all the companies, average length and width with percentiles (D(10), D(50), D(90)) were the most desired measurands. Workshop participants concurred that defining the location(s) on the CNF at which to measure the width and the length is an urgent and complex question. They also agreed that methods are needed for rapid particle size measurement at the nanoscale.

Our recommendation within ISO is to start work to revise the definition of CNFs and develop sample preparation and measurement guidelines. It was also recommended that further research be done to reproducibly prepare hierarchical branched CNF structures and characterize them, develop automated image analysis for hierarchical branched CNF structures, and develop a classification system encompassing measurements at multiple size ranges from micro- to nanoscale to fully characterize and distinguish CNF samples.

Application: The theme of this research paper is "Addressing the gap: What is needed vs. what is feasible" in CNF particle size measurements. Readers will learn about the challenges in particle size measurements; why such measurements are needed in CNF production control, product specification, grade specification, benchmarking, and safety/regulatory requirements; which measurement techniques show promise; and a pathway for future efforts in standards development to address the measurement challenges.

Cellulose nanomaterials (CNMs) are fibril-like cellulose particles, with dimensions of 5–100+ nm wide by 50–2000+ nm long, that exhibit unique properties and functionalities distinct from molecular cellulose and wood pulps due to their size, morphology and large surface area [1, 2]. They are inspiring advances in cellulose science, technology, and product development in an ever-growing application space. The different types of CNMs present a wide spectrum of particle sizes, morphologies, and surface chemistries that control their properties, performance, and safety [3]. Thus, when working with CNMs, it is critical to have a comprehensive and accurate characterization of these features. Two broad classifications of CNMs have been defined: cellulose nanocrystals (CNCs) and cellulose nanofibrils (CNFs). The CNCs are rod-like particles mainly produced by concentrated acid hydrolysis; they are nanoscale in both length and width, with aspect ratios of less than 50, having tapered ends, no branching, and showing no entanglement. Approaches for the measurement of CNC particle length, width, and height have been extensively developed. ISO has developed a technical specification ISO/TS 23151:2021 "Nanotechnologies—Particle size distribution for cellulose nanocrystals," including interlaboratory comparisons of dimensions obtained using transmission electron microscopy (TEM) [4] and atomic force microscopy (AFM) [5].

In contrast, CNFs are fibril-like nanofibers composed of at least one elementary fibril containing crystalline, paracrystalline, and amorphous regions, with aspect ratio usually greater than 10, which may contain longitudinal splits, entanglement between particles, or network-like structures as defined in ISO/TS 20477:2017 "Nanotechnologies—Standard terms and their definitions for cellulose nanomaterial." This essentially covers all the CNMs produced by mechanical treatment of plant materials that are often combined with chemical or enzymatic pre-treatment steps and denoted by industry and academia as "nano- or microfibrillated cellulose" (NFC or MFC, respectively), and "cellulose

116 TAPPI JOURNAL | FEBRUARY 2023 | VOL. 22 NO. 2

Fontes das Imagens: Referenciadas nas correspondentes literaturas quando citadas

Esse Relato de Vida tem em sua concepção uma missão mais histórica e de fornecer acesso às muitas ofertas de conhecimentos sobre as biorrefinarias integradas ao nosso setor de atuação. Com isso, acabei por comentar bastante (mas superficialmente) sobre as múltiplas plataformas de produção de novos biocombustíveis e biomateriais a partir de biomassas florestais.

Entretanto, para mostrar como as coisas podem evoluir rapidamente, eu acabei por selecionar um dos produtos que tem tido enorme desenvolvimento e lhes trazer essa história (até agora vencedora) na forma de um estudo de caso, contando como surgiu o produto e como ele tem seguido uma "carreira" vitoriosa até o momento em termos de crescimento em sua produção e consumo.

Sem dúvida alguma, se esse produto selecionado como estudo de caso teve esse crescimento rápido é por algumas razões que fundamentaram sua aceitação, interesse, utilização e desenvolvimento de mercado.

O produto que selecionamos foi a **CMF – Celulose Micro Fibrilada ("MFC - Micro Fibrillated Cellulose")**, também referida como **NFC ou CNF ("Nano Fibrillated Cellulose")**.

Com esse estudo de caso, acredito que seja possível que ele sirva de exemplo para que outros estudos de caso, para outros produtos dessa linha de biorrefinarias, possam também ser gerados pelos amigos leitores.

A "invenção" da celulose microfibrilada data do início dos anos 1980's, quando um grupo de pesquisadores da ITT Rayonier liderado pelo Dr. Albin F. Turbak obteve em laboratório um produto novo obtido pela desagregação das polpas celulósicas até o estado de formação de uma espécie de gel, que poderia ser utilizado para inúmeras finalidades, tanto no setor de celulose e papel, como na indústria de fármacos, alimentos e cosméticos.

O conhecimento sobre essa descoberta acidental chegou até mim incidentalmente e vou lhes contar a história disso:

Durante a década dos anos 1990's, eu estive bastante envolvido em pesquisas sobre refinação da celulose e identifiquei com minha equipe de pesquisas a importante participação dos finos da polpa (fibrilas, microfibrilas, fragmentos de fibras e células meristemáticas) no desenvolvimento da resistência da folha do papel. Ao encontrar o Dr. Albin Turbak em algumas de minhas muitas participações na TAPPI (não me recordo onde e como, mas foi em 1996), comentei sobre isso com ele, que se prontificou a me enviar uma cópia do artigo em que ele e sua equipe na ITT Rayonier apresentaram ao mundo a celulose microfibrilada. E o fez em formato papel, já que a internet ainda estava embrionária. Com uma simpática dedicatória e tudo mais, eu recebi e li o artigo, achei muito legal a descoberta e o guardei cuidadosamente na minha biblioteca. Há poucos meses atrás, encontrei o artigo enviado e de título: "MicroFibrillated Cellulose - A new cellulose product: Properties, uses and commercial potential". Uma preciosidade que eu redescobri mais de 25 anos depois de receber como presente e praticamente a 40 anos da publicação do mesmo (1983). Sai em busca de informações sobre como e onde estaria o grande especialista da celulose Dr. Turbak e lamento compartilhar com vocês que ele faleceu em 2016. Vejam no obituário o breve e notável currículo dele em: https://www.legacy.com/us/obituaries/atlanta/name/albin-turbak-obituary?id=16711980

O que também me chamou a atenção foi o artigo praticamente republicado em 2011 pela TAPPI através do próprio Dr. Turbak, referindo-se a essa invenção que foi inclusive patenteada junto com seus colegas da ITT Rayonier: Fred Snyder e Karen Sandberg. Teve também papel importante nessas descobertas e muitas outras patentes o Dr. Franklin Herrick, mais um de seus colegas de trabalho na Rayonier. Conheçam um pouco dessas mágicas passagens históricas em: http://www.naylornetwork.com/PPI-OTW/articles/?aid=150993&issueID=22333 (em Inglês)
e
https://en.wikipedia.org/wiki/Nanocellulose (em Inglês)

As tecnologias definitivamente existem por ai a nos aguardar, mas elas precisam ser criadas ou "descobertas" pelas pessoas. Ao saudoso Dr. Albin Turbak, uma homenagem pela sua qualificada vida repleta de realizações em benefício dos avanços da ciência e das tecnologias.

Dr. Albin Frank TURBAK Obituary (1929 - 2016) Atlanta Journal-Constitution
https://www.legacy.com/us/obituaries/atlanta/name/albin-turbak-obituary?id=16711980

Conheçam o artigo em sua versão reeditada pela TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry:

Birth of nanocelulose (*Microfibrillated cellulose: A new cellulose product – Properties, uses, and commercial potential*). A.F. Turbak; F.W. Sneyder; K.R. Sandberg. TAPPI Over the Wire. TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry. (1983/2011)

http://www.naylornetwork.com/PPI-OTW/articles/?aid=150993&issueID=22333
(Artigo original de 1983 - Republicado em 2011 pela TAPPI – em Inglês)

Em 2009, muito antes de se falar, produzir e estudar tão intensamente como nos dias de hoje os conceitos e virtudes da MFC (*Micro Fibrillated Cellulose*) - Celulose Micro Fibrilada e sua utilização para ajudar a desenvolver ligações entre fibras ("fiber bonding") na fabricação do papel, eu lancei um capítulo bastante interessante do meu Eucalyptus Online Book, o de número 17, que tem o seguinte título: "Diferenciando Polpas de Mercado e Papéis de Eucalipto através da Gestão dos Finos Celulósicos da Polpa".

Foi um documento repleto de meu entusiasmo com o assunto e avaliando o importante papel dos finos celulósicos na fabricação da celulose e da folha de papel.

Tenho notado que muitas das pessoas que estão a estudar a MFC não mostram conhecer esse meu texto, o que seria bom para ajudar em

seus desenvolvimentos e inovações, uma vez que o uso de finos do próprio processo permite muitas simplificações e oferece possibilidades de complementações e integrações com a produção de MFC. Eles podem até mesmo substituir a mesma, para algumas das utilizações que se queira destinar essa celulose micro fibrilada.

Se quiserem conhecer esse capítulo, sugiro que acessem:

Capítulo de Livro: **Diferenciando polpas de mercado e papéis de eucalipto através da gestão dos finos celulósicos das polpas.** C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 17. 87 pp. (2009)

https://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT17_Finoscelulosicos.pdf (em Português)

Acredito que ***diversas razões foram responsáveis por esse sucesso de crescimento na produção e utilização da MFC*** e vou tentar enumerar algumas delas com base em minhas próprias observações:

- É um produto muito fácil de ser obtido, necessitando-se apenas de um moinho ou refinador e acompanhar em laboratório a conversão das fibras em finíssimos fragmentos celulósicos.

- A matéria-prima para sua produção é a polpa celulósica, que pode ser tanto polpa virgem ou polpa obtida da reciclagem do papel (refugos de papel ou de papéis com baixo teor de cargas minerais). Pode-se obter a mesma tanto de polpas/papéis brancos como sem branquear, porém o material branco é mais indicado por ser menos hidrofóbico, já que não possui lignina em sua composição.

- Pelo fato de ser um produto que é originado da própria matéria-prima das fábricas de papel (ou do produto final das fábricas de polpa de mercado), praticamente todos os fabricantes desses produtos ficaram interessados em tentar produzir localmente esse tipo de material desfibrilado e verificar o seu potencial em seu próprio processo. Como em geral existem refinadores ociosos em fábricas de papel devido modernizações em seus setores de refinação de massa, muitos fabricantes colocaram uma recirculação de polpa nesses refinadores para que a pasta voltasse ao refinador tantas vezes quanto necessário fosse para permitir o acompanhamento do desenvolvimento desse processo de produção.

- A facilidade de produção e consumo imediato nas próprias fábricas é um fator alavancador tanto para o interesse como na produção "in situ" pelos fabricantes de papel.

- Os insumos utilizados e o maquinário são poucos: um moinho ou um refinador, um sistema de recirculação de massa, eletricidade, pasta celulósica e água.

- Já existem moinhos desenvolvidos especialmente para esse tipo de produção e que fazem todo o serviço em um único passe, dependendo dos ajustes.

- O produto produzido (MFC) que inicialmente era visto como um ligante para melhorar a ligação entre fibras ("fiber bonding") do papel foi ganhando inúmeras novas utilizações e, por isso mesmo, o interesse comercial se expandiu a ponto de já existirem fabricantes desse produto que embalam e vendem o MFC (cerca de 20 a 30% de consistência) para as empresas tanto do setor de celulose e papel, como de outros tipos de produções.

Sobre o produto MFC e suas virtudes e formas de atuação

O produto MFC, às vezes referido como NFC, faz parte do que hoje se denomina de nanocelulose, onde também se situam os nanocristais de celulose.

A composição do MFC é constituída de fibrilas, microfibrilas e fragmentos diminutos de paredes dos elementos anatômicos que em momento anterior compunham uma polpa celulósica, os quais foram esfacelados pela ação drástica de um moinho ou refinador. Com isso, o que era uma polpa úmida se converte em uma espécie de gel "melequento" e com altíssima área superficial de partículas Essas partículas costumam se enovelar e podem formar flocos, porém tudo a nível micrométrico ou nanométrico.

A MFC difere dos finos primários das polpas celulósicas, porque esses em geral são compostos de fragmentos de fibras ou de elementos de vaso e de células de parênquimas. Esses finos são de maiores dimensões do que as micelas de MFC, portanto, possuem menor superfície específica total de suas partículas.

Essa característica de um gel microfibrilar permite ao produto ter uma capacidade ligante incrível, sendo apreciado tanto para melhorar as ligações entre fibras e cargas no interior da folha de papel, como na aplicação como uma forma de revestimento da folha de um papel base que atua como um substrato receptor.

Isso tem permitido a geração de interessantes e criativas utilizações para a MFC, tendo tido sucesso na agregação de valor a produtos papeleiros. Um exemplo disso tem sido a facilidade de conversão de uma

folha de papel *linerboard* em um "White Top Liner", com adição por aspersão de um revestimento de uma mistura de MFC com uma carga mineral sobre a folha ainda úmida do papel que está sendo formado na parte úmida da máquina de papel. Uma fina camada desse ligante em mistura com caulim ou carbonato de cálcio, quando aplicada sobre a folha úmida do papel não branqueado conferirá propriedades muito interessantes como a obtenção de uma lisa e resistente capa branca na superfície desse papel. Essa camada é muito útil para garantir impressão de boa qualidade e reduz a quantidade de tinta durante essa aplicação. Resumidamente, uma simples e adequada aplicação dessa camada branca sobre a superfície do papel eleva seu valor de mercado, agrega valor ao produto e melhora a rentabilidade da fábrica.

Quando se agrega a MFC na massa para a formação da folha de papel, algumas vantagens importantes podem ser atingidas nesse tipo de fabricação, tais como:

- Redução do grau de refino da polpa (menor consumo de energia na refinação da massa), uma vez que a ligação poderá ser garantida também pelas microfibrilas da MFC. Outra vantagem que se obtém é a maior integridade das fibras menos refinadas, que tendem a se quebrar e a colapsar menos em função da menor necessidade de refinação.

- Aumento da resistência da folha úmida ("wet web strength"), que traz como vantagens: menor número de quebras, maior velocidade na máquina, menor geração de refugos e maior continuidade operacional da máquina de papel.

- Melhoria das propriedades físico-mecânicas do papel que estejam relacionadas à ligação entre fibras: tração, rasgo, estouro, densidade da folha, rigidez, lisura, etc.

- Redução do teor de amido para a massa, pois a MFC atua como uma espécie de cola no interior da folha de papel.

- Possibilidade de se aumentar o teor de carga mineral, o que é uma importante vantagem econômica para os fabricantes de papel.

- Possibilidade de redução da proporção de fibras longas, quando se usam as mesmas para ganho de resistência da folha úmida.

- Possibilidade de redução da gramatura do papel, quando isso for possível ou de interesse comercial.

- Melhoria na retenção das cargas minerais pela folha na operação mesa plana da máquina, o que colabora para minimizar o efeito de dupla face. Isso ajuda também a melhoria da qualidade da água branca, já que se reduz o "building up" de lixo na mesma.

- Permite o fechamento da superfície, quando se aplica a MFC sobre o topo da folha de papel. Com isso, se pode conseguir uma melhor impressão e um menor consumo de tinta de impressão.

- Oferece a oportunidade de aumentar o número de produtos no portfólio da fábrica. Exemplos: produção de WTL ("White Top Liner"), papéis de baixa gramatura, papéis ligeiramente revestidos, etc.

A integração dessas vantagens necessita ser acompanhada pelos técnicos papeleiros e otimizada, pois elas não acontecem todas de forma simultânea. Devem ser buscadas as combinações que ofereçam melhoria de desempenho operacional, qualidade dos produtos, redução de consumos específicos e melhoria nos custos unitários de produção. Devem também ser avaliados os efeitos dessa adição em outros parâmetros qualitativos e de desempenho da fábrica: grau de refino e drenabilidade da mistura de polpa com a MFC, consumo de água, efeitos sobre os efluentes, consumo de vapor para secagem, etc.

As principais propriedades intrínsecas da MFC que precisam ser controladas e avaliadas são:

- Pureza em material celulósico;

- Teor de cinzas ou elementos minerais;

- Teor de finos;

- Viscosidade (propriedade reológica que indica a maior ou menor dificuldade de um fluido escoar ou escorrer);

- Teor de secos ou consistência;

- Resistência e efeitos gerais sobre a folha de papel;

- Qualidade e sanidade microbiológica, já que é um produto que pode ser atacado por microrganismos.

A quantidade a ser aplicada de MFC na massa como ligante é função do que se deseja ou se pode obter em vantagens. E quais das vantagens são mais importantes em cada fábrica em função dos gargalos operacionais que se tenha. Há fábricas em que o gargalo está no setor de refinação de massa, em outras na retenção de finos pela massa na mesa plana, em outras na qualidade do papel, em outras na eficiência operacional (quebras e refugos), etc., etc.

Quando aplicada com função de ligante na massa, as dosagens mais usuais variam entre 0,5 a 2% base peso seco. O ponto de aplicação deve ser tal que garanta que toda a MFC aplicada acabe entrando na caixa de entrada da máquina de papel.

A aplicação por aspersão de MFC (contendo ou não carga mineral) colabora para melhorias na superfície da folha de papel: melhor retenção de cargas, menor geração de pó, maior lisura, melhor printabilidade, etc. Tem-se denominado a essa aplicação de "MFC on top", sendo que a mistura entre MFC e carga mineral pode variar bastante, em função do que se deseja agregar de vantagens ao papel. Essa operação não requer a presença de um "coater" e nem de tintas especiais como látex, etc. Trata-se de uma operação simples e barata e tem a missão de trazer alguma vantagem interessante e oportuna ao papel, mas não de converter o mesmo em um papel revestido de primeira linha.

Como exemplo, já citamos a possibilidade de se produzir um WTL a partir de uma folha de papel *liner*. Para isso, se faz a aspersão de uma mistura de MFC e carga mineral na proporção de 20 a 25% de MFC e 75 a 80% de carga mineral. A camada superficial desse revestimento pode ter cerca de 5 a 10 gramas secas/metro quadrado de folha. A secagem se dá na própria máquina de papel. Trata-se de uma tecnologia bastante simples, com suas limitações e suas virtudes.

Outros papéis em desenvolvimento com a utilização de MFC:

- **Papéis curativos**: para aplicação em feridas e queimaduras, competindo assim com as folhas de celulose bacteriana que hoje vem desempenhando esse papel.

- **Papéis barreira:** A aspersão de MFC formando uma capa de proteção na folha de papel tem sido desenvolvida para produção de papéis tipo barreira, para proteção e embalagem de alimentos e outros produtos que necessitem de proteção, a exemplo do que se consegue com o plástico. Nessas situações, em pleno desenvolvimento no setor, busca-se aplicar uma camada de MFC pura (ou com algum teor de carga) sobre um papel base que atua como

um substrato receptor. O papel base deve ter baixa gramatura e ser resistente o bastante para suportar a capa de MFC e depois desempenhar bem durante o seu uso. Há dificuldades ainda a serem vencidas, já que apenas um dos lados vai atuar como barreira. Também o processo de secagem deve ser muito eficiente para que não se deforme o compósito laminado de papel/MFC.

Enfim, as oportunidades estão surgindo, mas os produtores de MFC não podem ficar com o foco apenas no setor papeleiro. Há com certeza oportunidades na indústria alimentícia, de cosméticos, farmacêutica, etc.

Fonte da Imagem:
https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/172337/1/ct-413-1539-final-corrigido.pdf

Quanto ao processo de produção e comercialização, existem no momento presente três tipos de situações:

◊ Produção e consumo local por uma determinada fábrica que adquire um moinho ou usa algum de seus refinadores adaptado para produção da MFC, a qual será inteiramente utilizada na fabricação dos próprios papéis da mesma fábrica.

◊ Produção em parceria entre a empresa produtora de papel e a empresa detentora de tecnologia de produção do MFC. Essa última instala um moinho especial para essa produção nas dependências da fábrica de papel, opera usando polpa, água e energia elétrica, controla a qualidade do produto e vende de forma favorecida a essa mesma fábrica de papel.

◊ Produção por uma empresa detentora da tecnologia para MFC, que compra insumos, controla, embala e comercializa o produto aos interessados. Em geral, busca-se um local privilegiado, próximo a fábricas de papel (ou de outros tipos de consumidores) que possam consumir o produto sendo fabricado de forma rápida, após a produção. O teor de secos é baixo (entre 20 a 30%), a logística pode ser complexa, sendo o produto embalado em tonéis, carros pipa ou "big-bags", tudo dependendo dos acordos e das facilidades da interação entre a empresa produtora e as consumidoras.

Vídeo: How to disperse Borregaard's Exilva Microfibrillated Cellulose

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=WAXgTZvQ0Ks

Algumas patentes, palestras e artigos selecionados sobre a MFC:

Patente histórica: **Microfibrillated celulose.** A.F. Turbak; F.W. Snyder; K.R. Sandberg. ITT Rayonier. US Patent nº 4374702A. 09 pp. (1983)

https://patentimages.storage.googleapis.com/f7/6f/9f/391f0430aa4ebc/US4374702.pdf (em Inglês)

Patente histórica: **Redispersible microfibrillated celulose.** F.W. Herrick. Rayonier Inc. US Patent 4481076A. 07 pp. (1984)

https://patentimages.storage.googleapis.com/b0/75/6e/80da615f9f5b5f/US4481076.pdf (em Inglês)

Artigo em anais de evento: **The nanocelulose challenge**. VTT Symposium 263. Pages: 59 – 63. (2009)

https://www.vtt.fi/inf/pdf/symposiums/2010/S263.pdf (em Inglês)

Patente: **Process for treating microfibrillated cellulose and microfibrillated cellulose treated according to the process.** I. Heiskanen; K. Backfolk;; A. Kotilainen; V. Gaidelis; J. Sidaravicius. Stora Enso. European Patent EP2707540B1. 14 pp. (2012)

https://patents.google.com/patent/EP2707540B1 (em Inglês)

Artigo: **Nanofibrillated cellulose as paper additive in *Eucalyptus* pulps.** I. González; S. Boufi; M.A. Pèlach; M. Alcalà; F. Vilaseca; P. Mutjéa. BioResources 7(4): 5167 – 5180. (2012)

https://bioresources.cnr.ncsu.edu/wp-content/uploads/2016/06/BioRes_07_4_5167_Gonzalez_BPAVM_NF_Cell_Paper_Add_BHW_Pulps_3055.pdf (em Inglês)

Dissertação de Mestrado: **Efeito da incorporação de microfibrilas de celulose sobre as propriedades do papel.** D.C. Potulski. Dissertação de Mestrado. UFPR – Universidade Federal do Paraná. 75 pp. (2012)

https://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/7059/disserta%c3%a7ao_Daniele%20Cristina%20Potulski.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Português)

Artigo: **Nanocellulose patents trends: A comprehensive review on patents on cellulose nanocrystals, microfibrillated and bacterial cellulose.** H. Charreau; L. Foresti; A. Vázquéz. Recent Trends on Nanotechnologies 7(1): 56 – 80. (2013)

https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/14848/CONICET_Digital_Nro.18093.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Inglês)

Artigo: **Cellulose nanofibrils. Challenges and possibilities as a paper additive or coating material. A review.** F.W. Brodin; O.W. Gregersen; K. Syverud. Nordic Pulp & Paper Research Journal 29(1): 156 – 166. (2014)

https://www.degruyter.com/document/doi/10.3183/npprj-2014-29-01-p156-166/pdf (em Inglês)

Artigo: **Análise econômica da produção de celulose microfibrilada pelo método *grinding.*** C. Jordão; F.C. Claro; W.L.E. Magalhães. 51° Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel.06 pp. (2014)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2018_Celulose+Microfibrilada+Grinding.pdf (em Português)

Palestra: **Microfibrillated cellulose proven to create value in full scale papermaking.** P. Svending; E.S. Costa. 48º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 29 slides. (2015)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015_Microfibrillated+Cellulose.pdf (em Inglês)

Palestra: **Nanocelulose aplicada nas embalagens.** A.C. Corrêa; J.M. Marconcini. 48º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 34 slides. (2015)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/2015_Nanoceluloses+Embalagens.pdf (em Português)

Artigo: **State of the art: Production and application of nanocelluloses.** R.A.P. Damásio: I.F. Demuner; A. Ribeiro; F.B. Gomes; C.M. Jardim. 7th ICEP – International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. 09 pp. (2015)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/45_Renato+Damasio2.pdf (em Português)

Artigo: **MFC Review: News from the patent world.** I.M. Nygård-Vold**.** Borregaard A.S. Website. (2016)

https://blog.borregaard.com/exilva/mfc-review-news-from-the-patent-world (em Inglês)

Palestra: **Novas tecnologias – Agregando valor a partir da celulose.** S.M. Sommer; R.A.P. Damásio. 49º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 26 slides. (2016)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_Klabin+Agregando+Valor+Biorrefinarias.pdf (em Português)

Artigo: **MFC Review: What is new in the patent world of nanocellulose and MFC?** M.R. Read**.** Borregaard A.S. Website. (2016)

https://blog.borregaard.com/exilva/mfc-review-what-is-new-in-the-patent-world-of-nanocellulose-and-mfc (em Inglês)

Palestra: **Microfibrillated cellulose. A new tool for papermakers.** P. Svending; D. Skuse; J. Phipps. 49º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 17 slides. (2016)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_MFC_New_Tool.pdf (em Inglês)

Palestra: **MFC: Uma nova dimensão para inovação na Fibria.** G. Siqueira. 50º Congresso Internacional. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 30 slides. (2017)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2017_Micro_Fibrillated_Cellulose.pdf (em Português)

Dissertação de Mestrado: **Produção e caracterização de estruturas de celulose microfibrilada (CMF) e nanofibrilada (CNF) para o transporte e libertação controlada de anti-inflamatórios.** B.J.P. Maielano. UBI – Universidade Beira Interior. 91 pp. (2018)

https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/9965/1/6427_13595.pdf (em Português)

Artigo: **Nanocellulose nanocomposite hydrogels: Technological and environmental issues.** D.M. Nascimento; Y.L. Nunes; M.C.B. Figueirêdo; H.M.C. Azeredo; F.A. Aouada; J.P.A. Feitosa; M.F. Rosa; A. Dufresne. Green Chemistry 20: Artigo 2428. (2018)

https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/190004/1/ART18085.pdf (em Inglês)

Artigo: **Produção de filmes de celulose nanofibrilada.** W.L.E. Magalhães; F.C. Claro. Embrapa Florestas. Comunicado Técnico 413. 08 pp. (2018)

https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/172337/1/ct-413-1539-final-corrigido.pdf (em Português)

Artigo: **Integração da produção de xilo-oligossacarídeos como co-produto de alto valor agregado ao processo de produção de celulose nanofibrilada a partir do bagaço de cana-de-açúcar.** W.F. Marcondes. Dissertação de Mestrado. USP – Universidade de São Paulo. 73 pp. (2018)

https://teses.usp.br/teses/disponiveis/97/97131/tde-03122018-175854/publico/BID18001_C.pdf (em Português)

Reportagem: **Nanocelulose vegetal é usada no tratamento de queimaduras.** K. Pichelli. Embrapa Florestas. (2018)

https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/35311925/nanocelulose-vegetal-e-usada-no-tratamento-de-queimaduras (em Português)

Tese de Doutorado: **Filmes de amido de mandioca reforçados com nanopartículas de celulose visando aplicação em embalagens alimentícias "eco-friendly".** A.P. Travalini. Tese de Doutorado. UEPG – Universidade Estadual de Ponta Grossa. 150 pp. (2019)

https://tede2.uepg.br/jspui/bitstream/prefix/2928/1/ANA%20PAULA%20TRAVALINI.pdf (em Português)

Tese de Doutorado: **Lignonanofibras de celulosa (LNFC) a partir de residuos agro-industriales no madereros. Obtención, caracterización y aplicaciones.** E.E. Victor. Tese de Doutorado. Universidad de Córdoba. 210 pp. (2019)

https://helvia.uco.es/bitstream/handle/10396/18994/2019000001964.pdf (em Espanhol)

Artigo: **Patents involving nanocellulose: Analysis of their evolution since 2010.** H. Charreau; E. Cavallo; M.L. Foresti. Carbohydrate Polymers 237(1): Artigo 116039. (2020)

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0144861720302137 (em Inglês)

Artigo: **Cellulose nanofibers from recycled and virgin wood pulp: A comparative study of fiber development.** S. Ang; V. Haritos; W. Batchelor. Carbohydrate Polymers 234: Artigo 115900. (2020)

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0144861720300746?via%3Dihub (em Inglês)

Artigo: **Using micro- and nanofibrillated cellulose as a means to reduce weight of paper products: A review.** F. Zambrano; H. Starkey; Y. Wang; C.A. Assis; R. Venditti; L. Pal; H. Jameel; M.A. Hubbe; O.J. Rojas; R. Gonzalez. BioResources 15(2): 4553 – 4590. (2020)

https://bioresources.cnr.ncsu.edu/wp-content/uploads/2020/03/BioRes_15_2_4553_Zambrano_SWAVPJHRG_Review_Micro_Nanofibrillated_Cellulose_Reduce_Product_Weight_16324.pdf (em Inglês)

Artigo: **Environmental sustainability innovation: Leading companies in microfibrillated cellulose production for the packaging industry.** Packaging Gateway Website. (2022)

https://www.packaging-gateway.com/data-insights/innovators-microfibrillated-cellulose-production-packaging/ (em Inglês)

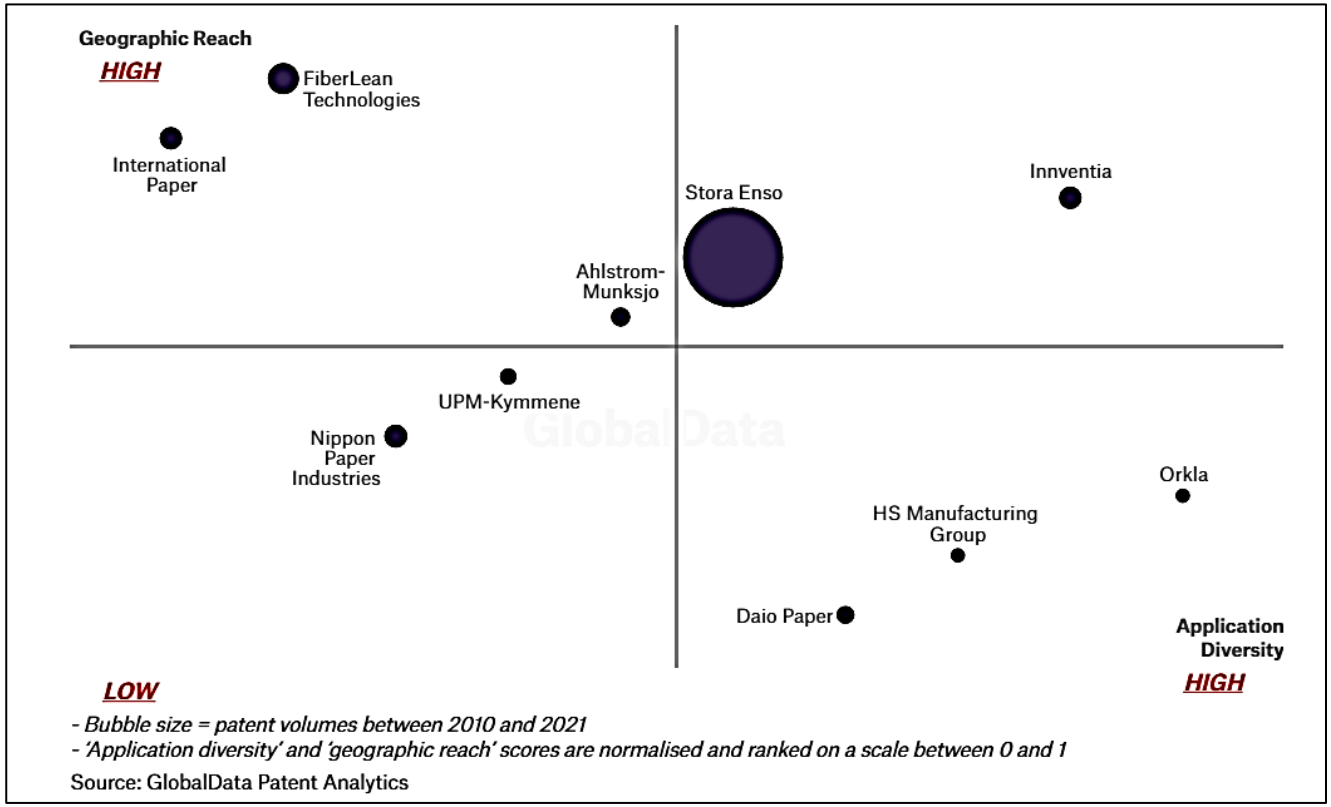
Patentes: **Patents assigned to FiberLean Technologies Limited**. Justia Patents Search. (2022)
https://patents.justia.com/assignee/fiberlean-technologies-limited (em Inglês)

Patentes: **Patents assigned to Borregaard Industries.** Justia Patents Search. (2022)
https://patents.justia.com/assignee/borregaard-industries-limited (em Inglês)

Palestra: **Money from cellulose.** E. Landerstet; D. Ingle. Fiberlean Technologies. Apresentação em PowerPoint: 29 slides. (2022)
https://www.fiberlean.com/assets/Files/2022-12-BDC-Webinar-Enrico-Danny_13_12.pdf (em Inglês)

Artigo: **Setting priorities in CNF particle size measurement: What is need vs. what is feasible?** R.J. Moon; C.L. Hensdal; S. Beck; A. Fall; J. Costa; E. Kojima; T. Abitbol; V. Raghuwanshi; C. Walker; W. Batchelor. Tappi Journal 22(2): 116 – 137. (2023)
https://imisrise.tappi.org//download.aspx?key=23FEB116 (em Inglês)

Artigo: **The global market for nanocellulose 2023-2033 (cellulose nanofibers, cellulose nanocrystals and bacterial nanocellulose).** TAPPI CareerWire. Acesso em 27.03.2023:
https://www.naylornetwork.com/ppi-careerWire/articles/index.asp?aid=771634&issueID=99780 (em Inglês)

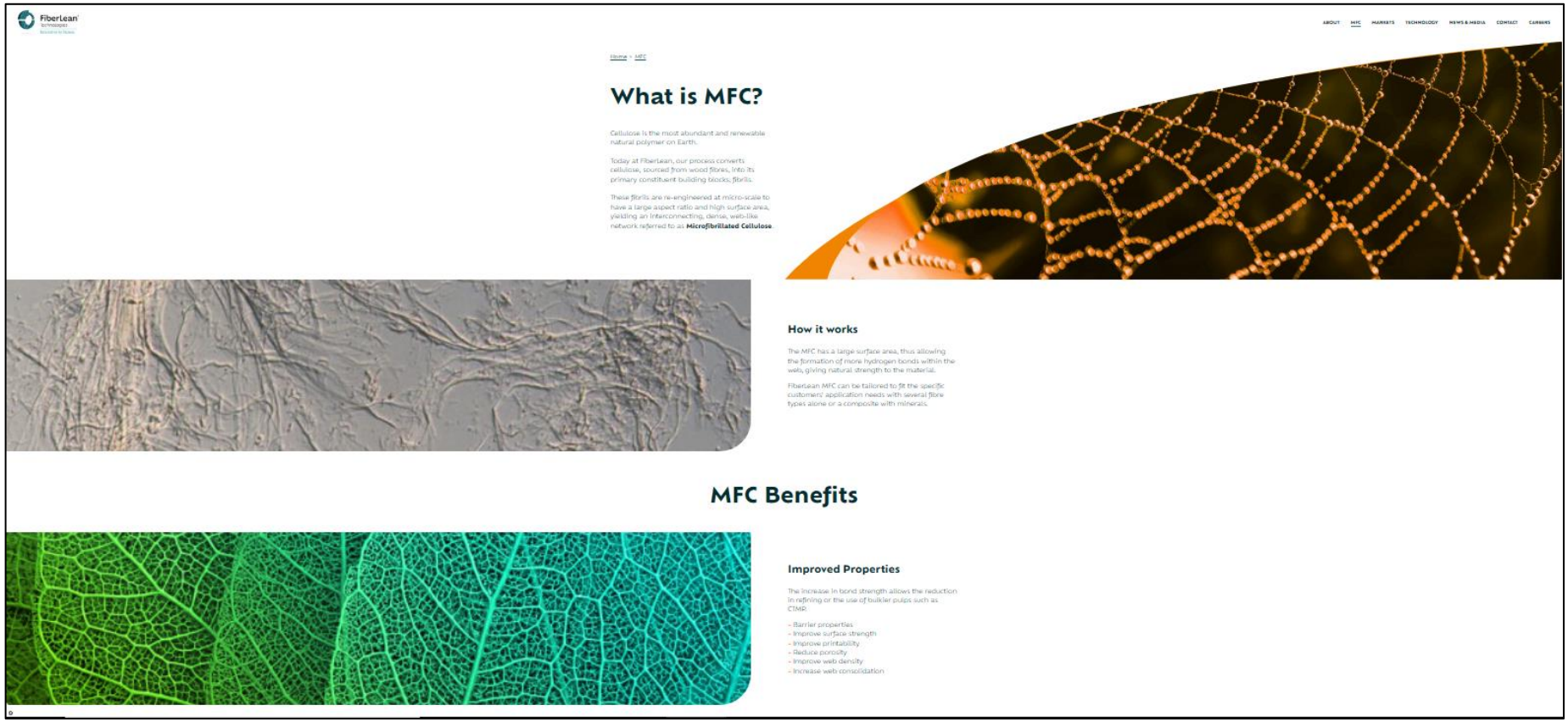


Empresas líderes em patentes sobre MFC e NFC

Fonte da Figura:

https://www.packaging-gateway.com/data-insights/innovators-microfibrillated-cellulose-production-packaging/

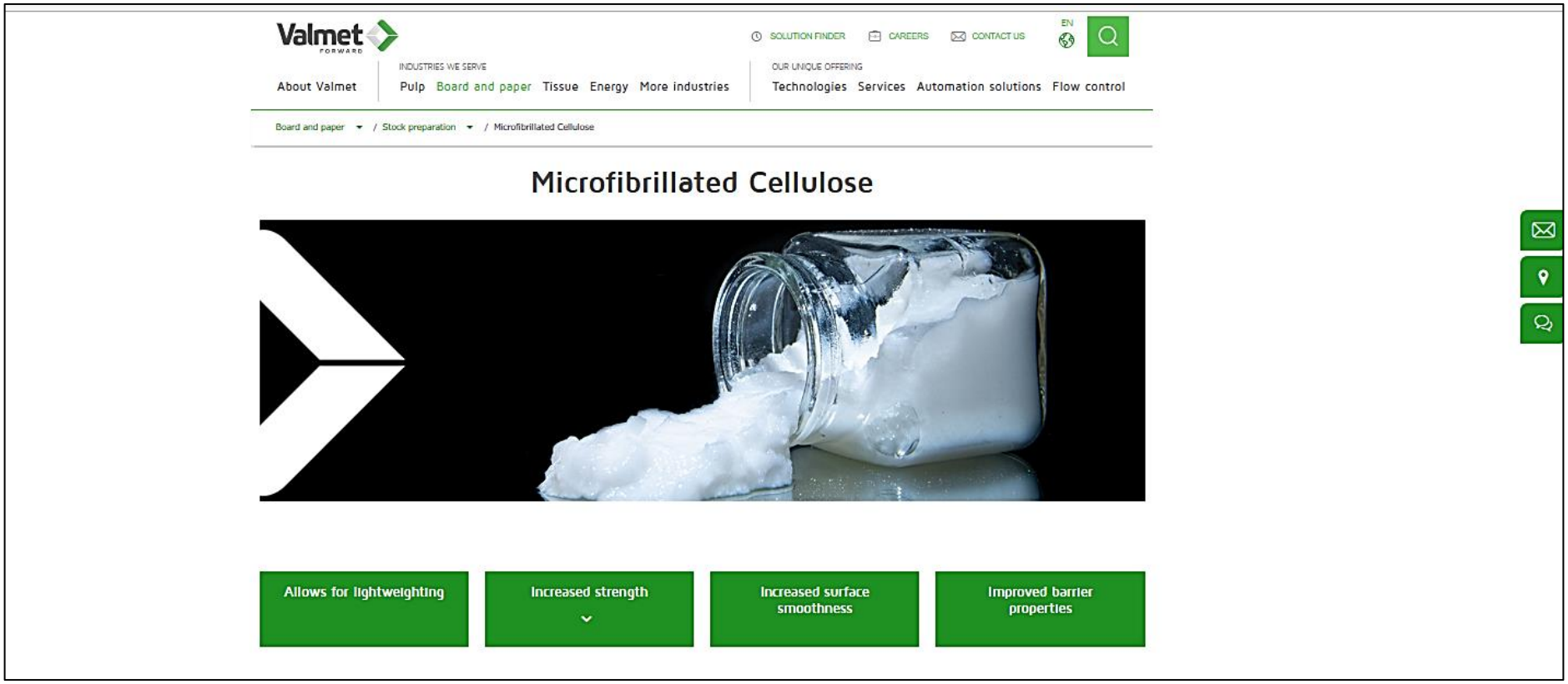
E a seguir, mais alguns websites interessantes para sua navegação:



Fontes das Imagens:

https://www.fiberlean.com/mfc/#what-is-mfc

https://www.youtube.com/@fiberleantechnologies8489 (Vídeos Fiberlean sobre MFC – em Inglês)



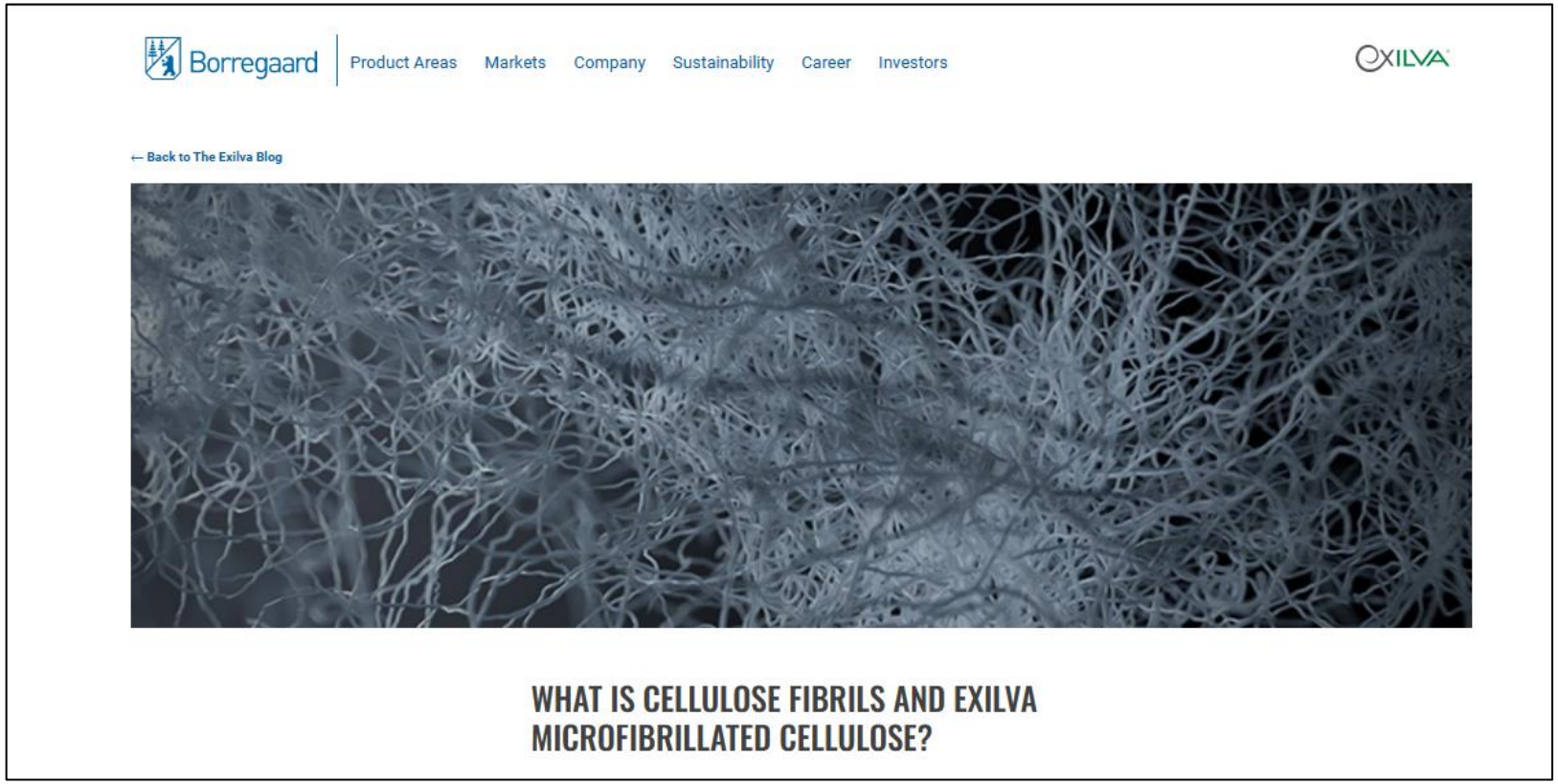
Fonte das Imagens:

https://www.valmet.com/board-and-paper/stock-preparation/microfibrillated-cellulose/

https://valmet.my.salesforce-sites.com/solutionfinderweb/FilePreview?id=0694H00000CH5TeQAL
(Brochura Valmet sobre equipamentos para produção de MFC - em Inglês)

Fonte das Imagens:

https://www.andritz.com/products-en/group/pulp-and-paper/pulp-production/kraft-pulp/a-concrystal
(Tecnologia Andritz para produção de MCC – Micro – Crystalline Cellulose)



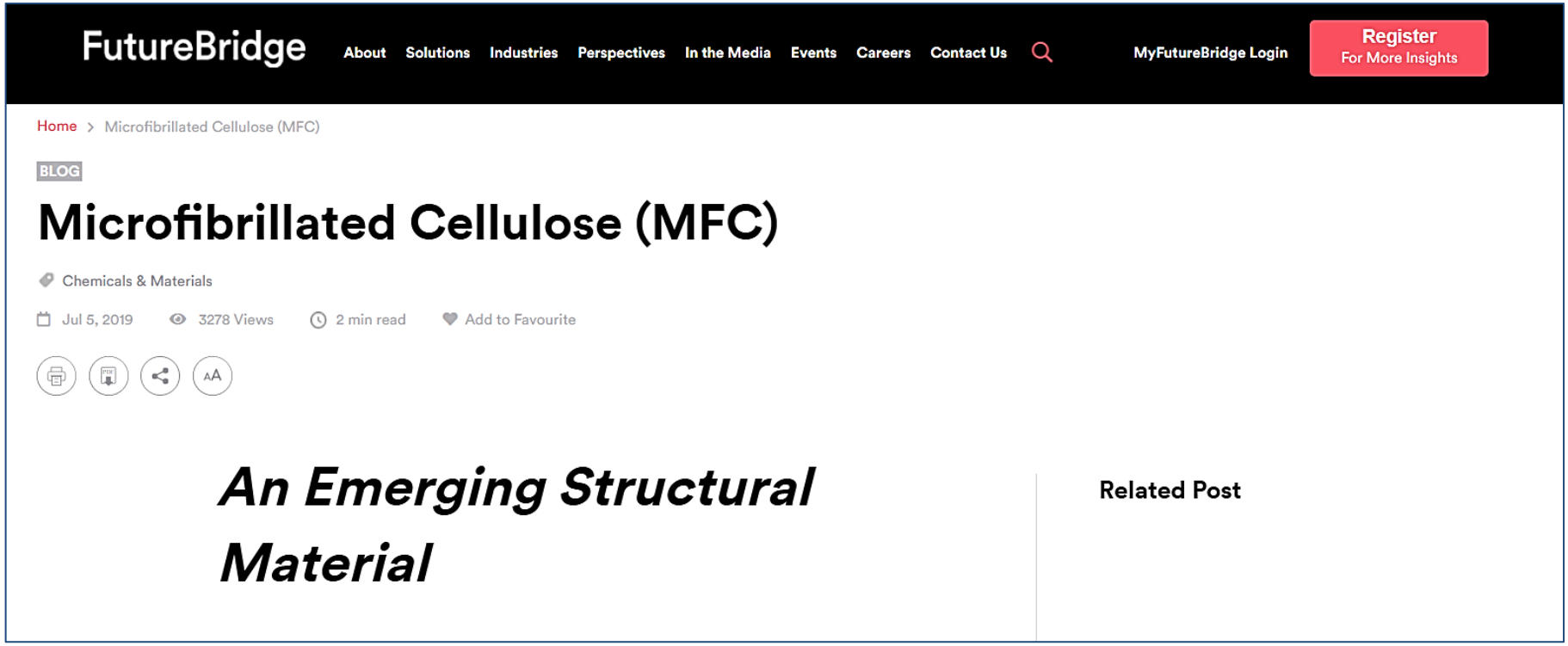
Fonte de Imagens:

https://blog.borregaard.com/exilva/what-is-microfibrillated-cellulose-mfc

https://www.borregaard.com/product-areas/cellulose-fibrils/

https://www.youtube.com/watch?v=D9rsS3sySJc

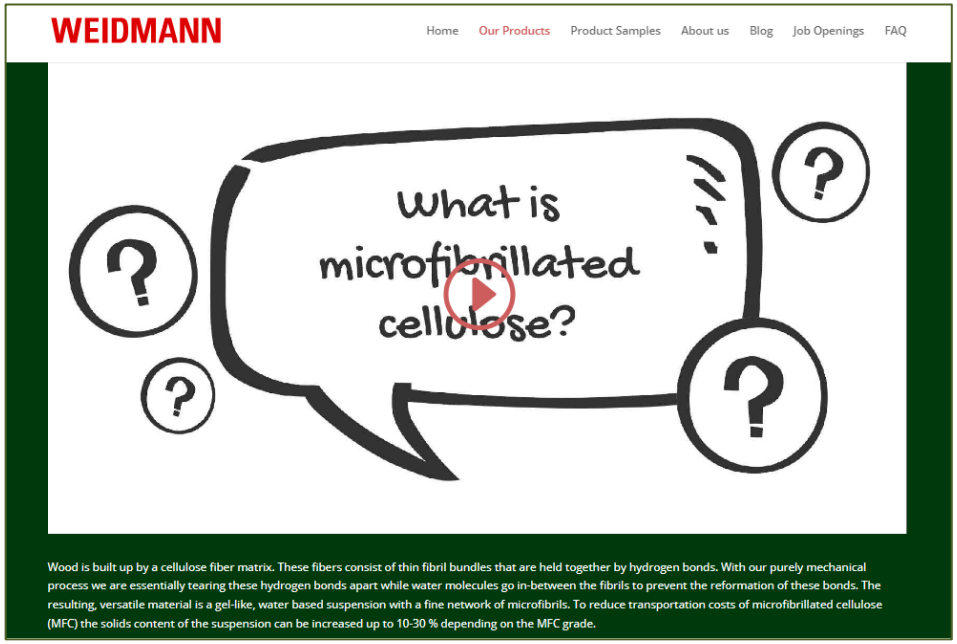
https://www.youtube.com/watch?v=AmlJjdjR5qs

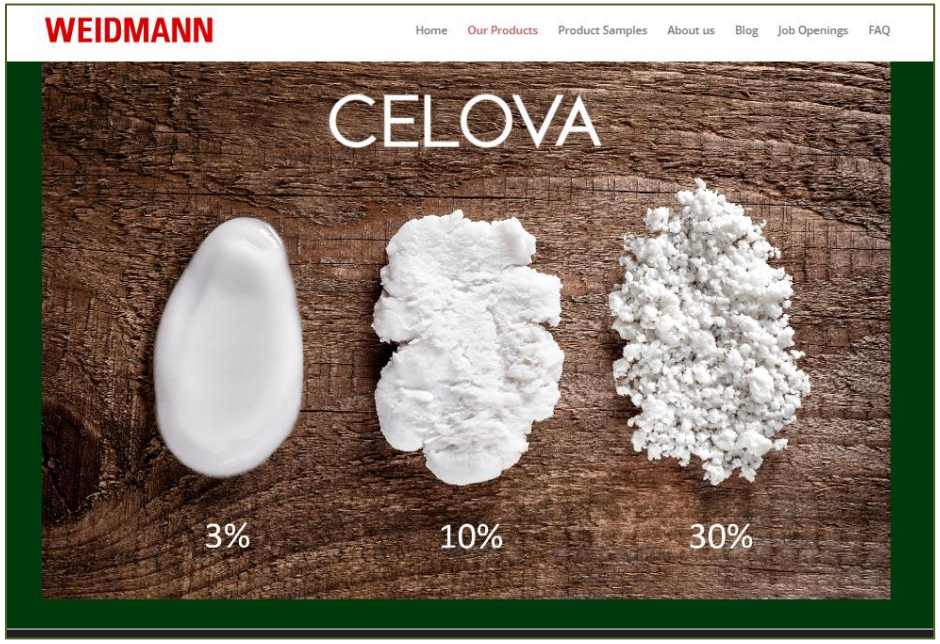


Microfibrillated Cellulose (MFC) - FutureBridge

Fonte da Imagem:

https://www.futurebridge.com/blog/microfibrillated-cellulose-mfc/





Weidmann Fiber Technology - Applications of Microfibrillated Cellulose

Fontes das Imagens:

https://weidmannfibertechnology.com/products/

https://youtu.be/bpefjv9esQ8 (What is CELOVA)

09. 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 recentes anos estudando e pesquisando sobre as biorrefinarias de base lignocelulósica florestal foram enormemente abrilhantados pelas integrações tecnológicas entre todos nós: professores, alunos, pesquisadores e técnicos das inúmeras fábricas, associações, fornecedores e universidades onde eu tive as oportunidades de atuar

Foram privilégios profissionais em minha carreira

Conseguimos de forma integrada criar rotas de novos conhecimentos e de conquistas para o Brasil nessa área setorial

Com o somatório de conhecimentos, integração, determinação e competências, nós brasileiros continuaremos a caminhar por rotas vitoriosas no setor de produção e comercialização de polpas celulósicas, papéis e muitos dos produtos das biorrefinarias integradas, sejam as obtidas de matérias-primas lignocelulósicas dos eucaliptos, pinheiros e outras matérias-primas fibrosas que venham a ser desenvolvidas pelos nossos esforços

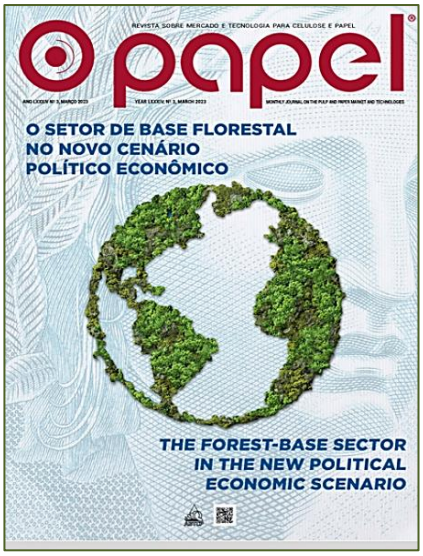
Assim espero...

E vamos em frente...

Fazendo os maiores e melhores esforços para o nosso sucesso...

Uma rede tecnológica favorecendo a transferência de conhecimentos setoriais

10. Coletânea de publicações selecionadas por temas a partir de materiais publicados por consagrados autores em assuntos relacionados à bioeconomia e às biorrefinarias integradas ao setor de celulose e papel e de base florestal plantada



Fonte das Imagens: Revista O Papel - ABTCP

A literatura global sobre biorrefinarias integradas à produção de celulose e papel é vasta, rica e muito diversificada, principalmente em publicações e websites de países como Estados Unidos da América, Canadá, Finlândia, Suécia, Alemanha, França, Japão, Portugal, etc. No Brasil, as referências já são também bastante numerosas, com uma interessante diversidade, pois englobam referências do setor de biomassa energética, biomassa agrícola (setor sucroalcooleiro) e do setor de base florestal, onde se incluem os estudos de pesquisa e literaturas do segmento de celulose e papel.

A seguir, estão apresentadas para acesso público, inúmeras publicações sobre as diferentes plataformas tecnológicas das biorrefinarias de biomassa 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, pelo contrário, ela traz apenas uma pequena amostra do muito que se pode encontrar em buscas que se venham a realizar na web e em publicações em formato papel em bibliotecas e repositórios acadêmicos.

Essa seção tem a finalidade de estar complementando as centenas de referências bibliográficas já relacionadas ao longo desse nosso texto em seções anteriores nessa publicação

As publicações de autoria do professor Celso Foelkel e/ou da Dra. Ester Foelkel estão relacionadas na Seção 5 (a partir da página 142) desse Relato de Vida, nas subseções 5.1 e 5.2

Foram referenciados para a composição dessa coletânea de textos, muitos materiais que pudessem agregar conhecimentos e que estivessem relacionados aos propósitos desse ***Relato de Vida do professor Celso Foelkel***. São algumas centenas de produções técnicas selecionadas e relacionadas para acesso, todas nesse momento disponíveis na web para serem consultadas na maioria dos casos, gratuitamente.

Tenho certeza que muitas etapas da história e da evolução tecnológica das biorrefinarias de biomassa no Brasil e internacionalmente estão sendo resgatadas por esses trabalhos técnicos. Por isso, sugiro aos interessados que naveguem com atenção para extrair uma fantástica dose de conhecimentos úteis daquilo que os autores dos mesmos nos ofereceram.

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

Os materiais disponibilizados para acesso público foram separados em três 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 às biorrefinarias de biomassa, dando-se ênfases à evolução das tecnologias e da aplicação das mesmas para o setor de celulose e papel, embora existam também publicações sobre outros tipos de setores que se valem de biorrefinarias integradas de biomassa, em função de suas relevâncias.

Importante também lembrar, que os estudos de biorrefinarias possuem forte relação com a química das madeiras e das polpas e das reações entre os componentes das matérias-primas e das variáveis operacionais dos processos de polpação e de recuperação do licor de cozimento. Por essa razão, estão incluídas literaturas que podem dar embasamento e suporte ao melhor entendimento dessas importantes áreas de conhecimento.

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 que se complementa às demais seleções de bibliografias já sugeridas e destinadas a todos àqueles que desejarem aprender mais sobre as biorrefinarias, bioeconomia e economia circular.

Grupo 1: Referências de "Materiais de Livros/Cursos/Eventos/Vídeos relacionados às biorrefinarias de matérias-primas lignocelulósicas integradas ao setor de celulose e papel e de base florestal plantada" com acesso público e gratuito

Grupo 2: Seleção de alguns "Websites onde se podem encontrar materiais disponíveis sobre as biorrefinarias integradas ao setor de celulose e papel e de base florestal plantada" com acesso público e gratuito

Grupo 3: Algumas referências de literaturas disponibilizadas em mídia eletrônica e referentes às "Biorrefinarias integradas ao setor de celulose e papel e de base florestal plantada em escala global" – Uma complementação ás centenas de outras referências citadas em outras seções desse Relato de Vida

A era das biorrefinarias se iniciou muito antes de surgir essa denominação

Muitas das tecnologias atualmente utilizadas surgiram muito antes disso

Essas tecnologias foram sendo aperfeiçoadas em desempenho e escala de produção

Construindo assim os alicerces dessas nossas atuais biorrefinarias de biomassa

The kraft pulp mill— a producer of energy and pulp

SVEN A. JOHNSSON*

SUMMARY

The kraft pulp mill is considered as a producer of pulp, by-products and energy. With the rising cost of fossil fuels the production of energy from wood—a renewable source is seen to be of increasing significance in the economic operation of a pulp mill. The relevant factors are the relative costs of wood and fossil fuels and mill constraints in terms of pulp quality requirements, pulp yield, pulp production capacity and market limitations if applicable.

It is normal to think of a pulp mill just as a producer of pulp. However, a chemical pulp mill is also an efficient producer of energy from a renewable resource—wood. Most of the energy produced is used in the manufacturing of the pulp, but some surplus heat is normally available for use in *eg* an associated paper mill. The amount of surplus heat depends on yield, process used and energy saving measures introduced.

With the cost of fossil fuel constantly rising there is good reason to take a careful look at the 'product mix' of pulp and energy. The optimal 'mix' will vary greatly depending on wood costs, energy costs, mill constraints, *etc.* Of these factors the wood cost is probably the one that shows the largest variations between different regions of the world. In Scandinavia—one of the major pulp producing regions—the availability of wood is now the limiting factor (apart from the market) for increased pulp production, and marginal quantities of wood are already imported. This factor together with slow tree growth, high labour costs in extracting the wood and high haulage costs makes wood a very expensive commodity in Scandinavia. New Zealand, to take a different example, will in the 1990's have a forest resource of long fibre wood three times that at present(1). Wood costs in New Zealand and southern USA are typically one third to one half of those in Scandinavia. Clearly the optimal product mix of pulp and energy cannot be the same in Scandinavia and New Zealand, even if factors other than wood cost were similar.

The cost of building new kraft pulp mills has soared to such heights during recent years that in most cases only very substantial increases in the price of pulp can justify the capital cost of a new mill. Extension and optimisation of existing mills will therefore be the rule and the determination of the correct pulp/energy product mix will play an important part in this work.

CONVERSION OF WOOD TO PULP AND ENERGY

Figure 1 shows an unbleached pulp mill as a 'black box'. It should be noted that the input streams (wood and fuel oil) can be interchanged to a certain extent, *ie* more wood and less oil can be used. The same applies to the output streams, *ie* pulp, electricity, process steam and by-products can be interchanged within limits. It is assumed that the pulp mill is integrated with a paper mill so that normally there is no excess steam. The fossil fuel used is assumed to be oil throughout this paper, but the conclusions are similar if natural gas is used.

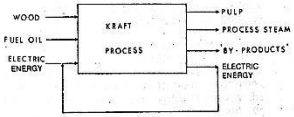


Fig. 1—Kraft process from an energy point of view.

Table 1 shows individual reactions where energy in various forms is involved. Wood fuel is preferred as a name for wood material burned instead of wood waste. According to the first reaction wood is converted in the wood preparation plant into various proportions of wood fuel and chips, and possible chemicals (the latter could be bark tannins and, in future, alcohol). The chips in their turn are converted into pulp and net steam (plus chemicals such as tall oil and turpentine). Some fuel oil is normally necessary in this process for use in the lime kiln. The generation of electric energy from high pressure steam will be discussed later. If the pulp mill has no back pressure turbine there is no energy term on the right side of that equation. The use of a condensing turbine will only apply in very special circumstances.

To decrease the amount of fuel oil used, more steam has to be generated either according to the pulping/recovery equation (by burning black liquor) or by converting more wood fuel directly into steam. For a constant pulp production the first alternative means a lower yield, more wood material used in the pulping process and correspondingly more organic material burned in the recovery boiler. The other alternative means more wood fuel burned in a wood fuel boiler.

Table 2 shows that the net amount of extra energy obtained is about the same (12 to 13 GJ/t o.d. wood)

*Senior Process Engineer, N.Z. Forest Products Ltd, Kinleith Mill, Tokoroa, Bay of Plenty, New Zealand. Full Member Appita.
Paper presented at New Zealand Annual Conference, November 1979.

November 1980 219

Plasma gasification of kraft thick liquor

Pilot plant trials show it is possible

BY R. BERNHARD AND J. MÅRTENSON

In 1972 SKF Steel started development of new industrial processes based on plasma technology. Plasma means the state when the electrons leave the atoms and the gas becomes ionized. Using these phenomena the gas obtains a very high energy density without high heat losses. One of the main objectives was to lower energy costs.

This work has resulted in efficient plasma generators as well as a series of industrial processes where these tools are used [1]. Plasma generators in the range 1 to 10 MW are available with more than 85% efficiency in the conversion of electrical energy to thermal energy.

A Plasmared plant, with an annual capacity 50 000 tonnes of direct reduced iron (DRI), using a 6-MW plasma generator has been in continuous operation at the SKF Steel since 1981 [2].

A Plasmadust plant with three 6-MW plasma generators for recovery of metals from electric arc furnace baghouse dust and other oxidic wastes was commissioned in 1984 [3].

BERNHARD MÅRTENSON

R. Bernhard, Stora Kopparberg, Falun; J. Mårtenson, SKF Steel Engineering AB, Hofors, Sweden.

Pulp chemical recycling

Today's dominant chemical pulping process, the kraft process, also yields black liquor containing the spent cooking chemicals and about one tonne of dissolved organics per tonne of pulp. Converted to energy and new cooking chemicals, the black liquor corresponds to about one quarter of the total pulping cost.

The conventional process for black liquor recovery comprises a Tomlinson recovery boiler producing energy and green liquor, a causticizing unit to convert green liquor carbonate to caustic, and a lime kiln to reburn the spent lime. This process has experienced a dramatic capacity increase during the last few decades but there are still some inherent problems.

Some sulphur is lost as sulphur dioxide, some is converted to inert sulphate. The lime cycle represents a high cost for external fuel and make-up lime. The recovery boiler steam pressure has to be kept relatively low for safety reasons. The capital investment is high.

With plasma technology, Fig. 1, these problems are solved, using a new process jointly developed by SKF Steel Engineering and Stora Kopparberg [4]. The concept is to separate the recovery boiler function in two stages. One is for extracting the chemicals from the black liquor and simultaneously producing a fuel gas, and the other is for producing steam from the fuel gas. Thus, it is possible to eliminate the lime cycle, simplify the process, and reduce the external fuel.

Possible sodium and sulphur compounds from kraft black liquor at various conditions, as determined by chemical thermodynamics, were presented at the Black Liquor Recovery Boiler Symposium in 1982 at Helsinki [5]. The results, showing four regions of technical interest, all with sodium carbonate as a major component, are reproduced in Fig. 2.

Also shown is a completely new region made possible by plasma gasification. At about 1250°C all sulphur is present as liquid Na_2S with the rest of the alkali as gaseous Na and gaseous NaOH.

Chemical equilibrium

With the help of the Solgasmix computer program [6] for thermodynamic equilibrium calculations, a series of results has been obtained for plasma gasification of black liquor. The dry substance content of the liquor varied between 65 and 85%. To find out how much the electrical energy requirement could be reduced, calculations were made with more or less oxygen included.

For example, a case was chosen with 75% solids and with 30% of the oxygen needed for complete combustion. The temperature selected was somewhat below the limit for complete decomposition of sodium carbonate, giving 10 mole% of total Na as Na_2CO_3.

Table I shows the sodium compounds

TABLE I. Black liquor gasification sodium products.

Na_2S	liquid, mole Na	32	100
Na_2CO_3	liquid, mole Na	10	
NaOH	liquid, mole Na	11	
NaOH	gaseous, mole Na	19	
Na	gaseous, mole Na	28	

TABLE II. Black liquor gasification non-sodium products.

CO	gaseous, mole	236
H_2	gaseous, mole	192
CO_2	gaseous, mole	99
H_2O	gaseous, mole	82
H_2S	gaseous, mole	0.2
Total	mole	690

T385

64 PULP & PAPER CANADA 87:10 (1986)

Utilization of By-Products of the Pulp and Paper Industry

IRWIN A. PEARL

The gradually evolving by-product utilization development of the pulp and paper industry has been urged forward by the growing concern for water and air pollution. Producers of essentially all types of pulp are interested in the abatement of these pollutions and, if possible, in converting waste effluents into revenue-producing by-products. A number of successful operations are described. Fundamental and practical research is continuing. Technology of by-product production is necessary, but, for successful commercial operation, this technology may be subordinate to such factors as needs of outside industry, changing national and international economies, changing consumer requirements, tariffs, subsidies, political pressures, production costs relative to those of other processes, and the like.

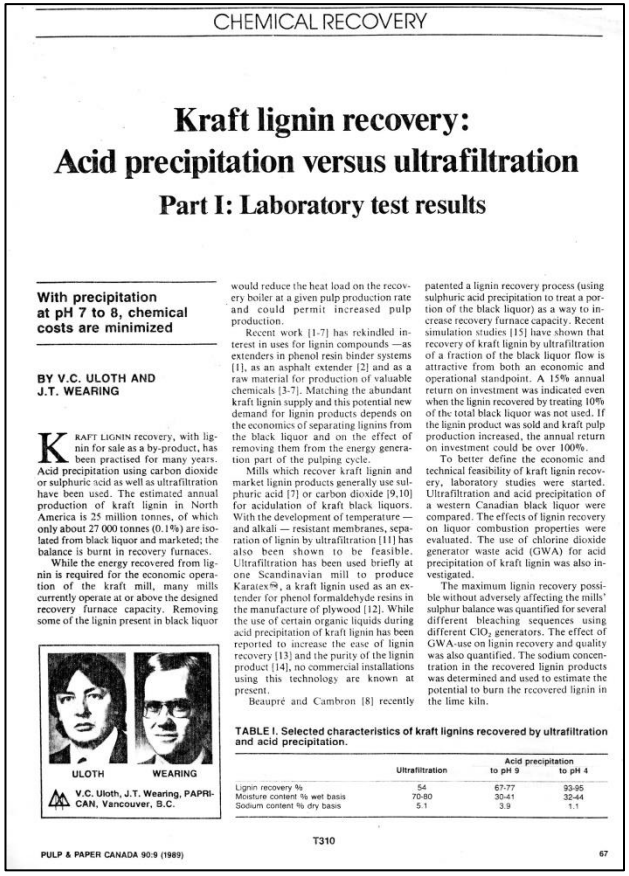
Keywords: Paper industry · By-products · Utilization · Pollution · Sulfite pulping · Spent liquors · Carbohydrates · Lignosulfonates · Vanillin · Sulfate pulping · Tall oil · Turpentine · Alkali lignins · Bark · Reviewing

In the production of chemical wood pulp about 50% of the wood substance furnished to the digesters is recovered as cellulosic pulp, and the other 50% appears in the spent pulping liquor or as volatiles in the blow gases from the digesters. This situation is responsible for such cliches as "the other half of the tree" or "the other half of the log" to describe the waste products of the pulp industry. In practice, the unused portion of the raw material of the pulp industry represents considerably more than half of the tree because it also includes the bark, leaves, and all the tops and branches left in the woods. Thus, for the annual production in the United States alone of approximately 40 million tons of chemical pulp, the amount of wood substance not recovered as cellulose fiber is probably more than 100 million tons. For the most part, this waste is sewered into adjoining waterways, volatilized to the atmosphere, allowed to rot in the woods, or burned with or without the recovery of heat. The gloomy picture painted by the above introduc-

Irwin A. Pearl received his B.S., M.S., and Ph.D. degrees from the University of Washington. He was a Teaching Fellow in organic chemistry at that university from 1934 to 1937 and did post-doctorate research in organic chemistry as a Research Associate until 1941. During this time he was supervisor of the State of Washington Department of Conservation and Development Laboratories. In 1941, Dr. Pearl joined the staff of The Institute of Paper Chemistry, Appleton, Wis. His principal researches have been in the fields of utilization of spent sulfite liquor lignin, the chemistry of lignin, the chemistry of vanillin and its derived compounds, chemistry of aspenwood, pulp mill pollution and chemicals from wood, bark, and leaves. He has published more than 200 papers on various aspects of these fields and is author of the book "The Chemistry of Lignin" (Marcel Dekker, Inc., New York, 1967). Dr. Pearl is a member of TAPPI, ACS, the Electrochemical Society, Forest Products Research Society, Phytochemical Society of North America, Wisconsin Academy of Science, New York Academy of Science, Sigma Xi, and Phi Lambda Upsilon.

Tappi / July 1969 Vol. 52, No. 7 1253

Páginas de rosto de alguns artigos do século passado



CHEMICAL RECOVERY

Kraft lignin recovery: Acid precipitation versus ultrafiltration

Part I: Laboratory test results

With precipitation at pH 7 to 8, chemical costs are minimized

BY V.C. ULOTH AND J.T. WEARING

KRAFT LIGNIN recovery, with lignin for sale as a by-product, has been practised for many years. Acid precipitation using carbon dioxide or sulphuric acid as well as ultrafiltration have been used. The estimated annual production of kraft lignin in North America is 25 million tonnes, of which only about 27 000 tonnes (0.1%) are isolated from black liquor and marketed; the balance is burnt in recovery furnaces.

While the energy recovered from lignin is required for the economic operation of the kraft mill, many mills currently operate at or above the designed recovery furnace capacity. Removing some of the lignin present in black liquor would reduce the heat load on the recovery boiler at a given pulp production rate and could permit increased pulp production.

Recent work [1-7] has rekindled interest in uses for lignin compounds —as extenders in phenol resin binder systems [1], as an asphalt extender [2] and as a raw material for production of valuable chemicals [3-7]. Matching the abundant kraft lignin supply and this potential new demand for lignin products depends on the economics of separating lignins from the black liquor and on the effect of removing them from the energy generation part of the pulping cycle.

Mills which recover kraft lignin and market lignin products generally use sulphuric acid [7] or carbon dioxide [9,10] for acidulation of kraft black liquors. With the development of temperature — and alkali — resistant membranes, separation of lignin by ultrafiltration [11] has also been shown to be feasible. Ultrafiltration has been used briefly at one Scandinavian mill to produce Karatex®, a kraft lignin used as an extender for phenol formaldehyde resins in the manufacture of plywood [12]. While the use of certain organic liquids during acid precipitation of kraft lignin has been reported to increase the ease of lignin recovery [13] and the purity of the lignin product [14], no commercial installations using this technology are known at present.

Beaupré and Cambron [8] recently patented a lignin recovery process (using sulphuric acid precipitation to treat a portion of the black liquor) as a way to increase recovery furnace capacity. Recent simulation studies [15] have shown that recovery of kraft lignin by ultrafiltration of a fraction of the black liquor flow is attractive from both an economic and operational standpoint. A 15% annual return on investment was indicated even when the lignin recovered by treating 10% of the total black liquor was not used. If the lignin product was sold and kraft pulp production increased, the annual return on investment could be over 100%.

To better define the economic and technical feasibility of kraft lignin recovery, laboratory studies were started. Ultrafiltration and acid precipitation of a western Canadian black liquor were compared. The effects of lignin recovery on liquor combustion properties were evaluated. The use of chlorine dioxide generator waste acid (GWA) for acid precipitation of kraft lignin was also investigated.

The maximum lignin recovery possible without adversely affecting the mills' sulphur balance was quantified for several different bleaching sequences using different ClO_2 generators. The effect of GWA-use on lignin recovery and quality was also quantified. The sodium concentration in the recovered lignin products was determined and used to estimate the potential to burn the recovered lignin in the lime kiln.

ULOTH WEARING

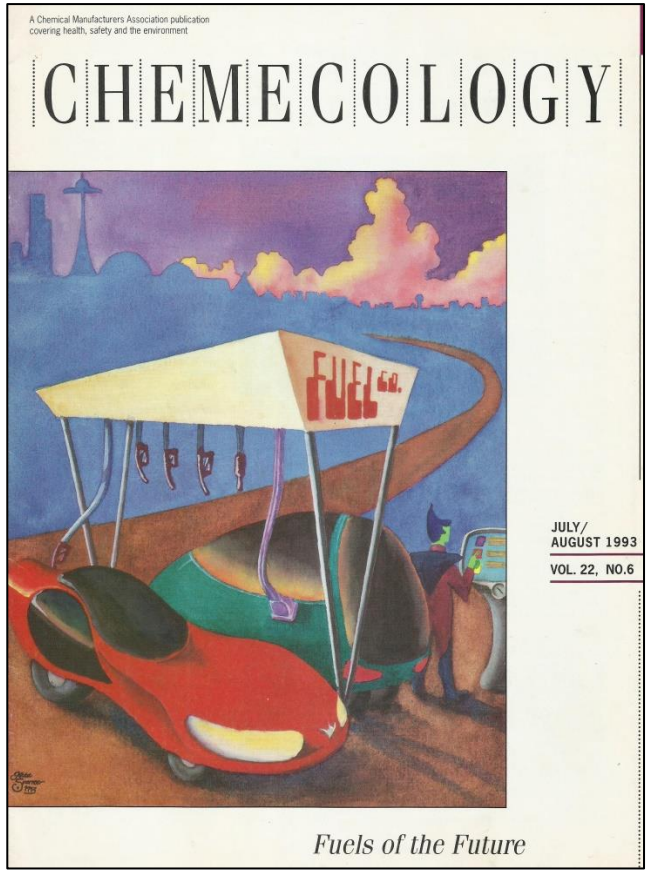
V.C. Uloth, J.T. Wearing, PAPRICAN, Vancouver, B.C.

TABLE I. Selected characteristics of kraft lignins recovered by ultrafiltration and acid precipitation.

	Ultrafiltration	Acid precipitation to pH 9	Acid precipitation to pH 4
Lignin recovery %	54	67-77	93-95
Moisture content % wet basis	70-80	30-41	32-44
Sodium content % dry basis	5.1	3.9	1.1

T310

PULP & PAPER CANADA 90:9 (1989) 67



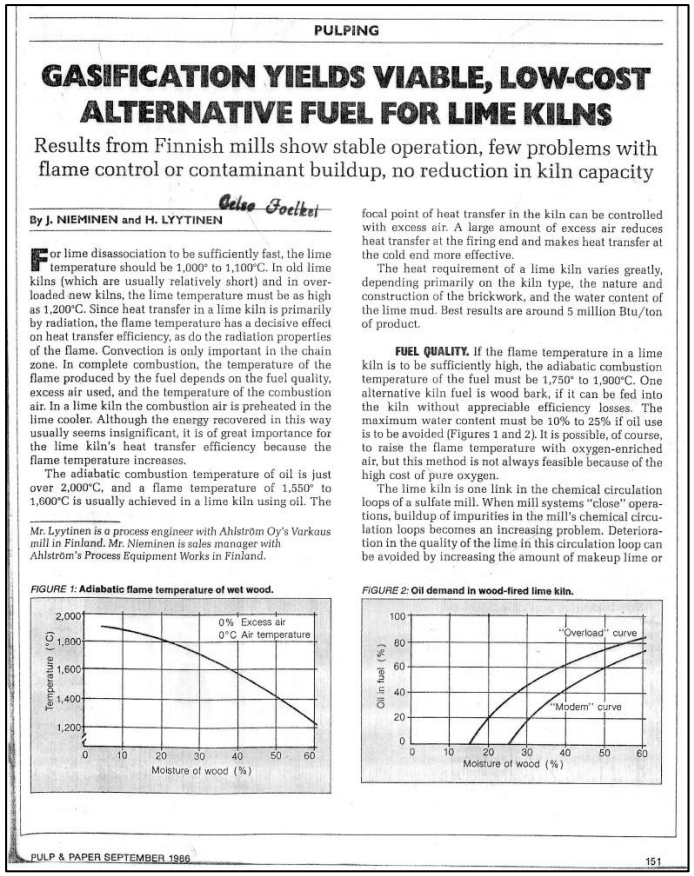
A Chemical Manufacturers Association publication covering health, safety and the environment

CHEMECOLOGY

JULY/ AUGUST 1993

VOL. 22, NO.6

Fuels of the Future



PULPING

GASIFICATION YIELDS VIABLE, LOW-COST ALTERNATIVE FUEL FOR LIME KILNS

Results from Finnish mills show stable operation, few problems with flame control or contaminant buildup, no reduction in kiln capacity

By J. NIEMINEN and H. LYYTINEN

For lime disassociation to be sufficiently fast, the lime temperature should be 1,000° to 1,100°C. In old lime kilns (which are usually relatively short) and in overloaded new kilns, the lime temperature must be as high as 1,200°C. Since heat transfer in a lime kiln is primarily by radiation, the flame temperature has a decisive effect on heat transfer efficiency, as do the radiation properties of the flame. Convection is only important in the chain zone. In complete combustion, the temperature of the flame produced by the fuel depends on the fuel quality, excess air used, and the temperature of the combustion air. In a lime kiln the combustion air is preheated in the lime cooler. Although the energy recovered in this way usually seems insignificant, it is of great importance for the lime kiln's heat transfer efficiency because the flame temperature increases.

The adiabatic combustion temperature of oil is just over 2,000°C, and a flame temperature of 1,550° to 1,600°C is usually achieved in a lime kiln using oil. The focal point of heat transfer in the kiln can be controlled with excess air. A large amount of excess air reduces heat transfer at the firing end and makes heat transfer at the cold end more effective.

The heat requirement of a lime kiln varies greatly, depending primarily on the kiln type, the nature and construction of the brickwork, and the water content of the lime mud. Best results are around 5 million Btu/ton of product.

FUEL QUALITY. If the flame temperature in a lime kiln is to be sufficiently high, the adiabatic combustion temperature of the fuel must be 1,750° to 1,900°C. One alternative kiln fuel is wood bark, if it can be fed into the kiln without appreciable efficiency losses. The maximum water content must be 10% to 25% if oil use is to be avoided (Figures 1 and 2). It is possible, of course, to raise the flame temperature with oxygen-enriched air, but this method is not always feasible because of the high cost of pure oxygen.

The lime kiln is one link in the chemical circulation loops of a sulfate mill. When mill systems "close" operations, buildup of impurities in the mill's chemical circulation loops becomes an increasing problem. Deterioration in the quality of the lime in this circulation loop can be avoided by increasing the amount of makeup lime or

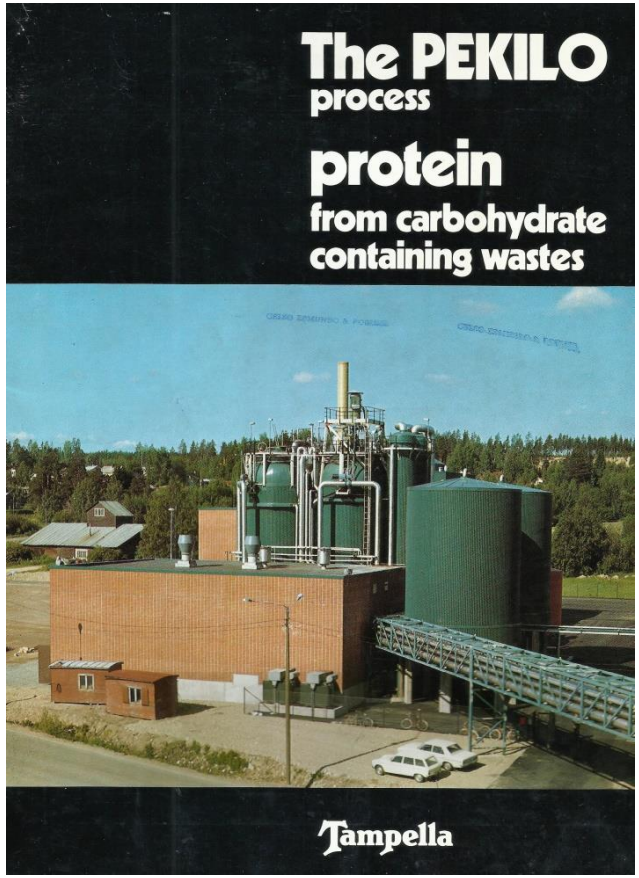
Mr. Lyytinen is a process engineer with Ahlström Oy's Varkaus mill in Finland. Mr. Nieminen is sales manager with Ahlström's Process Equipment Works in Finland.

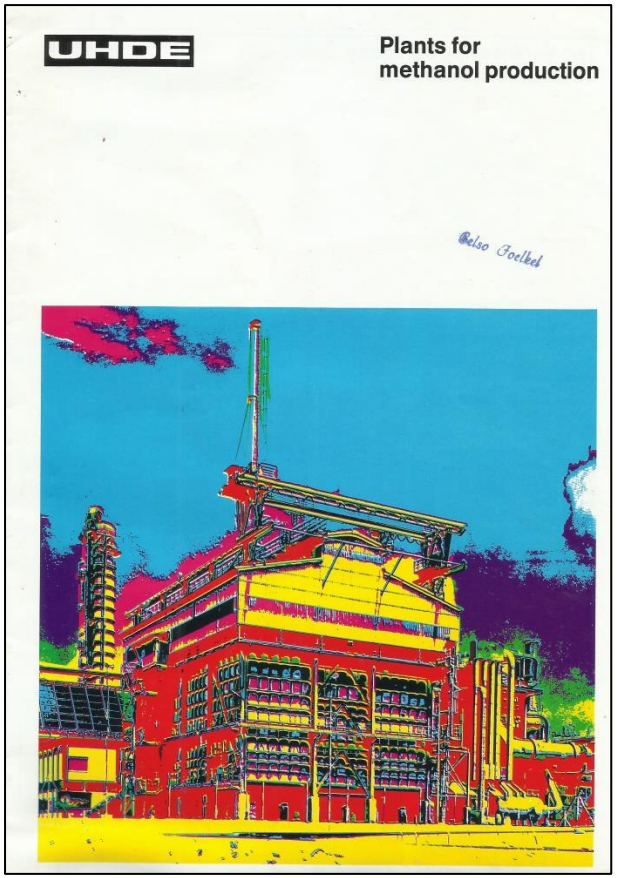
FIGURE 1: **Adiabatic flame temperature of wet wood.**

FIGURE 2: **Oil demand in wood-fired lime kiln.**

PULP & PAPER SEPTEMBER 1986 151

Páginas de rosto de alguns artigos ou revistas do século passado





Nº 4 — Março de 1980

Tecnologia

SECRETARIA DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESTADO DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S/A - IPT

Recursos para o Futuro

Recursos para o futuro é o nome de uma organização com sede em Washington, DC, nos Estados Unidos, cujas atividades de pesquisa são voltadas para esse interessante tema. Tecnologia julgou interessante apresentar essa organização, pois, além da importante atividade que vêm desenvolvendo, dedica-se ao estudo de um assunto de preocupação geral não só nos Estados Unidos, mas no Brasil e em toda parte. Outro aspecto que também parece interessante destacar são os mecanismos operacionais que emprega para a realização de seus trabalhos e o fato de que existe há mais de um quarto de século.

Sumário

ARTIGOS
- A produção de álcool etílico a partir da cana-de-açúcar. **W. Borzani** 03
- O problema energético na indústria siderúrgica. **Eduardo C. de O. Pinto** 07

DINÂMICA INSTITUCIONAL
- Recursos para o Futuro. **Herbert C. Morton** 10

CONGRESSOS & SIMPÓSIOS
- IV Simpósio Internacional sobre Tecnologia dos Álcools como Combustível 18
- Êxitos Brasileiros em P&D .. 20
- Bio-Energy'80 20

DOCUMENTAÇÃO
- Manual de Construção e Operação de Microusina de Álcool Etílico 19
- Programa de Afoição Metrológica Interna (ACM) 17

SISTEMA NACIONAL DE MEDIÇÕES 15

CURSOS OFERECIDOS PELO IPT PARA 1980 20

EDITORIAL 02

LABORATÓRIOS & CAPACIDADES 02

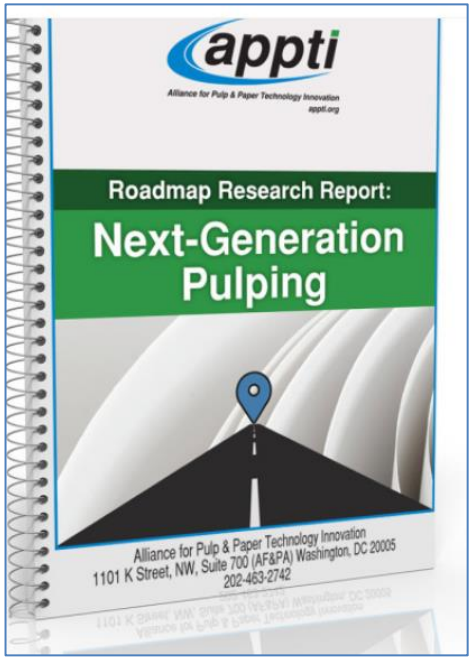
TECNOLOGIA DO ÁLCOOL

Até muito recentemente a produção de álcool no Brasil era encarada como uma atividade de menor importância. Pouca ou nenhuma atenção era dedicada ao estudo de vários aspectos do processo que, ainda hoje, continuam aguardando soluções adequadas. Os inúmeros problemas surgidos no campo da energia, entretanto, motivaram a tomada de várias medidas visando minimizar seus efeitos e encaminhar soluções. Hoje a tecnologia de produção e utilização do álcool como combustível tem sido objeto de constantes pesquisas e seus resultados têm sido discutidos sistematicamente, em simpósios e congressos nacionais e internacionais. Neste número *Tecnologia* apresenta algumas matérias relacionadas com o assunto como contribuição ao debate desta solução que, conforme alguns especialistas, pode representar uma nova época para o desenvolvimento tecnológico e industrial do Brasil.

TECNOLOGIA Nº 4 — MARÇO/80 1

Páginas de rosto e capas de alguns catálogos e livretos do século passado

Grupo 1: Referências de "Materiais de Livros/Cursos/Eventos/Vídeos relacionados às biorrefinarias de matérias-primas lignocelulósicas integradas ao setor de celulose e papel e de base florestal plantada" com acesso público e gratuito



Fontes das Imagens: Citadas nas referências de literatura dessa seção

Sugiro também que visitem a Seção 4 (a partir da página 127) desse Relato de Vida, onde estão disponibilizadas diversas referências de materiais técnicos e científicos que podem ser acessados na forma de excelentes livros, materiais de eventos e apostilas

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: **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)

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: **Biobased industrial products. Priorities for research and commercialization.** National Research Council (US). Committee on Biobased Industrial Products. (2000)

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK232956/ (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)

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: **Panorama de la indústria de celulosa y papel en Ibero America 2008.** Edição M.C. Area. 1ª Edição. 568 pp. (2008)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2008_Area_Panorama+Industria+Celulosa+Papel.pdf (Livro completo em pdf – 7 MB – em Inglês, Português e/ou Espanhol)

Livro: **Introduction to chemicals from biomass.** J.H. Clark; F.E.I. Deswarte (Editors). John Wiley & Sons. (2008)

https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9780470697474 (em Inglês)

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)

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)

Curso: **Designing the forest biorefinery**. Programa do TAPPI Professional Development Course. TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2011_Curso+Tappi+Designing+Biorefineries.pdf (Para conhecer programação - em Inglês)

Livro: **Biofuel production - Recent developments and prospects.** M.A.S. Bernardes. Intech. 606 pp. (2011)

https://www.intechopen.com/books/show/title/biofuel-production-recent-developments-and-prospects (em Inglês)

Livro: **Biorrefinarias. Cenários e perspectivas.** S. Vaz Júnior (Editor Técnico). EMBRAPA Agroenergia. 180 pp. (2011)

http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/10778/EMBRAPA_Biorrefinarias-Cen%C3%83%C6%92%C3%82%C2%A1rios-e-Perspectivas.pdf?sequence=1 (em Português)

Revista: **Biorrefinarias: Presente e futuro.** Revista Agroenergia em Revista 3(4). 44 pp. (2012)

https://issuu.com/embrapa/docs/revista_ed_4 (em Português)

Anais de Evento: **The 4th Nordic Wood Biorefinery Conference.** VTT Technical Research Center of Finland. 436 pp. (2012)

https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2012/T53.pdf (em Inglês)

Livro: **Eficiência energética: Recomendações de ações de C&T&I em segmentos da indústria selecionados: Celulose e Papel.** CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. 152 pp. (2013)

https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/Celulose_papel_web_9522.pdf/597793f6-4f78-4a2d-a89f-d54247946865?version=1.4 (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 industria de celulosa y papel y materiales lignocelulósicos 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: **Cellulose chemistry and properties: Fibers, nanocelluloses and advanced materials.** O.J. Rojas (Editor). Springer. 333 pp. (2016)

https://books.google.com.br/books?id=wV2mCwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_atb#v=onepage&q&f=false (em Inglês)

Livro: **Cellulose nanocrystals: Properties, production and applications.** W.Y. Hamad. John Wiley & Sons. 312 pp. (2017)

https://books.google.com.br/books?id=bt6RDgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false (em Inglês)

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

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

Livro: **Analytical Pyrolysis.** P. Kusch (Editor). IntechOpen. (2019)

https://www.intechopen.com/books/7488 (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)

Relatório: **Biorefineries in Europe. Shaping the biofuture.** NC Partnering. CEPI – Confederation of the European Paper Industry. 69 pp. (2020)

https://task42.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/sites/10/2021/02/Cepi_Biorefineries-in-Europe_master_161220_finalappendixes.pdf (em Inglês)

Vídeo: **Lignin – From idea to market: Possibilities and challenges.** K. Ohlsson. RISE. LignoCity. Vídeos YouTube. (2021)

https://youtu.be/zraykhcThEc (em Inglês)

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 por Celso Foelkel: **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 por Celso Foelkel: **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)

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

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

Capítulo de Livro: **As biorrefinarias integradas no setor brasileiro de fabricação de celulose e papel de eucalipto.** C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 29. Revisão nº 08. 244 pp. (2023)

https://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT29_BiorrefinariasCelulosePapel.pdf (em Português)

Curso: **The forest biorefinery**. TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. (2023)

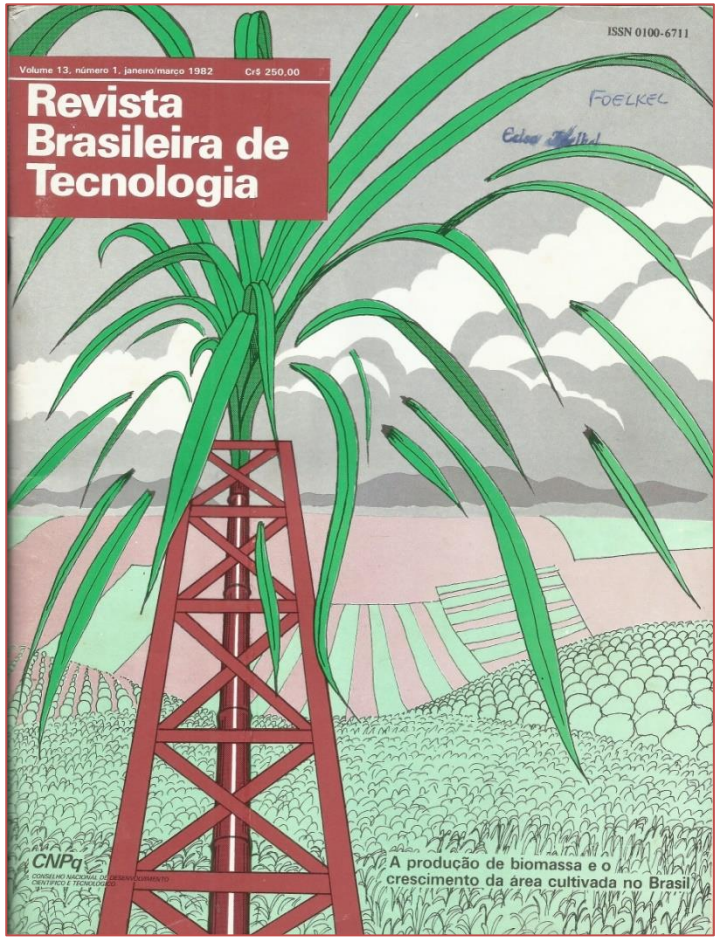
https://imisrise.tappi.org/TAPPI/Products/ELN/ELN-004.12.aspx (Para aquisição - em Inglês)

Canal de Vídeos: **@BioEnergy Hub.** Vídeos YouTube. Acesso em 27.03.2023:

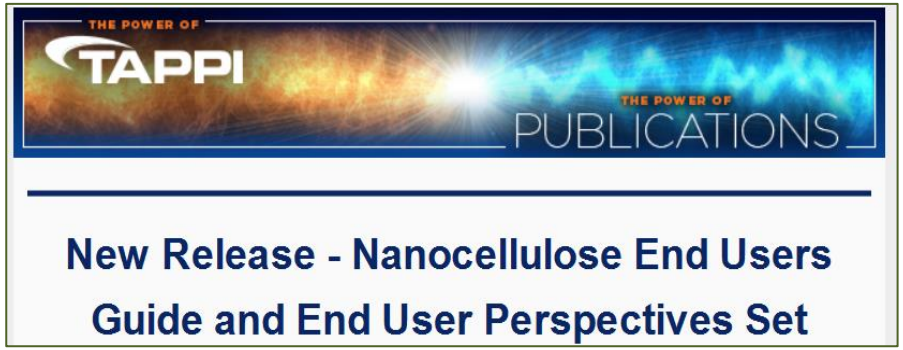
https://www.youtube.com/@BioEnergyHub (Inúmeros vídeos e materiais de cursos - em Português)

NC PARTNERING

BIOREFINERIES IN EUROPE

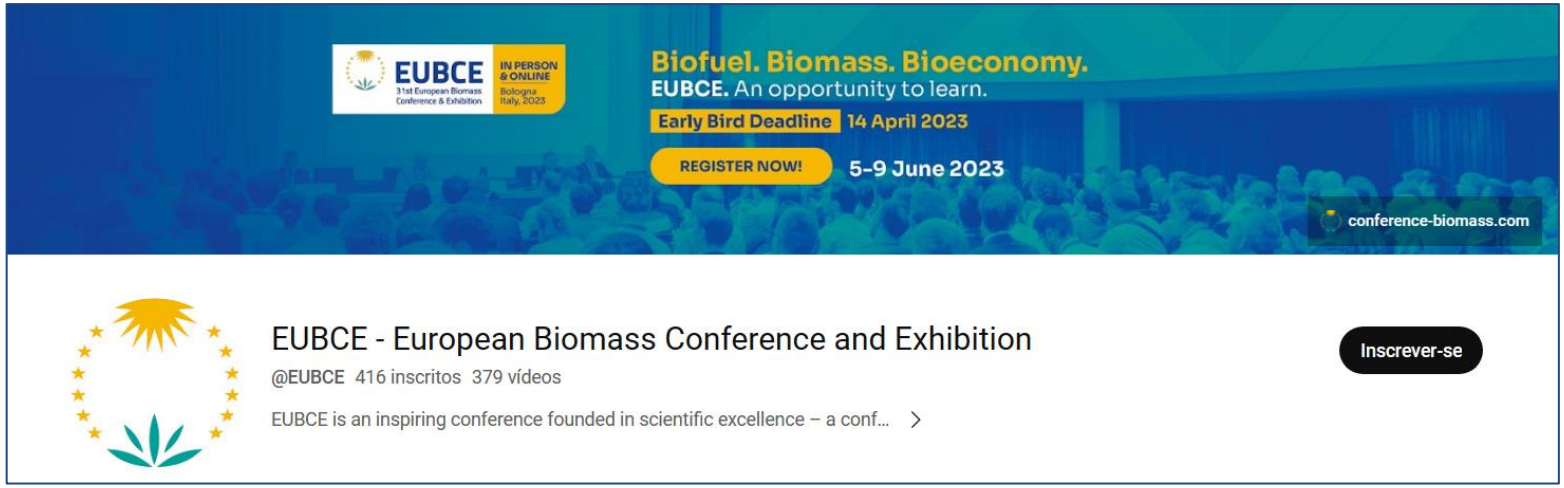


Fontes das Imagens: Capas de documentos e revistas



Imagens disponíveis nos websites correspondentes aos livros e eventos

Imagens disponíveis nos websites correspondentes aos eventos



Imagens disponíveis nos websites correspondentes aos eventos

Grupo 2: Seleção de alguns "Websites onde se podem encontrar materiais disponíveis sobre as biorrefinarias integradas ao setor de celulose e papel e de base florestal plantada" com acesso público e gratuito

Imagens de abertura de alguns dos websites recomendados

Seguem algumas recomendações de websites para navegação:

ABIB Brasil | Brasil Biomassa - Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa Bioenergia Bioeletricidade e Pellets. Brasil. Acesso em 27.03.2023:

https://www.abibbrasil.com.br/ (em Português)

ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Brasil. Acesso em 27.03.2023:
https://www.abtcp.org.br/ (em Português)
e
https://www.abtcp.org.br/position-papers#&gid=1341193362&pid=8 (Guia técnico de eficiência energética – em Português)

Academia.edu. Repositório de literaturas técnicas e científicas. Acesso em 27.03.2023:
https://www.academia.edu/ (em Inglês)

AFCP - Asociación de Fabricantes de Celulosa y Papel de Argentina. Argentina. Acesso em 27.03.2023:
http://wordpress.afcparg.org.ar/ (em Espanhol)

AFandPA - American Forest and Paper Association. Estados Unidos da América. Acesso em 27.03.2023:
https://www.afandpa.org/ (em Inglês)

AFORE – Bio-based Solutions. Projeto Europeu. Acesso em 27.03.2023:
https://cordis.europa.eu/project/id/228589 (em Inglês)
e
https://www.sintef.no/en/projects/2009/afore-forest-biorefineries-added-value-from-chemic/ (em Inglês)

Andritz. Fabricante de equipamentos e desenvolvedor de tecnologias. Acesso em 27.03.2023:
https://www.andritz.com/group-en/industries (em Inglês)
e

https://www.enesa.com.br/en/andritz-projeto-cerrado-planta-de-licor-branco-gaseificacao/ (Planta de gaseificação do Projeto Cerrado – Suzano – em Português)

e

https://www.linkedin.com/pulse/andritz-separation-sistema-completo-para-secagem-de-biomassa-ribeiro/?originalSubdomain=pt (Sistema completo para secagem de biomassa para gaseificação, briquetagem, etc.)

Applied Biorefinery Sciences. T.E. Amidon. Estados Unidos da América. Acesso em 27.03.2023:

https://www.absciences.com/ (em Inglês)

ATCP – Chile – Asociación Técnica de la Celulosa y el Papel de Chile. Chile. Acesso em 27.03.2023:

https://www.atcp.cl/ (em Espanhol)

e

https://issuu.com/atcpchile (Revista Celulosa y Papel - em Espanhol)

Biblioteca Digital de Teses e Dissertações do IBICT. Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia. Brasil. Acesso em 27.03.2023:

http://bdtd.ibict.br/vufind/ (em Português)

Biblioteca Florestal Digital. UFV – Universidade Federal de Viçosa. Repositório de literaturas técnicas e científicas do setor de base florestal. Brasil. Acesso em 27.03.2023:

http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/ (em Português)

BioCarbo Indústria e Comércio Ltda. Brasil. Acesso em 27.03.2023:

https://biocarbo.com/ (em Português)

Bioenergy – Bioware. Brasil. Acesso em 27.03.2023:
http://biogeoenergy.com.br/bioware/ (em Português)

Biofpr - Biofuels, bioproducts and biorefineries. Acesso em 27.03.2023:
https://www.biofpr.com/view/0/index.html (em Inglês)

Biomassa BR – Energias Renováveis. Brasil. Acesso em 27.03.2023:
https://www.biomassabr.com/ (em Português)

Bioprocess Innovation Group. Estados Unidos da América. Acesso em 27.03.2023:
https://www.bio-process.com/ (em Inglês)

Biorrefinerías. Foresto Indústria Argentina. Argentina. Acesso em 27.03.2023:
https://forestoindustria.org.ar/biorrefinerias/ (em Espanhol)

Biorefinery. Professor Arthur J. Ragauskas. Estados Unidos da América. Acesso em 27.03.2023:
http://biorefinery.utk.edu/ (em Inglês)
e
http://biorefinery.utk.edu/people/arthur-j-ragauskas/ (em Inglês)
e
https://utk.academia.edu/ArthurRagauskas (em Inglês)

Biorefinery Engineering Laboratory at SUNY ESF. State University of New York. College of Environmental Science and Forestry. Estados Unidos da América. Acesso em 27.03.2023:

https://sites.google.com/view/esfbel (em Inglês)

Borregaard A/S. Noruega. Acesso em 27.03.2023:

http://www.borregaard.com/ (em Inglês)

Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES. Coordenação de Apoio ao Ensino Superior. Brasil. Acesso em 27.03.2023:

http://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/ (em Português)

CelluForce. NCC - Nano Crystalline Cellulose. Canadá. Acesso em 27.03.2023:

https://celluforce.com/ (em Inglês)

Celsius Degree. Página do Professor Celso-Foelkel. C. Foelkel. Brasil. Acesso em 27.03.2023:

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

e

https://www.celso-foelkel.com.br/english.html (em Inglês)

CEPI – Confederation of the European Paper Industries. Bélgica. (em Português)

https://www.cepi.org/ (em Inglês)

e

https://www.cepi.org/industry-initiatives/ (Iniciativas da indústria papeleira europeia - em Inglês)

CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Brasil. Acesso em 27.03.2023:
http://www.cgee.org.br/ (em Português)

Chemrec Gasification Technology. Suécia. Acesso em 27.03.2023:
https://web.archive.org/web/20100811054814/http:/www.chemrec.se/ (em Inglês)
e
https://en.wikipedia.org/wiki/Chemrec (em Inglês)

CIBiogás Brasil. Acesso em 27.03.2023:
https://cibiogas.org/ (em Português)

CNPEM - Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais. Brasil. Acesso em 27.03.2023:
https://cnpem.br/en/centro-nacional-de-pesquisa-em-energia-e-materiais-cnpem/ (em Português)

CORMA –Corporación Chilena de la Madera. Chile. Acesso em 27.03.2023:
https://www.corma.cl (em Espanhol)

CTC – Centro de Tecnologia Canavieira. Brasil. Acesso em 27.03.2023:
https://ctc.com.br/ (em Português)

Domsjö Fabriker. Suécia. Acesso em 27.03.2023:
https://www.domsjo.adityabirla.com/en/Sidor/Startpage.aspx (em Inglês)
e

https://www.sekab.com/en/this-is-how-it-works/biorefinery-demo-plant/ (em Inglês)

EERE - Energy Efficiency & Renewable Energy. U.S. DoE – Department of Energy. Estados Unidos da América. Acesso em 27.03.2023:

https://www.energy.gov/eere/office-energy-efficiency-renewable-energy (em Inglês)

Embrapa Florestas. Brasil. Acesso em 27.03.2023:

https://www.embrapa.br/florestas (em Português)

Ensyn Corporation - Renewable Liquid Fuels and Renewable Chemical Products. Estados Unidos da América e Canadá. Acesso em 27.03.2023:

http://www.ensyn.com/ (em Inglês)

Eucalyptus Online Book & Newsletter. C. Foelkel. Brasil. Acesso em 27.03.2023:

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

e

https://www.eucalyptus.com.br/index_eng.html (em Inglês)

FBDS – Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável. Brasil. Acesso em 27.03.2023

https://www.fbds.org.br/conhecimento.php3?id_mot=3&id_rubrique=11 (Projetos e publicações sobre economia verde – em Português)

FiberLean Technologies. Reino Unido. Acesso em 27.03.2023:

https://www.fiberlean.com/ (em Inglês)

Florestas energéticas. Portal Embrapa. Brasil. Acesso em 27.03.2023:
https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1131904/florestas-energeticas (em Português)

Forest-Based Sector Technology Platform. Acesso em 27.03.2023:
https://www.forestplatform.org/#!/ (em Inglês)

ForestBioFacts. Forest-based Bioeconomy: Science and Technology. Finlândia. Acesso em 27.03.2023:
https://forestbiofacts.com (em Inglês)

Forest Bioproducts Research Institute. University of Maine. Estados Unidos da América. Acesso em 27.03.2023:
https://forestbioproducts.umaine.edu/ (em Inglês)

Formiga Group. Grupo interdisciplinar para estudos da fotossíntese artificial. UNICAMP - Universidade de Campinas. Campinas. Brasil. Acesso em 27.03.2023:
https://formiga.iqm.unicamp.br/ (em Português)

FPAC – Forest Products Association of Canada. Canadá. Acesso em 27.03.2023:
https://www.fpac.ca/ (em Inglês)

FPInnovations. Canadá. Acesso em 27.03.2023:
https://web.fpinnovations.ca/ (em Inglês)

e
https://www.youtube.com/watch?v=iYcJbjfJYWU (LignoForce kraft lignin– em Inglês)
e
https://web.fpinnovations.ca/lignin-from-black-liquor/ (LignoForce system – em Inglês)

GBEP – Global Bio Energy Partnership. Acesso em 27.03.2023:
http://www.globalbioenergy.org/ (em Inglês)

GBio – Grupo de Pesquisa em Bioenergia. USP – Universidade de São Paulo. Brasil. Acesso em 27.03.2023:
http://www.iee.usp.br/?q=pt-br/divisao-cientifica/planejamento-energetico/grupo-de-pesquisa-em-bioenergia-gbio (em Português)

GranBio. Brasil. Acesso em 27.03.2023:
http://www.granbio.com.br/ (Website – em Português)
e
http://www.granbio.com.br/conteudos/producao-de-etanol-2g/ (Etanol de segunda geração – em Português)

Green Chemistry. The University of York. Reino Unido. Acesso em 27.03.2023:
http://www.york.ac.uk/res/gcg/news/index.html (em Inglês)

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores. Brasil. Acesso em 27.03.2023:
https://iba.org/ (em Português)

IEA Bioenergy. Programa internacional de bioenergia por cooperação multi-países. Acesso em 27.03.2023:

https://www.ieabioenergy.com/ (em Inglês)

e

https://www.ieabioenergy.com/blog/task/biorefining-sustainable-processing-of-biomass-into-a-spectrum-of-marketable-biobased-products-and-bioenergy (Programa colaborativo em bioenergia - em Inglês)

e

https://task39.ieabioenergy.com/publications-new/ (Publicações em bioenergia - em Inglês)

IMAM – Instituto de Materiales de Misiones. Programa de Celulosa y Papel. UNaM – Universidade Nacional de Misiones. Argentina. Acesso em 27.03.2023:

https://www.procyp.unam.edu.ar/index.php/ (em Espanhol)

INEE – Instituto Nacional de Eficiência Energética. Brasil. Acesso em 27.03.2023:

http://www.inee.org.br/ (em Português)

International Lignin Institute. Suíça. Acesso em 27.03.2023:

http://www.ili-lignin.com/ (em Inglês)

Institute of Bioproducts and Paper Technology. Graz University of Technology. Áustria. Acesso em 27.03.2023:

https://www.tugraz.at/institute/bpti/home/ (em Inglês)

Instituto de Química. UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas. Brasil. Acesso em 27.03.2023:

https://www.iqm.unicamp.br/ (em Português)

ISI Biomassa - Instituto SENAI de Inovação em Biomassa. Brasil. Acesso em 27.03.2023:

http://www.senaiisibiomassa.com.br/ (em Português)

Jornal Canal da Bioenergia. Brasil. Acesso em 27.03.2023:

https://www.canalbioenergia.com.br/florestas-energeticas-sao-fontes-de-energia-renovavel-com-enorme-potencial/ (Florestas energéticas – em Português)

Klabin. Brasil. Acesso em 27.03.2023:

https://www.klabin.com.br

e

https://projetopuma.klabin.com.br/group/puma/-/engenharia-detalhada-veja-como-est%C3%A1-a-planta-da-gaseifica%C3%A7%C3%A3o?inheritRedirect=true&redirect=%2Fgroup%2Fpuma%2Fbusca%3Fq%3Dchegada%2520reator (Engenharia detalhada: veja como está a Planta da Gaseificação – Puma II – em Português)

LCP – UFV – Laboratório de Celulose e Papel. Universidade Federal de Viçosa. Brasil. Acesso em 27.03.2023:

https://www.linkedin.com/company/lcp-ufv/?originalSubdomain=br (em Português)

Lenzing A/G Group. Áustria. Acesso em 27.03.2023:

https://www.lenzing.com/ (em Inglês)

LGP2 - Laboratory of Process Engineering for Biorefinery, Bio-based Materials and Functional Printing. Université de Grenoble. França. Acesso em 27.03.2023:

https://lgp2.grenoble-inp.fr/en (em Inglês)

Lignotech Brasil – Produtos de Lignina. Lignossulfonatos. Brasil. Acesso em 27.03.2023:

https://www.borregaard.com/product-areas/lignin/ (em Inglês)

LQCE – USP – Laboratório de Química, Celulose e Energia. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". USP – Universidade de São Paulo. Brasil. Acesso em 27.03.2023:

https://lqce.org/ (em Inglês)

Metsa. Finlândia. Acesso em 27.03.2023:

https://www.metsagroup.com/ (em Inglês)

e

https://www.metsagroup.com/products-and-services/other-bioproducts/ (Bioprodutos – em Inglês)

Nanocelia – CYTED – Nanocellulose. **Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo.** Argentina. Acesso em 27.03.2023:

https://www.cyted.org/es/nanocelia (em Espanhol)

NIPE - Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético. UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas. Brasil. Acesso em 27.03.2023:

https://www.nipe.unicamp.br/ (em Português)

OSTI - Office for Scientific and Technical Information. Repositório de Publicações sobre Energia. Estados Unidos da América. Acesso em 27.03.2023:

https://www.osti.gov/ (em Inglês)

PAPTAC – Pulp and Paper Technical Association of Canada. Canadá. Acesso em 27.03.2023:
https://www.paptac.ca/ (em Inglês)

PI – The Finnish Paper Engineers' Association. Finlândia. Acesso em 27.03.2023:
https://www.puunjalostusinsinoorit.fi/en/about-pi/pis-story/ (em Inglês)

Raizen. Brasil. Acesso em 27.03.2023:
https://www.raizen.com.br/ (em Português)

RENABIO – Rede Nacional de Biomassa para Energia. Brasil. Acesso em 27.03.2023:
https://www.facebook.com/Renabio.org.br/ (em Português)

ResearchGate. Repositório de literaturas técnicas e científicas. Acesso em 27.03.2023:
https://www.researchgate.net/ (em Inglês)

Revista O Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Brasil. Acesso em 27.03.2023:
https://www.revistaopapel.org.br/ (em Português)
e
https://www.opapeldigital.org.br/pub/papel/ (em Português)

RISE – Research Institutes of Sweden. Suécia. Acesso em 27.03.2023:
https://www.ri.se/en/what-we-do/pulp-and-paper (em Inglês)

SIADEB - Sociedade Ibero-Americana para o Desenvolvimento das Biorrefinarias. Brasil. Acesso em 27.03.2023:

http://www.siadeb.org/pt (em Português)

SMARTech Repository. **Georgia Tech Library**. Repositório de literaturas técnicas e científicas do IPST – Institute of Paper Science and Technology. Estados Unidos da América. Acesso em 27.03.2023:

https://smartech.gatech.edu/ (em Inglês)

Star-COLIBRI Project: Biorefinery clustering. Collaboration initiative on biorefineries. Star-COLIBRI results. Projeto Europeu. Acesso em 27.03.2023:

https://cordis.europa.eu/project/id/241535/reporting (em Inglês)

Stora Enso –Bio-based materials. Finlândia. Acesso em 27.03.2023:

https://www.storaenso.com/en/products/bio-based-materials (em Inglês)

e

https://www.youtube.com/watch?v=L6uG-h-zbVc (Lignin lineo – Stora Enso – em Inglês)

Suzano. Brasil. Acesso em 27.03.2023:

https://www.suzano.com.br/inovacao/bioestrategia/ (em Português)

e

https://www.suzanoecolig.com.br/ (Lignina Suzano – EcoLig – em Português)

e

https://www.youtube.com/watch?v=p28W4IgwubM (Uso da lignina Ecolig – em Português)

TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. Estados Unidos da América. Acesso em 27.03.2023:

https://www.tappi.org/ (em Inglês)

TAPPI Nanotechnology Division. Technical Association of the Pulp and Paper Industry. Estados Unidos da América. Acesso em 27.03.2023:

http://www.tappinano.org/ (em Inglês)

TECNICELPA – Associação Portuguesa dos Técnicos das Indústrias de Celulose e Papel. Portugal. Acesso em 27.03.2023:

https://www.tecnicelpa.com/ (em Português)

TRI – ThermoChem Recovery International. The integrated biorefinery. Estados Unidos da América. Acesso em 27.03.2023:

https://tri-inc.net/ (em Inglês)

UDT – Ciencia, Tecnología e Innovación en Bioeconomia. Chile. Acesso em 27.03.2023:

https://www.udt.cl/ (em Espanhol)

UFPR – Departamento de Química. UFPR - Universidade Federal do Paraná. Brasil. Acesso em 27.03.2023:

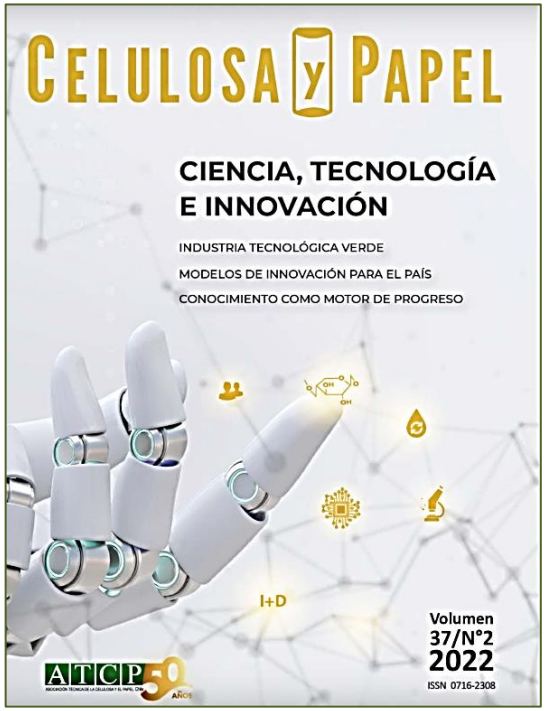
http://www.quimica.ufpr.br/ (em Português)

UPM – Businesses. Finlândia. Acesso em 27.03.2023:

https://www.upm.com/Businesses/ (Biofuels, biomaterials, biomedicines – em Inglês)

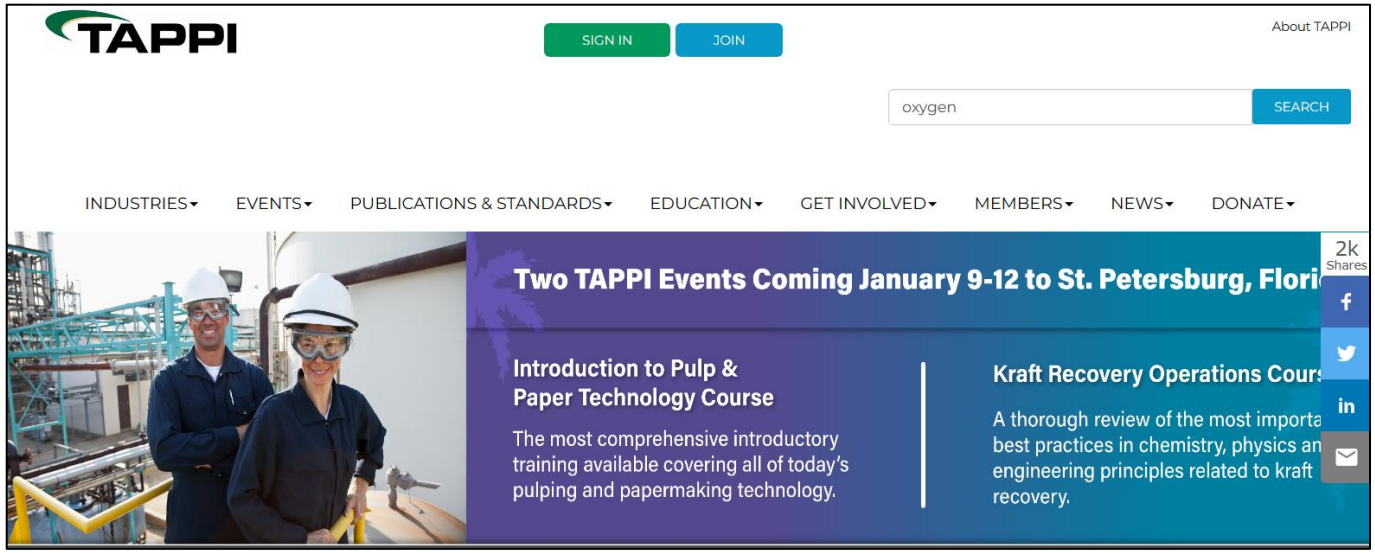
Valmet. Fabricante de equipamentos e desenvolvedor de tecnologias. Acesso em 27.03.2023:
https://www.valmet.com/pulp/ (em Inglês)

VTT - Technical Research Centre of Finland. Finlândia. Acesso em 27.03.2023:
https://www.vttresearch.com/en (em Inglês)



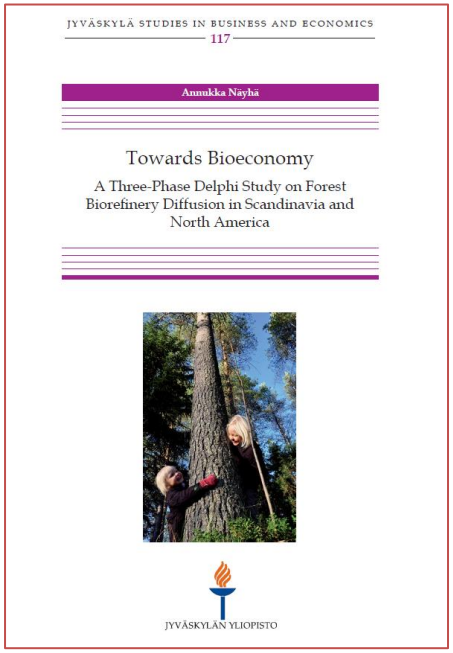
Fontes das Imagens: Capas e páginas de rosto de revistas e documentos

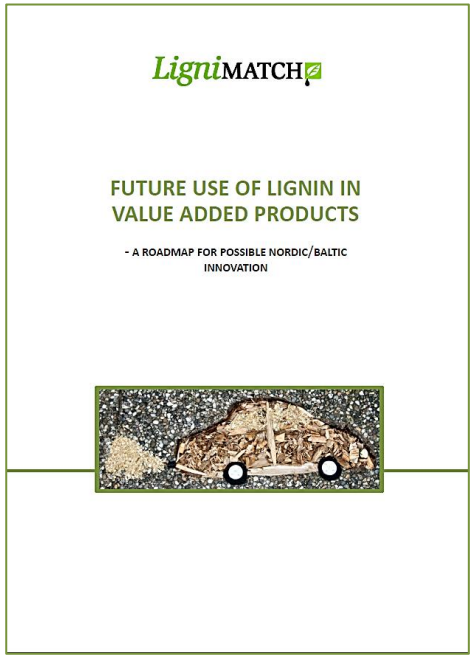
Fonte da Imagem: https://paper-biorefinery.com/images/paper-biorefinery/Programm/Programme23.pdf



Páginas de abertura de alguns dos websites recomendados para visitação

Grupo 3: Algumas referências de literaturas disponibilizadas em mídia eletrônica e referentes às "Biorrefinarias integradas ao setor de celulose e papel e de base florestal plantada em escala global" – Uma complementação ás centenas de outras referências citadas em outras seções desse Relato de Vida





Fontes das Imagens: Disponíveis em citações de literaturas bibliográficas ao longo desse documento
Capas e páginas de rosto de documentos e publicações técnicas

A vocês leitores amigos, para navegação dos interessados, mais algumas dezenas de materiais técnicos variados e de enorme valor, todos relacionados aos muitos bioprodutos e sobre as ciências e tecnologias das biorrefinarias:

The physical chemistry of lignin. D.A.I. Goring. Pure and Applied Chemistry 5(1/2): 233 - 254. (1962)

https://www.degruyter.com/document/doi/10.1351/pac196205010233/pdf (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)

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//download.aspx?key=90APR223 (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 (em Português)

Elementos minerais em madeiras de eucaliptos e acácia negra e sua influência na indústria de celulose kraft branqueada. A. Freddo. Orientação: C.E.B. Foelkel. Dissertação de Mestrado. UFSM – Universidade Federal de Santa Maria. 85 pp. (1997)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufsm/UFSM%20%20Andre%20Freddo.pdf (em Português)

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)

Lignin structure and wood properties. H.S. Abreu; A.M. Nascimento; M.A. Maria. Wood and Fiber Science 31(4): 426 – 433. (1999)

https://wfs.swst.org/index.php/wfs/article/view/1808/1808 (em Inglês)

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)

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)

Sustainable development in pulping. Recent progress and future trends. P. Axegård. 28th EUCEPA Conference on Sustainable Development for the Pulp and Paper Industry. Apresentação em PowerPoint: 30 slides. (2003)

https://docplayer.net/36789038-Sustainable-development-in-pulping-recent-progress-and-future-trends.html (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)

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)

Caracterização e otimização da produção de resina em *Pinus elliottii* Engelm. - Papel de moduladores bioquímicos. K.C.S. Rodrigues-Corrêa. Tese de Doutorado. UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. (2006)

https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/13703 (em Português)

The potential of bioconversion to produce fuels and chemicals. W. Mabee; J.N. Sadler. Pulp & Paper Canada 107(6): 34 – 37. (2006)

https://www.researchgate.net/publication/272403254_The_potential_of_bioconversion_to_produce_fuels_and_chemicals (em Inglês)

Selecting the most appropriate products for the forest biorefinery. V. Chambost; P.R. Stuart. Industrial Biotechnology 3(2): 112 - 119. (2007)

https://www.researchgate.net/publication/238322283_Selecting_the_most_appropriate_products_for_the_forest_biorefinery (em Inglês)

A revolução energética do século XXI. I. Sachs. Estudos Avançados 21(59): 21 – 38. (2007)

https://www.scielo.br/j/ea/a/r58837Jrf8wBvdbfg5KRFrf/?format=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)

The kraft pulp mill as a biorefinery. P. Axegard. 3rd ICEP - International *Colloquium* on *Eucalyptus* Pulp. Apresentação em PowerPoint: 38 slides. (2007)

https://www.eucalyptus.com.br/icep03/231Axegard.ppt.pdf.pdf (em Inglês)

Esterificação seletiva para a separação de esteróis, ácidos resínicos e ácidos graxos do resíduo oleoso de madeira (*tall-oil*). H.J.S. Sales. Tese de Doutorado. UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas. 167 pp. (2007)

https://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=506322 (em Português)

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)

Status of wood biorefining research in Sweden. P. Axegård. IEA Task 42 Biorefinery Kick-off Meeting. Apresentação em PowerPoint: 15 slides. (2007)

https://www.handboekbodemenbemesting.nl/upload_mm/5/5/8/6cae0d56-ece1-4be8-b596-c3c2a291322c_%288%29%20Country%20status%20Sweden%20IEA42%20160307.pdf (em Inglês)

Bioenergia no estado de São Paulo. Situação atual, perspectivas e barreiras/propostas. J. Goldemberg; F.E.B. Nigro; S.T. Coelho. Imprensa Oficial de São Paulo. 152 pp. (2008)

https://www.passeidireto.com/arquivo/50828556/bioenergia-no-estado-de-sao-paulo (em Português)

Bio-óleo a partir da pirólise rápida, térmica ou catalítica, da palha da cana-de-açúcar e seu co processamento com gasóleo em craqueamento. M.B.Z. Almeida. Dissertação de Mestrado. UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro. 167 pp. (2008)

http://186.202.79.107/download/bio-oleo-a-partir-da-pirolise-rapida.pdf (em Português)

Biomassa para energia. L.A.B. Cortez; E.E.S. Lora; E.O. Gómes. Editora da UNICAMP. 29 pp. (2008)

https://www.nipe.unicamp.br/docs/publicacoes/inte-biomassa-energia070814.pdf (em Português)

Produção de ácido acético e furfural a partir do condensado de cozimento ao sulfito ácido. N.C. Martins. Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro. 75 pp. (2008)

https://ria.ua.pt/bitstream/10773/3024/1/2008001754.pdf (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)

Hemicellulose biorefineries: A review on biomass pretreatments. F. Carvalheiro; L.C. Duarte; F.M. Gírio. Journal of Scientific & Industrial Research 67(Novembro): 849 – 864. (2008)

https://www.researchgate.net/publication/236878322_Hemicellulose_biorefineries_A_review_on_biomass_pretreatments (em Inglês)

Valorização energética das hemiceluloses de *Eucalyptus globulus* extraídas antes do cozimento. M.G.V.S. Carvalho; C.V.T. Mendes; C.M.S.G. Baptista; J.M.S. Rocha. V CIADICYP – Congreso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel. 10 pp. (2008)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2008_Valorando+Energia+Hemiceluloses.pdf (em Português)

Etanol lignocelulósico. Aditivo o sustituto para la gasolina? D.R. Abril; A.J. Abril. V CIADICYP – Congreso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel. 10 pp. (2008)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2008_Etanol+Lignocelulosico.pdf (em Português)

Perspectivas para a geração de energia elétrica no segmento de papel e celulose brasileiro. S.M. Velásquez; S.T. Coelho. V CIADICYP – Congreso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel. 10 pp. (2008)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2008_Gerazao+Energia+Eletrica.pdf (em Português)

Swedish pulp mill biorefineries. A vision of future possibilities. T. Berntsson; P. Axegard; B. Backlund; A. Samuelsson, N. Berglin; K. Lindgren. The Swedish Energy Agency.84 pp. (2008)

https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/951488 (em Inglês)

Management of non-process elements in *Eucalyptus* kraft pulp mills. K. Salmenoja; O. Poukka; M. Battegazorre. 42º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 09 pp. (2009)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/14_Management%20of%20nonprocess%20elements%20in%20eucalyptus%20kraft%20mills.pdf (em Inglês)

A distribuição da xilana e lignina em camadas superficiais e internas das fibras em polpa kraft de eucalipto. G. Boaventura; M.R. Silva; V.M. Sacon. 42º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. (2009)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2009_Distribuizao+Xilanas.pdf (Texto: 10 pp. - em Português)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2009_Distribuizao+Xilanas+Fibras.pdf (Apresentação em PowerPoint: 22 slides – em Português)

Produção de enzimas e avaliação do pré-tratamento ácido de biomassas para produção de bioetanol. R.S. Rodrigues. Dissertação de Mestrado. UFV - Universidade Federal de Viçosa. 95 pp. (2009)

http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFV_54a9dc8ece8313dd15f9f8146550cd48 (em Português)

Nano-cellulose materials for the furniture and building industry made from recovered waste paper. A. Wheeler; M. Ernegg. TAPPI International Conference on Nanotechnology for the Forest Products Industry. Apresentação em PowerPoint: 16 slides. (2009)

https://www.tappi.org/content/events/09nano/papers/09nan75.pdf (em Inglês)

An examination of biorefining processes, catalysts and challenges. D.J. Hayes. Catalysis Today 145:138 –151. (2009)

https://www.researchgate.net/publication/222821820_An_examination_of_biorefining_processes_catalysts_and_challenges (em Inglês)

Biorefineries - Future business opportunity for forest cluster: Diffusion of forest biorefineries in Scandinavia, North America and South America. A. Näyhä; S. Hämäläinen; H.-L. Pesonen. Study nº 39. University of Jyväskylä. 51 pp. (2009)

https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/20838/sbe_39_2009.pdf?sequence=1 (em Inglês)

Influência das xilanas na produção e nas propriedades de polpas de eucalipto para papéis. C. Pedrazzi. Tese de Doutorado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 211 pp. (2009)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/533/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Alternativas tecnológicas para a produção de polpas de eucalipto com diferentes conteúdos de xilanas. C. Pedrazzi; J.L. Colodette; J.L. Gomide; M.C.S. Muguet. 42º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. (2009)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2009_Alternativas_tecnologicas.pdf (Apresentação em PowerPoint: 24 slides – em Português)

e

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2009_Alternativas_tecnologicas_Pedrazzi.pdf (Texto: 13 pp. - em Português)

Biorrefinaria: Investigação de processos físico-químico, fermentativo e térmico para o aproveitamento de serragem de eucalipto. A.L. Cardoso. Tese de Doutoramento. UFSM – Universidade Federal de Santa Maria. 110 pp. (2009)

https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/4183/CARDOSO%2C%20ANDRE%20DE%20LIMA.pdf?sequence=1 (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)

Multi-scale modeling environment for nanocellulose applications. J. Ketoja; E.K.O. Hellén; J. Lappalainen; A. Kulachenko; A. Puisto; M. Alva; A. Penttilä. TAPPI International Conference on Nanotechnology for the Forest Products Industry. 28 pp. (2010)

https://www.tappi.org/content/events/10nano/papers/14.1.pdf (em Inglês)

The German lignocellulose feedstock biorefinery project. J. Michels; K. Wagemann. Biofuels, Bioproducts, Biorefineries 4: 263 – 267. (2010)

https://vdocuments.mx/download/the-german-lignocellulose-feedstock-biorefinery-project.html (em Inglês)

Desafios e oportunidades da produção de biocombustíveis no Brasil. E. Sundfeld. II Simpósio sobre Metodologias de Laboratório de Pesquisa Agropecuária. Apresentação em PowerPoint: 21 slides. (2010)

http://www.cnpsa.embrapa.br/met/images/arquivos/15MET/desafiosbiocombust.pdf (em Português)

Mecanismos de incentivo à eficiência energética no setor de celulose e papel para economia de baixo carbono. M.D. Berni; O. Pagliardi; O.F. Bordini. 43º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 49 slides. (2010)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2010_Potencial+Eficiencia+Energetica.pdf (em Português)

Bioetanol combustível: Uma oportunidade para o Brasil. Equipe técnica NIPE/UNICAMP. CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. 538 pp. (2010)

https://www.nipe.unicamp.br/docs/publicacoes/bioetanol-combustivel-uma-oportunidade-para-o-brasil.pdf (em Português)

Avaliação da capacidade de bioconversão de hexoses e pentoses em bioetanol por *Spathaspora arborariae.* F.C. Pereira. Dissertação de Mestrado. UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 119 pp. (2010)

https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/56598/000859752.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Português)

Produção de bioetanol de segunda geração a partir de biomassa residual da indústria de celulose. N.L.C. Silva. Dissertação de Mestrado. UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro. 123 pp. (2010)

http://epqb.eq.ufrj.br/download/bioetanol-2a-geracao-de-biomassa-residual.pdf (em Português)

Avaliação e otimização de pré-tratamentos e hidrólise enzimática do bagaço de cana-de-açúcar para produção de etanol de segunda geração. S.C. Rabelo. Tese de Doutorado. UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas. 447 pp. (2010)

https://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=475439 (em Português)

Guia prático do biogás: Geração e utilização. PROBIOGÁS **-** Projeto Brasil Alemanha de Fomento ao Aproveitamento Energético do Biogás. 236 pp. (2010)

http://www.resol.com.br/cartilhas/giz_-_guia_pratico_do_biogas_final.pdf (em Português)

e

https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/probiogas/guia-pratico-do-biogas.pdf (em Português)

Hidrogênio energético no Brasil. Subsídios para políticas de competitividade: 2010-2025. CGEE **-** Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. 72 pp. (2010)

https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/Hidrogenio_energetico_completo_22102010_9561.pdf/367532ec-43ca-4b4f-8162-acf8e5ad25dc?version=1.3 (em Português)

Properties of *Eucalyptus globulus* fibers after hot water extraction. G.V. Duarte; B.V. Ramarao; T.E. Amidon; P.T. Ferreira. XXI Encontro Nacional da TECNICELPA / VI CIADICYP. 08 pp. (2010)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/12_E.globulus%20fibers.pdf (em Inglês)

A case study on the effects of lignin recovery on recovery boiler operation. E. Välimäki; P. Niemi; K. Haaga. TAPPI/PAPTAC International Chemical Recovery Conference. 12 pp. (2010)

https://www.researchgate.net/publication/267755440_A_Case_Study_on_the_Effects_of_Lignin_Recovery_on_Recovery_Boiler_Operation (em Inglês)

Black liquor gasification integrated in pulp and paper mills: A critical review. M. Naqvi; J. Yan; E. Dahlquist. Bioresource Technology 101(21): 8001 – 8015. (2010)

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852410008242 (em Inglês)

Extraction of wood hemicelluloses through NaOH leaching. D. Longue Júnior; J. L. Colodette; V.J. Gomes. Cerne 16(4): 423 – 429. (2010)

https://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/15629/Cerne_v16_n4_p423-429_2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y__(em Inglês)

Extraction of hemicelluloses prior to kraft cooking: A step for an integrated biorefinery in the pulp mill. C.V.T. Mendes; J.M.S. Rocha; B.I.G. Soares; G.D.A. Sousa; M.G.V.S. Carvalho. Revista O Papel 72(9): 79 – 83. (2011)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/10_Extraction%20of%20hemicelluloses.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)

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)

Utilización de la madera de *Pinus radiata* para producción integrada de etanol y pulpa de celulosa kraft blanqueada. M.A.E. Ricci. Dissertação de Mestrado Profissional. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 94 pp. (2011)

https://oasisbr.ibict.br/vufind/Record/UFV_c9ae6c96cdd7a80b58739ff0d26eb842 (em Espanhol)

New materials from cellulose fibers. A contribution to the implementation of the integrated biorefinery concept. C.S.R. Freire; A.J.D. Silvestre; A. Gandini; C. Pascoal Neto. Revista O Papel 72(9): 91 – 96. (2011)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2011_New+Materials.pdf (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)

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)

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)

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)

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)

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)

Early design stage biorefinery process selection. M.A. Quintero-Bermúdez; M. Janssen; J. Cohen; P. Stuart. TAPPI Pulping, Engineering, Environmental, Recycling and Sustainability Conference. Tappi Journal 11(11). 08 pp. (2011)

https://imisrise.tappi.org//download.aspx?key=12NOV09 (em Inglês)

Commercializing biorefinery technology: A case for the multi-product pathway to a viable biorefinery. T.E. Amidon; B. Bujanovic; S. Liu; R. Howard. Forests 2(4): 929-947. (2011)

https://www.mdpi.com/1999-4907/2/4/929/pdf (em Inglês)

Cellulose nanomaterials review: Structure, properties and nanocomposites. R.J. Moon; A. Martini; J. Nairn; J. Simonsen; J. Youngblood. Chemical Society Review 40: 3941 – 3994. (2011)

https://www.fpl.fs.usda.gov/documnts/pdf2011/fpl_2011_moon001.pdf (em Inglês)

Biorefinery platforms in forest industry. A. Harlin. VTT Technical Research Center of Finland. Apresentação em PowerPoint: 15 slides. (2011)

https://slideblast.com/biorefinery-platforms-in-forest-industry_59a120301723dd87863548df.html (em Inglês)

Análise estratégica da produção e consumo de biocombustíveis em Portugal e Espanha e as perspectivas de competitividade futura de biorrefinarias. A.F.B. Silva. Dissertação de Mestrado. Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa. 113 pp. (2011)

https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/1050611/1/Microsoft%20Word%20-%20Tese%20Mestrado.pdf (em Português)

Coprodutos e resíduos de biomassa são matérias-primas para produtos químicos. S. Vaz Júnior. Observatórios SESI/SENAI/IEL. FIEP – Federação das Indústrias d Paraná. (2011)

https://www.fiepr.org.br/observatorios/energia/FreeComponent21893content185741.shtml (em Português)

Biorrefinarias. Embrapa Agroenergia. 06 pp. (2011)

https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/48750/1/biorrefinaria-modificado-web.pdf (em Português)

Caracterização de *Pinus*, *Eucalyptus*, casca de *Eucalyptus* e resíduos florestais e de destoca para fins energéticos. J.P. Vissotto; A.W. Mazzonetto; R.C. Neves; E.M.S. Sanchéz; C.G. Sanchéz. CONEM 2012. VII Congresso Nacional de Engenharia Mecânica. 10 pp. (2012)

https://www.academia.edu/6532267/Caracteriza%C3%A7%C3%A3o_de_Pinus_Eucaliptus_Casca_de_Eucaliptus_e_Res%C3%ADduos_Florestais_e_de_Destoca_para_fins_energ%C3%A9ticos?email_work_card=thumbnail (em Português)

Pretreatments of kraft pulping. Experiences on the application of steam explosion to *Eucalyptus* kraft pulping. J.C. Villar. 45º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 31 slides. (2012)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Pretreatments%20of%20kraft%20pulping%20with%20steam%20explosion.pdf (em Inglês)

Opportunities for production of energy and other by-products in the pulp mill biorefinery. P. Axegård. 45º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 40 slides. (2012)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2012_Opportunities+Biorefineries.pdf (em Inglês)

Fuels of the future. From wood-based raw materials. S. Mannonen. IEA Bioenergy Conference. Apresentação em PowerPoint: 20 slides. (2012)

https://task39.sites.olt.ubc.ca/files/2013/05/IEA_Bioenergy_Conference_Nov_2012_Mannonen-2.pdf

Renew of lignocellulosic products. A. Harlin. 45º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 20 slides. (2012)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2012_Renew_Lignocellulosic+Products.pdf (em Inglês)

Uma avaliação da produção de bioetanol no contexto da agricultura familiar a partir da experiência da COOPERBIO. O.C. Silva. Tese de Doutoramento. USP – Universidade de São Paulo. 155 pp. (2012)

https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-10092012-101148/publico/OrlandoVersaoCorrigida.pdf (em Português)

Alternative technologies for biofuels production in kraft pulp mill. Potential and prospects. M. Hamaguchi; M. Cardoso; E. Vakkilainen. Energies 5(7): 2288 – 2309. (2012)

https://www.mdpi.com/1996-1073/5/7/2288/pdf?version=1426589016 (em Inglês)

Silvicultura brasileira: Oportunidades e desafios da economia verde. S.R. Valverde; J.W.A. Mafra; M.A. Miranda; C.S. Souza; D.C. Vasconcelos. FBDS – Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável. 40 pp. (2012)

https://www.fbds.org.br/IMG/pdf/doc-29.pdf (em Português)

Qualidade da madeira de *Eucalyptus* para a produção de carvão vegetal. B.L.C. Pereira. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 103 pp. (2012)

https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/3101/1/texto%20completo.pdf (em Português)

Pine oleoresin: Tapping green chemicals, biofuels, food protection, and carbon sequestration from multipurpose trees. K.C.S. Rodrigues-Corrêa; J.C. Lima; A.G. Fett-Neto. Food and Energy Security 1(2): 81 – 93. (2012)

https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/fes3.13/pdf (em Inglês)

Capítulo de Livro: **Reflexões acerca da competitividade da indústria brasileira de celulose kraft branqueada de eucalipto.** C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo 27. 171 pp. (2012)

https://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT27_CompetitividadeCelulose.pdf (em Português)

The bioforest industry. H. Sohlström. 25th Annual Global Forest and Paper Industry Conference. Apresentação em PowerPoint: 14 slides. (2012)

https://www.pwc.com/gx/en/forest-paper-packaging/events/25th-fpp-conference/assets/pwc-hans-sohlstrom-upm-may-10th-2012.pdf (em Inglês)

Towards bioeconomy: A three-phase Delphi study on forest biorefinery diffusion in Scandinavia and North America. A. Näyhä. Studies in Business and Economics nº 117. University of Jyväskylä. 213 pp. (2012)

https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/40500/978-951-39-4955-6.pdf?sequence=1 (em Inglês)

Interview with Catherine Cobden, President and CEO, FPAC. G. Ostle. Ahead of the Curve. TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. (2012)

https://www.tappi.org/content/enewsletters/ahead/2012/issues/2012-05-30.html (em Inglês)

The verdict is in: Biofuels boom. B. Thorp. 16 pp. (2012)

https://fliphtml5.com/sbvs/dsrn/basic (em Inglês)

History and future of world's most advanced biorefinery in operation. G. Rødsrud; M. Lersch; A. Sjöde. Biomass and Bioenergy 46: 46 – 59. (2012)

https://www.researchgate.net/publication/257421125_History_and_future_of_world's_most_advanced_biorefinery_in_operation (em Inglês)

Effect of alkaline hemicellulose extraction on kraft pulp fibers from *Eucalyptus grandis.* P.F. Vena; P. García-Aparício; M. Brienzo; J.F. Görgens; T. Rypstra. Journal of Wood Chemistry and Technology 33: 157 – 173. (2013)

https://www.researchgate.net/publication/263565718_Effect_of_Alkaline_Hemicellulose_Extraction_on_Kraft_Pulp_Fibers_from_Eucalyptus_Grandis (em Inglês)

Plataformas termoquímicas y el uso de la biomasa lignocelulósica en biorefinerías integradas en las plantas de caña de azúcar y de celulosa. M.D. Berni; S.V. Bajay; I.L. Dorileo. Simpósio Internacional sobre Materiales Lignocelulósicos. 01 pp. (2013)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/29_PT_RS.pdf (em Espanhol)

Produção e tratamento catalítico de bio-óleo produzido a partir da pirólise do bagaço de cana-de-açúcar. M.A. Machado. Dissertação de Mestrado. COPPE/UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro. 142 pp. (2013)

http://objdig.ufrj.br/60/teses/coppe_m/MartaAlbuquerqueMachado.pdf (em Português)

Conceitos de biorrefinaria despontarão como novo paradigma da indústria de celulose e papel. C. Martin entrevista Antônio Prates (Tecnicelpa). Revista O Papel (Fevereiro): 07. (2013)

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

Evaluation of wood-based biorefinery options for pulp and paper mills. B. Bakhtiari; V. Pylkkanen; T. Retsina. 46º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 09 pp. (2013)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2013_Evaluating+Biorefining+Options.pdf (em Inglês)

Impact of lignin and carbohydrate chemical structures on kraft pulping processes and biofuel production. R.B. Santos; H. Hameel; H.-M. Chang; P.W. Hart. Tappi Journal 12(7): 23 – 31. (2013)

https://imisrise.tappi.org/download.aspx?key=13JUL23 (em Inglês)

e

https://www.researchgate.net/publication/263925231_Impact_of_Lignin_and_Carbohydrate_Chemical_Structures_on_Kraft_Pulping_Processes_and_Biofuel_Production (em Inglês)

Desenvolvimento de filmes celulósicos nanoestruturados a partir da polpa kraft de *Pinus* sp. L.C. Viana. Tese de Doutorado. UFPR – Universidade Federal do Paraná. 129 pp. (2013)

http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/handle/1884/33842/R%20-%20T%20-%20LIVIA%20CASSIA%20VIANA.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Português)

Assessment of lignocellulosic material quality and furfural production from corn cobs, sugarcane bagasse, eucalyptus wood and dissolving pulp pre-hydrolyzate. B.M. Barbosa. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 49 pp. (2013)

http://www.bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFV_14631c34526305f5e505ad8f48547526 (em Inglês)

Redes de inovação em etanol de segunda geração. L.G.A. Souza. Tese de Doutorado. USP – Universidade de São Paulo. 216 pp. (2013)

http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-26082013-135850/publico/Luiz_Gustavo_Antonio_de_Souza_versao_revisada.pdf (em Português)

Caracterização das frações celulose, hemicelulose e lignina de diferentes genótipos de cana-de-açúcar e potencial de uso em biorrefinarias. B.H. Ogata. Dissertação de Mestrado. USP – Universidade de São Paulo. 109 pp. (2013)

http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-13112013-143039/publico/Bruna_Harumi_Ogata.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)

Evaluation of alkaline deconstruction processes for Brazilian new generation of eucalypt clones. F.J.B. Gomes; J.L. Colodette; A. Milanez; J. Andreotti; A. Burnet; M. Petit-Conil; J.C. del Rio; A. Gutierrez; M.P. Boada; A.T. Martinez; F.A. Santos. 13th European Workshop on Lignocellulosics and Pulp. 05 pp. (2014)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2014_Wood+Deconstruction+Clones+Euca.pdf (em Inglês)

Biorrefinaria. Um novo conceito, da produção à entrega. F. Aguiar. 47º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 24 slides. (2014)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2014_Conceito+Biorrefinaria.pdf (em Português)

Chemical and biochemical biorefineries in kraft pulp mills. Process integration and economics for three concepts. V. Lundberg. Tese de Doutorado. Chalmers University of Technology. 95 pp. (2014)

https://core.ac.uk/download/pdf/70610826.pdf (em Inglês)

Bio-products are hatching, (although tentatively). M. Williamson. TAPPI Ahead of the Curve – (October 1, 2014)

https://www.tappi.org/content/enewsletters/ahead/2014/issues/2014-10-01.html?utm_source= (em Inglês)

Resíduo líquido do tratamento com vapor da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden, aplicado como corante têxtil natural. T. Rossi. Tese de Doutorado. USP – Universidade de São Paulo. 102 pp. (2014)

http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-24032014-133049/publico/Ticiane_Rossi_versao_revisada.pdf (em Português)

Deslignificação de bagaço de cana-de-açúcar: Reações, isolamento e utilização de ligninas. K. Marabezi. Tese de Doutorado. USP – Universidade de São Paulo. 240 pp. (2014)

https://teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75134/tde-02022015-112400/publico/KarenMarabezi_revisada.pdf (em Português)

Estudo da incorporação de *whiskers* de cellulose em polietileno de baixa densidade (PEBD). K.B.R. Teodoro. Dissertação de Mestrado. UFSCAR – Universidade Federal de São Carlos. 108 pp. (2014)

https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/6587/5970.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Português)

Biotecnologia no Brasil: Uma atividade econômica baseada em empresa, academia e estado. C.E.T. Freire. Tese de Doutorado. USP – Universidade de São Paulo. 201 pp. (2014)

https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8132/tde-14012015-180416/publico/2014_CarlosEduardoTorresFreire_VOrig.pdf (em Português)

Produção de hidrogênio em reator anaeróbio de leito fluidizado termofílico com vinhaça como substrato orgânico. S.C. Santos. Tese de Doutorado. USP – Universidade de São Paulo. 163 pp. (2014)

http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-27082014-143447/publico/SamanthaChristineSantos.pdf (em Português)

Development of pretreatment technology and enzymatic hydrolysis for biorefineries. A. Kallioinen. VTT Science Report 56. 180 pp. (2014)

https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/science/2014/S56.pdf (em Inglês)

The relationship between *Eucalyptus grandis* lignin structure and kraft pulping parameters. L. Reina; A. Galetta; V. Vinciguerra; F. Resquin; P. Menéndez. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 107: 284 – 288. (2014)

https://www.researchgate.net/publication/261371644_The_relationship_between_Eucalyptus_grandis_lignin_structure_and_kraft_pulping_parameters (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)

Innventia global outlook of papermaking towards the future. Innventia. 08 pp. (2014)

https://www.slideshare.net/Innventia/papermaking-towards-the-future-innventia (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)

Can acceptable pulp be obtained from *Eucalyptus globulus* wood chips after hemicellulose extraction. F. López; M.T. García; V. Mena; J.M. Loaiza; M.A.M. Zamudio; J.C. García. BioResources 10(1): 55 – 67. (2015)

https://bioresources.cnr.ncsu.edu/wp-content/uploads/2016/06/BioRes_10_1_55_Lopez_GMLZG_Paper_Obtained_E_globulus_6034.pdf (em Inglês)

Biomass gasification-based biorefineries in pulp and paper mills. Greenhouse gas emission implications and economic performance. J. Isaksson. Tese de Doutorado. Chalmers University of Technology. 92 pp. (2015)

https://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/213227/213227.pdf (em Inglês)

Softwood kraft lignin for value-added applications: Fractionation and structural characterization. M. Alekhina; O. Ershova; A. Ebert; S. Heikkinen; H. Sixta. Industrial Crops and Products 66: 220 – 228. (2015)

https://www.researchgate.net/publication/270867929_Softwood_kraft_lignin_for_value-added_applications_Fractionation_and_structural_characterization (em Inglês)

Hardwood and softwood kraft lignins fractionation by simple sequential acid precipitation. T.V. Lourençon; F.A. Hansel; T.A. ; L.P. Ramos; G.I.B. Muniz; W.L.E. Magalhães. Separation and Purification Technology 154: 82 – 88. (2015)

https://www.researchgate.net/publication/282152090_Hardwood_and_softwood_kraft_lignins_fractionation_by_simple_sequential_acid_precipitation (em Inglês)

Biogás como alternativa energética para resíduos industriais. H.W. Herrmann; G. Kovalski; A.L. Gallina; C.B. Fürstenberger; P.P. Rodrigues. Revista Brasileira de Energias Renováveis 4: 86 – 101. (2015)

https://revistas.ufpr.br/rber/article/view/41704/pdf_67 (em Português)

Purification and characterization of kraft lignin. W. Fang; M. Alekhina; O. Ershova; S. Heikkinen; H. Sixta. Holzforschung 69(8): 943 – 9650. (2015)

https://www.researchgate.net/profile/Marina-Stahl-alekhina/publication/271183378_Purification_and_characterization_of_kraft_lignin/links/556d67a808aeccd7773bf56a/Purification-and-characterization-of-kraft-lignin.pdf?origin= (em Inglês)

De promessa a realidade: Como o etanol celulósico pode revolucionar a indústria da cana-de-açúcar. Uma avaliação do potencial competitivo e sugestões de política pública. A.Y. Milanez; D. Nyko; M.S. Valente; L.C. Sousa; A. Bonomi; C.D.F. Jesus; M.D.B. Watanabe; M.F. Chagas; M.C.A.F. Rezende; O. Cavalett; T.L. Junqueira; V.L.R. Gouvêia. BNDES Setorial nº 41. 58 pp. (2015)

https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/4283/1/BS41-De%20promessa%20a%20realidade_como%20o%20etanol%20celul%c3%b3sico%20pode%20revolucionar%20a%20ind%c3%bastria%20da%20cana-de-a%c3%a7%c3%bacar.pdf (em Português)

Cationic hemiceluloses as a product of a dissolving pulp based biorefinery. J. Shen; R. Singh; M. Konduri; P. Fateri. Industrial & Engineering Chemistry Research 54: 1426 – 1432. (2015)

https://www.academia.edu/40688825/Cationic_Hemicellulose_As_a_Product_of_Dissolving_Pulp_Based_Biorefinery (em Inglês)

Dilute sulphuric acid extraction of hemicelluloses from *Eucalyptus grandis* and its effect on kraft and soda-aq pulp and handsheet properties. P.F. Vena; M. Brienzo; M. García-Aparício; J.F. Gorgens; T. Rypstra. Cellulose Chemistry and Technology 49(09/10): 819 – 832. (2015)

https://www.researchgate.net/profile/Michel-Brienzo/publication/299462370_Dilute_sulphuric_acid_extraction_of_hemicelluloses_from_eucalyptus_grandis_and_its_effect_on_kraft_and_soda-AQ_pulp_and_handsheet_properties/links/57ff7cda08aec3e477ea8deb/Dilute-sulphuric-acid-extraction-of-hemicelluloses-from-eucalyptus-grandis-and-its-effect-on-kraft-and-soda-AQ-pulp-and-handsheet-properties.pdf?origin= (em Inglês)

Separation of lignin in pulp mill process and its effect on sodium sulphur balance. V. Partanen. Dissertação de Mestrado. Lappeenranta University of Technology.83 pp. (2015)

https://lutpub.lut.fi/handle/10024/117328?show=full (em Inglês)

e

https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/117328/Separation%20of%20lignin%20in%20Pulp%20Mill%20process%20and%20its%20effect%20on%20sodium-sulphur%20balance.pdf (em Inglês)

Extração, modificação e aplicação da fibra do bagaço de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). A.P. Travalini. Dissertação de Mestrado. UEPG – Universidade Estadual de Ponta Grossa. 131pp. (2015)

https://tede2.uepg.br/jspui/bitstream/prefix/636/1/Ana%20Paula%20Travalini.pdf (em Português)

Oxidação de lignina proveniente de resíduos lignocelulósicos agroindustriais para obtenção de compostos químicos aromáticos de maior valor agregado. F.C. Oliveira. Tese de Doutorado. USP – Universidade de São Paulo. 199 pp. (2015)

https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/97/97131/tde-05082015-153217/publico/BIT15007_C.pdf (em Português)

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)

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)

Mejoras en un proceso de pasteado al sulfito para el aprovechamiento de carbohidratos dentro del concepto de biorrefinería. T.L. Astuy. Tese de Doutorado. Universidad de Cantabria. 207 pp. (2016)

https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/8257/Tesis%20TLA.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Espanhol)

Torrefação de cavacos de eucalipto para fins energéticos. M.P.C.F. Pereira; E.V.S. Costa; B.L.C. Pereira; A.M.M.L. Carvalho; A.C.O. Carneiro; A.C. Oliveira. Pesquisa Florestal Brasileira 36(87): 269 – 275. (2016)

https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/1093/518 (em Português)

Integrating a biorefinery into an operating kraft mill. M.A. Johnson; P.W. Hart. BioResources 11(4): 10677 – 10710. (2016)

https://bioresources.cnr.ncsu.edu/wp-content/uploads/2016/11/BioRes_11_4_10677_Johnson_H_Integrating_Biorefinery_Operating_Kraft_Mill_10085.pdf (em Inglês)

Nanocelulose de elevada cristalinidade extraída da fibra do bagaço de mandioca. A.P Travalini; E. Prestes; L.A. Pinheiro; I.M. Demiate. Revista O Papel 77(1): 73 – 80. (2016)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/2015_Nanocelulose+Elevada+Cristalinidade+Mandioca.pdf (em Português)

Effects of xylan in *Eucalyptus* pulp production. B.M. Barbosa; J.L. Colodette; M.C.S. Muguet; V.J. Gomes; R.C. Oliveira. Revista Cerne 22(02): 207 – 214. (2016)

https://cerne.ufla.br/site/index.php/CERNE/article/view/1227/923 (em Inglês)

Caracterização e aplicação dos resíduos da cana de açúcar visando à produção de etanol 2G. L.A.R. Batalha. Tese de Doutorado. UFV - Universidade Federal de Viçosa. 88 pp. (2016)

http://www.bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFV_d46a6b7eea8e90eb8616c5af0355ea36 (em Português)

Bio-refinerías de pequeña escala a partir de residuos lignocelulósicos regionales. M.C. Area. Foro sobre Bioeconomía Regional "Nuevos productos a partir de la Biomasa". Apresentação em PowerPoint: 62 slides. (2016)

https://www.researchgate.net/publication/311439352_Bio-refinerias_de_pequena_escala_a_partir_de_residuos_lignocelulosicos_regionales (em Espanhol)

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 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)

Fontes alternativas de energia. G.M. Lima. Editora e Distribuidora Educacional. 196 pp. (2017)

https://doku.pub/documents/fontes-alternativas-de-energiapdf-o0mzjz1wpxld (em Português)

Projeto FAPESP. Nanotecnologia: Alternativas de fibras vegetais. J.S. Bernardes. Revista FAPESP. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. 04 pp. (2017)

https://revistapesquisa.fapesp.br/alternativas-de-uma-fibra-vegetal/ (em Português)

Novas estratégias para valorização do extrato de tanino. A.L. Missio. Tese de Doutorado. UFSM – Universidade Federal de Santa Maria. 90 pp. (2017)

https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/18096/TES_PPGEF_2017_MISSIO_ANDRE.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Português)

Biocarvão: Realidade e potencial de uso no meio florestal. P.A. Trazzi; A.R. Higa; J. Dieckow; A.S. Mangrich; R.C.V. Higa. Revista Ciência Florestal 28(2): 875 – 887. (2018)

https://www.scielo.br/j/cflo/a/TR9WzGZhYHdsnzz4vBzFt7H/?format=pdf&lang=pt (em Português)

Advanced biorefinery concepts related to non-wood feedstocks. S. Ullah. Tese de Doutorado. University of Jyväskylä. 79 pp. (2018)

https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/60446/978-951-39-7580-7.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Inglês)

Lignin–carbohydrate complexes. Properties, applications, analyses, and methods of extraction: A review. D. Tarasov; M. Leitch; P. Fatehi. Biotechnology for Biofuels 11: Artigo 269. 28 pp. (2018)

https://biotechnologyforbiofuels.biomedcentral.com/counter/pdf/10.1186/s13068-018-1262-1.pdf (em Inglês)

Potential of *Eucalyptus globulus* industrial bark as a biorefinery feedstock: Chemical and fuel characterization. D.M. Neiva; S. Araújo; J. Gominho; A.C. Carneiro; H. Pereira. Industrial Crops and Products 123: 262 – 270. (2018)

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092666901830579X?via%3Dihub (em Inglês)

Astonishing spectrum of new forest products includes both high tech and solutions to everyday problems. Finnish Forests – Forest.Fi. (2018)

https://forest.fi/article/astonishing-spectrum-of-new-forest-products-includes-both-high-tech-and-solutions-to-everyday-problems/#:~:text=Astonishing%20spectrum%20of%20new%20forest%20products%20includes%20both,footwear%20...%205%20UPM%20developed%20fire-resistant%20plywood%20 (em Inglês)

Propriedades termoquímicas de briquetes produzidos com finos de carvão vegetal e resíduos de *Pinus* spp. A.T.O. Vieira; A.M. Nascimento; A.M. Andrade; A.F. Dias Júnior. Revista *Scientia Forestalis* 46(119): 483 – 493. (2018)

https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr119/cap15.pdf (em Português)

Chemical characterization of lignocellulosic materials by analytical pyrolysis. A. Lourenço; J. Gominho; H. Pereira. *In:* "Analytical Pyrolysis". 22 pp. (2018)

https://www.intechopen.com/chapters/63254 (em Inglês)

Thinking green: Sustainable polymers from renewable resources. G.Z. Papageorgiou. Polymers 10: Artigo 952. 05 pp. (2018)

https://www.mdpi.com/2073-4360/10/9/952/pdf?version=1535373424 (em Inglês)

Resíduos da indústria de pasta e papel como matérias-primas: Economia circular. S. Pereira. Seminário Tecnicelpa "Biorrefinaria na indústria de pasta e papel: Novos produtos e aplicações". Apresentação em PowerPoint: 17 slides. (2018)

https://tecnicelpa.com/files/20181123_Susana%20Pereira_Economia%20Circular.pdf (em Português)

The biorefinery pulp mill. P. Axegard. RISE Sweden. Apresentação em PowerPoint: 42 slides. (2018)

https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1172727/PREVIEW01.pdf (em Inglês)

Biorrefinaria e o tratamento de efluentes: Controle ambiental e recuperação de energia. M. Berni. Revista O Papel (Maio): 69 – 70. (2018)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2018_Biorrefinaria+Melhorias+Ambientais.pdf (em Português)

Biorrefinerías: Oportunidad local para el desarrollo de una economía circular. C.A. Lucho-Constantino. Conference: "Biorrefinerías: Oportunidad local para negocios circulares". Apresentação em PowerPoint: 66 pp. (2019)

https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Lucho-Constantino/publication/334160864_BIORREFINERIAS_OPORTUNIDAD_LOCAL_PARA_EL_DESARROLLO_DE_UNA_ECONOMIA_CIRCULAR/links/5d1ab433458515c11c095228/BIORREFINERIAS-OPORTUNIDAD-LOCAL-PARA-EL-DESARROLLO-DE-UNA-ECONOMIA-CIRCULAR.pdf?origin (em Espanhol)

Techno-economic and environmental analysis of bio-oil production from forest residues via non-catalytic and catalytic pyrolysis processes. D.L. van Schalkwyk. Dissertação de Mestrado. Stellenbosch University. 151 pp. (2019)

https://scholar.sun.ac.za/bitstream/handle/10019.1/107238/vanschalkwyk_techno_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Inglês)

Autohydrolysis, pulping and bleaching of *Eucalyptus grandis* in a biorefinery framework. J.M.L. Rodriguez; J.L. Colodette; J.C. Garcia; F. López. BioResources 14(03): 5467 – 5487. (2019)

https://bioresources.cnr.ncsu.edu/wp-content/uploads/2019/05/BioRes_14_3_5467_Rodriguez_CGL_Dissolving_Pulp_Prodn_Eucalyptus_Framew_Biorefinery_15472.pdf (em Inglês)

Derivatization of essential oil of *Eucalyptus* to obtain valuable market products. A comprehensive review. R. Kainat; A. Qayyum; Z. Mushtaq; F. Nadeem. International Journal of Chemical and Biochemical Sciences 15: 58 – 68. (2019)

https://www.iscientific.org/wp-content/uploads/2019/09/10-IJCBS-19-15-10.pdf (em Inglês)

The effect of different pre-treatments to improve delignification of eucalypt stumps in a biorefinery context. J. Gominho; R. Costa; A. Lourenço; D.M. Neiva; H. Pereira. Bioresource Technology Reports 6: 89 – 95. (2019)

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2589014X19300271 (em Inglês)

Valorização da madeira de *Eucalyptus sp.* via pirólise: Caracterização e rendimento dos produtos. F.T.M. Silva. Tese de Doutorado. UFU - Universidade Federal de Uberlândia. 152 pp. (2019)

https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/24524/3/Valoriza%c3%a7%c3%a3oMadeiraEucalyptus.pdf (em Português)

Catalytic pyrolysis conversion of lignin from different sources to phenols. D.R. Naron. Tese de Doutorado. Stellenbosch University. 287 pp. (2019)

https://scholar.sun.ac.za/bitstream/handle/10019.1/106218/naron_catalytic_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y (em Inglês)

Use of lignin side-streams from biorefineries as fuel or co-product? Life cycle analysis of bio-ethanol and pulp production processes. M. Secchi; V. Castellani; M. Orlandi; E. Collina. BioResources 14(2): 4832 – 4865. (2019)

https://bioresources.cnr.ncsu.edu/wp-content/uploads/2019/04/BioRes_14_2_4832_Secchi_OCO_Use_Lignin_Sidestreams_Biorefineries_LCA_15371.pdf (em Inglês)

Briquetagem dos resíduos dos processamentos mecânico e químico de *Pinus* spp. E.A. Bonfatti Júnior; E.C. Lengowski; V.M. Takahashi; G.M. Adur; D.A. Silva; U. Klock; A.S. Andrade; I. Venson; G.I.B. de Muñiz. Cadernos de Ciência & Tecnologia 36(3): Artigo e26522. (2019)

https://seer.sct.embrapa.br/index.php/cct/article/view/26522/14562 (em Português)

Sustainable biorefineries: What was learned from the design, analysis and implementation. C.A. Cardona-Alzate; S. Serna-Loaiza; M. Ortiz-Sanchez. Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems 8(01): 88 – 117. (2020)

https://www.sdewes.org/jsdewes/dpf5db083f02f123b975b17176769696defac3ad52 (em Inglês)

Borregaard – The world's most advanced biorefinery in operation – A peek into our secrets. G. Rodsrud. IEA Task 39 and Task 44 Joint Project "Flexibility in biorefineries". Apresentação em PowerPoint: 13 slides. (2020)

https://task44.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/sites/12/2020/12/Borregaard-Rodsrud-IEA-Bioenergy-25-11-2020-Webinar.pdf (em Inglês)

Thermal biomass conversion: A review. W.M. Lewandowski; M. Ryms; W. Kosakowski. Processes 8: Artigo 516. 48 pp. (2020)

https://pdfs.semanticscholar.org/8478/bbea04286ad662b659ac81350163cc3e1adb.pdf?_gl=1*1nt7nx1*_ga*NzgzMTkzNS4xNjc1MzY1NzQ2*_ga_H7P4ZT52H5*MTY4MDYxMDIwNy4zNC4wLjE2ODA2MTM3MjYuMC4wLjA. (em Inglês)

The rise of lignin biorefinery. E. Paone; T. Tabanelli; F. Mauriello. Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry 24: 01 – 06. (2020)

https://www.researchgate.net/publication/337814031_The_Rise_of_Lignin_Biorefinery (em Inglês)

CelluForce signs a 10-year commercial agreement in the cosmetics sector. CelluForce. PA News - Paper Advance Journal. (2020)

https://www.paperadvance.com/bioeconomy/biomaterials/celluforce-signs-a-10-year-commercial-agreement-in-the-cosmetics-sector.html (em Inglês)

Guidelines for performing lignin-first biorefining. M.M. Abu-Omar; K. Barta; G.T. Beckham; J.S. Luterbacher; J. Ralph; R. Rinaldi; Y. Roma'n-Leshkov; J.S.M. Samec; B.F. Sels; F. Wang. Energy & Environmental Science 14: Artigo 262. 31 pp. (2021)

https://pubs.rsc.org/en/content/articlepdf/2021/ee/d0ee02870c (em Inglês)

Biorrefinaria lignocelulósica empregando líquidos iônicos próticos para produção de etanol e lignina. T.C. Pin. Tese de Doutorado. UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas. 206 pp. (2021)

http://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=546453 (em Português)

Current and past: Nanocellulose and nanocomposites and its future applications. M.K. Bakri; M.R. Rahman; A. Kakar. Academia Letters 2021: Artigo 1483. 07 pp. (2021)

https://www.academia.edu/49954663/Current_and_Past_Nanocellulose_and_Nanocomposites_and_Its_Future_Applications (em Inglês)

Towards the development of value-added nanocomposites. M.K. Bakri; M.R. Rahman. Academia Letters 2021: Article 2472. 07 pp. (2021)

https://www.academia.edu/50402010/Towards_the_Development_of_Value_Added_Nanocomposites (em Inglês)

Wood is increasingly used in foodstuffs and cosmetics – Wood hemicelluloses has a huge potential, says researcher Mamata Bhattarai. A. Kauppi entrevista M. Bhattarai. Finnish Forests – Forest.Fi. (2021)

https://forest.fi/article/wood-is-increasingly-used-in-foodstuffs-and-cosmetics-wood-hemicelluloses-has-a-huge-potential-says-researcher-mamata-bhattarai/#b9ff702e (em Inglês)

Forest bioeconomy future catalogue. Finnish Forests – Forest.Fi. (2022)

https://forest.fi/forest-bioeconomy-future-catalogue/ (em Inglês)

Contribución del papel a la economía circular. Subestimada por los consumidores. O. Cusola; J.F. Colom Pastor. Website https://celso-foelkel.com.br. 03 pp. (2022)

https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Productos_Industria+Papelera_Colom+Pastor_Cusola+Aumedes.pdf (em Espanhol)

Vídeo: **La celulosa más allá del papel.** M.C. Area. Comunidad del Papel. Vídeos YouTube. (2022)

https://www.youtube.com/watch?v=5w0RZJxgs74 (em Espanhol)

Expert-based assessment of the potential of non-wood forest products to diversify forest bioeconomy in six European regions. P. Huber; M. Kurttila; T. Hujala; B. Wolfslehner; M. Sanchez-Gonzalez; M. Pasalodos-Tato; S. de-Miguel; J.A. Bonet; M. Marques; J.G. Borges; C.M. Enescu; L. Dinca; H. Vacik. Forests 14: Artigo 420. 24 pp. (2023)

https://www.researchgate.net/publication/368682420_Expert-Based_Assessment_of_the_Potential_of_Non-Wood_Forest_Products_to_Diversify_Forest_Bioeconomy_in_Six_European_Regions (em Inglês)

Tall-oil fatty acid industry and market report. Mordor Intelligence. (2023)

https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/tall-oil-fatty-acid-market?gclid=CjwKCAjwiOCgBhAgEiwAjv5whI_oID-PVwywg6NYz__dVcLW4wc7Ohl_rbKJU1Pg_wY9_j5eBRA-gRoCzyEQAvD_BwE (em Inglês)

Lignin products industry and market research report. Mordor Intelligence. (2023)

https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/lignin-products-market?gclid=CjwKCAjwiOCgBhAgEiwAjv5whIuWlt0DvWNeGpiekcwde8mkNhOpcl7gFzoTAMrvxH540ISnsOsXLhoCk5gQAvD_BwE (em Inglês)

Lignin-first biorefinery for converting lignocellulosic biomass into fuels and chemicals. Z. Luo; Q. Qian; H. Sun; Q. Wei; J. Zhou; K. Wang. Energies 16(1): Artigo 125. 25 pp. (2023)

https://www.mdpi.com/1996-1073/16/1/125/pdf?version=1672884870 (em Inglês)

Separating the two faces of "bioeconomy": Plantation economy and sociobiodiverse economy in Brazil. O.I. Ollinaho; M. Kroger. Forest Products and Economics 149: Artigo 102932. (2023)

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389934123000278 (em Inglês)

Silvana Meister Sommer, presidente do ABTCP 2023, destaca atuação do setor de celulose e papel na economia circular. Entrevista por Caroline Martin. Revista O Papel (Março): 06 – 15. (2023)

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2023_SilvanaSommer.pdf (em Português e em Inglês)

Dimethyl ether. Wikipedia – The Free Encyclopedia. Acesso em 27.03.2023:

http://en.wikipedia.org/wiki/Diethyl_ether (em Inglês)

Biomethane generation. Pulp mill reduces electrical costs, waste sludge, and chemical usage. Evoqua. Acesso em 27.03.2023:

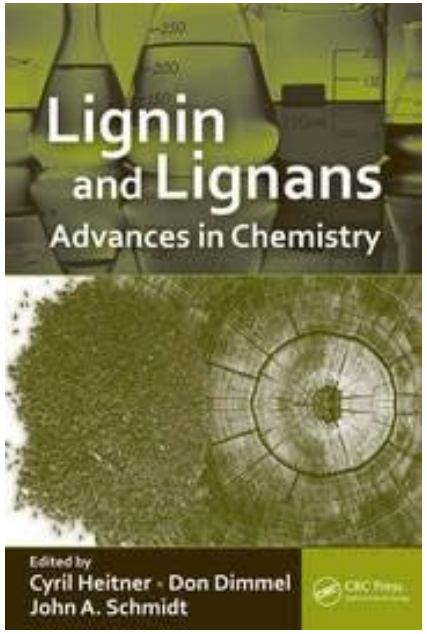
https://www.evoqua.com/en/case-studies/slave-lake-pulp-bvf-reactor/ (em Inglês)

Biomassa: O que é, como funciona? Mundo Educação. Acesso em 27.03.2023:

https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/biomassa.htm (em Português)

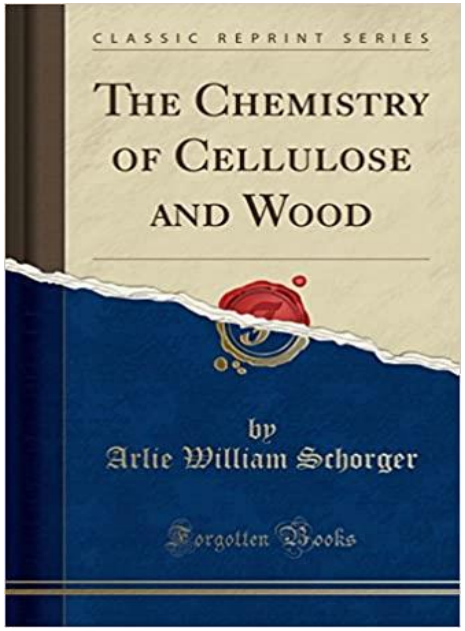
Entrevista: **La AFCP entrevistó a la Dra. María Cristina Area sobre el tema "De la fábrica de celulosa y papel a la biorrefinería".** AFCP – Asociación de los Fabricantes de Celulosa y Papel de Argentina. Acesso em 27.03.2023:

http://wordpress.afcparg.org.ar/index.php/de-la-fabrica-de-celulosa-y-papel-a-la-biorrefineria/ (em Espanhol)



Imagens: Capas de livros

Fotos: Acervo Celso Foelkel



De passados não tão recentes aos momentos atuais

Páginas de rosto de documentos e artigos técnicos

Biomasse cellulosiche quali fonti alternative di «fine chemicals» e bioproteine

B. Focher, A. Marzetti, V. Sarto e L. D'Angiuro

Stazione Sperimentale Cellulosa, Carta e Fibre Tessili Vegetali ed Artificiali - Milano

INTRODUZIONE

Nell'ambito del programma IUPAC: « La chimica applicata ai fabbisogni dell'uomo » il congresso sulle future fonti di materie prime organiche per fine chemicals (1) ha richiamato 800 esperti di tutto il mondo. Nella relazione introduttiva gli oratori, dopo aver puntualizzato che la ricerca di nuove fonti di materie prime organiche non può essere disgiunta dal problema più generale della ricerca di nuove fonti di energia, hanno sottolineato il fatto che entro l'anno duemila le fonti tradizionali di approvvigionamento diventeranno completamente insufficienti.

Sino ad allora, il petrolio ed il gas naturale costituiranno ancora le fonti principali anche se l'approvvigionamento non si limiterà esclusivamente all'estrazione da pozzi petroliferi, ma verranno utilizzate anche fonti finora ritenute antieconomiche quali, ad esempio, sabbie bituminose e rocce oleose.

A questa prima fase, seguirà un periodo in cui si prevede l'utilizzo massiccio del carbone che costituisce ancora il 47% di tutte le riserve di materiale combustibile.

La gasificazione del carbone mediante reazione dello stesso con vapor acqueo per dare ossido di carbonio ed idrogeno, quindi metanolo ed etanolo e da quest'ultimo etilene, sembra la via più immediata di utilizzo di questo combustibile, anche alla luce dei recenti progressi acquisiti nel campo della catalisi con zeoliti.

Come alternativa alla gasificazione del carbone, molto dispendiosa da un punto di vista energetico, la liquefazione e soprattutto la pirolisi dello stesso sembrano destinate ad essere in futuro più competitive con i prezzi del petrolio, anche se valutazini economiche di questo tipo risultano del tutto arbitrarie, data l'impossibilità di prevedere i costi delle fonti energetiche anche a breve termine.

Nella decomposizione termica tradizionale del carbone in assenza di ossigeno, il coke risulta ancora il prodotto principale, unitamente a sottoprodotti gassosi e liquidi che fungono da intermedi nella sintesi di prodotti organici anche aromatici.

Le tecniche più avanzate di pirolisi, quali la pirolisi in plasma e l'idropirolisi in presenza di idrogeno, ad alte temperature e pressioni, sembrano offrire una più ampia gamma di intermedi per prodotti organici.

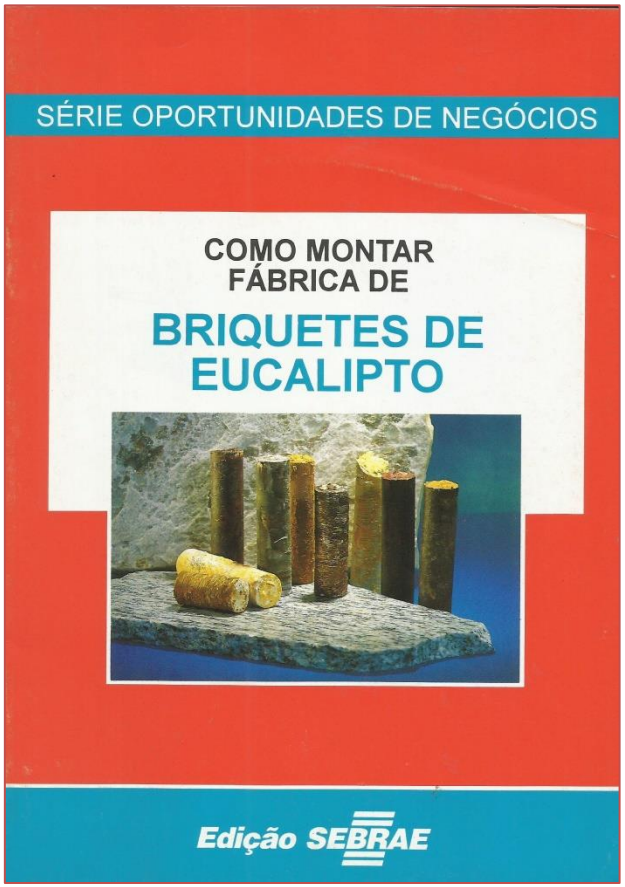
Con l'anno duemila l'industria chimica dovrà rinnovare completamente le proprie fonti di approvvigionamento di materie prime per prodotti organici e, da un'ampia ricerca effettuata in numerosi centri di tutto il mondo, sembra che le biomasse vegetali possano costituire la vera fonte alternativa, sia da un punto di vista quantitativo che economico.

2. BIOMASSE CELLULOSICHE

Nelle biomasse di origine vegetale secondo stime recenti viene accumulata, attraverso il processo fotosintetico, una quantità di energia 17 volte superiore al fabbisogno energetico mondiale.

Il processo fotosintetico, sia nelle alghe che nelle piante superiori, presenta due aspetti fondamentali: 1) la conversione di energia luminosa in energia chimica; 2) la fissazione di anidride carbonica in composti organici del carbonio. A livello di strutture cellulari altamente specializzate, i cloroplasti, in presenza di luce si osserva la formazione, da anidride carbonica ed acqua, di carboidrati del tipo $(CH_2O)_n$ e sviluppo di ossigeno. I quanti di luce sono assorbiti dalla clorofilla e dagli altri pigmenti fotosintetici presenti sulle membrane del cloroplasto ed utilizzati per generare « potere riducente » sotto forma di NADPH, mediante una serie di reazioni di ossidoriduzione che permettono il trasferimento di atomi di H dall'acqua al NADP (nicotinammide adenindinucleotide fosfato). Durante la riduzione del NADP a NADPH parte dell'energia disponibile viene utilizzata nella sintesi di ATP, un nucleotide trifosfato ricco di energia. I prodotti primari della reazione fotochimica, NADPH e ATP, sono entrambi necessari per la successiva conversione della CO_2 in carboidrati. L'assorbimento dell'anidride carbonica avviene nella matrice solubile del cloroplasto e può procedere in assenza di luce, con l'intervento di enzimi solubili che utilizzando il NADPH e l'ATP, portano alla formazione, come prodotto finale, di glucosio. Per ogni molecola di CO_2 ridotta sono necessarie 3 molecole di ATP e 2 di NADPH. Il glucosio ottenuto dal processo fotosintetico viene utilizzato in parte per sostenere il metabolismo cellulare ed in parte nella sintesi dei compo-

1979



1993

que, no entanto, não parecem, por ora, ter encontrado muito espaço para atuar.

Os polióis do produtor francês Roquette Freres, ex-associado da Rhône-Poulenc, tem seus produtos comercializados no Brasil pela departamento de ingredientes alimentares da Rhodia. A Xyrofin, que nasceu *joint venture* entre a Finnish Sugar Co. e a Hoffmann-LaRoche na década de 70 e hoje pertence exclusivamente à primeira, desova modesta parcela da enorme produção de polióis das fábricas de Kotka, Finlândia, e Thomson, Illinois (EUA) por meio de seu representante paulistano, Tovani Benzaquen. Outro fabricante com atuação discreta no mercado brasileiro é a alemã Cerestar.

Ao longo dos anos 80 houve ao menos dois estudos objetivando a produção local dos chamados adoçantes nutritivos. O primeiro foi iniciativa da Refinações de Milho, Brasil, interessada em produzir sorbitol e demais polióis a partir do milho, a exemplo do que é feito pelos produtores mundiais, em sua maioria. O projeto foi inviabilizado pelos preços reduzidos do açúcar de cana, que tendem a tornar antieconômico o emprego de insumos alternativos no Brasil.

Conclusão semelhante parece ter resultado de pesquisa realizada pela Roche brasileira, na época ainda representante e associada da finlandesa Xyrofin. Pablo Padín Fernandez, então gerente técnico do departamento de nutrição humana da empresa e hoje proprietário da representação Vitaquima, de São Paulo, recorda ter contatado as principais usinas de açúcar do País em busca de interessados em investir na produção de xilitol a partir de bagaço de cana. Embora a viabilidade técnica possa ter sido estabelecida graças a um bom número de lotes de bagaço enviados pela Roche à Xyrofin ao longo de anos, não apareceu quem se interessasse pela tecnologia no Brasil, lamenta Fernandez. Os investimentos necessários, estimados em US$ 30 milhões, teriam prazo de amortização não inferior a 8 anos. "Quem iria querer investir tal quantia nessas condições se os custos de montagem de uma usina de acúcar são amortizados em cerca de cinco anos?", pergunta. ■

Xilitol nacional sai do bagaço

Polióis são produzidos em escala industrial por hidrogenação sob alta pressão, na presença de catalisadores de níquel (Raney) ou, mais raramente, de outros metais de transição, por exemplo o cobalto, platina, paládio e rutênio. O xilitol não é exceção, mas, ao contrário dos hexitóis, como sorbitol e manitol, obtidos de hexoses, deriva da xilose, pentose encontrada na madeira.

Empresas como a Xyrofin, o principal fabricante mundial, com capacidade de produção superior a 3 mil t/ano de xilitol, extraem a xilose de madeiras "duras", como o vidoeiro (bétula), mais ricas em xilose. O processo, cuja complexidade e matéria-prima justificam o valor agregado mais elevado do xilitol em comparação aos demais polióis, compreende hidrólise ácida do material de partida, purificação cromatográfica e redução catalítica da xilose pura e, finalmente, cristalização do xilitol obtido.

Variáveis — Seria viável partir de um resíduo sem valor, como bagaço de cana, e, substituindo a hidrogenação catalítica tradicional pela mais econômica redução enzimática, obter xilitol a custos menores no Brasil? Após cinco anos de tentativas, pesquisadores do Centro de Biotecnologia da Faculdade de Engenharia Química de Lorena-SP ainda não têm resposta categórica. Entretanto, Ismael de Mancilha, coordenador do trabalho, já acena afirmativamente com referência a algumas variáveis determinantes à concretização do projeto.

Por exemplo, o bagaço de cana, produzido à razão até 15 milhões de t/ano (180 a 280 kg de bagaço por t da planta moída para produzir açúcar e/ou álcool), sendo parcela menor consumida como combustível para caldeiras ou ingrediente para rações animais, mostrou-se apropriado à aplicação. Para Mancilha, a concentração de pentosanas, cuja hidrólise origina xilose, no bagaço, da ordem de 30%, aproxima-se daquela encontrada em outras fontes tradicionais de xilose, como o vidoeiro (33%), casca de amendoim (36%) e espiga de milho (39%).

Um dos desafios superados pela equipe de Lorena, atualmente com oito membros, dos quais seis com nível superior, foi o aperfeiçoamento do processo de hidrólise ácida do bagaço. "Se recorrêssemos a tratamentos inadequados", explica Mancilha, "haveria o risco de liberar quantidades excessivas de glicose, além de favorecer a formação de produtos de decomposição dos açúcares, como furfural, hidroximetilfurfural e ácido acético, comprometendo o rendimento do processo".

Levedura ideal — A segunda etapa, também financiada com US$ 200 mil

Cura Jorge

Vitolo desenvolveu etapa biológica do processo

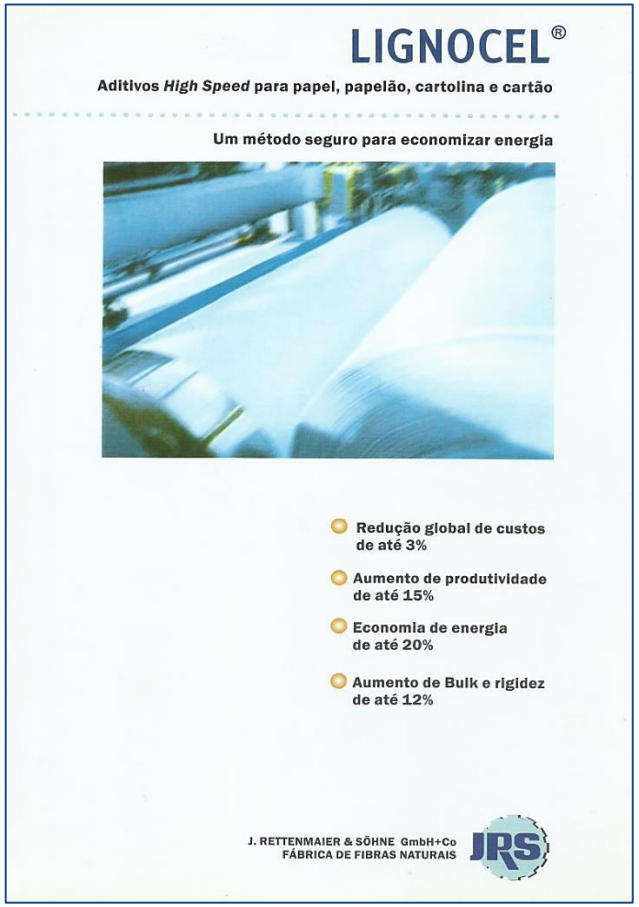
Cura Jorge

Hidrólise ácida do bagaço foi crítica para Mancilha

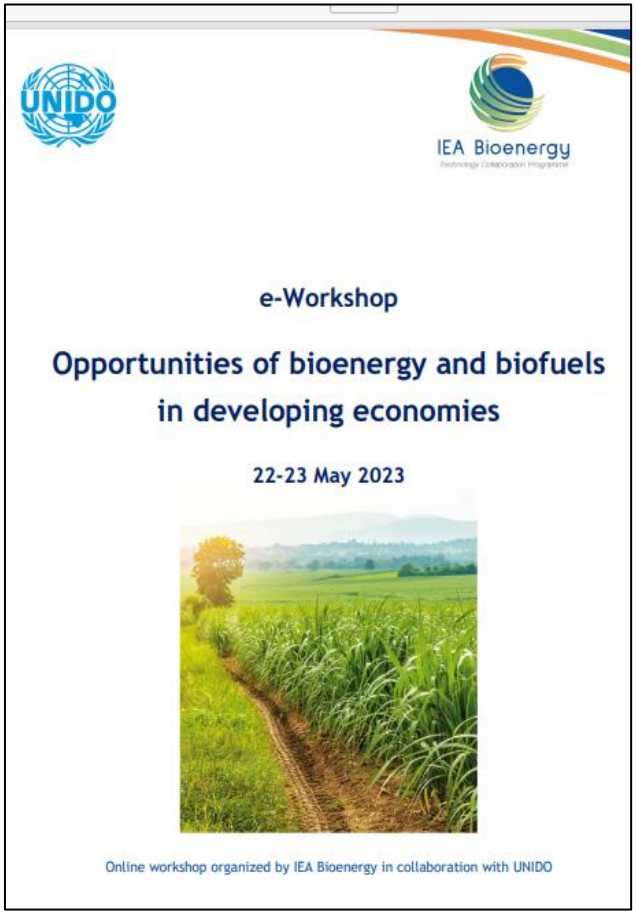
1994

De passados não tão recentes aos momentos atuais

Páginas de rosto de documentos e artigos técnicos



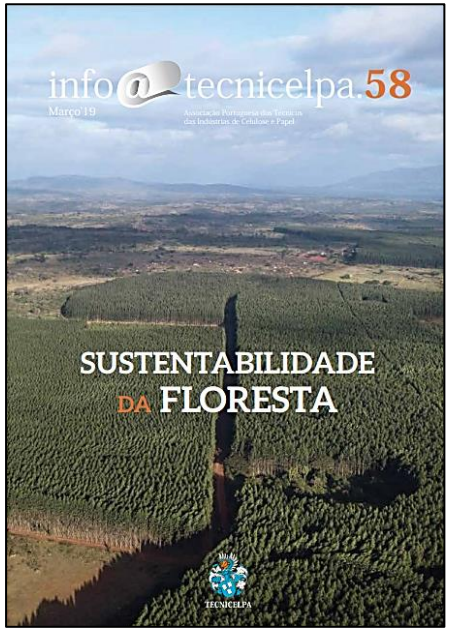
20xx



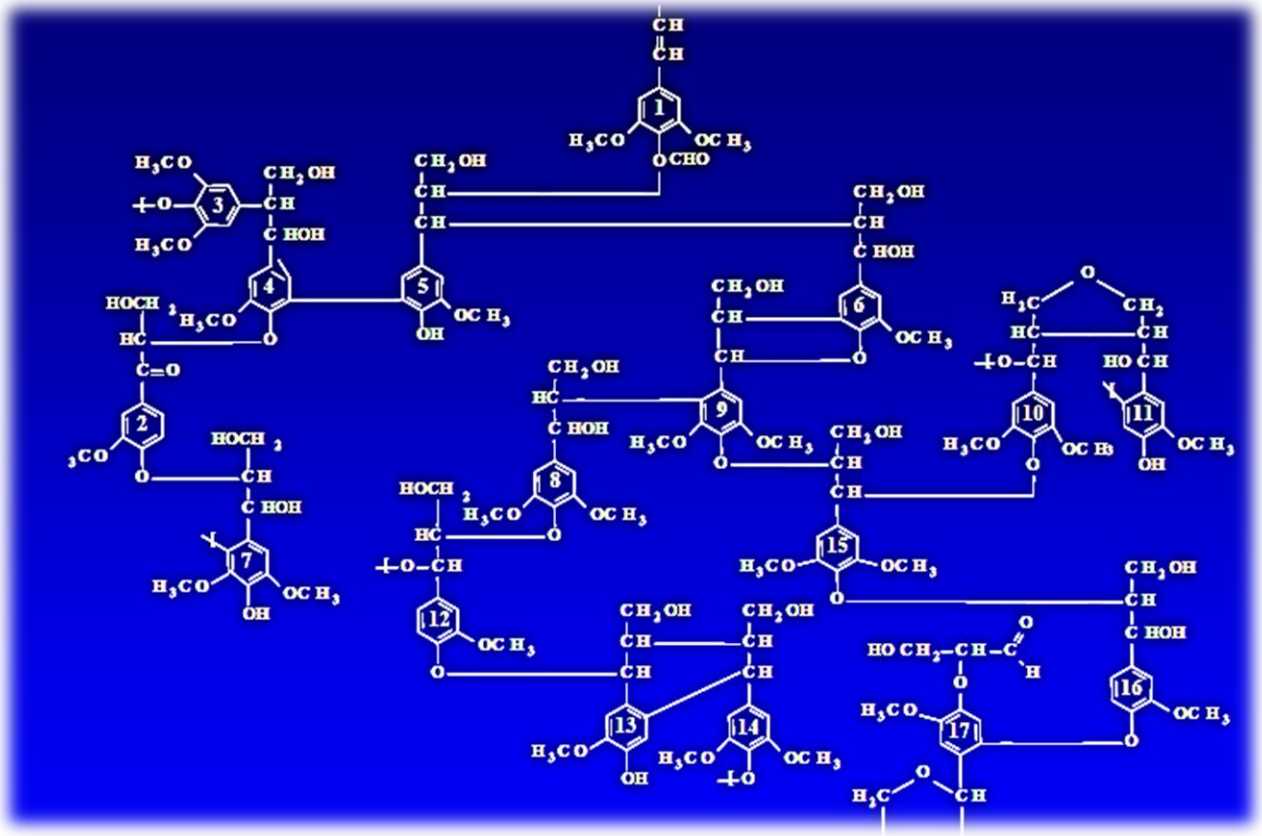
2023

Esquerda: https://www.jrs.eu/jrs_en/fiber-solutions/bu-chemistry/products/

Direita: https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2023/03/Programme_ExCo91-workshop_20230320-1.pdf



Fontes inesgotáveis de novos conhecimentos
Revistas técnicas setoriaisi



Lignina de Eucalipto

Fonte da Imagem: *Curso pelo saudoso Dr. José Lívio Gomide*

Wood and Forestry are wonderful to the biorefineries

Imagens: Acervo Celso Foelkel

Obrigado amigos leitores

Eucalyptus Online
Book & Newsletter

PinusLetter

Até a próxima edição de nossos Relatos de Vida - Aguardem

Imagens: Acervo Celso Foelkel

Nossa maior felicidade é que nossos documentos sejam úteis a vocês amigos leitores

Transportando conhecimentos compartilhados em busca de realização de sonhos