



Centro Tecnológico em Celulose e Papel

Proposta de criação

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Ciência, Tecnologia e Inovação

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) edita publicações sobre diversas temáticas que impactam a agenda do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI).

As edições são alinhadas à missão institucional do Centro de subsidiar os processos de tomada de decisão em temas relacionados à ciência, tecnologia e inovação, por meio de estudos em prospecção e avaliação estratégica baseados em ampla articulação com especialistas e instituições do SNCTI.

As publicações trazem resultados de alguns dos principais trabalhos desenvolvidos pelo Centro, dentro de abordagens como produção de alimentos, formação de recursos humanos, sustentabilidade e energia. Todas estão disponíveis gratuitamente para *download*.

A instituição também produz, semestralmente, a revista Parcerias Estratégicas, que apresenta contribuições de atores do SNCTI para o fortalecimento da área no País.

Você está recebendo uma dessas publicações, mas pode ter acesso a todo o acervo do Centro pelo nosso site: <http://www.cgee.org.br>.

Boa leitura!



Centro Tecnológico em Celulose e Papel

Proposta de criação



Brasília – DF
2016

© Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE)

Organização social supervisionada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC)

Presidente

Mariano Francisco Laplane

Diretor-executivo

Marcio de Miranda Santos

Diretores

Antonio Carlos Filgueira Galvão

Gerson Gomes

Edição / *Aline Adolphs*

Diagramação e infográficos / *Rafael Wendel e Laryssa Ferreira*

Capa / *Rafael Wendel*

Projeto Gráfico / *Núcleo de Design Gráfico do CGEE*

Catlogação na fonte

C389d

Centro Tecnológico em Celulose e Papel – Proposta de criação –
Brasília - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2016.

116 p.; il, 24 cm (+anexos)
ISBN 978-85-5569-121-8 (impresso)
ISBN 978-85-5569-122-5 (eletrônico)

1. Setor - Celulose e Papel. 2. Biorrefinaria. 3. Produtos e Serviços. 4.
Laboratório de Pesquisa e Teste. 5. Plano Estratégico. I. CGEE. II. Título.
CDU 581.134:676 (81)

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), SCS Qd. 9, Torre C, 4º andar, Ed. Parque Cidade Corporate, CEP: 70308-200 - Brasília, DF, Telefone: (61) 3424.9600, www.cgee.org.br

Todos os direitos reservados pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Os textos contidos nesta publicação poderão ser reproduzidos, armazenados ou transmitidos, desde que citada a fonte.

Referência bibliográfica:

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. Centro Tecnológico em Celulose e Papel - Proposta de criação. Brasília, DF: 2016. 116p.

Esta publicação é parte integrante das atividades desenvolvidas pelo CGEE no âmbito do 2º Contrato de Gestão firmado com o MCTIC.

Esta publicação tem a cooperação da Unesco no âmbito do Projeto ampliação e atualização dos processos institucionais de formulação, implantação e avaliação das políticas de ciência, tecnologia e inovação no Brasil, o qual tem como objetivo promover a ciência, tecnologia e inovação - C,T&I como fatores de desenvolvimento humano e de crescimento sustentável em todas as regiões.

A escolha e a apresentação dos fatos contidos neste livro, bem como as opiniões nele expressas, não são necessariamente as da Unesco, nem comprometem a Organização.

As indicações de nomes e a apresentação do material ao longo desta publicação não implicam a manifestação de qualquer opinião por parte da Unesco a respeito da condição jurídica de qualquer país, território, cidade, região ou de suas autoridades, tampouco da delimitação de suas fronteiras ou limites.

Tiragem impressa: 300. Impresso em 2016. Coronário Editora Gráfica Ltda.



Centro Tecnológico em Celulose e Papel

Proposta de criação

Supervisão

Gerson Gomes

Coordenação

Ceres Zenaide Barbosa Cavalcanti

Equipe técnica do CGEE

Ceres Zenaide Barbosa Cavalcanti

Antonio Oliveira

Patrícia Olivera

Equipe técnica MCTIC

Dante Luiz Das Ros Hollanda

Eduardo Soriano Lousada

Jairo José Coura

Samira Sana Fernandes de Sousa Carmo

Tatyana Aranda Andrade Veloso

Consultores

Celso Foelkel

John Wesley Siqueira

Larissa Schmidt

Vinícius Lobosco

Vivian Sebben Adami

Sumário

Apresentação 7

Resumo executivo 9

Introdução 13

Capítulo 1

Tendências do setor 23

1. Ascensão e queda 23

2. Novos produtos e negócios 25

3. Estudos de caso: Fibria e Suzano 27

4. Principais necessidades do setor em biorrefinaria 28

Capítulo 2

Projeto demonstrativo 43

1. Missão e visão 43

2. Justificativa 44

3. Produtos e serviços 45

4. Linhas de pesquisa 48

5. Estrutura organizacional 51

6. Estrutura laboratorial 54

Capítulo 3

Detalhamento jurídico e análise financeira	89
1. Detalhamento jurídico	89
2. Detalhamento financeiro e orçamentário	98
3. Análise de riscos e fragilidades do projeto	105
Referências	107
Lista de figuras	113
Lista de gráficos	114
Lista de tabelas	115



Apresentação

O setor de papel e celulose brasileiro ocupa o quarto lugar no ranking das nações produtoras de celulose de todos os tipos, com uma fabricação, registrada em 2014, de 10,4 milhões de toneladas de papel e 16,5 milhões de toneladas de celulose (IBÁ, 2015). Esse setor respondeu, em 2013, pela geração de cerca de 130 mil empregos diretos e pela arrecadação de tributos da ordem de R\$ 3,5 bilhões.

Essas informações dão uma dimensão da importância desse setor para a economia do País e, por essa razão, o então Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) encomendou ao Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) estudos que buscassem identificar oportunidades, com potencial de desenvolvimento nacional, visando a aumentar a competitividade dessa indústria no Brasil.

Assim, o presente estudo foi elaborado com o objetivo de descrever uma iniciativa de CT&I com foco nessas oportunidades. Desse modo, a Introdução e o primeiro capítulo desta publicação apresentam o setor e suas tendências, destacando novas opções de negócios e estudos de casos, no âmbito do conceito de biorrefinaria.

Como estratégia para fomento ao desenvolvimento tecnológico da cadeia produtiva da indústria do setor, o segundo capítulo propõe a implementação de um Centro Tecnológico em Celulose e Papel, tratado ao longo da publicação como Centro de Tecnologia (CT) nacional, apresentando a justificativa, os produtos e os serviços previstos, a estrutura organizacional, bem como as principais linhas de pesquisa a serem desenvolvidas pelo CT.

O último capítulo evidencia os aspectos jurídicos do Centro, traz um detalhamento financeiro e orçamentário preliminar e uma análise econômico-financeira. Aponta, ainda, os riscos e as fragilidades associados à implementação desse Centro.

Os oito anexos citados ao longo dos capítulos e que complementam a publicação estão disponíveis em versão digital e podem ser acessados no endereço: <https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/anexo_publicacao_centro_tecnologico_celulose_papel_CGEE.pdf>.

Espera-se que o presente estudo possa subsidiar o Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação em suas tomadas de decisões, para a adoção de medidas que visem ao progresso do setor de papel e celulose.

Mariano Francisco Laplane
Presidente do CGEE



Resumo executivo

Esta publicação faz parte do Programa Demonstrativo para Inovação em Cadeia Produtiva Seleccionada – Etapa II, demandado pelo então Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI)¹ ao Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). O projeto tem como objetivo identificar oportunidades que possam aumentar a competitividade da indústria brasileira em setores estratégicos e indicar propostas concretas de desenvolvimento de novos produtos e processos. Neste estudo, o foco é o setor de celulose e papel.

No ano de 2013, o CGEE publicou a pesquisa “Eficiência Energética: recomendações de ações de CT&I em segmentos da indústria selecionados – Celulose e Papel”, onde apresentou uma série de ações estratégicas para o desenvolvimento do setor e manutenção de sua competitividade. Na grande maioria, as ações propostas foram relacionadas a atividades de pesquisa para desenvolvimento de novos processos industriais mais sustentáveis, utilizando melhor os resíduos e com maior eficiência energética.

O atual estudo pretende indicar e descrever um programa ou projeto demonstrativo que beneficie o setor com foco nas ações recomendadas na publicação de 2013. Inicialmente, foram realizadas pesquisas para contextualizar o setor em nível nacional e internacional e identificar as tendências e linhas de pesquisa de maior relevância, atualizando o estudo anterior. Ao final da primeira etapa, sugeriu-se duas ações estruturantes focadas em inovação: a criação de uma comissão estratégica nacional para os temas tecnológicos de biorrefinaria de base florestal, a Comissão de Biorrefinaria; e a implementação de um centro de excelência em biorrefinarias para o setor de papel e celulose, o Centro de Tecnologia (CT).

A primeira ação foi implementada pela Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel (ABTCP) ao longo do desenvolvimento deste estudo, e a segunda é detalhada nesta publicação.

A fim de coletar subsídios para o detalhamento do CT, foi aplicado um questionário às pessoas-chave do setor sobre diversos aspectos que dizem respeito a ele. Outra iniciativa neste sentido

¹ Em maio de 2016, por meio da Medida Provisória nº 726, o nome do MCTI foi alterado para Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). Fonte: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1000&pagina=1&data=19/05/2016>>.

foi a verificação da operação e infraestrutura dos principais centros de pesquisa no exterior relacionados ao tema.

O objetivo do CT é apoiar o setor de celulose e papel brasileiro, disponibilizando as melhores técnicas para o desenvolvimento de processos e produtos de médio e alto potencial, favorecendo a transferência de conhecimento para o setor e a formação de especialistas com foco em biorrefinaria. O CT contará com diversos laboratórios capazes de desenvolver as principais linhas de pesquisa em biorrefinaria com foco em celulose e papel, tais como: laboratório de análise de biomassas, laboratórios da rota termoquímica e química, laboratório para celulose como reforço material e celulose regenerada, além de contar com uma central de análises e uma planta piloto.

A presente proposta foi concebida usando como referência a experiência internacional de desenvolvimento tecnológico na área de celulose e papel. Alguns importantes laboratórios estrangeiros, citados neste estudo, foram analisados para modelar o CT em biorrefinaria. Entre eles, estão: Innventia, Centre Technique du Papier, FPInnovations, RBI Georgia Tech, Forest Products Laboratory, National Renewable Energy Laboratory (NREL), Laboratório da Universidade da Carolina do Norte, Laboratório da Universidade de Maine e VTT.

O CT oferecerá produtos e serviços como pesquisa básica fundamental, pesquisa aplicada de alto e médio risco (em consórcio), medições, testes e pesquisa contratada. Estima-se que sejam necessários cerca de 90 funcionários diretamente envolvidos nos trabalhos técnicos e cerca de dez pessoas para a parte administrativa.

Os investimentos necessários à implantação do CT são da ordem de R\$ 65 milhões, sendo que seu orçamento anual médio estimado ao final de dez anos é de cerca de R\$ 23 milhões.

Quanto à escolha do local para implantação do CT, São Paulo foi considerado o estado com as melhores condições em termos de atração e fixação de recursos humanos e pela proximidade a universidades, outros laboratórios de pesquisa e um grande número de empresas do setor de celulose e papel.

Os modelos jurídicos recomendados para a institucionalização do CT em biorrefinaria foram os que permitem uma maior integração entre o público e o privado, tais como: atuação do CT via uma nova organização social (OS) ou o estabelecimento de uma sociedade de propósito específico (SPE). Deve-se ressaltar que o setor, representado pela Comissão de Biorrefinaria, opinou originalmente



pela preferência de organização da sociedade civil de interesse público (Oscip), mas tal posição inviabilizaria a elaboração de termos de compromisso ou parcerias antes do período de três anos de funcionamento da nova Oscip, de acordo com a legislação vigente.

Com base em um cenário hipotético de serviços e recursos, a análise econômico-financeira preliminar da implantação do CT verificou que o projeto deverá gerar um caixa positivo a partir do primeiro ano no montante de R\$ 30 milhões. Porém, o projeto se caracteriza ainda por ter sua viabilidade nos “lucros/sobras” que advêm de: resultados financeiros, por meio da economia de divisas; sociais, com a geração de empregos; tecnológicos, por meio dos conhecimentos disseminados; e do atendimento às necessidades prementes do setor.

Os principais riscos verificados para o projeto estão relacionados à entrada de receitas, às questões de coordenação, operacionais, cronograma e orçamentação, à disponibilidade de recursos e à estabilidade da tecnologia. Outra questão importante é a captação de recursos. Esses riscos e fragilidades podem ser mitigados com o amadurecimento da proposta por parte dos tomadores de decisão que revisarão o projeto.



Introdução

1. O setor de celulose e papel

O setor de papel e celulose brasileiro é de significativa importância para a economia do País. De acordo com a Associação Brasileira de Celulose e Papel (Bracelpa)², em 2013, o Brasil produziu 15 milhões de toneladas de celulose e 10,4 milhões de toneladas de papel com sensível agregação de valor, conforme pode ser verificado no Gráfico 1. Para a exportação, são destinados respectivamente 62% e 19% da produção. O setor respondia pela geração de cerca de 130 mil empregos diretos e pela arrecadação de tributos da ordem de R\$ 3,5 bilhões, em 2013.

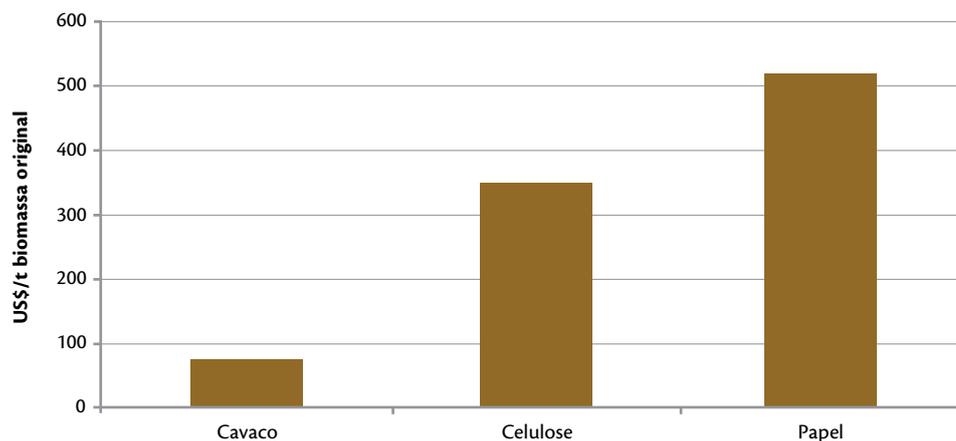


Gráfico 1 – Agregação de valor de biomassa à produção de celulose e de papel (assumindo rendimento de 50% e 750 US\$/t para a produção de celulose e papel, com 19% de carga e preço de 900 US\$/t)

Fonte: Elaboração própria com base em RISI (2015); Office of Energy and Planning (2015).³

2 BRACELPA. Evolução da Produtividade das Florestas Plantadas do Setor, 2014. Disponível em: <<http://bracelpa.org.br/bra2/sites/default/files/estatisticas/booklet.pdf>> Acesso em 23/08/2014>.

3 RISI, Pulp and Paper Price Index. Disponível em: <<http://www.risiinfo.com/service/prices/>>. Acesso em: maio de 2015; Office of Energy and Planning, Fuel Prices. Disponível em: <<https://www.nh.gov/oep/energy/energy-nh/fuel-prices/>>. Acesso em: maio de 2015.

O setor produtor de celulose e papel (em especial, celulose) experimentou um fantástico crescimento, na casa dos 7% ao ano, nos últimos 30 anos. Esse aumento aconteceu principalmente devido à grande competitividade florestal brasileira, fruto de pesquisa e inovação na melhoria clonal do eucalipto e do pinus. A produtividade florestal do País atingiu cerca de 40 m³/ha ano, tanto para o pinus quanto para o eucalipto, enquanto os principais países competidores conseguem produzir no máximo 30 m³/ha ano de biomassa (Gráfico 2).

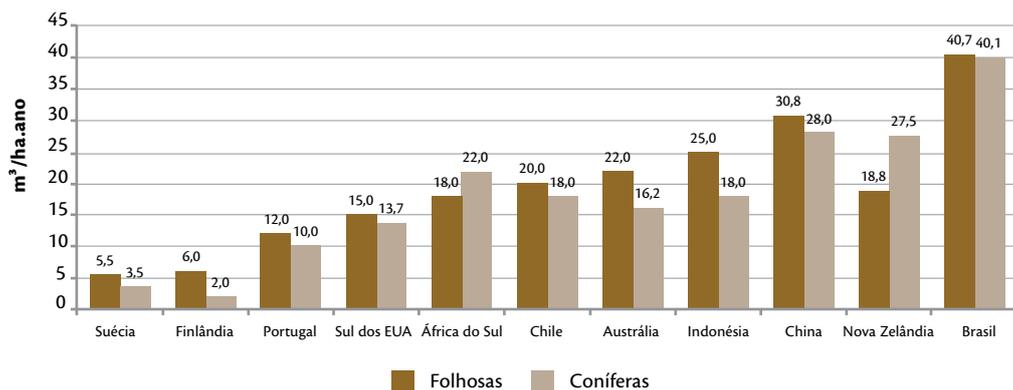


Gráfico 2 – Comparação de Produtividade de folhosas e coníferas no Brasil e em países selecionados

Fonte: Abraf (2013).

A Bracelpa aponta ainda fatores como clima, solo, matéria-prima de alta qualidade, planejamento na área de manejo florestal e também o fato do setor ser organizado e possuir mão de obra altamente qualificada (Ver Anexo 1 para maiores detalhes sobre o setor de celulose e papel)⁴.

Outro fator que contribui para a forte competitividade brasileira é a disponibilidade de um moderno parque fabril, em especial com respeito às fábricas de celulose de mercado. Assim, o País desfruta do mais baixo custo caixa de produção de celulose de mercado, o que lhe confere significativos investimentos no aumento da produção (Gráfico 3).

No entanto, existe uma perda de competitividade ao longo dos anos, ilustrada no Gráfico 4, em termos do diferencial de custo de produção de celulose branqueada de eucalipto entre as melhores indústrias de celulose do Brasil e a média mundial. Há duas razões para tal. De um lado, o aumento dos custos de produção de madeira frente aos principais competidores internacionais, não tendo

⁴ Anexo 1 referente a esta publicação disponível em: <https://www.cgEE.org.br/documents/10195/734063/anexo_publicacao_centro_tecnologico_celulose_papel_CGEE.pdf>.



mais o Brasil o menor custo de produção de madeira de processo (ABRAF, 2013). De outro, o “achatamento” da curva de custo caixa de produção mundial de celulose de mercado devido à entrada de novos produtores de celulose de mercado de alta produtividade florestal (Brasil, Uruguai, Indonésia e Chile), existindo poucos produtores em países de alto custo a serem deslocados. Isso tem feito com que a taxa de crescimento apresente uma leve tendência de queda, como mostra o Gráfico 5.

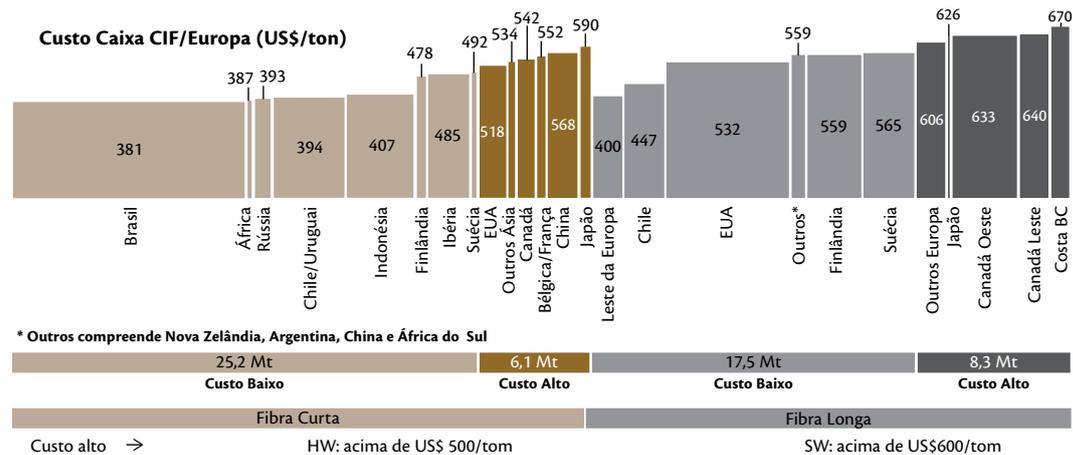


Gráfico 3 – Custo caixa CIF Europa (US\$/ton)

Fonte: Hawkins Wright (Jul/2014).

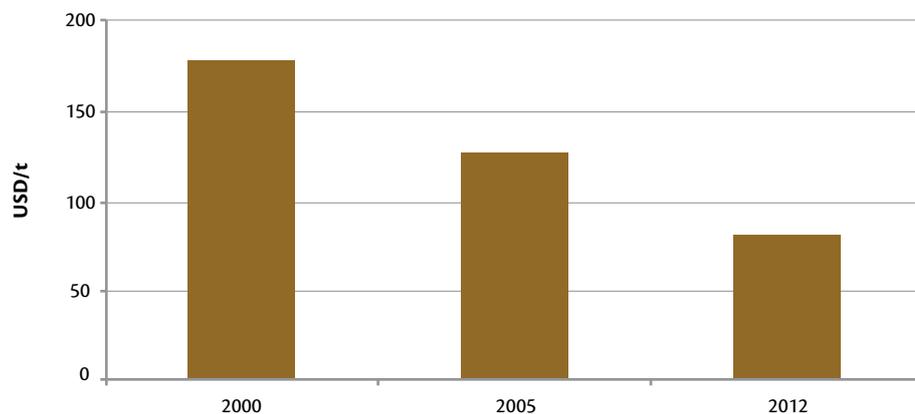


Gráfico 4 – Evolução do diferencial de custo de produção de celulose branqueada de eucalipto

Fonte: Poyry Internacional (2012) apud Abraf (2013).

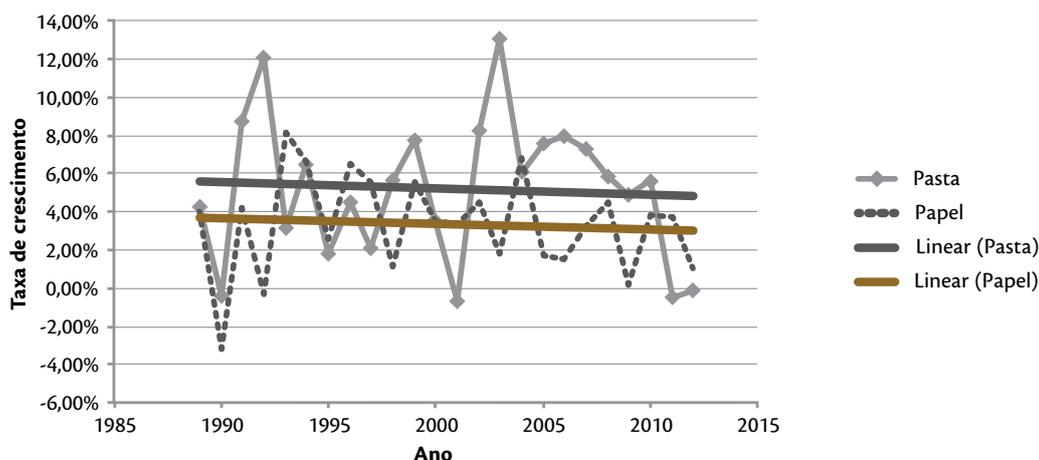


Gráfico 5 – Taxa de crescimento do setor de celulose e papel no Brasil

Fonte: Elaboração própria baseada em Bracelpa (2014).

A questão ambiental sobre o insumo energético gera uma maior demanda na indústria em geral por alternativas de fontes renováveis. Essa é uma nova oportunidade para os produtos de base florestal, possibilitando que o setor deixe de ser apenas um fornecedor de *commodity* e passe a atuar também como fornecedor de produtos em mercados de menor competição e de margens maiores e mais estáveis.

A utilização das distintas partes da biomassa, e em diferentes aplicações, nos remete ao conceito de biorrefinaria – neologismo de inspiração na indústria do petróleo. Na biorrefinaria, ocorre o processo de desconstrução da biomassa, resultando na disponibilização de diferentes macromoléculas e componentes. Assim, “as biorrefinarias podem ser integradas aos processos de produção de celulose e papel, pois tanto os resíduos gerados no processo industrial quanto diversos produtos intermediários no processo de fabricação de celulose podem ser integrados e aproveitados”.

Entretanto, o desenvolvimento dessa tecnologia no Brasil se depara com uma realidade onde as pesquisas tecnológicas precisam ser estimuladas e ordenadas às rotas e plataformas tecnológicas de maior viabilidade para o setor de celulose e papel. Embora haja no País centros de pesquisa estudando o uso energético e produção de químicos a partir de biomassas brasileiras, nenhum tem destaque internacional e capacidade de estimular a indústria no desenvolvimento nacional de produtos e serviços. Com esforços tão dispersos, as pesquisas e patentes resultantes estão cada vez mais distantes do que vem sendo realizado nos principais centros mundiais.



2. Objetivos do estudo

Identificação e detalhamento de programa ou projeto estruturante que fomente o desenvolvimento da CT&I na cadeia produtiva do setor de celulose e papel, de forma a promover a manutenção de sua capacidade competitiva.

3. Metodologia

A metodologia adotada por este estudo seguiu a mesma adotada pela publicação “Programa demonstrativo para inovação em cadeia produtiva selecionada: energia eólica” (CGEE, 2015). A definição do programa ou projeto demonstrativo a ser detalhado foi parte do estudo, dividido em cinco etapas distintas e consecutivas:

- 1) Escolha do projeto ou programa;
- 2) Detalhamento técnico do projeto ou programa;
- 3) Proposta jurídica;
- 4) Detalhamento financeiro;
- 5) Consolidação da proposta.

O estudo foi acompanhado por um comitê consultor⁵ (não oficial) formado pelo MCTI e ABTCP para a construção da proposta.

A primeira etapa do projeto fez uma revisão bibliográfica, considerando como base principal o estudo anterior do CGEE, “Eficiência energética: recomendações de ações de CT&I em seguimentos da indústria selecionados – celulose e papel” (CGEE, 2013). Esta etapa também contou com uma consulta junto à indústria e a pesquisadores acadêmicos. O objetivo foi confirmar as tendências e os obstáculos do setor, e reforçar a tese da visão de futuro sobre a tendência para a biorrefinaria e de mudança do atual perfil nacional de importador de tecnologia. O estudo propôs duas ações

⁵ Também contou com a participação, em reunião, de representantes do então Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI).

estruturantes (melhor detalhadas adiante, no plano estratégico): a criação de uma comissão estratégica nacional⁶ ligada ao tema; e a criação e execução de um centro de referência no setor.

As sugestões foram apresentadas e justificadas pelo CGEE em reunião, e aprovadas pelo comitê de acompanhamento do estudo. Ainda nesta etapa, foram definidos alguns critérios/diretrizes que nortearam o estudo:

1) Independência:

- O CT não poderá estar vinculado a uma universidade (e outras instituições de pesquisa ou de testes), e, sim, articulado com todas aquelas que tiverem atividades associadas;

2) Cooperação:

- Deve buscar serviços que não são ofertados para não competir com o mercado existente;
- Não deve ofertar nenhum curso (pós-graduação etc.) que venha a competir com a universidade ou outras instituições existentes (a exemplo do Senai);
- Deverá apresentar capacitação especializada “complementar”, onde ofertará cursos técnicos especializados e avançados, associados à sua estrutura, com o objetivo de formar agentes multiplicadores, tais como professores de cursos técnicos, graduação e pós-graduação.

A segunda etapa foi a elaboração da proposta técnica. Ela contou com um consultor técnico que, com base em sua experiência e levantamento bibliográfico, especialmente em informações sobre os laboratórios e normas existentes, elaborou um primeiro esboço do Instituto, mas ainda de forma geral. Esta primeira versão foi alvo de debate realizado no CGEE, na ABTCP e no Centro de Tecnologia do Bioetanol (CTBE), com a presença de representantes de empresas, do MCTI, MDIC, da Finep, do CNPq, de institutos de pesquisa, da ABDI e a equipe técnica do CGEE.

Todavia, observou-se a necessidade de aprofundar melhor a expectativa do que seria a demanda de serviços para o Centro, para então iniciar o detalhamento dos serviços que serão ofertados e, conseqüentemente, a infraestrutura associada. Desta forma, o CGEE realizou uma consulta por entrevista com especialistas das empresas ou institutos de pesquisa, que trouxe algumas informações a respeito dos principais gargalos dos investimentos em desenvolvimento tecnológico do tema não serem realizados no Brasil.

⁶ A ABTCP ficou com a atribuição de criar tal comissão.



Alguns laboratórios de referência internacional também foram visitados e entrevistados. Por fim, foram levantadas informações sobre laboratórios e instituições nacionais. Uma nova proposta foi elaborada e apresentada em algumas reuniões para debate e validação.

Concluído o detalhamento técnico, iniciou-se a revisão jurídica. Com base na proposta organizacional e física da proposta técnica, uma consultoria jurídica revisou as diversas opções e sugeriu, sob a luz de alguns critérios/diretrizes definidos previamente, a proposta jurídica do Centro.

A quarta etapa iniciou em paralelo à etapa jurídica, mas só pôde finalizar após algumas definições da fase anterior. De posse da informação jurídica e técnica, foi elaborada uma simulação do planejamento financeiro do Instituto e uma análise dos riscos associados.

O fechamento começou com a consolidação das etapas anteriores, mas também se utilizou do debate por meio de algumas reuniões com o objetivo de validar o trabalho.



Capítulo 1



Capítulo 1

Tendências do setor

1. Ascensão e queda

Apesar do sucesso que a indústria brasileira de celulose de mercado apresenta no momento, existem evidências de que essa plataforma de negócios está saturando e atingindo a maturidade. Quase todos os fabricantes de celulose de mercado que estariam classificados como produtores de altos custos de fabricação saíram do negócio. Com isso, os atuais concorrentes atuam com muito maior similaridade em seus custos variáveis de produção, os quais muitas vezes são mais afetados por taxas de câmbio do que por efetivas ações de controle de uso ou de aquisição de insumos.

Conforme mencionado anteriormente, a tendência é que haja um contínuo achatamento da curva de custos de produção e um acirramento da competição global, com especial disputa entre produtores brasileiros, uruguaios, chilenos, indonésios e chineses. Espera-se ainda que, em médio prazo, ocorra uma aceleração na tendência de preços declinantes e, com isso, uma redução nas margens unitárias de contribuição. A solução para a manutenção da competitividade deverá estar muito mais na inovação dos negócios do que no esforço para ganhos econômicos marginais ou de escala nos atuais processos de produção. Novas plataformas de negócios estão em evolução no Hemisfério Norte, com ênfase nos produtos das biorrefinarias integradas à fabricação de celulose e papel.

No Brasil, onde ocorre uma migração tímida para essas novas plataformas, a ênfase está mais na venda de excedentes de eletricidade e de vapor do que em novos produtos como biocombustíveis e biomateriais não energéticos. Entretanto, existe um consenso de que esse posicionamento seja temporário, já que a agregação de valor com a venda de eletricidade obtida por centrais termelétricas a vapor é muito menor do que se poderia conseguir com o desenvolvimento de outras plataformas de negócios.

Por outro lado, não existe no País uma cultura de desenvolvimento de tecnologias próprias e proprietárias no setor de celulose e papel. O setor está acostumado a comprar “tecnologias embutidas” nos equipamentos e sistemas adquiridos para a construção de suas fábricas de celulose e de papel. Em geral, essas tecnologias são desenvolvidas e patenteadas em países como Estados Unidos, Canadá, Finlândia, Suécia e Alemanha. Existe claramente uma cultura de compra de tecnologias prontas, comprovadas e “sem riscos”, e ao melhor preço, o que se consegue por meio de negociações duras com os vendedores de equipamentos de processo e com as empresas de engenharia.

As novas oportunidades ao setor estão visualizadas para acontecer em inovações com o uso de biomassa florestal, tanto com as biomassas internas às fábricas de celulose e papel (licor negro *kraft*, lodos das estações de tratamento de efluentes, resíduos de madeira) quanto com resíduos florestais (cascas e galhos). Em caso de sucesso, cogita-se até mesmo plantações florestais dedicadas à produção de biomassa para essas unidades de biorrefinarias. Seria o caso, por exemplo, de suprimento de biomassa florestal para unidades de pirólise rápida (produção de bio-óleo) ou de gaseificação de biomassa (produção de gás de síntese).

Existe também uma concordância entre todos do setor de que o processo *kraft* de produção de celulose ainda oferecerá novas oportunidades ao setor e se sustentará por mais algumas décadas. Acredita-se que inovações tecnológicas disponibilizarão novas oportunidades de negócios com subprodutos do processo *kraft* nas áreas de lignina, hemicelulose, metanol, terebintina, etc.

Recentemente, algumas empresas líderes do setor brasileiro de celulose e papel estão colocando prioridades em avaliações de novos produtos que as biorrefinarias podem oferecer. Isso acontece ao mesmo tempo em que a biomassa vegetal é a onda tecnológica do momento em praticamente todos os países desenvolvidos do Hemisfério Norte. Nessas nações, existem fortes investimentos em desenvolvimento de rotas tecnológicas para produtos bioenergéticos, com importante ajuda governamental. Algumas vezes, os apoios são até mesmo surpreendentes, como foi o recente caso do subsídio do governo norte-americano à cogeração de eletricidade e vapor a partir do licor negro *kraft* para as fábricas daquele país.

Existe hoje uma crença praticamente global de que a competitividade do setor de celulose e papel deverá ser garantida pela inclusão dos novos negócios com produtos gerados pelas biorrefinarias integradas. Isso pode acontecer por meio de:



- Novas rotas tecnológicas para os atuais processos de fabricação de celulose e papel ou para processos disruptivos a serem criados pelas inovações tecnológicas;
- Novas rotas tecnológicas para a biomassa dos resíduos florestais ou para os resíduos orgânicos das fábricas de celulose e papel;
- Novas rotas tecnológicas para as florestas plantadas brasileiras por meio do aumento de funcionalidades para a biomassa florestal.

Esse é, definitivamente, o novo cenário que demandará enormes esforços em inovações tecnológicas nos processos, produtos e aplicações mercadológicas.

2. Novos produtos e negócios

As novas opções de negócios com base nos conceitos de biorrefinarias são esperadas para acontecer em horizonte temporal relativamente curto. Existem pressões importantes que estão estimulando essa nova onda tecnológica:

- Demanda crescente por produtos de fontes renováveis devido à opinião pública e às políticas para mitigação das mudanças climáticas;
- Custos crescentes das matérias-primas e dos combustíveis;
- Preços reais declinantes para os produtos celulósico-papeleiros;
- Preocupações em relação ao desempenho futuro de muitos tipos de papéis;
- Potencial de aproveitamento de ativos fabris de unidades produtoras de celulose e papel para a produção de novos produtos em novos negócios. A utilização das infraestruturas dessas fábricas em arranjos produtivos locais tem merecido enorme atenção frente aos potenciais que oferece.

Dentre as rotas e plataformas tecnológicas mais promissoras no curto e médio prazo para o setor brasileiro de celulose e papel, podem ser citadas algumas que já estão sendo eleitas e estudadas com mais intensidade pelas empresas e pesquisadores desse segmento industrial:

- Gaseificação de biomassa florestal para geração de combustível renovável para alimentar o forno de cal, eliminando a dependência de óleo combustível e do gás natural de origem fóssil;
- Gaseificação de parte do licor negro *kraft* para aumentar a capacidade da fábrica de celulose, sem ter que investir em nova caldeira de recuperação;
- Produção de dimetil éter a partir de gás de gaseificação;
- Extração de parte da lignina do licor negro para permitir aumento de capacidade na área de recuperação do licor. Essa lignina poderá ser usada como combustível no forno de cal

ou também comercializada com a indústria química para produção de artigos de maior valor agregado;

- Extração do metanol do licor negro e dos gases não condensáveis concentrados. Esse biocombustível pode ter uso interno, como no caso do forno de cal;
- Extração de terebintina e de *tall oil* nas fábricas de celulose *kraft* de coníferas (fibras longas a partir de madeiras resinosas) para uso interno nas fábricas ou para venda externa;
- Pirólise rápida da biomassa florestal para produção de bio-óleo, um valioso produto para comercialização em inúmeras finalidades;
- Produção de nanocelulose (nanocristais e celulose nanofibrilada);
- Produção de péletes e/ou briquetes de biomassa adensada para comercialização;
- Produção de eletricidade a partir da biomassa para venda como energia limpa ao *grid* elétrico;
- Produção de etanol celulósico de segunda geração, em parceria com o setor sucroalcooleiro;
- Produção de derivados das hemiceluloses, que podem ser extraídos da madeira, resíduos florestais ou do licor negro;
- Desenvolvimento de biomateriais que podem ser obtidos dos extrativos, casca e folhas das árvores, etc.

Para atender às novas condições de tecnologias e de bases de negócios, é bem provável que as biorrefinarias integradas de base florestal sejam criadas de acordo com a seguinte sequência de eventos tecnológicos:

Passo 1: Introdução de tecnologias que permitam a otimização e melhoria de eficiência das fábricas atuais, como, por exemplo, a remoção de uma fração da lignina do licor negro que comporte o aumento de produção em celulose na linha de fibras pelo desgargalamento do sistema de recuperação do licor. O novo produto pode inclusive não ser voltado para venda externa, mas, sim, para consumo pela fábrica atual – uso como combustível no forno de cal é uma das possibilidades. Essa estratégia permite a oferta de matéria-prima para desenvolvimento de novas aplicações junto aos potenciais clientes;

Passo 2: Reorientar o negócio para multiprodutos (celulose e/ou papel, eletricidade e bioprodutos/biocombustíveis);

Passo 3: Criar parcerias com clientes dos novos produtos para verticalização nas novas cadeias produtivas.

As parcerias e consórcios de empresas dentro do setor e com outros setores já começam a ser anunciadas, sejam em nível nacional ou internacional. As tecnologias que mostram maiores potenciais para o curto e médio prazo já estão sendo avaliadas. As empresas estão atentas e monitorando esse campo de potencialidades.



As empresas líderes do setor brasileiro de celulose e papel possuem condições plenas de integrar seus atuais processos a novos negócios com biorrefinarias em função de possuírem:

- Fábricas de celulose estado da arte;
- Adequados níveis de ecoeficiência e sustentabilidade;
- Excedentes de energia elétrica;
- Excedentes de energia térmica;
- Biomassa a custo competitivo;
- Ênfase na qualificação tecnológica;
- Ênfase em gestão com foco em sustentabilidade;
- Grande capacidade de produção eficiente de biomassa em florestas plantadas.

O grande mercado consumidor brasileiro, com crescente nível de qualidade de vida, demandará cada vez mais biocombustíveis e biomateriais em grandes quantidades e em curto espaço de tempo.

Apenas como dimensão de oportunidades, sem grandes investimentos em equipamentos, o setor brasileiro de celulose e papel conseguiria disponibilizar mais de 1,5 milhão de toneladas por ano de lignina *kraft* para produção de derivados. Por meio do desenvolvimento tecnológico com ênfase em novos negócios com a lignina, grande parte do material que atualmente é simplesmente queimada para geração de eletricidade e vapor poderia ser convertida em produtos de muito maior valor agregado. Esse processo melhoraria substancialmente a competitividade do setor e a sua eficiência energética, quando expressa em associação de valor por unidade de energia aplicada na indústria.

3. Estudos de caso: Fibria e Suzano

Duas das principais empresas brasileiras do setor de celulose e papel estão trabalhando intensamente em suas instalações de pesquisa para desenvolvimento de produtos baseados nas biorrefinarias integradas. Fibria e Suzano elegeram, em princípio, a extração de lignina do licor negro *kraft* e a produção de bio-óleo como as principais de suas novas plataformas de negócios a serem investigadas. A Suzano também incluiu desenvolvimentos na produção de celulose nanofibrilada para possíveis aplicações em seu próprio processo industrial de fabricação de papel, visando a obtenção de economias energéticas no mesmo.

Em ambos os casos, as empresas investiram em plantas piloto para obtenção dos produtos em quantidades que permitissem desenvolvimentos tecnológicos em aplicações mercadológicas de alto valor agregado. Essas buscas incluem parcerias com potenciais clientes e fornecedores na rede de valor de cada produto.

As empresas vislumbram diversas etapas tecnológicas a serem conquistadas e, para isso, investem em pesquisa e desenvolvimento com vistas à inovação, valendo-se de uma ampla rede de provedores de conhecimentos, inclusive em nível internacional. As etapas que devem ser vencidas são as seguintes:

- Desenvolvimento ou aquisição de engenharia de processos;
- Viabilização da extração eficiente e econômica de lignina e de bio-óleo, dentro de padrões qualitativos e de produtividade considerados minimamente adequados;
- Desenvolvimento de derivados e de aplicações para os produtos brutos, purificados e derivados;
- Viabilização de negócios em parcerias com potenciais clientes.

Na visão das duas empresas, os negócios precisam ter potencial de crescimento e podem ser alavancados por meio de “fortalezas” para cada produto. Em ambos os casos, existe potencial de extração de quantidades significativas de lignina (em função das dimensões de suas fábricas de celulose *kraft*) e também de bio-óleo (em função das quantidades de biomassa residual das fábricas e florestas).

Apesar da similaridade nas opções tecnológicas, existem pontos distintos nas aproximações colocadas por cada uma das empresas. A Suzano coloca ênfase no desenvolvimento de tecnologias proprietárias como forma de reduzir custos de investimento e aumentar as parcerias na rede de valor. Enquanto que a Fibria inclui a aquisição de tecnologias disponíveis como forma de acelerar etapas para introduzir a companhia de forma pioneira nos novos negócios.

4. Principais necessidades do setor em biorrefinaria

Apesar das ações de inovação tecnológica realizadas em alguns tópicos de biorrefinaria por algumas empresas líderes do setor, existe uma enorme demanda reprimida por conhecimentos de processos e produtos nesse segmento. Há uma necessidade de internalizar conhecimentos tecnológicos como forma de desenvolver novos negócios em temas relacionados à biorrefinaria. Para que essas necessidades possam ser atendidas, é necessário que as empresas tenham acesso a:

- Recursos humanos qualificados;



- Laboratórios de referência;
- Plantas piloto e plantas demonstrativas, quer seja para aperfeiçoamento do processo produtivo ou para obtenção de quantidades necessárias ao desenvolvimento de aplicações e novos negócios com esses produtos;
- Parcerias na rede de valor entre clientes, produtores e fornecedores;
- Estudos de viabilidade mercadológica e de competitividade desses produtos e processos.

As ações de inovação tecnológica são necessárias para os seguintes principais grupos de processos e produtos:

- Bioenergia (bio-óleo, gás combustível, gás de síntese, bioetanol, lignina e eletricidade e vapor): gaseificação da biomassa, pirólise rápida, cogeração de eletricidade e vapor, geração de eletricidade em turbinas a vapor, fermentações e hidrólises para produção de álcoois;
- Bioprodutos não energéticos (nanoceluloses, lignina e derivados, biopolímeros de hemiceluloses, derivados de hemiceluloses, etc.).

Também é desejável a integração com outros setores industriais que estão realizando pesquisas em biorrefinarias integradas ao uso de biomassa, como é o caso dos setores sucroalcooleiro e energético. Estas necessidades são também válidas para empresas de médio porte e para fábricas não integradas de papel, que poderiam ser beneficiadas por novas oportunidades de negócios.

Plano estratégico

O cenário atual do setor de celulose e papel é merecedor de ações mais fortes e diretas em inovações tecnológicas a fim de sustentar e fortalecer a sua posição competitiva. Existem mudanças radicais⁷ acontecendo nessa plataforma de negócios e o Brasil não pode ficar alheio ou distante às transformações. Para que o setor tenha um mecanismo de articulação e decisão de assuntos a serem perseguidos e uma infraestrutura adequada à disposição para o desenvolvimento de pesquisa, são sugeridas duas ações estruturantes com o intuito de adicionar vitalidade ao campo. São elas:

Ação estruturante 1⁸: Criação de uma comissão estratégica nacional para os temas tecnológicos relacionados a negócios em biorrefinarias de base florestal para o setor de celulose e papel;

Ação estruturante 2: Criação e implantação de um centro de excelência em biorrefinarias para o setor de papel e celulose.

⁷ Vide seção 2.2 - Estudos de caso: Fibria e Suzano.

⁸ A ação estruturante foi concluída antes da publicação deste estudo.

As ações estruturantes representam a base necessária para que o Brasil possa chegar a inovações na área de biorrefinarias integradas ao setor de celulose e papel, como é mostrado na Figura 1.

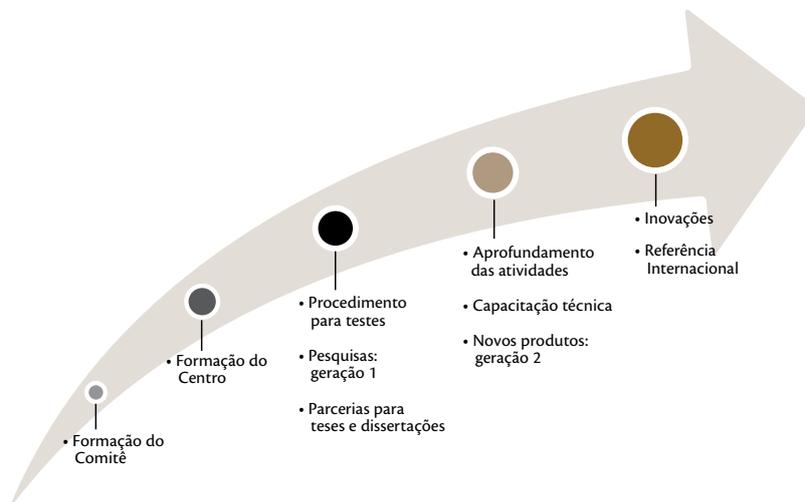


Figura 1 – Plano estratégico do desenvolvimento de biorrefinarias integradas ao setor de celulose e papel

Fonte: Elaboração própria.

Com relação à primeira ação, a expectativa é de que a comissão possa coordenar as discussões sobre biorrefinaria aplicada ao setor de celulose e papel, além de indicar rumos estratégicos para a pesquisa na área e ampliar a sinergia entre empresa e universidade.

A segunda ação estruturante tem o papel de:

- a) dispor de infraestrutura adequada para a realização de pesquisas básica e aplicada dedicada ao setor de celulose e papel com foco em biorrefinarias;
- b) elaborar técnicas para realização de testes na área de biorrefinarias;
- c) aprimorar a tecnologia nacional por meio do empoderamento da base científica e tecnológica;
- d) formar recursos humanos especializados em tecnologias de biorrefinaria;
- e) fomentar a competitividade e apoiar o surgimento e fortalecimento de *startups* com base na tecnologia desenvolvida no centro.

No caso de grandes empresas, o novo CT visa dar suporte à realização de pesquisas disruptivas, ou seja, de alto risco e impacto, bem como a pesquisas voltadas a melhorias de processo. Para as pequenas e médias empresas, o principal objetivo é atender demandas de medições e de testes em laboratórios imparciais. O CT também possibilitará a integração do setor, que possui empresas



concorrentes de grande porte, por meio da geração de subsídios e alternativas convergentes para problemas de natureza comum, contribuindo para o fortalecimento da indústria nacional.

As duas ações estruturantes propostas, a comissão e o CT, foram avaliadas por especialistas acadêmicos e técnicos do setor de celulose e papel. Com relação à primeira ação, a Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel (ABTCP) convidou empresas do setor com base florestal própria para uma reunião de criação da Comissão de Biorrefinaria. No dia 24 de setembro de 2014, representantes da Fibria, Klabin e Suzano se reuniram na ABTCP para a concepção dessa comissão e para agir como interlocutoras do setor em assuntos referentes à biorrefinaria.

Com relação à segunda ação, a criação de um CT é uma proposição que atende a uma grande parte das recomendações de ações descritas no documento técnico “Eficiência Energética: recomendações de CT&I em segmentos da indústria selecionados – Celulose e Papel”, de 2013. As recomendações desse documento, por sua vez, são baseadas em uma oficina de discussão com o setor realizada nos dias 14 e 15 de maio de 2012. Em junho de 2014, foi elaborado um questionário e enviado para pessoas-chave do setor sobre diversos aspectos que dizem respeito ao CT de forma a obter subsídios para o delineamento do escopo do centro. Os principais resultados dessa pesquisa estão no Anexo 2^o.

No dia 24 de setembro de 2014, a Comissão de Biorrefinaria se posicionou em relação a sugestões para o CT de linhas de pesquisa para o primeiro consórcio, análise da proposta técnica, análise da proposta jurídica e aporte estimado. O documento com o posicionamento da Comissão de Biorrefinaria está disponível na íntegra no Anexo 3^o.

Experiência Internacional

Outra iniciativa no sentido de subsidiar o detalhamento do projeto do CT em Biorrefinaria foi a verificação do funcionamento dos principais centros de pesquisa no exterior.

Os mais importantes institutos de pesquisa internacionais em celulose e papel foram visitados e investigados quanto aos serviços oferecidos, às linhas de pesquisa e às formas de financiamento de suas operações.

9 Anexo 2 referente a esta publicação disponível em: <https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/anexo_publicacao_centro_tecnologico_celulose_papel_CGEE.pdf>.

10 Anexo 3 referente a esta publicação disponível em: <https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/anexo_publicacao_centro_tecnologico_celulose_papel_CGEE.pdf>.

A maioria dos países com significativa produção de papel e celulose tem um ou mais centros de pesquisa no assunto. De uma maneira generalizada, pode-se dizer que há dois tipos de atividades principais executados por esses centros: medições e testes em laboratório para atender às demandas mais imediatas da indústria; e programas de pesquisa – normalmente na forma de consórcio – em temas de médio e alto risco e potencial.

O primeiro grupo de atividades envolve auxílio em *troubleshooting*, melhorias de processo e desenvolvimento de produtos na forma de estudos de cozimento, branqueamento, refino, medições especiais de propriedades dos papéis e identificação de elementos estranhos ao processo, entre outros. Usualmente, tratam-se de pequenos projetos de custos variáveis entre R\$ 10 mil a R\$ 50 mil e de curta duração, em equipamentos de medição e estudos padrões. São atividades de grande importância para pequenas e médias empresas que têm grande dificuldade no acesso a esse tipo de serviço de uma fonte imparcial – hoje, recorrem a fornecedores, concorrentes, enviam para o exterior ou ficam sem os resultados. Assim, é de se esperar que essas demandas tenham um peso relativo maior de empresas de pequeno e médio porte. A maior parte dos custos operacionais (principalmente, de pessoal) deverá ser coberto pelas próprias empresas demandantes.

Já os projetos de maior risco e impacto (pesquisa) necessitam, normalmente, de modificações significativas no processo, têm prazos bem maiores e custos e riscos altos com relativa pouca presença de empresas pequenas e médias. Dependendo do grau de risco/potencial e de estratégia, é usual que recebam significativos subsídios dos respectivos governos, que vão de 20% até 100%, como no caso dos projetos do Laboratório Nacional de Energia Renovável dos Estados Unidos (NREL). Por razões de praticidade, as atividades de pesquisa foram divididas em alto e baixo risco/potencial, onde as de alto risco/potencial receberiam elevado nível de subsídios, enquanto que as de baixo risco/potencial receberiam um nível menor.

Innventia (Suécia)

O Innventia tem raízes no antigo STFI, fundado em 1945. Com cerca de 250 funcionários, é um dos mais renomados institutos de pesquisa em celulose e papel do mundo. Em 2013, teve um orçamento de 35 milhões de euros (US\$ 45 milhões) dos quais 41% foram investidos em pesquisa exploratória, que é financiada principalmente com recursos públicos.

Possui um programa de pesquisa na forma de consórcio entre diversas empresas em diversos temas e que é executado em ciclos de três anos. São pesquisas de interesse comum a várias corporações, envolvendo fornecedores e clientes em uma mesma cadeia de valor onde são abordados temas



como melhoria na eficiência do desaguamento durante a fabricação do papel e extração de químicos e materiais renováveis de resíduos da produção de celulose. Os resultados obtidos são implementados pelas empresas com ou sem a ajuda do Innventia.

Cada área do programa é financiada pelas companhias participantes que têm o direito de usar a propriedade intelectual (PI) de domínio do Innventia. Há uma participação de recursos públicos de 20% a 50%, dependendo do grau de amadurecimento do projeto.

O Innventia oferece também serviços específicos que podem ser contratados, como projetos de pesquisa e desenvolvimento iniciados por clientes (fora do programa de pesquisa), análise de sistema, medições e testes, produções piloto, consultorias e serviços de biblioteca, entre outros. Esses tipos de serviço perfazem cerca de 25% do orçamento e são, na grande maioria, financiados totalmente pelas empresas – ainda que possam ser baseados em conhecimentos adquiridos em estudos de financiamento público.

O Innventia é uma empresa de capital privada do tipo limitada, que, em sueco, tem o nome de *Aktiebolaget* (semelhante a uma sociedade anônima brasileira). Os donos são o estado sueco, com 29% do capital, e algumas das maiores empresas de celulose e papel suecas, com 71%, um arranjo comum no país escandinavo. Apesar disso, elas não têm restrições à participação de empresas estrangeiras no seu programa de pesquisa ou em contratos específicos, tal como ocorre com o FPIInnovations canadense. Assim, do orçamento do Innventia advindo da indústria, cerca de um terço é proveniente de empresas não suecas.

Em tratativas preliminares, os representantes do Innventia mostraram interesse em estabelecer cooperação com o futuro centro brasileiro. Possuem grandes clientes no Brasil – Fibria e Klabin – e enxergam assim possibilidade de fazer parte de suas pesquisas – em especial, nas atividades de grande porte que envolvem grande custo ou difícil transporte, como o licor negro.

Centre Technique du Papier (França)

O Centre Technique du Papier (CTP) é o instituto de pesquisa francês em papel e celulose. Foi criado em 1957 e possui hoje 131 funcionários. O orçamento de 2013 foi de 11,6 milhões de euros (US\$ 15 milhões) dos quais 70% foram destinados à pesquisa e ao desenvolvimento na forma de consórcio ou projetos especiais. Entre 60% e 70% dos projetos são financiados com recursos públicos, dentre os quais 2,5 milhões de euros (US\$ 3,4 milhões) advêm de subsídio específico para o programa de pesquisa na forma de consórcio.

Um interessante elemento do seu programa de pesquisa é que inclui dentro do contrato recursos dedicados à aplicação dos resultados nas plantas do cliente, de forma a começar a desenvolver o próximo elo.

As plantas piloto – em especial de cozimento e branqueamento – são frequentemente utilizadas por empresas brasileiras para estudos e obtenção de amostras para suas novas plantas. É possível obter cerca de 100 kg de celulose e branquear até cerca de 150 kg, montante de um terço à metade do proposto para o piloto brasileiro.

FPIinnovations (Canadá)

O FPIinnovations é o resultado da junção de quatro institutos de pesquisa canadenses: a Forintek, FERIC, Paprican e o Canadian Wood Fibre Centre, dos quais o Paprican é o que melhor cobre as atividades de interesse do setor industrial de celulose e papel. O FPIinnovations possui cerca de 550 funcionários e um orçamento de 94 milhões de dólares canadenses (US\$ 86 milhões). Para a área de papel e celulose, são destinados perto de 220 funcionários, dos quais 35 vão para biorrefinaria. Cerca da metade dos 220 empregados são pesquisadores. A outra metade é de técnicos, mas a empresa admite que a proporção ideal seria de um terço de pesquisadores e dois terços de técnicos.

As empresas-membro são canadenses e parece haver pouco interesse em admitir empresas de fora do país, ainda que algumas companhias norte-americanas com fábricas no Canadá tenham conseguido o direito de se filiar. A contribuição de cada empresa-membro é proporcional à capacidade de produção, variando entre 1 e 1,75 dólar canadense por tonelada produzida de celulose ou papel. A quantidade da taxa depende ainda da lucratividade e do tamanho de cada empresa: a cada milhão de toneladas produzidas, a contribuição média diminui gradativamente. O recurso pago permite um desconto fiscal na casa dos 35% para a empresa, algo parecido com a Lei do Bem no Brasil.

Cerca de metade dos recursos e entre 10% e 15% dos serviços, como pilotagem e medições, provêm de fontes públicas. Entre os trabalhos mais comuns estão: estudos de polpação e branqueamento e obtenção de amostras em piloto, testes de produção em máquina piloto, otimização de caldeiras e rastreamento de eficiência de fibras.

Essa fração parece menor do que em institutos similares de outros países, mas deve-se ao fato de que as empresas-membro podem fazer esse tipo de trabalho com até 25% de seu orçamento e pelo organismo geral ser avesso à adição de corporações de fora do Canadá.



Uma interessante característica do FPIInnovations é que cada unidade fabril de celulose e papel possui um representante interno, com boas informações sobre a configuração e os desafios de cada fábrica.

Uma parte significativa dos estudos em celulose e papel no Canadá é feita no âmbito do FPIInnovations, em parte devido às grandes dificuldades do setor naquele país, que, inclusive, obrigaram várias empresas a fecharem seus centros de pesquisa. Além disso, o setor de C&P canadense é pouco consolidado, tendo a maioria das empresas uma ou duas fábricas, onde a maior delas tem uma produção relativa de cerca de um terço das maiores unidades brasileiras.

O FPIInnovations tem apoio constante da Noram, uma empresa local de engenharia que licencia a tecnologia desenvolvida. É interesse do instituto aumentar a contribuição desse tipo de financiamento e também na participação em empresas *startups* baseadas em tecnologias internas.

Ainda, mostraram interesse em cooperação com o futuro centro brasileiro, intenção que pode ser limitada pelas empresas-membro, pois veem seus pares no Brasil como fortes concorrentes na arena internacional.

Renewable Bioproducts Institute, Georgia Tech (Geórgia, EUA)

O Renewable Bioproducts Institute (RBI) talvez ainda seja mais conhecido pelo antigo nome: Institute of Paper Science Technology (IPST). Essa entidade mudou muito nos últimos anos, principalmente devido ao declínio da indústria norte-americana de papel. Por essa razão, vale destacar a forma antiga e a atual de funcionamento.

Até 20 anos atrás, o IPST possuía 25 companhias-membro que financiavam aproximadamente 70% dos custos. Outros 10% eram oriundos de projetos contratados por empresas não membro, enquanto que os 20% restantes eram projetos financiados por recursos federais ou pelo estado da Geórgia. Na época, o instituto contava com cerca de 250 funcionários e um orçamento anual entre US\$ 15 milhões e US\$ 20 milhões. As empresas de maior porte contribuía por ano com US\$ 1 milhão a US\$ 2 milhões. Fornecedores químicos de menor porte contribuía com, pelo menos, US\$ 50 mil por ano.

Os recursos de cada empresa podiam ser divididos em até cinco partes, chamadas “poletas”, que deveriam ser alocadas em algum dos projetos ou mesmo utilizadas em projetos contratados ou para execução de medições ou processamento em piloto. O capital deveria ser utilizado no mesmo ano em que era disponibilizado.

Os projetos eram anuais e divididos em três grupos por maturidade de escopo/recursos empregados. Havia um grande número de planos exploratórios de alto risco. A maioria não apresentava resultados interessantes e eram descontinuados. Os cerca de 30% que tinham saldo positivo aumentavam um pouco de escopo no ano seguinte.

Há cerca de dez anos, o IPST mudou de formato. As empresas norte-americanas começaram a enfrentar uma situação econômica desfavorável após a crise da bolha da internet, em 1999, o que as levou a reduzir drasticamente seus gastos com pesquisa, inclusive com o IPST.

A entidade foi então incorporada à Georgia Tech, da Universidade da Geórgia, na cidade de Atlanta, em uma configuração parecida com a atual. O instituto começou a funcionar como uma *concierge* da Georgia Tech, onde sua função principal era ligar as demandas das indústrias com as competências dos professores da universidade.

Forest Products Laboratory, USDA (Wisconsin, EUA)

O *Forest Products Laboratory* (FPL), que integra o USDA (Departamento de Agricultura norte-americano), é um laboratório federal focado em aplicação para produtos de base florestal. As pesquisas do instituto abrangem aplicações da madeira como material de construção e aplicações de fibras.

O FPL conta com mais de 150 funcionários. Destes, 50 são pesquisadores. Há um grande número de funcionários de apoio em relação aos pesquisadores devido à forte regulamentação ao qual o FPL está sujeito. O orçamento federal está congelado há mais de uma década em US\$ 18 milhões, o que causa uma constante redução de funcionários por aposentadoria e um conseqüente aumento da idade média dos empregados por falta de novas contratações.

Quase 90% do orçamento é comprometido com a folha salarial, sobrando pouca margem para investimento na contratação de serviços, equipamentos e pesquisadores. Por outro lado, o orçamento federal exige transparência nos resultados, fornecimentos e planta piloto.

O FPL conta com várias plantas piloto de diferentes tamanhos para cozimento de biomassa. O maior reator tem 4 m³, mas é raramente utilizado por não possuir sistema de captação ou tratamento dos gases odorosos.



Provavelmente, a planta piloto mais interessante é a parte dedicada à produção de nanocristais de celulose (CNC), que pode ser disponibilizada sem necessidade de acordo específico para empresas e outros institutos mundiais a preço de custo. Essas plantas foram construídas há três anos com recursos do USDA depois que o exército norte-americano demonstrou contínuo interesse pelo material. O acesso a esses materiais era restrito e exigia compromissos legais de divulgação de resultados para a obtenção de amostras, como é o caso de uma das maiores empresas do ramo, a canadense Celluforce, que demanda esse tipo de acordo com o fornecedor do material. Com cerca de US\$ 1,7 milhão fornecidos pelo USDA, o FLP construiu a planta piloto de CNC.

National Renewable Energy Laboratories (Colorado, EUA)

O National Renewable Energy Laboratories (NREL) é um gigantesco complexo de laboratórios relacionados à produção e integração de energia renovável, incluindo os de energia solar, eólica, geotérmica e de biomassa, com um orçamento que varia de US\$ 300 milhões a US\$ 500 milhões oriundos do Ministério de Energia norte-americano (DOE). Diferentemente do FPL, ele opera sob a forma de contrato, onde o DOE estabelece metas a serem atingidas. Aparentemente, esse acordo tem dado grande flexibilidade ao NREL.

O laboratório de biomassa aborda o conceito de biorrefinaria e é o que mais se assemelha com o projeto do futuro centro brasileiro. Esse laboratório conta com 160 funcionários e um orçamento que vai de US\$ 40 milhões a US\$ 50 milhões, dos quais cerca de 80% são recursos públicos vinculados a metas de otimização de algum processo de conversão de biomassa radical. Até 2012, o laboratório precisava provar que conseguiria obter custo de produção de até US\$ 1,49 por galão, enquanto que a próxima meta combina produção de hidrocarbonetos e algum químico de alto valor agregado.

O NREL desenvolve um trabalho detalhado de análise técnico-econômica, que é aberto, assim como todo o trabalho executado com recursos públicos. O instituto possui uma planta piloto de produção de etanol de segunda geração (entre outros produtos possíveis) que fabrica perto de uma tonelada de biomassa por dia. A planta custou cerca de US\$ 33 milhões para ser construída e não inclui a parte de fermentação, que é bem mais antiga.

North Carolina State University (Carolina do Norte, EUA)

A North Carolina State University (NCSU) tem como objetivos a formação de pessoas e a pesquisa para o setor. O estado da Carolina do Norte paga o salário dos professores e a pesquisa é financiada na maior parte por fundos estaduais e federais.

Há alguns poucos consórcios de pesquisa em que são financiados parcialmente com recursos de empresas. O que é talvez mais surpreendente na NCSU é que a lista de equipamentos não é impressionante. Os resultados obtidos parecem ser mais fruto do próprio trabalho desenvolvido do que um resultado gerado pelos equipamentos adquiridos. A maior parte do financiamento é originária de recursos públicos.

University of Maine (Maine, USA)

A Universidade de Maine, no norte dos Estados Unidos, tem uma longa tradição na pesquisa e em educação no setor de celulose e papel. Possui quatro professores com cadeiras integralmente voltadas para o ramo. O mais relevante para estimativas de demanda é o que o *Process of Development Center* (PDC) oferece. O PDC possui várias plantas piloto que atendem às empresas do setor, principalmente da parte norte dos EUA. Semelhantemente ao que aconteceu no Canadá, a maioria dos centros de pesquisa das empresas na região foram fechadas, o que levou à necessidade de um núcleo de pesquisa fora das companhias.

Assim, o PDC oferece uma grande gama de serviços para desenvolvimento de processo e produto para empresas do setor de celulose e papel, tais como: estudos de polpação, branqueamento, refino, produção de papel em máquina piloto, além de possuírem uma planta de celulose nanofibrilada. Essa última planta foi financiada com cerca de US\$ 1,8 milhões pelo Departamento de Agricultura norte-americano (USDA), em paralelo à planta de celulose nanocristalina no FPL, em Madison, Wisconsin.

A demanda com projetos e medições é da ordem de US\$ 1 milhão anuais para uma equipe (maioria de técnicos) de 12 pessoas. Eles têm a ambição de formar um programa de pesquisa, tal qual os outros grandes institutos de pesquisa. Formaram recentemente o Forest Bioproducts Research Institute (FBRI), que tem uma grande oferta de operações unitárias relevantes para diferentes processos de biorrefinaria localizados no galpão de uma planta de celulose de fibra curta, que recentemente foi desativada. O histórico é ainda muito curto para se ter alguma referência.



VTT Technical Research Centre (Finlândia)

O VTT é um grande centro de pesquisa “guarda-chuva” que engloba três unidades de negócio. Entre elas, está a área de Soluções para Recursos Naturais e Meio Ambiente, que cobre pesquisa em bioenergia, biocombustíveis e biomateriais, incluindo celulose e papel.

A área de celulose e papel tem cerca de 100 trabalhadores. Originalmente, esse setor pertencia ao *Keskuslaboratorio* (KCL), que foi incorporado pelo VTT em 2009, ainda que houvesse muita pesquisa em celulose e papel em outras partes do centro. O maior foco dessa área de negócio, apesar da grande relevância da pesquisa tradicional em papel e celulose, está no desenvolvimento de novas tecnologias e conceito de produtos a partir de diferentes frações da biomassa, tanto florestal como agrícola ou resíduos, que conta com 450 funcionários no total.

O orçamento do VTT provém de três fontes principais, em partes praticamente iguais: orçamento estatal, editais e programas de financiamentos públicos e de recursos privados.

Não possui um programa de pesquisa na forma de consórcio financiado por várias empresas e elaborado pelo instituto. Os projetos que são financiados por várias empresas são projetos *ad hoc*.

O VTT se estabeleceu no Brasil em 2011 e hoje conta com uma equipe de dez pesquisadores e três pessoas na administração. Deve chegar a 15 pessoas nos próximos meses. Atualmente, é financiado por fontes brasileiras e também executa projetos para a matriz finlandesa.

O panorama geral agregado dos grandes institutos internacionais mostra que, em geral, há uma participação de cerca de 25% das atividades dos centros com medições, enquanto que a maioria das atividades é feita dentro de programas de pesquisa na forma de consórcio (Tabela 1). O programa de pesquisa é usualmente subsidiado com recursos públicos quando há alto risco/impacto. Quando há participação de empresas, os resultados são restritos às corporações participantes. Os institutos mantêm as PIs desenvolvidas internamente, mas permitem aos cofinanciadores que as utilizem livremente. Em quase todos os casos, os institutos não têm função de formação de pós-graduados, mas usualmente têm acordo com universidades para recebê-los.

Tabela 1 – Comparativo entre institutos de pesquisas internacionais

	Innventia	CTP	FPI	IPST	VTT	NREL***
Funcionários	250	131	220	250	450*	160
Medições/Testes	25%	30%				
Participação	11,2	4,5	10-15%			Muito pequeno
MMUS\$/a						
Programa de pesquisa	Há	Há	Há	Havia	Há	Há DOE.
Recursos públicos [%]	50%	60-70%	50%	20%	2/3**	80%

Fonte: Elaboração própria.

* 100 pessoas em celulose e papel; 450 em biorrefinaria e bioeconomia

** 1/3 orçamento governamental + 1/3 outros fundos públicos

*** laboratório relacionado à biorrefinaria

O capítulo a seguir apresenta o detalhamento técnico do projeto demonstrativo para o Brasil.



Capítulo 2



Capítulo 2

Projeto demonstrativo

A proposta de implementação de um Centro de Tecnologia (CT) nacional no estado da arte visa atender à estratégia de nacionalização de tecnologia e manter a competitividade do setor nacional de celulose e papel com base no desenvolvimento de novos produtos e processos que se beneficiem da base florestal brasileira. Isso ocorre por meio do desenvolvimento e da transferência de tecnologia nacional, além da criação de uma base científica e tecnológica. Seu estabelecimento cria uma infraestrutura adequada para a realização de testes experimentais necessários ao desenvolvimento das tecnologias de biorrefinaria no Brasil para aproveitar as potencialidades nacionais.

O CT contará com os laboratórios necessários para desenvolver as principais linhas de pesquisa em biorrefinaria com foco no setor de celulose e papel. Essa composição pode atender à necessidade de criação de novas empresas (*startups*) com base na tecnologia desenvolvida no centro, que, por alguma razão, não se encaixem na estrutura das grandes e médias empresas atualmente existentes no setor. É importante mencionar a capacidade de formação de recursos humanos especializados no estado da arte em tecnologias de biorrefinaria.

1. Missão e visão

A missão do CT consiste em apoiar o setor de celulose e papel brasileiro por meio do desenvolvimento de rotas tecnológicas para a desconstrução da biomassa florestal, gerando novos produtos e processos.

A visão do centro é tornar-se referência internacional para o desenvolvimento de tecnologias que agreguem valor ao setor de celulose e papel.

2. Justificativa

O Brasil possui uma indústria de papel e celulose das mais competitivas internacionalmente, e que, por isso, é grande geradora de divisas. Em 2013, segundo a Bracelpa¹¹, o setor brasileiro exportou mais de US\$ 7,1 bilhões e teve uma balança superavitária de US\$ 5,3 bilhões, um crescimento de 13% sobre 2012. A expectativa é de que essa elevação perdure por mais alguns anos, mas há grande risco de saturação do mercado já que a proporção de fabricantes de celulose de alto custo do Hemisfério Norte é menor que a de baixo custo, como mostra o Gráfico 3.

É, portanto, crucial que o setor se renove por meio da inovação tecnológica para que encontre novos produtos da biomassa florestal e continue gerando divisas e agregando valor. No caso da celulose, a agregação de valor atinge cerca de US\$ 350 por tonelada de cavaco, um fator de quase cinco, tal como apresenta o Gráfico 1.

Sob o ponto de vista energético, o setor – apesar de ser intensivo no uso de energia – produz internamente a maior parte da sua demanda. Em específico, as novas unidades produtoras de celulose são grandes exportadoras líquidas de energia verde, aumentando a competitividade do setor. As novas plantas *greenfield*¹² de celulose geram cerca de 200 megawatts (MW), onde o excedente de cerca 100 MW fica disponível ao sistema elétrico brasileiro (VILLARROEL, 2011).

O desenvolvimento tecnológico ligado ao setor poderá acelerar o método de substituição da fração de combustível fóssil, que ainda é utilizado no processo *kraft*, por combustíveis de fonte renovável, e possibilitar a produção de combustíveis verdes, como o bio-óleo¹³ e o gás natural verde¹⁴, para venda externa. O custo da biomassa é bem menor que dos combustíveis fósseis líquidos (Tabela 2) e, no caso brasileiro, também é menor em relação ao gás natural (de custo energético aproximadamente similar a combustíveis líquidos).

11 Em 2014, a Associação Brasileira de Celulose e Papel (Bracelpa) juntamente com as empresas que participavam da Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira (Abipa), a Associação Brasileira da Indústria de Piso Laminado de Alta Resistência (Abiplar) e a Associação Brasileira dos Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF) formaram a Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ).

12 Plantas construídas do zero, onde não há nenhuma infraestrutura prévia da empresa.

13 Combustível líquido produzido por processo de pirólise de biomassa.

14 Combustível gasoso, composto principalmente de monóxido de carbono, hidrogênio e nitrogênio, produzido por processo de gaseificação de biomassa.

**Tabela 2 – Custo de diferentes fontes de energia**

Combustível	Poder calorífico (Gj/Tonelada métrica)	Custo do combustível (US\$/Tonelada métrica)	Custo da energia (US\$/Gj)
Oil	43.5	512 (US\$60/barril)	11.77
Biomassa (20% H ₂ O)	15	55	3.67
Licor negro (20% H ₂ O)	12.6	56 (org/inorg=3/1)	4.44
Lignina	26.9	75	2.79
Carboidrato	13.6	75	5.51

Fonte: van Heiningen, 2006.

As tecnologias de produção de celulose e papel são quase que exclusivamente dominadas por empresas norte-americanas e europeias. Entretanto, as tecnologias em desenvolvimento sob a égide de biorrefinaria ainda não estão, em sua maioria, dominadas. Logo, há margem competitiva para que a tecnologia desenvolvida no País seja inicialmente apropriada por empresas nacionais de engenharia e equipamentos, e, posteriormente, exportada.

Finalmente, o desenvolvimento de tecnologia poderá trazer, ao mesmo tempo, maior retorno de capital, renda para os trabalhadores e impostos para o governo. Sob esses aspectos, acredita-se que o estabelecimento de um centro de excelência em pesquisa em celulose e papel de padrão internacional, muito atenta à indústria, mas não submissa a ela, terá papel importante para a sociedade brasileira.

3. Produtos e serviços

Os produtos e serviços aqui previstos foram estimados com base no tipo do perfil da indústria brasileira do setor de celulose e papel, que inclui uma grande gama de tamanhos de empresas em vários níveis da cadeia de produção. Tomou-se também como referência as demandas aos melhores institutos de pesquisa do mundo no setor que trabalham com empresas de perfil parecido.

De forma generalizada, pode-se dizer que empresas pequenas e médias têm, principalmente, demanda de medições e testes em laboratórios imparciais, enquanto que as líderes de mercado têm necessidade de suporte, desde melhorias de processo a pesquisas disruptivas de alto risco/impacto.

Assim, foram propostos quatro grupos principais de atividades que têm tamanhos, desafios, necessidades de subsídios e políticas de PI distintas. O Gráfico 6 ilustra uma estimativa da distribuição desses serviços no instituto depois de alguns anos de funcionamento.

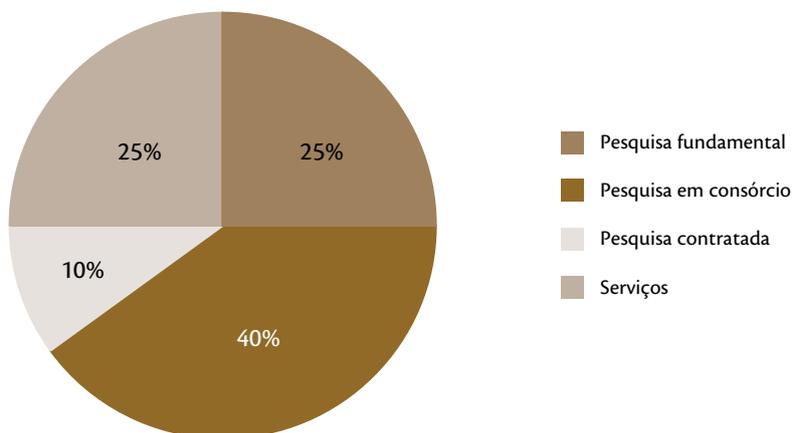


Gráfico 6 – Distribuição estimada dos serviços oferecidos pelo instituto

Fonte: Elaboração própria.

Pesquisa básica/fundamental

Pesquisa fundamental disruptiva de alto/altíssimo risco e potencial, que visa explorar temas estratégicos para o setor. Não há ainda, nesses casos, informação disponível para se fazer um julgamento razoável do potencial dessa tecnologia, que apresenta grandes desafios para tornar-se comercial. Um exemplo é a produção de celulose regenerada com a utilização de líquidos iônicos.

Esse tipo de pesquisa precisa de subsídio total ou quase total de recursos públicos para ser executado. Por isso, os resultados devem ser abertos e a PI será agregada ao portfólio do instituto. Idealmente, o financiamento e as metas desses serviços seriam temas estratégicos para o País e para o setor definidos por cinco anos. Uma estimativa é que essas atividades devam perfazer cerca de 25% das atividades do instituto.

Seguindo o modelo canadense da FPIInnovations, apresentado no capítulo anterior, as pesquisas desse grupo poderiam ser alavancadas, se bem sincronizadas, com as pesquisas feitas no mesmo tema em outras universidades e institutos brasileiros.



Pesquisa aplicada de alto risco em consórcio

Pesquisa de alto valor estratégico que tem um claro potencial de aplicação, ainda que apresente grandes necessidades de pesquisa e desenvolvimento.

Por haver interesse da indústria, esse caso precisará apenas de financiamento governamental parcial para seus trabalhos. As empresas financiadoras teriam o direito de utilizar a tecnologia (via PI, que pertenceria ao instituto) e teriam o apoio dos técnicos da entidade na implementação e na transferência de tecnologia.

Como a pesquisa é, ao menos parcialmente, financiada pelas empresas, ela seria confidencial por tempo determinado. Uma estimativa é que essas atividades devam perfazer cerca de 20% das atividades do CT.

Pesquisa aplicada de médio risco em consórcio

Similar ao caso anterior, mas por ser de menor risco, exigiria um aporte menor ou nenhum aporte dos agentes públicos. Exemplo de projetos desse tipo são as melhorias internas do processo kraft de médio risco e potencial claro. Similar ao caso anterior, os resultados desse tipo de pesquisa devem ser restritos por tempo determinado. A estimativa é que esse trabalho deva perfazer cerca de 20% das atividades do CT.

Medições e testes (serviços)

Serviços de curto prazo, baixo custo e desafio, mas que atendem à necessidade de um grande número de empresas de todo o setor – pequenas, médias e grandes – e em diferentes posições na cadeia de valor. Esses serviços são totalmente financiados por empresas que não têm disponibilidade interna de equipamentos para essas finalidades. Essas atividades devem ocupar cerca de 25% da carga do CT, segundo estimativas.

Pesquisa contratada

Pesquisa contratada por iniciativa de empresas de diferentes tipos. Tanto pode ser resultado de um edital específico como de uma necessidade da empresa que, conhecendo a capacidade do CT,

decide por conduzi-la no local. A PI pode ser dividida entre as partes na proporção da contribuição intelectual de cada um. A estimativa é que essas atividades devam totalizar cerca de 10% do CT.

4. Linhas de pesquisa

A definição das principais linhas de pesquisa a serem desenvolvidas pelo CT parte pela escolha da rota para se fazer o processo de desconstrução da biomassa, sendo as mais conhecidas as rotas termoquímica, bioquímica e química.

Na rota termoquímica, há o craqueamento em diferentes níveis das macromoléculas pela ação da temperatura. As principais transformações termoquímicas da biomassa são a gaseificação, a pirólise, a torrefação e a carbonização. Na rota bioquímica, há inicialmente a hidrólise ácida ou enzimática da celulose e da hemicelulose a açúcares, que são posteriormente fermentados a etanol ou butanol, para nomear apenas os mais estudados. Na rota química, a lignina é hidrolisada e solubilizada em meio aquoso fortemente básico, resultando no licor negro (LN).

A rota bioquímica ganhou grande atenção nacional devido ao seu potencial em melhorar a competitividade do setor sucroalcooleiro, em especial na produção de etanol. Assim, foi estabelecido o Centro de Tecnologia do Bioetanol (CTBE). Além dele, há também o Centro de Tecnologia Canaveira (CTC), que também tem apostado significativamente nessa rota tecnológica.

Sob a ótica da biorrefinaria, no processo *kraft* (Figura 2), a rota química para obtenção de produtos de base renovável apresenta uma clara vantagem em relação a outros processos que partem da biomassa “crua”. Nesse processo, a biomassa já é desconstruída para obtenção da celulose, deixando no licor negro as outras macromoléculas da biomassa já convertidas em diversos componentes. Esses componentes são candidatos imediatos a produtos em biorrefinaria baseada no processo *kraft*. A extração desses componentes define uma importante linha de pesquisa do proposto CT.

A Figura 2 mostra que os componentes do licor negro são, na sua absoluta maioria, queimados na caldeira de recuperação (CR), embora o maior objetivo de todo o ciclo de recuperação seja restaurar os químicos de cozimento. A matéria orgânica presente no licor negro, quando queimada, produz grande quantidade de vapor, que gera energia elétrica parcialmente em cogeração. Parte do vapor é necessário para o processo. Outra parte tem a maioria da energia perdida em condensadores no ciclo *Rankine*.

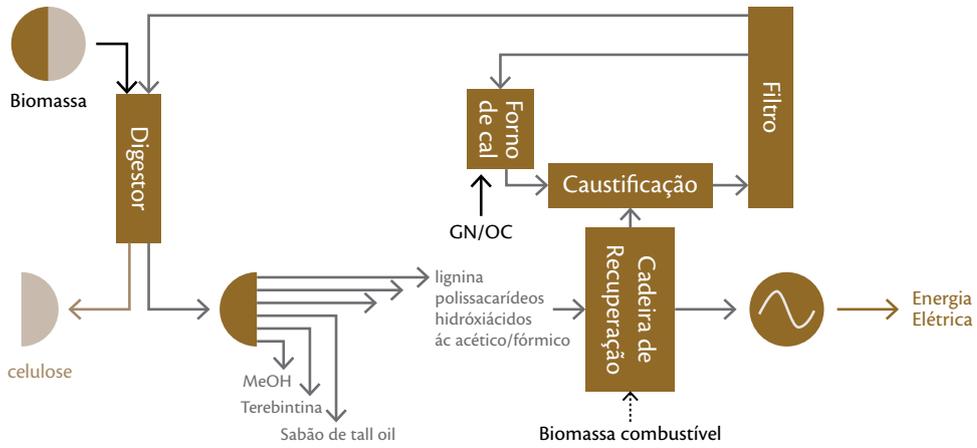


Figura 2 – Processo kraft viz. biomassa e combustível fóssil, além de químicos de reposição

O Gráfico 7 apresenta o percentual dos componentes presentes no licor negro de folhosas (*hardwood*) e coníferas (*softwood*). Na Tabela 3 e na Tabela 4, são ainda elucidadas as disponibilidades desses componentes, a estimativa financeira para sua utilização como bioproduto e as respectivas rotas de extração.

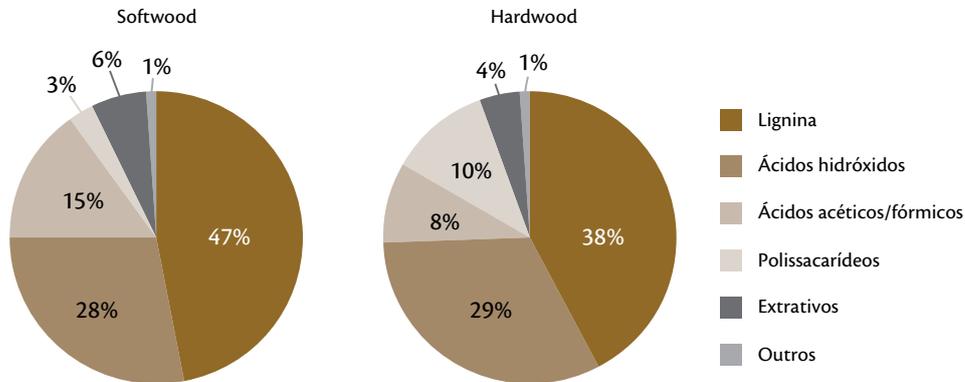


Gráfico 7 – Componentes presentes no licor negro de coníferas (*softwood*) e folhosas (*hardwood*)

Fonte: Niemelä (2010), *Isolation of Hydroxy acids from black liquors*, Biorefine & FuBio annual seminar, 30 de novembro de 2010.

Tabela 3 – Componentes presentes no licor negro de folhosas (*hardwood*)

	Uso	Valor US\$/t	Disponibilidade kt/a	Potencial alto US\$/t	Extração
Metanol	incinerador/FC	0/260	70	400 - 500	<i>stripping</i>
Extrativos	CR	160	600	1500 - 10000	Decantação/MF
Polissacarídeos, C5	CR	45	1500	700 - 1000	UF
Lignina	CR	110	6000	600	Precipitação/UF
Hidroxiácidos	CR	70	4200	1400 - 4000	SEC/NF
ac acético/fórmico	CR	60/24	3000	500 - 600/ 800 - 1200	NF/OR

Fonte: Bracelpa (2014).

Nota: Base: 14 MMT/a, 2014, Bracelpa

Tabela 4 – Componentes presentes no licor negro de coníferas (*softwood*)

	Uso	Valor US\$/t	Disponibilidade kt/a	Potencial alto US\$/t	Extração
Terebintina	incinerador/FC	0/260	18	1500	Condensação
Metanol					
<i>Tall oil</i>	CR/FC	160/450	54	800 - 1800	Decantação
Polissacarídeos, C5					
Lignina					
Hidroxiácidos					
ac acético/fórmico					

Fonte: Bracelpa (2014).

Nota: Base: 1,8 MMT/a, 2013, Bracelpa

Alguns desses componentes presentes no licor negro precisam apenas ser purificados, mas a maioria demanda processamento subsequente. O *tall oil* refinado encontra aplicação na indústria de exploração de petróleo como biodiesel. A lignina precisa ser craqueada e separada para poder ser utilizada em mercados de químicos aromáticos. A derivatização e o refino das macromoléculas e extrativos consistem em uma interessante linha de pesquisa, que é recomendada para ser abordada pelo CT.



Espera-se que algumas macromoléculas da biomassa possam ser extraídas, com vantagem, previamente ao cozimento (em inglês, chama-se *Value Prior to Pulping* – VPP) – linha especialmente interessante em processos de produção de polpa solúvel (VAN HEINIGEN e STUART, 2006). O foco principal é a extração de hemiceluloses (parte na forma de ácido acético), mas há também referência de processo industrial em que extrativos são retirados dos cavacos para aplicação industrial (COVEY, 2013). Uma grande preocupação é a qualidade da celulose que não pode piorar, o que tem limitado o potencial desse tipo de tecnologia.

Em uma linha de pesquisa relacionada, a hemicelulose extraída, inclusive de outras biomassas como o bagaço, encontra aplicação como aditivos de refino ou para desenvolver tração a úmido, se transformada quimicamente. Também merece destaque a linha de pesquisa visando obter materiais de propriedades mecânicas especiais, que tiram vantagem da estrutura cristalina da celulose, a exemplo da celulose nanofibrilada e dos nanocristais de celulose. Essa é uma área que vem recebendo muita atenção internacionalmente.

Ainda a partir da celulose, há interesse por grandes empresas utilizadoras de fibras de algodão e fibras químicas em se obter celulose regenerada com melhores propriedades na confecção de tecidos, como o Lyocell, produzido a partir de celulose solúvel. A fibra natural de algodão consome muita água e necessita de solos férteis, enquanto que as fibras químicas, como o poliéster e a poliamida, são fibras de fonte fóssil.

5. Estrutura organizacional

A estrutura proposta para o CT reflete as duas dimensões principais: os serviços oferecidos e as linhas de pesquisa (Figura 3). As medições e testes serão executados principalmente pelos laboratórios de desconstrução da madeira, pelos laboratórios da central analítica e pela planta piloto.

Os laboratórios propostos para as diferentes linhas de pesquisa foram divididos segundo as rotas de transformação da biomassa: rota termoquímica, bioquímica e química.

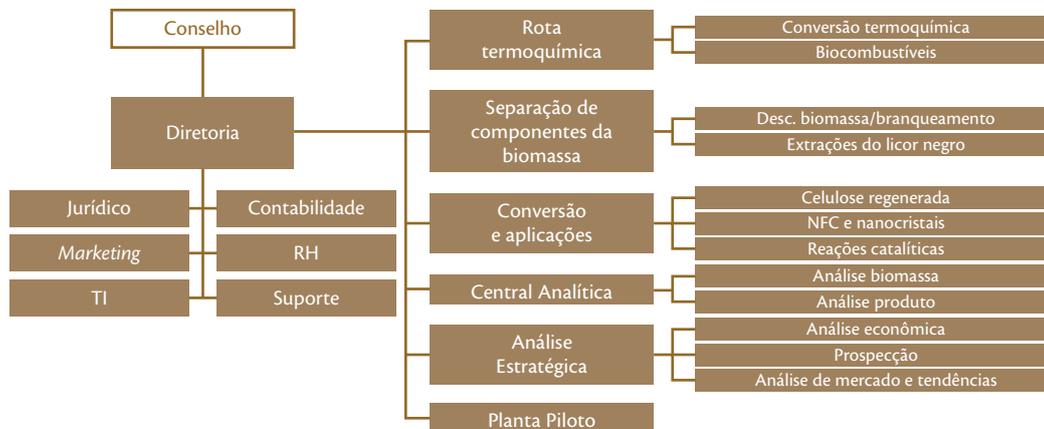


Figura 3 – Organograma esquemático do CT apresentando os distintos laboratórios

Fonte: Elaboração própria.

A estimativa de pessoal foi feita de acordo com as linhas de pesquisa propostas para o CT apresentadas na Tabela 5. A estimativa total é de que sejam necessários aproximadamente 90 funcionários diretamente envolvidos com trabalhos de pesquisa e serviços ofertados pelo centro, enquanto que cerca de dez pessoas trabalhariam na parte administrativa.

Para a estimativa do número de funcionários ao longo do tempo de estabelecimento do centro, isto é, até que este atinja a maturidade esperada, foram assumidas as seguintes premissas:

- Durante os dois primeiros anos de construção do centro, haveria apenas o grupo de análise estratégica, além da administração. Estes, juntamente com as empresas, delinearão as linhas de pesquisa em maior detalhe;
- Com a finalização da construção, foi assumida uma curva crescente em forma "S" de demanda de serviços e medições e pesquisa contratada até a maturidade em oito anos;
- O programa de pesquisa em consórcio seria implementado em dois ciclos. Nos primeiros três anos, seriam iniciados com cinco linhas de pesquisas (as mais prováveis) e, após esse ciclo, entrariam mais quatro linhas.

Com base nestas premissas, foi estimado o número de funcionários por tipo de atividade, conforme o Gráfico 8.

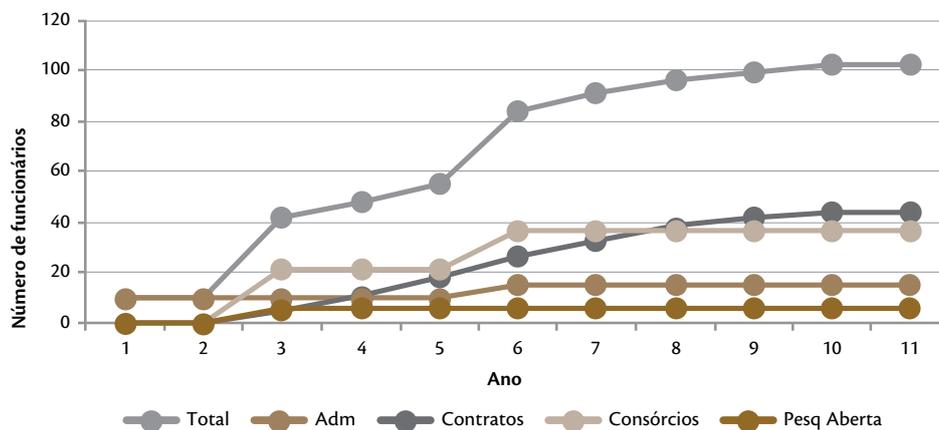


Gráfico 8 – Estimativa de número de funcionários por tipo de atividade no CT

Fonte: Elaboração própria.

6. Estrutura laboratorial

A estrutura laboratorial foi desenhada com base na demanda por serviços de medição e testes, e nas linhas de pesquisas de interesse do setor. O complexo de laboratórios do CT, cuja especificação está descrita a seguir, inclui os seguintes cinco grupos:

- 1) Separação dos componentes da biomassa
- 2) Rota termoquímica e química
- 3) Conversão e aplicações
- 4) Central analítica
- 5) Planta piloto



Grupo de laboratórios de separação de componentes da biomassa

Esse grupo consiste de dois laboratórios: o de desconstrução da biomassa e o de extração do licor negro. Ambos são cruciais para o conceito de biorrefinaria, pois, com alterações de processo existentes nas plantas de celulose e papel, podem agregar valor a produtos que tradicionalmente são considerados resíduos.

Laboratório de desconstrução da biomassa

O processo de desconstrução da madeira em seus macrocomponentes é central para o conceito de biorrefinaria pela rota química. E o método mais utilizado atualmente é o processo *kraft*, que utiliza íons sulfeto em pH alto. Nesse processo, a lignina é hidrolisada e solubilizada em solução aquosa juntamente com frações das hemiceluloses e da própria celulose. É uma forma eficiente e ambientalmente sustentável de se obter celulose para o mercado de papel, em específico. No entanto, ele pode não ser o melhor processo de desconstrução da madeira sob a ótica da biorrefinaria.

De fato, o processo que hoje mais se aproxima do conceito de biorrefinaria é o sulfito por produzir celulose, álcool, lignossulfonato e vanilina. Nesse processo, todos os principais macrocomponentes da biomassa tornam-se produtos para comercialização. Ainda existem outros processos, como o Organosolve, que podem ser relevantes, em específico, por separar de forma adequada os macrocomponentes da biomassa e também por utilizar como solvente o etanol, produto em abundância no País. A combinação de processos também é um possível cenário no conceito de biorrefinaria. Propôs-se, então, um laboratório flexível que possa desconstruir a biomassa por diferentes procedimentos e métodos.

Os equipamentos propostos para a desconstrução da biomassa estão listados na Tabela 6.

Além do laboratório promover a desconstrução da biomassa para os processos a jusante, também há interesse de pesquisar a aplicabilidade de diferentes biomassas no conceito de biorrefinaria, em especial com aquelas que apresentam maiores produtividades de crescimento no campo (Tabela 7).

Tabela 6 – Lista com os equipamentos e preços selecionados para laboratório de desconstrução da biomassa

Lista de Equipamentos	Origem	Preço em reais
Moinho faca Valley	Importado	134.200,00
Outros moinhos	Nacional	40.000,00
Desagregador de cavacos Bauer - pasta mecânica	Importado	99.450,00
Autoclave eletrônica	Importado	46.200,00
Conjunto de 4 cestos de 3,5 L para AU/E-20 com TP-2027	Importado	49.000,00
Tampa 4 Tubos 1,5 L para 20 L	Importado	72.050,00
Digestor multicozimento	Importado	300.000,00
Digestor multicozimento	Nacional	200.000,00
Depurador Somerville	Importado	29.040,00
Caixa de Lavagem	Nacional	5.000,00
Balança de precisão	Importado	53.000,00
	Total Geral	1.027.940,00

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 7 – Produtividades de diferentes culturas

Biomassa	Produtividade [t/ha a]
Eucalipto	19
Cana	34
Sorgo	30-50
Capim-elefante	30-45

Fonte: CTC (2011); IBA (2015).¹⁵

Laboratórios de extração do licor negro

Metanol

O metanol é produzido durante o cozimento *kraft* por desmetilação da lignina na proporção de cerca de dois a cinco quilos de metanol por ADt¹⁶ (RYDHOLM, 1965). A maior parte do metanol

¹⁵ CTC, Censo Varietal de Produtividade. Centro de Tecnologia Canaveieira, 2011; Ibá; (2015). Relatório ibá 2015. (Pöyry Consultoria em Gestão e negócios Ltda, Ed.). São Paulo: iba.org.

¹⁶ Do Inglês [Air dry metric tons (ADT)] ou tonelada de celulose seca ao ar.



é liberada no *blow tank* (em cozimento contínuo) e no condensado dos primeiros estágios da evaporação (LIN, 1993).

Por conter gases malcheirosos, as correntes com metanol não devem ser enviadas para efluentes. Para serem incineradas ou utilizadas como combustível, elas devem anteriormente ser concentradas em uma coluna de *stripping*. O metanol concentrado a cerca de 85% pode ser queimado no forno de cal ou em caldeiras, situação em que substitui o combustível fóssil empregado, que normalmente é o gás natural (GN) ou o óleo combustível (OC).

Essa tecnologia é amplamente conhecida e dá retorno considerável devido ao alto preço do GN no Brasil. Considerando o PCI do metanol úmido e do GN, chega-se a um valor de US\$ 260 por tonelada de metanol e de R\$ 1,19 por Nm³ de GN¹⁷ (COMGÁS, 2014).

Para ser vendido no mercado como *commodity*, o metanol tem que ser limpo a alto grau de pureza (maior que 99,85%) para atingir o grau técnico. A capacidade produtiva mundial é de cerca de 100 milhões de toneladas por ano, segundo o Methanol Institute (2014), e não teria preço alterado pela entrada de todo o potencial de metanol advindo de plantas de celulose do Brasil ou mesmo do mundo.

A maior parte do metanol disponível no mercado é produzida principalmente a partir do GN e do carvão. Eles possuem preços baixos nos principais mercados produtores. Assim, o metanol tem relativo baixo preço (US\$ 450/t) e, apesar de ser possível imaginar um prêmio pelo metanol verde, é pequeno o incentivo para a extração do metanol com a pureza necessária, além do valor que ele obtém quando é queimado no forno de cal ou em caldeiras

Extrativos

O *tall oil* e a terebintina são os componentes do licor negro (LN) que há mais tempo e mais amplamente são extraídos nas plantas *kraft* de coníferas. Hoje, eles são queimados na caldeira de recuperação e no forno de cal, respectivamente.

A terebintina brasileira é considerada de boa qualidade por conter alto teor de pineno. A terebintina refinada tem valor na ordem de US\$ 800 por tonelada – preço bem maior que a contribuição dada atualmente como combustível no forno de cal, estimada em US\$ 160/t, em caldeiras modernas com alta pressão de trabalho (80 bar). Se convertida a terpineol – que tem entre suas aplicações

17 Nm³ de GN = normal metro cúbico de gás natural.

fragrâncias, solventes, aromas (DOS SANTOS, 2005) – ela pode ser vendida por cerca de US\$ 2 mil a US\$ 3 mil/t. Alguns óleos essenciais têm valores bem mais altos, mas, em contrapartida, mercados pequenos, como ilustra o Gráfico 9.

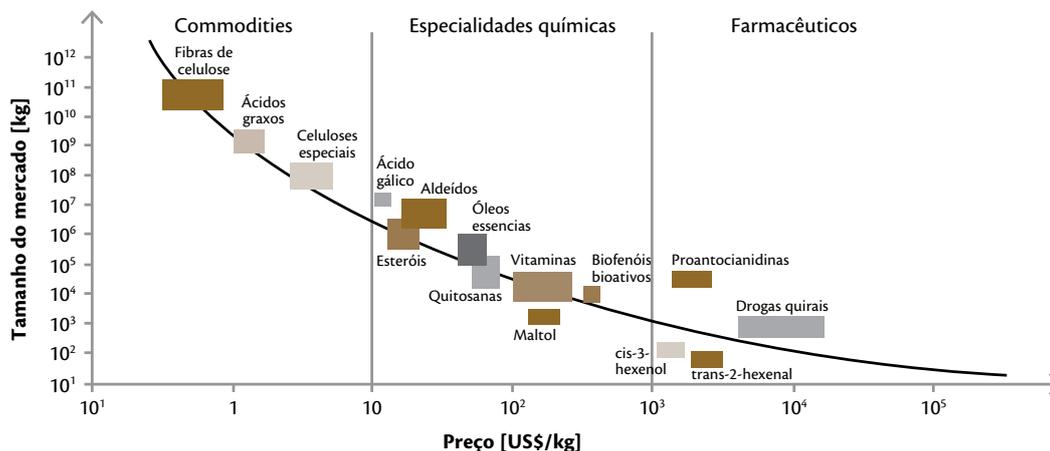


Gráfico 9 – Mapeamento de preço e tamanho de mercado de alguns produtos de fonte renovável

Fonte: Chomet, 2005.

A produção mundial de terebintina é de cerca de 300 kt/a¹⁸ e o potencial brasileiro é de cerca de 50 kt/a, assumindo 10 kg/ADt (RYDHOLM, 1965).

Tall Oil

Outro componente orgânico presente em grandes quantidades (2% a 3%) no licor negro é o *tall oil*. O sabão do *tall oil* tem solubilidade mínima no licor negro quando este atinge concentrações entre 25% e 28% de teor de sólidos. Quando isso acontece, ele é removido da parte alta do licor negro, após separação de fases em tanques com tempo de residência apropriado. O sabão retirado pode ser acidulado para obtenção do *tall oil*, propriamente dito.

O *tall oil* pode ser separado em diferentes frações, por destilação, produzindo óleos de diferentes tamanhos de cadeia e, por isso, com diferentes aplicações, como ácidos graxos, *tackifiers* e breu.

¹⁸ Kilotonelada ao ano.



Por destilação, consegue-se chegar aos ácidos graxos de *tall oil* (TOFA), composto principalmente de ácido oleico (C18:1 cis) (Gráfico 10).

O ácido oleico é utilizado principalmente na exploração de petróleo (BNDES, 2014) e, por isso, tem apresentado uma crescente importação (Gráfico 11). O potencial brasileiro de produção de ácido oleico é menor do que o montante importado, admitindo um potencial de cerca 30 kg/ADt (RYDHOLM, 1965).

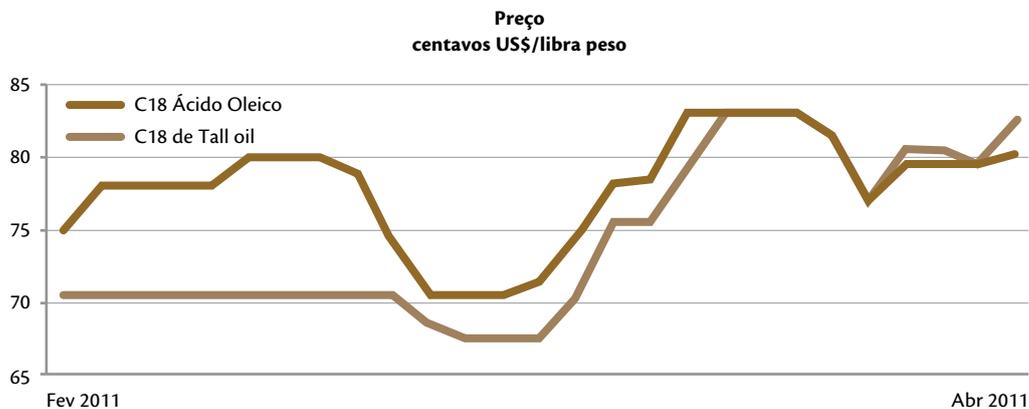


Gráfico 10 – Relação entre o preço do ácido graxo a partir do tall oil e o preço do ácido oleico

Fonte: ICIS, 2013..

De acordo com Prakash (1998), a produção de biodiesel no Canadá por meio da hidrogenação do *tall oil* é mais barata do que por esterificação de óleos. Na Suécia e na Finlândia, há um forte desenvolvimento para refinar o breu de *tall oil* (composto de menor valor no refino) na obtenção de combustíveis como o biodiesel (NESTE OIL, 2013; SUNPINE, 2008). Após uma etapa de refino do breu, o biodiesel é hidrogenado para melhorar sua qualidade.

O mercado de biodiesel é comoditizado. No Brasil, é de cerca de 3 milhões de toneladas ao ano a um preço que varia entre US\$ 800 e 1.200/t.

No laboratório, estão previstos dois pesquisadores para a extração de *tall oil* e terebintina e dois pesquisadores para trabalhar com o refino desses componentes. Os pesquisadores serão responsáveis tanto pelo processo em laboratório quanto pela planta piloto. Estão previstos quatro técnicos. O custo anual é estimado em R\$ 1,5 milhões.

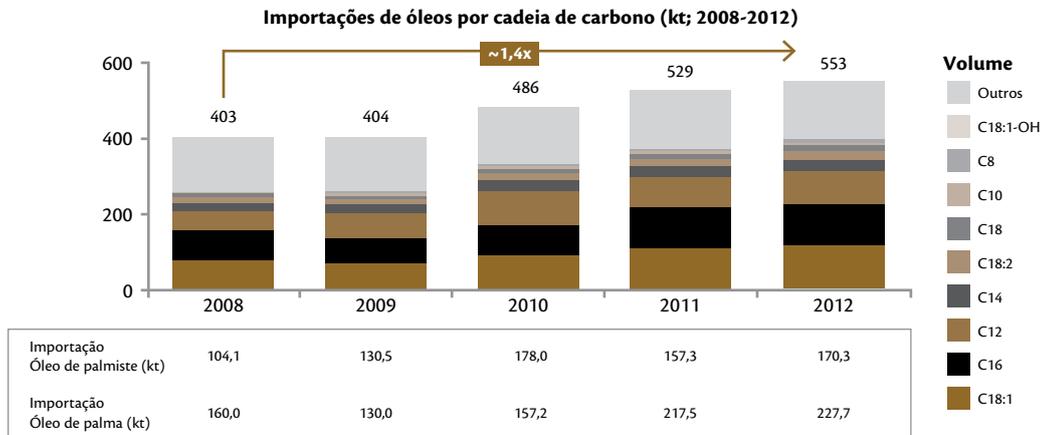


Gráfico 11 – Histórico da importação de óleos graxos

Fonte: BNDES, 2014; AliceWeb; Análise Bain / Gas Energy.

- Notas:**
- (1) Os óleos desdobrados em cadeia de carbono são: palma, palmiste e mamona;
 - (2) Os óleos no grupo *Outros* não foram classificados por cadeia de carbono: oliva, girassol e coco, além de outros de menor volume.

Lignina

A lignina é uma macromolécula que perfaz cerca de um terço a um quarto da biomassa. Sua significativa abundância a torna um componente de grande interesse. Por isso, a pesquisa na extração e aplicação da lignina tem sido intensa no Brasil e no mundo nos últimos dez anos.

Há necessidade de se extrair lignina com eficiência sem interferir significativamente no processo *kraft* e de obtê-la em diferentes frações para ser derivatizada. O método mais conhecido na literatura e estudado é a extração por precipitação e filtração, mas também é possível removê-las por ultrafiltração e por eletrodialise. A ultrafiltração possibilita a remoção de fragmentos de lignina impossíveis de serem removidos por filtração, enquanto que a eletrodialise é uma alternativa à recuperação de químicos pelo método atual (possivelmente interessante para plantas de menor porte).

Bozell *et. al.* (2007) dividem o mercado de aplicação da lignina em três grupos com complexidades e tempos de maturidades distintos, nomeados como biocombustíveis, macromoléculas e químicos aromáticos.



A aplicação que demandará maiores recursos e de maior potencial, ainda que em médio e longo prazos, é a obtenção de químicos aromáticos. O mercado e o preço variam bastante. A vanilina, por exemplo, tem um mercado de dezenas de milhares de toneladas anuais a um preço de cerca de R\$ 15 mil/t. Já o mercado norte-americano de BTX (benzeno, tolueno e xileno) é de 20 milhões de toneladas anuais (Gráfico 12) com preços por volta de US\$ 15 mil/t.

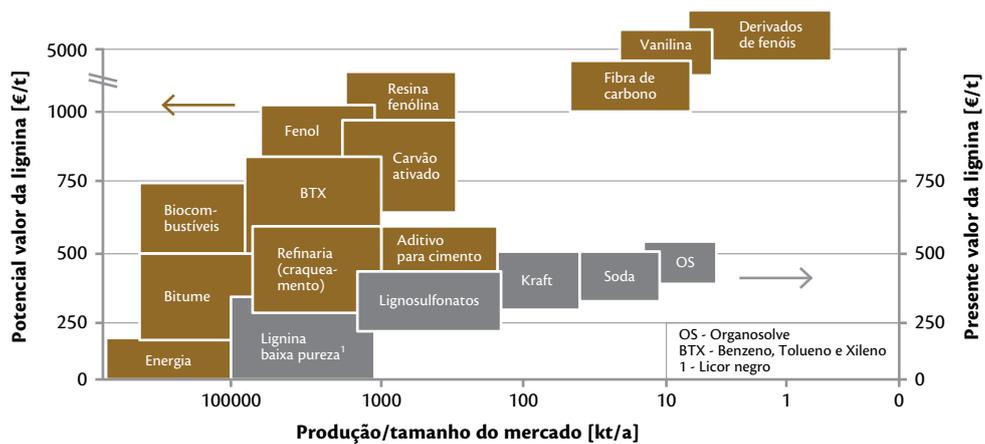


Gráfico 12 – Mercado atual e potencial de aplicação de lignina

Fonte: Gosselink, 2011.

De acordo com Bozell et al. (2007), a maioria dos produtos BTX e derivados de fenólicos a partir da lignina podem ser obtidos via catalítica (Tabela 8). Segundo eles, essa rota é a que deveria receber maior esforço de pesquisa para aplicação da lignina no mercado de químicos aromáticos.

Tabela 8 – Tecnologias de conversão de longo prazo

Compostos ou Classe	Barreiras tecnológicas/tecnologias necessárias
Químicos BTX <ul style="list-style-type: none"> • Benzeno • Tolueno • Xileno 	Catálise - dehidroxilação e demetilação seletiva; dealquilação. Aplicação de reforma catalítica química da indústria petroquímica
Fenol	Catálise - dehidroxilação e demetilação seletiva; hidrogenólise, dealquilação. Aplicação de reforma catalítica química da indústria petroquímica
Monómeros de lignin <ul style="list-style-type: none"> • propilphenol • eugenol • siringóis • aril ether • aril ether • aril ether metil alquilado 	Catálise - hidrógenólise seletiva; formilação, hidrotratamento, entendimento das razões de reatividade, tecnologia de polimerização, formulações; dealquilação catalítica, demetoxilação, hidrólise; controle da estrutura da cadeia lateral; redução controlada, preservação da aromaticidade; quebra da cadeia lateral de aromáticos, aplicações para misturas; demetilação; craqueamento por éter.
Monómeros de lignina oxidada <ul style="list-style-type: none"> • Siringaldeído • vanilina • ácido vanílico 	Catálise - oxidação seletiva
Diácidos novos e diácidos aromáticos	Oxidação seletiva, catálise, carbonilação, ativação de ligações ArOH, tecnologia de polimerização, formulação e entendimento de propriedades poliméricas.
β -ceto ácido adípico, ácidos alifáticos, novos poliésteres, novos polióis	Biocatálise; bioconversão seletiva de aromáticos; oxidação seletiva - entendimento das ligninas peroxidases, lacases, etc.; tecnologia de polimerização, formulações; Transformações P. Putida; desenvolvimento de novos organismos de conversão da lignina
Polióis aromáticos <ul style="list-style-type: none"> • cresóis • catecóis • resorcinóis 	Processos de hidroxilação catalítica, desidratação, dealcoilação, redução seletiva, tecnologia de redução seletiva do anel aromático
Ciclohexano e ciclohexanos substituídos	Reduções e dealquilações seletivas
Quinonas	Catálise - oxidação seletiva (O ₂ , ar e HOOH); oxidantes de base radical; reatividade de fenólicos e de radicais fenólicos

Fonte: Bozell *et. al.*, 2007

Uma outra rota que deve ser explorada é a despolimerização da lignina por pirólise¹⁹. Prandey e Kim (2011) fizeram uma revisão dos métodos de despolimerização térmica. Os principais processos estão ilustrados na Figura 4.

¹⁹ Tratamento térmico na ausência de oxigênio, e que pode ser feito com ou sem catalizador.

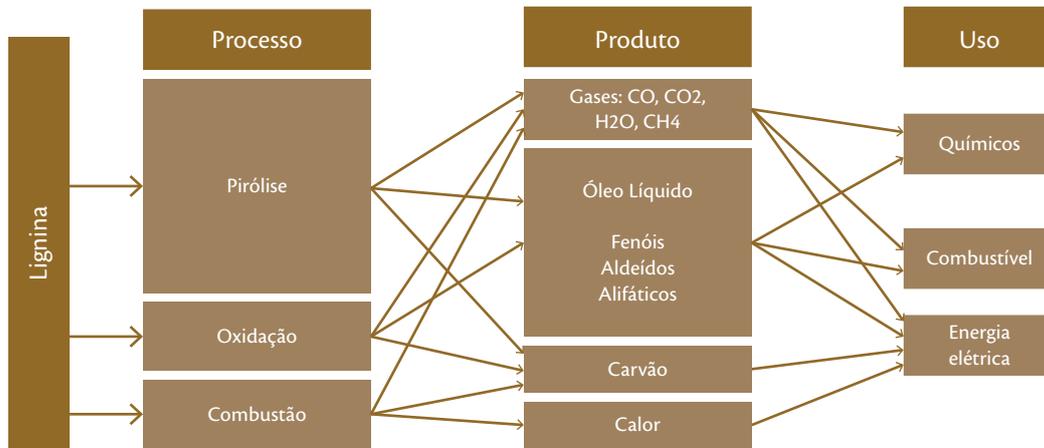


Figura 4 – Principais conversões termoquímicas da lignina e seus produtos principais

Fonte: : Prandey e Kim, 2011.

Entre as variações, a hidrogenólise e a hidrólise apresentam-se como as mais interessantes. Na hidrólise, a despolimerização a temperaturas mais brandas favorece a conversão à fase líquida, incluindo monômeros de fenol. Há também a oxidação (não-pirólise), que favorece a conversão a aldeídos.

No laboratório, estão previstos um pesquisador para a extração da lignina e três para trabalhar com a despolimerização dessa macromolécula: um para pirólise, o segundo para craqueamento com catálise e outro para oxidação da lignina. Os pesquisadores serão responsáveis pelo processo em laboratório e pela planta piloto. Estão previstos quatro técnicos. O custo anual estimado é de R\$ 1,5 milhões.

Hemicelulose

As hemiceluloses, apesar de perfazerem uma grande fração da biomassa, não estão presentes em grande quantidade no licor negro pelo processo *kraft*. Em parte, por ficarem em quantidades razoáveis na polpa celulósica. Mas também por degradarem-se durante o cozimento de ácidos orgânicos, como fórmico, acético, láctico e outros em menor quantidade chamados de hidroxíácidos. No entanto, há quantidades significativas de hemiceluloses no licor negro que podem ser obtidas por ultrafiltração após a retirada das fibras e dos extrativos (Figura 5) e antes da extração da lignina precipitada.

As hemiceluloses têm baixo poder calorífico inferior (PCI), o que significa que seu custo de oportunidade de removê-las é relativamente baixo (especialmente, se comparado com a lignina). O valor das hemiceluloses como combustível na caldeira de recuperação é de US\$ 45/t, em caldeiras modernas com alta pressão de trabalho (80 bar).

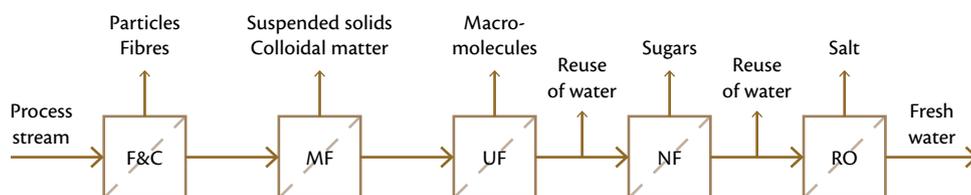


Figura 5 – Separação fracionada dos componentes do licor negro

Fonte: Jönsson, A-S, "Microfiltration, ultrafiltration and diafiltration" in *Separation and Purification Technologies in Biorefineries* by Rawaswamy et al. (2013).

Outra forma comumente utilizada de extração de hemiceluloses é a extração em meio alcalino anterior ao cozimento em processos de produção de celulose solúvel. Essas hemiceluloses têm peso molecular maior e também são queimadas em caldeiras, no processo de polpa solúvel. Relacionado a esse processo está o paradigma "Valor antes do Cozimento" (VPP) (em inglês, *Value Prior to Pulping*), onde de 5% a 15% da biomassa seriam removidas anteriormente à polpação.

Cerca de um quarto é extraído como ácido acético e três quartos como hemiceluloses, em sua maioria pentosanas, que podem ser fermentadas a etanol, butanol ou outros produtos de maior valor agregado como os ácidos itacônico e levulínico. Esses estão no grupo dos dez mais interessantes blocos de construção elencados pelo estudo do NREL (TERPY e PETERSEN, 2004). As hemiceluloses podem também ser utilizadas para produção de xilitol ou arabinitol por hidrogenação catalítica. O xilitol é produzido comercialmente a partir de xilanas e não apresenta necessidade de pesquisa para seu desenvolvimento. O ácido levulínico pode ser utilizado como acrilatos. Os acrilatos apresentam mercado de milhões de toneladas anuais a um preço de cerca de US\$ 2.600/t. Há também mercados de compostos de maior valor agregado, mas de menor tamanho de mercado (TERPY e PETERSEN, 2004). O ácido itacônico, que também pode ser utilizado no mercado de acrilatos, tem um preço de mercado da ordem de US\$ 2.500/t (VAN HEININGEN, 2006).

Há também uma linha de pesquisa para utilização das hemiceluloses na produção de filmes a fim de introduzir barreiras ao oxigênio (HARTMAN *et al.*, 2006) e à gordura. De fato, já existe uma



companhia sueca, a Xylophane AB, que comercializa barreira à base de hemicelulose para empresas parceiras: o polietileno de baixa densidade, que tem preço de cerca de US\$ 1.500/t.

No laboratório, estão previstos um pesquisador para obtenção da hemicelulose por extração do cavaco e um para a extração e purificação da hemicelulose a partir do licor negro. Estão também previstos um pesquisador para trabalhar com fermentação da hemicelulose, um para hidrogenação e outro para obtenção de filmes. São previstos cinco técnicos. O custo anual é estimado em R\$ 2 milhões.

Ácidos orgânicos e hidroxiácidos

Os ácidos orgânicos e os chamados hidroxiácidos (ácidos orgânicos que contêm também hidroxila, grupo funcional álcool) estão em relativa abundância no LN, ainda que a composição de cada um, em geral, seja baixa (Gráfico 13). Vários desses compostos têm alto valor, tornando atrativa a sua extração. Se retirados em grupo e não purificados, podem ser utilizados em aplicações de *hot melt*.

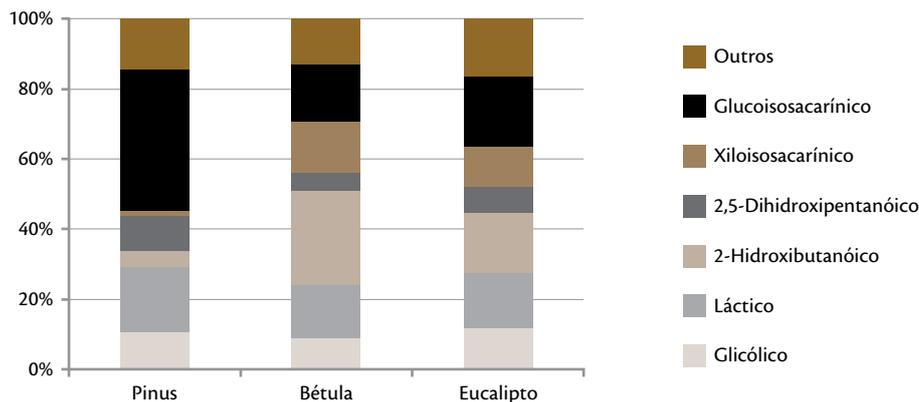


Gráfico 13 – Hidroxiácidos presentes no licor negro

Fonte: Niemelä, 1999.

O ácido glicólico tem valor de cerca US\$ 4.000/t. Possui um mercado anual de poucos milhares de toneladas em aplicações que vão da indústria têxtil como corante, passam pela indústria alimentícia como aromatizante e chegam à indústria farmacêutica como agente esfoliante.

O ácido láctico tem preço de cerca de US\$ 1.200/t e apresenta um mercado crescente de 200 kt anuais para aplicações na indústria alimentícia (45%), farmacêutica, detergentes, alimentação

animal e bioplásticos. Há um grande interesse pelo polilactídeo (PLA) por ser de fonte renovável e apresentar biodegradabilidade. Seu preço é cerca de US\$ 2.200/t. O ácido lático presente no licor negro é racêmico e sua utilização em polilactídeo apresenta desafios.

O 2-Hydroxybutanoico apresenta um mercado pequeno e os ácidos isosacarínicos e 2,5 hidroxipentadióico não têm mercados existentes, mas são semelhantes a dois blocos de construção presentes na lista dos *top value-added* do DOE. Hytönen (2014) também testou a aplicação da mistura desses ácidos como adesivo para cola *hot melt* e como quelante, obtendo bons resultados.

No laboratório, estão previstos dois pesquisadores para trabalhar com a extração e purificação dos ácidos – como há várias técnicas de extração - e está previsto um pesquisador para trabalhar com aplicação e modificação dos hidroxiácidos. Estão previstos dois técnicos. O custo anual é estimado em R\$ 1 milhão. Os equipamentos propostos para realizar a extração dos componentes do LN estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Lista com os equipamentos e preços selecionados para laboratório de extração de componentes do LN

Lista de equipamentos	Origem	Preço em reais
Lab. de extração de componentes do licor negro		
Terebintina:	Subtotal 1	25.000,00
Ciclone	Nacional	15.000,00
Condensador	Nacional	5.000,00
Tanque de decantação	Nacional	5.000,00
Tall oil:	Subtotal 2	445.000,00
Tanque de decantação	Nacional	5.000,00
Tanque de separação	Nacional	15.000,00
Evaporador rotativo	Importado	45.000,00
Reator multipropósito vidro	Importado	320.000,00
Centrifugas de prato	Importado	60.000,00
Hemicelulose:	Subtotal 3	27.595,00
Modulo por membrana UF/NF	Nacional	13.595,00
Coluna de ultra filtração	Importado	2.000,00
Sistemas de adsorção em celulose	Nacional	6.000,00
Extração com solvente	Nacional	6.000,00
Lignina:	Subtotal 4	868.595,00
Reator gás-líquido	Importado	250.000,00



Lista de equipamentos	Origem	Preço em reais
Lab. de extração de componentes do licor negro		
Filtro-prensa	Nacional	66.000,00
Centrífuga de cestos	Importado	300.000,00
Estufa	Nacional	32.000,00
Modulo por membrana UF/NF	Nacional	13.595,00
Coluna de ultra filtração	Importado	2.000,00
Células para eletrodialise	Nacional	55.000,00
Filtro Nutsch	Importado	150.000,00
Ácidos orgânicos e hidroxiácidos:	Subtotal 5	554.376,58
Modulo por membrana UF/NF	Nacional	13.595,00
Coluna de ultra filtração	Importado	2.000,00
Cromatografia líquida de alta eficiência	Importado	462.000,00
Cromatógrafo de íons	Importado	70.781,58
Destilação em batelada (vidraria)	Nacional	6.000,00
Laboratório de processo:	Subtotal 6	951.027,76
Refratômetro	Importado	28.843,76
Analizador de tamanho de partículas	Importado	123.684,00
Potencial zeta (Potenciômetro)	Nacional	132.000,00
Viscosímetro Brookfield	Importado	25.000,00
Reômetro	Importado	176.000,00
Densímetro	Importado	78.000,00
Analizador de umidade/sólidos	Importado	38.000,00
Titulador automático	Importado	250.000,00
Medidor pH/Cond./Íon	Importado	12.000,00
Medidor pH/Cond./Íon	Importado	12.000,00
Espectrofotômetro UV/VIS	Importado	26.500,00
Balança analítica	Importado	49.000,00
Total geral	Subtotal (1+2+3+4+5+6)	R\$ 2.871.594,34

Fonte: Elaboração própria.

Grupo de laboratórios da rota termoquímica

O maior argumento para a linha de pesquisa termoquímica se apoia na significativa diferença de custo da energia a partir da biomassa e de fonte fóssil líquida – ou gasosa em alguns mercados, como o brasileiro (Tabela 2). Combinado ao fato de os combustíveis fósseis terem uma significativa contribuição no custo caixa total de produção de celulose, o desenvolvimento de soluções a partir da biomassa melhoraria o custo caixa – e, conseqüentemente, a competitividade – do setor como um todo.

A partir desse raciocínio, há duas linhas de especial interesse para o setor. A primeira foca na substituição dos combustíveis fósseis por biomassa, enquanto que a segunda visa a obtenção de combustíveis a partir da biomassa. Ambos os processos levam a uma agregação de valor significativa para a biomassa (Gráfico 14), após processo de torrefação ou gaseificação, com eficiência de 90%; ou como bio-óleo, com eficiência de 75%. O valor como combustível foi estimado pelo preço do petróleo.

O setor vem consistentemente reduzindo sua demanda por combustíveis fósseis através do aumento de eficiência do processo e de sua substituição por biomassa (BERNI et. al., 2010). Apesar da grande redução, os combustíveis fósseis apresentam ainda uma das maiores contribuições no custo caixa da produção de celulose.

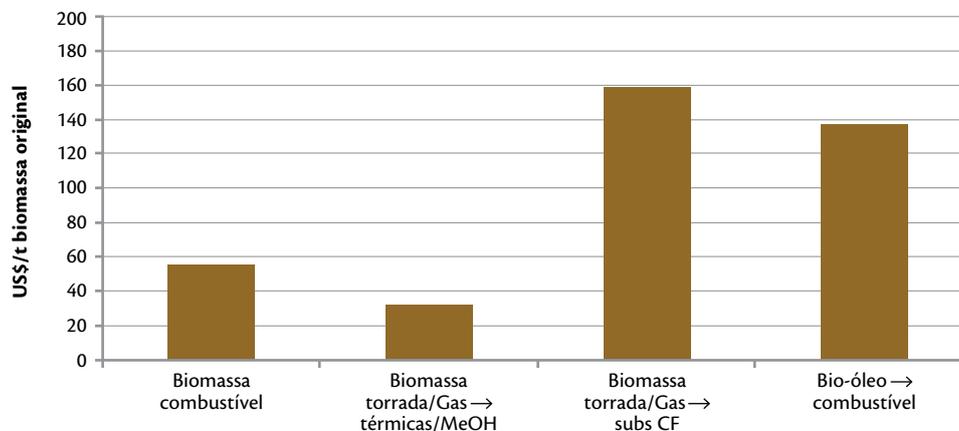


Gráfico 14 – Agregação de valor de biomassa para queima em substituição a combustíveis fósseis

Fonte: Elaboração própria com base em Office of Energy and Planning (2015)²⁰.

Assim, há um grande potencial de utilização das rotas termoquímicas para a produção de combustíveis que sejam passíveis de substituir os combustíveis fósseis atualmente utilizados no processo – um potencial de redução de custo energético de até 60% nesse quesito.

A gaseificação e a torrefação apresentam rendimentos energéticos (90% contra 50%) melhores que a pirólise (BASU, 2013), mas o potencial destes fora do âmbito do processo *kraft* é mais limitado. A pirólise apresenta uma menor conversão em termos energéticos ao bio-óleo do que a gaseificação e a torrefação. No entanto, as duas últimas convertem a biomassa em produtos que podem ser obtidos

²⁰ Office of Energy and Planning, Fuel Prices. Disponível em: <<https://www.nh.gov/oep/energy/energy-nh/fuel-prices/>>. Acesso em: maio de 2015



ou substituídos a partir de combustível sólido (leia-se carvão mineral), que tem baixo custo (US\$ 70/t). Já o bio-óleo, se for estabilizado como líquido, tem potencial de substituição de combustível líquido de valor muito mais alto. O mercado de petróleo é de uma ordem de magnitude maior que o mercado de celulose (cerca 5 barris/a ~ 90 MM barris/dia) e é pouco provável que a produção de biocombustível possa perturbar a formação de preços no médio ou mesmo longo prazo.

Gaseificação

A gaseificação consiste em transformar biomassa em gás de síntese, que inclui basicamente hidrogênio, monóxido de carbono e metano, empregando ar ou oxigênio e/ou vapor d'água. Apesar de a gaseificação ser um processo relativamente antigo e apresentar diversas plantas em operação no mundo, a especificidade do setor de celulose e papel apresenta oportunidades na produção de combustíveis tanto para substituição aos fósseis utilizados internamente como para venda ao mercado externo.

Em termos gerais, a gaseificação efetiva de biomassa pode permitir uma substituição mais abrangente de combustíveis fósseis na indústria. O desafio é obter uma tecnologia que viabilize essa aplicação e que se posicione entre os gaseificadores mais sofisticados e caros e os gaseificadores rudimentares de baixa eficiência e de difícil operação.

Um laboratório de gaseificação deve contar com reatores de gaseificação e combustão, sistema de limpeza de gases, motores para conversão do gás em energia elétrica, reatores catalíticos e sistema de análise dos produtos (gás de síntese, alcatrão e particulados).

Pirólise rápida

Assim como a gaseificação, a pirólise rápida é um processo de conversão térmica de biomassa. Ela é feita a temperaturas mais brandas sem a presença de oxigênio. Por isso, obtém seus principais produtos em fase líquida (50% a 60%). Há também uma fração gasosa – que pode ser utilizada na secagem da biomassa – e uma fase sólida – o carvão, que tem algumas aplicações como fixador de carbono ou combustível.

A transformação da biomassa sólida em material líquido apresenta vantagens sob o aspecto logístico e de aplicação, em especial como biocombustível. O combustível na forma líquida apresenta alta densidade energética, é de fácil transporte e é utilizado em motores tradicionais. Por isso, tem alto valor.

Com respeito à aplicação como biocombustível, há desafios importantes na estabilização do bio-óleo – que, sem tratamento, tende a polimerizar e solidificar –, padronização e acreditação do biocombustível com normas específicas e estudo e desenvolvimento do produto em aplicações de combustão. Na tentativa de refino do bio-óleo e obtenção de produtos de maior valor agregado, há demanda de desenvolvimento na separação de frações por destilação a vácuo, por extração líquida com solventes orgânicos e na utilização de membranas para separação de componentes.

Com respeito às outras correntes, há a fase sólida (carvão) e a fase gasosa, que é composta de gases condensáveis e gases não condensáveis. Os gases não condensáveis têm baixo poder calorífico inferior (PCI), mas podem ser utilizados como combustível no forno de cal ou em caldeiras. Há também a necessidade de desenvolver a briquetagem do carvão para aplicações de combustão ou como aditivo na agricultura.

Torrefação

A torrefação é um processo de pré-tratamento que remove a umidade e transforma parte dos componentes mais voláteis da biomassa em carbono fixo. O objetivo é obter um combustível sólido de alta densidade energética. Uma propriedade relevante da biomassa torrada é de se tornar facilmente friável, o que poderia, assim, ser utilizada diretamente no forno de cal ou em caldeiras. Sua utilização como substituto de carvão em termoelétricas praticamente não agrega valor à biomassa e, portanto, não foi considerada como linha de pesquisa.

Equipamentos rota termoquímica

Os equipamentos propostos permitem estudar a degradação térmica da biomassa a diferentes temperaturas e caracterizar seus componentes por cromatografia e por infravermelho. Permitem também fazer a análise do bio-óleo como combustível líquido e estudar seu desempenho em câmaras de combustão e fazer reações de derivatização, extração e estabilização do bio-óleo.

Em escala piloto e em laboratório, haverá a necessidade de produção de bio-óleo que possa ser estabilizado em sua forma líquida para ser utilizado como biocombustível. Assim, seria possível a extração de biocomponentes de alto valor agregado. Também está previsto um gaseificador em escala piloto. Os equipamentos propostos estão listados na Tabela 10.



Tabela 10 – Lista com os equipamentos e preços selecionados para laboratório da rota termoquímica

Lista de equipamentos	Origem	Preço em reais
Equipamentos para estudo dos produtos da rota térmica	Subtotal 1	2.987.192,72
Reator explosão a vapor	Importado	200.000,00
TGA	Importado	222.270,00
Acessório hifenação (CG/MS + IV + TGA)	Importado	178.412,66
FT-IR + Spotlight	Importado	946.566,06
CG/MS	Importado	521.080,00
DSC	Importado	369.000,00
Análise elementar	Nacional	250.000,00
Bomba calorimétrica	Importado	216.864,00
Analísadores de gás (CO, CO ₂ e H ₂ S)	Nacional	30.000,00
Balança de precisão	Importado	53.000,00
Equipamentos para derivatização:	Subtotal 2	481.800,00
Reator multipropósito vidro	Importado	320.000,00
Reator multipropósito de metal	Nacional	39.800,00
Evaporador rotativo	Nacional	45.000,00
Sist. de destilação por batelada (simples e fracionado)	Nacional	6.000,00
Extração por solvente	Nacional	6.000,00
Balança de precisão	Importado	53.000,00
Medidor pH/Cond./Íon	Importado	12.000,00
Lab. de biocombustíveis:	Subtotal 3	1.128.991,00
Viscosímetro Brookfield	Importado	25.000,00
Titulador Karl Fischer	Importado	56.000,00
CG + FID + AS	Importado	122.000,00
Densímetro	Importado	78.000,00
Rancimat (estabilidade oxidativa)	Importado	85.000,00
Ponto de fulgor (Pensky Martens)	Nacional	101.991,00
Unidade de laboratório combustão	Importado	300.000,00
Unidade teste combustão interna	Importado	200.000,00
Unidade de estabilidade e propagação de chama	Importado	100.000,00
Medidor pH/Cond./Íon	Importado	12.000,00
Balança analítica	Importado	49.000,00
Total geral	Subtotal (1+2+3)	R\$ 4.597.983,72

Fonte: Elaboração própria.

Grupo de laboratórios de conversão e aplicação

Esse grupo é composto por três laboratórios: celulose como reforço de material, celulose regenerada e laboratório de aplicação.

Celulose como reforço material

Basicamente, existem dois tipos de nanopartículas que podem ser obtidas a partir das fibras de celulose: nanocristais de celulose (NCC) e nanofibrilas de celulose (NFC). A extração das regiões cristalinas, na forma de NCC, é um processo simples baseado na hidrólise ácida das fibras de celulose. Ranby e Ribí (1950) foram os pioneiros na produção de suspensões coloidais estáveis dos NCC via hidrólise ácida com ácido sulfúrico das fibras de algodão e madeira, entre 1949 e 1950. Esse processo teve um rendimento baixo, de cerca de 30%.

As dimensões típicas dos nanocristais variam entre 5 e 20 nanômetros de diâmetro e partem dos 100 micrômetros de comprimento, dependendo da espécie vegetal utilizada para extração. Os NCC não são flexíveis e apresentam apenas um pequeno número de defeitos. O módulo de Young²¹, determinado por alguns autores entre 130 e 250 GPa²², encontra-se bem próximo do módulo de um cristal perfeito de celulose nativa. Já as NFC, extraídas por um processo mecânico de desintegração da polpa de celulose, foram obtidas por Herick e Tubark, em 1983. Ao contrário dos NCC (rígidos), as NFC são compostas por longas microfibrilas de celulose parcialmente individualizadas, que apresentam diâmetros de 10 a 100 nanômetros e comprimentos na escala micrométrica. Além disso, as nanofibras apresentam estrutura em rede composta por regiões amorfas e cristalinas. A estrutura cristalina da celulose lhe confere propriedades mecânicas singulares (Tabela 11).

O uso de nanoceluloses (NCC e NFC) como reforço em nanocompósitos é, no entanto, uma área relativamente nova. A aplicação, principalmente em nanocompósitos poliméricos, apresenta inúmeras vantagens em comparação às fibras sintéticas: baixa densidade, altas propriedades mecânicas específicas, baixa abrasividade durante processamento, biodegradabilidade, superfície relativamente reativa (que pode ser usada para acoplamento de grupos funcionais específicos), de fonte renovável e de disponibilidade quase ilimitada com variadas fontes em todo o mundo.

21 Parâmetro mecânico que proporciona uma medida da rigidez de um material sólido.

22 Giga Pascal.



Tabela 11 – Propriedades mecânicas de nanofibrilas celulósicas e de outros materiais

Material	Resistência a tensão [MPa]	Módulo de elasticidade [GPa]
Nanofibrilas celulósicas	10000	150
Aço inox 302	1280	210
Ligas de alumínio 380 e LM6	330	71
Zircônio	240	150
Alumínio com 20% de particulado de SiC	593	121
Polietileno de baixa densidade	9	0,25
Nylon 6/6 com 30% de fibra de vidro	186	9
0/90 ± 45 carbono em epoxi	503	65

Fonte: FutureMarkets, 2012.

Por outro lado, as nanoceluloses podem apresentar algumas desvantagens nesse tipo de aplicação, como alta absorção de umidade, baixa “molhabilidade” e incompatibilidade com a maioria das matrizes poliméricas, além de temperaturas de processamento limitadas. Na verdade, os materiais lignocelulósicos começam a se degradar em temperatura próxima dos 220°C, o que pode restringir o tipo de matriz utilizada em associação com os reforços naturais.

O maior desafio relacionado ao uso dos nanocristais e das nanofibras, como reforço em uma grande variedade de matrizes poliméricas, deve-se à dificuldade inerente desses materiais de não se dispersarem em um meio apolar (hidrofóbico) devido às suas superfícies polares (hidrofilicas) compostas por grupos hidroxilas (OH).

De forma a melhorar a compatibilidade entre as matrizes poliméricas e as nanoceluloses, diversas estratégias vêm sendo adotadas. Entre elas, pode-se destacar o uso de tensoativos e a modificação química de superfície via reação com os grupos hidroxilas.

Além de aplicações como reforço mecânico, esses materiais têm sido também usados na indústria de papel e celulose para melhoria das propriedades mecânicas e de impressão; na indústria de embalagens, como barreira a vapor de água (além de agente de reforço); para aplicações em displays eletrônicos flexíveis; estabilização de emulsões; aerogéis para absorção de óleos e captura de CO₂; membranas para tratamento de água; e hidrogéis para liberação controlada de medicamentos.

Como o processo de obtenção de celulose nanofibrilada consome muita energia, torna-se necessário a obtenção de pré-tratamentos (enzimáticos e/ou oxidativos) que possibilitem significativa redução no seu custo de fabricação. Além disso, esses pré-tratamentos permitem a produção de nanoceluloses

com propriedades (carga superficial e morfologia) diferentes das nanoceluloses produzidas sem pré-tratamento, o que pode torná-las mais apropriadas para aplicações de nicho onde alto grau de fibrilação das nanofibras seja necessário.

Para tal, é fundamental a disponibilidade de microscópios eletrônicos – microscopia eletrônica de varredura (MEV) e de transmissão (MET) – para detecção das características morfológicas dos nanocristais de celulose e a apropriada separação das nanofibrilas. O MEV também pode ser empregado na caracterização da interação das nanofibras com as matrizes poliméricas em aplicação com compósitos. Para os compósitos com os nanocristais, é utilizada principalmente a microscopia de força atômica (AFM) e o MET para verificar sua distribuição e interação com as matrizes poliméricas. Esses microscópios e os outros principais equipamentos propostos para executar as pesquisas estão listados na Tabela 12.

As características morfológicas das nanofibrilas de celulose são extremamente dependentes do processo mecânico empregado, do pré-tratamento e, finalmente, do grau de desfibrilamento da celulose (e menos dependentes da fonte de celulose). Essas particularidades podem ser facilmente identificadas por MEV e AFM. Por outro lado, as características geométricas (comprimento, diâmetro e forma) são mais dependentes da fonte de celulose e das condições de hidrólise como tempo, temperatura, tratamento com ultrassom e pureza da matéria-prima. As características morfológicas dos nanocristais são melhores detectadas via microscopia eletrônica à transmissão, como mostra a Figura 6.

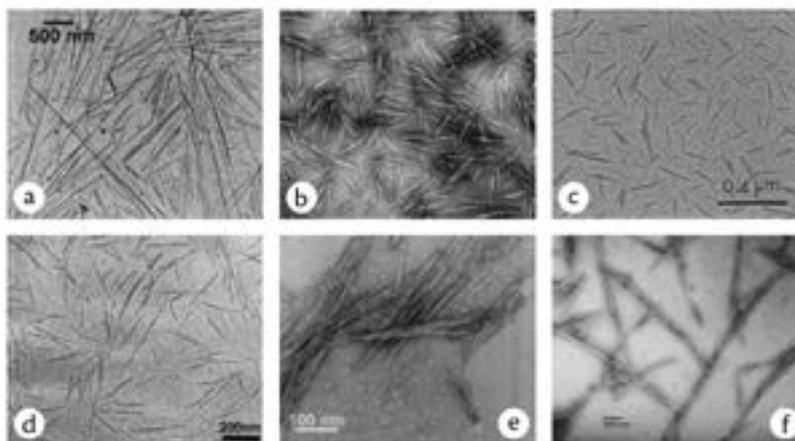


Figura 6 – Micrografias eletrônicas à transmissão (MET) de suspensões diluídas de nanocristais de celulose. Extraídos de (a) tunicate, (b) ramie, (c) algodão, (d) beterraba, (e) celulose microcristalina e (f) celulose bacteriana

Fonte: Siqueira *et al.*, 2010.



É característico desses dois produtos a necessidade de processos que evitem a agregação das nanofibras e nanocristais, como o sonificador e a secagem por liofilização ou por *spray-dryer*. O desenvolvimento de um processo de secagem ideal para as nanofibras e nanocristais de celulose é um fator de grande importância, principalmente, no que se refere ao seu transporte, já que ambos são produzidos em suspensões aquosas muito diluídas.

A compatibilização da celulose com as matrizes em que serão utilizadas é outro motivo de pesquisa. A XPS (*X-Ray Photoelectron Spectroscopy*) possibilita detectar e confirmar transformações na superfície da fibra, facilitando a identificação de modificações químicas realizadas nas superfícies das nanoceluloses tanto para compatibilização com matrizes poliméricas hidrofóbicas quanto para o desenvolvimento de nanopartículas com propriedades diferenciadas e mais apropriadas para a produção de hidrogéis e aerogéis.

Espera-se que a celulose nanofibrilada e os nanocristais atinjam altos valores (cerca de US\$ 5.000/t) devido às suas propriedades mecânicas.

O mercado anual de polipropileno, que é empregado em compósitos, é de cerca de 70 milhões de toneladas. Uma parte significativa desse mercado poderia utilizar a celulose nanofibrilada e os nanocristais em sua composição.

No laboratório de desenvolvimento de celulose nanofibrilada e de nanocristais estão previstos dois pesquisadores para trabalhar com extração de cada tipo de celulose, outros dois para trabalhar com suas aplicações e mais quatro técnicos. O custo anual é estimado em R\$ 1,5 milhões.

Tabela 12 – Lista com os equipamentos e preços selecionados para a linha de pesquisa de nanocelulose e nanocristais

Lista de equipamentos	Origem	Preço em reais
Celulose microfibrilada	Subtotal 1	1.096.711,28
Reator multipropósito vidro	Importado	320.000,00
Homogeneizador de alta pressão	Nacional	250.000,00
Masuko <i>Grinder</i>	Importado	60.000,00
Medido Schopper-Riegler (SR)	Nacional	15.510,00
Sistema de filtração a vácuo	Nacional	6.000,00
Ultraturax	Importado	50.272,00
Agitador mecânico de alto rotação	Importado	13.000,00
Aparelho de secagem supercrítica (<i>Supercritical dryer</i>)	Importado	60.000,00

Lista de equipamentos	Origem	Preço em reais
Liofilizador (<i>Freeze dryer</i>)	Importado	80.000,00
Refrigerador	Importado	60.000,00
Câmara climática	Importado	23.929,28
Estufa	Nacional	32.000,00
BET (<i>Specific Surface Area Machine</i>)	Importado	120.000,00
Liquidificador	Nacional	6.000,00
Nanocristais de celulose	Subtotal 2	925.506,00
Reator multipropósito vidro	Importado	320.000,00
Analisador de luz polarizada (<i>Cross polarizer light apparatus</i>)	Importado	50.000,00
Nanospraydryer	Importado	140.000,00
Sonificador sonda	Importado	205.000,00
Banho ultrassônico	Importado	20.000,00
Centrífuga com controle temp.	Importado	75.000,00
Refrigerador	Importado	60.000,00
Moinho de facas	Importado	40.000,00
Agitador magnético com aquecimento	Nacional	3.506,00
Medidor pH/Cond./Íon	Importado	12.000,00
Equipamentos para derivatização compostos LN	Subtotal 3	1.714.200,00
4 x Reator multipropósito vidro	Importado	1.280.000,00
4 x Reator multipropósito de metal	Nacional	159.200,00
4 x Evaporador rotativo	Nacional	180.000,00
Equipamentos para derivatização compostos LN	Subtotal 3	1.714.200,00
4 x Sist. de destilação por batelada (simples e fracionado)	Nacional	24.000,00
4 x Extração por solvente	Nacional	6.000,00
4 x Balança de precisão	Importado	53.000,00
4 x Medidor pH/Cond./Íon	Importado	12.000,00
Total geral	Subtotal (1+2+3)	R\$ 3.736.417,28

Fonte: Elaboração própria.

Celulose Regenerada

Área muito ativa em pesquisa e que procura evitar o uso do dissulfeto de carbono (CS₂), que é extremamente agressivo ao meio ambiente. Existe um significativo esforço para substituir o CS₂ como solvente por líquido iônico e para a produção de fibras com melhor qualidade do que as naturais. A melhoria nas propriedades da celulose permitirá maior grau de substituição com relação às fibras naturais (algodão), que consomem muita água em sua produção, e às fibras químicas.



O mercado têxtil anual é de cerca de 80 milhões de toneladas, mas a celulose regenerada, utilizada na produção de viscose, absorve apenas uma pequena fatia desse mercado (Gráfico 15). A melhoria da qualidade dessas fibras possibilitaria o deslocamento da fibra natural e das fibras químicas, feitas a partir de fontes fósseis.

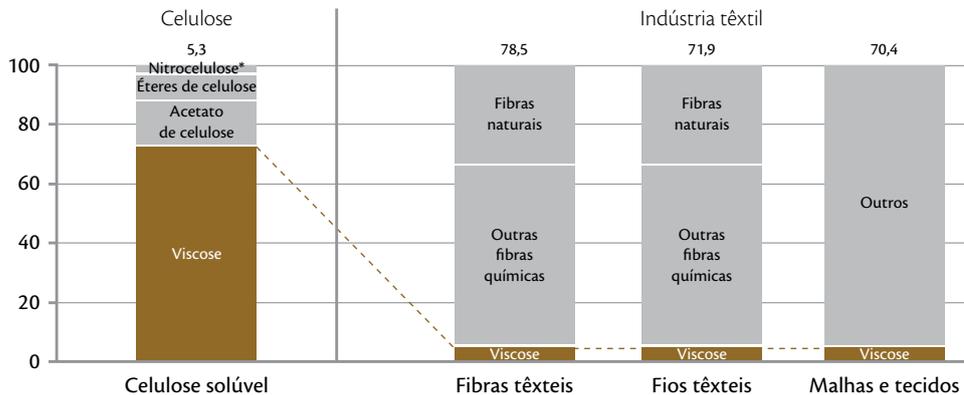


Gráfico 15 – Mercado global de celulose regenerada e sua contribuição no mercado têxtil (toneladas/2011)

Fonte: BNDES, 2014.

Nota: (*) Inclui outras aplicações da celulose solúvel.

A celulose solúvel tem preço de aproximadamente US\$ 950/t, um pouco acima do valor da celulose para papel, já que seu rendimento e mercado são menores. As fibras feitas de celulose regenerada agregam mais valor (perto dos US\$ 3.300/t) e os éteres de celulose mais ainda (US\$ 6.300/t) (BNDES, 2014).

No laboratório, estão previstos um pesquisador para trabalhar com a solubilização da celulose solúvel em líquido iônico e um pesquisador para a conversão. Estão previstos ainda dois técnicos. O valor anual de custeio é estimado em R\$ 8 milhões.

Laboratório de Aplicação

Da mesma forma que foi considerado um laboratório de aplicação em papel, pela razão que o setor tem grande facilidade em aplicar novas soluções nesse produto, foi considerado um laboratório de aplicação em materiais (Tabela 13), que possa verificar as várias aplicações das macromoléculas e seus derivados em matrizes poliméricas.

Tabela 13 – Lista com os equipamentos e preços selecionados para o laboratório de aplicação

Laboratório de aplicação		
Lista de equipamentos	Origem	Preço em reais
Lab. de processamento de matrizes celulósicas:	Subtotal 1	1.420.579,28
Refinador de discos "BAUER" 50 L	Nacional	109.450,00
Canadian Freeness	Nacional	24.420,00
Schopper-Riegler pneumático	Nacional	15.510,00
Análise de morfologia	Importado	7.568,00
Desintegrador de polpa	Nacional	25.190,00
Distribuidor	Nacional	16.940,00
Formador de folhas (Rapid köthen)	Nacional	94.800,00
Secador de folhas	Nacional	43.200,00
Formador de folhas dinâmico	Nacional	952.000,00
Balança gramatura	Importado	12.000,00
Balança analítica	Importado	49.000,00
Muffa	Nacional	5.200,00
Incinerador elétrico	Nacional	9.372,00
Câmara climática	Importado	23.929,28
Estufa	Nacional	32.000,00
Propriedades físicas:	Subtotal 2	3.531.740,00
Medidor de espessura	Nacional	37.180,00
Simulador de vinco	Nacional	30.000,00
Permeabilidade ao Ar – Gurley	Importado	50.000,00
Densímetro tipo "Gurley"	Importado	36.520,00
Medidor de rigidez L&W	Importado	100.000,00
Medidor de rigidez	Nacional	40.590,00
Guilhotina manual de dois cortes Rigidez	Nacional	10.890,00
Resistência ao arrebentamento papelão	Nacional	36.300,00
Guilhotina para amostra de gramatura 10X10	Nacional	5.000,00
Teste de impressão - Prufbau	Importado	300.000,00
Ply bond tester	Importado	100.000,00
Guilhotina manual de dois cortes RCT	Nacional	10.890,00
Ondulador de laboratório	Nacional	32.890,00
Crush Tester com display. RCT, PAT, FCT, CT-CC, SCT	Nacional	54.000,00
Guilhotina pneumática	Nacional	8.140,00
Resistência ao arrebentamento papel	Nacional	36.300,00
Medidor de atrito COF	Nacional	31.460,00
PPS tester	Importado	150.000,00



Laboratório de aplicação		
Lista de equipamentos	Origem	Preço em reais
Resistência à abrasão	Nacional	24.090,00
Arrancamento e printabilidade	Importado	41.800,00
Dinamômetro digital – Tração	Nacional	41.800,00
Guilhotina manual de dois cortes – Tração	Nacional	10.890,00
Permeabilidade a Vapor	Nacional	4.620,00
<i>Cobb tester</i> - 100 cm ²	Nacional	4.290,00
Guilhotina manual de dois cortes – Rasgo	Nacional	10.890,00
Rasgo Elmendorf	Importado	15.000,00
Zero-span	Importado	360.000,00
Máquinas universais de ensaios (papel)	Importado	270.000,00
Barreira gordura	Importado	540.000,00
Aplicador de revestimento automático	Importado	63.000,00
Medidor de ângulo de contato dinâmico	Importado	35.000,00
Scanner para medição de marmorização	Importado	40.000,00
Medidor de alvura e cor L, a, b – Cielab	Importado	150.000,00
Medidor de retenção água de tinta couche	Importado	70.000,00
Formador de folhas - conjunto completo com secador	Importado	150.000,00
Propriedades físicas:	Subtotal 2	3.531.740,00
Reômetro Hercules - viscosidade de tinta couche	Importado	150.000,00
Muffa para análise de carga no papel	Nacional	5.200,00
Aplicador de tinta couche de laboratório	Importado	50.000,00
Câmara de luz do dia e UV	Importado	25.000,00
Laboratório climatizado 23oC/50%UR	Importado	200.000,00
Sorção dinâmica de vapor (DVS – <i>Dynamic Vapor Sorption</i>)	Importado	200.000,00
Laboratório de materiais:	Subtotal 3	2.100.000,00
Ensaio universal de tensão-deformação	Importado	250.000,00
DMA (Dynamic Mechanical Analyser)	Importado	450.000,00
Medidor de formação papel - radiação	Importado	1.000.000,00
Taylor Test - rugosidade superficial	Importado	400.000,00
Total geral:	Subtotal (1+2+3)	R\$ 7.052.319,28

Fonte: Elaboração própria.

Grupo de laboratórios da central de análise

Este grupo é composto do laboratório de pré-tratamento e da central de análise.

Laboratório de pré-tratamento e macroanálise de biomassas

É comum a todas as linhas de pesquisa a necessidade de análise de biomassas. Assim, foi proposto um laboratório que tenha capacidade de fazer a cominuição da biomassa e determinação da composição das principais macromoléculas. Alguns equipamentos foram colocados em outros laboratórios, como cromatográfica gasosa, análise elementar, espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente, bomba calorimétrica, entre outros. Os equipamentos propostos estão listados na Tabela 14.

Tabela 14 – Equipamentos sugeridos para a caracterização da biomassa

Lista de equipamentos	Origem	Preço em reais
Peneiras vibratória	Nacional	20.000,00
Moinho bolas	Nacional	40.000,00
Moinhos faca	Nacional	40.000,00
Estufa	Nacional	32.000,00
Banho termostático	Nacional	65.000,00
Mufla	Nacional	13.630,57
Autoclave	Importado	19.030,00
Espectrofotômetro UV/VIS	Importado	26.500,00
Bloco de digestão	Importado	3.130,31
Balança analítica	Importado	49.000,00
Medidor pH/Cond./Íon	Importado	12.000,00
Analizador de umidade/sólidos	Importado	38.000,00
Balança de precisão	Importado	53.000,00
Chapa aquecedora	Nacional	2.915,00
Agitador magnético com aquecimento	Nacional	3.506,00
	Total geral	417.711,88

Fonte: Elaboração própria.



Central analítica - análise da biomassa/processo/produto

A central analítica executará uma série de medições que são comuns para as diversas linhas de pesquisa, e que têm alguns procedimentos comuns. Essa forma evita duplicidade de equipamentos e disponibiliza pessoal de grande capacitação nas medições demandadas. Os principais equipamentos propostos para central analítica estão listados na Tabela 15.

Tabela 15 – Lista com os equipamentos e preços selecionados para a central analítica

Laboratório de química analítica		
Lista de equipamentos	Origem	Preço em reais
	Subtotal 1	4.735.643,69
QToF-MS	Importado	1.320.000,00
2D RMN (Carbono 13, Hidrogênio e Fósforo)	Importado	1.200.000,00
Análise elementar	Nacional	250.000,00
Espectrofotômetro UV/VIS	Importado	26.500,00
CG-MS	Importado	521.080,00
CG + AS HS + FID	Importado	121.884,26
HPLC + IR + PDA	Importado	396.000,00
Cromatografia de íons	Importado	70.781,58
Absorção atômica	Importado	202.808,00
ICP-OES	Importado	426.000,00
Banho ultrassônico	Importado	20.000,00
Autoclave	Importado	19.030,00
Muffa	Nacional	13.630,57
Estufa	Nacional	32.000,00
Câmara climática	Importado	23.929,28
Medidor pH/Cond./Íon	Importado	12.000,00
Moinho criogênico	Importado	60.000,00
Vidraria - agregado	Importado	20.000,00

Laboratório de química analítica		
Lista de equipamentos	Origem	Preço em reais
Laboratório de microscopia	Subtotal 2	4.949.000,00
Microscópio ótico	Importado	65.000,00
MEV (microscópio eletrônico de varredura)	Importado	1.540.000,00
MET (microscópio eletrônico de transmissão)	Importado	1.540.000,00
MFA (microscopia de força atômica)	Importado	264.000,00
XPS	Importado	1.540.000,00
Total geral	Subtotal (1+2)	R\$ 9.684.643,69

Fonte: Elaboração própria.

Planta piloto

Segundo levantamento feito com profissionais do setor, foi constatada demanda para uma planta piloto com capacidade de processar uma tonelada de biomassa por dia. Assim, os equipamentos aqui listados foram estimados para um processamento inicial de 300 quilos de biomassa por batelada. Os processos a jusante foram feitos de acordo com a eficiência de extração e da quantidade de cada componente presente na quantidade inicial. Os equipamentos propostos estão listados na Tabela 16. Eles foram estimados pensando em uma capacidade de 300 kg por batelada de desconstrução da biomassa.

Tabela 16 – Lista dos equipamentos sugeridos para a planta piloto

Planta piloto		
Composto / interessados: equipamento	Procedência	Preço estimado
Engenharia:	Subtotal 1	930.000,00
Picadores		170.000,00
Peneiras	Nacional	45.000,00
Digestores multicozimentos	Nacional	200.000,00
Lavadores de polpa	Nacional	15.000,00
Centrífugas de cesto	Nacional	300.000,00



Planta piloto		
Composto / interessados: equipamento	Procedência	Preço estimado
Reatores para branqueamento	Nacional	200.000,00
Extração do LN / Klabin, Irani:	Subtotal 2	27.850,00
Ciclones	Nacional	10.000,00
Condensadores	Nacional	10.000,00
Tanque decantação	Nacional	850,00
Tanques d'água de resfriamento	Nacional	7.000,00
Tall oil - Extrativos / Klabin, Irani:	Subtotal 3	611.500,00
Tanque de decantação do sabão	Nacional	25.000,00
Tanque de quebra sabão/LN	Nacional	20.000,00
Tanque de acidulação e decantação do tall oil	Nacional	5.000,00
Evaporador	Nacional	200.000,00
Flotador	Nacional	53.000,00
Separador d'óleo	Nacional	8.500,00
Centrífuga de pratos	Nacional	300.000,00
Hemicelulose / BSC, KL (SU, FIB):	Subtotal 4	329.000,00
Sistema de filtração (UF/NF)	Nacional	300.000,00
Tanques	Nacional	21.000,00
Bombas	Nacional	8.000,00
Lignina / Su, Fib, Kl:	Subtotal 5	1.565.000,00
Reatores multipropósito	Nacional	200.000,00
Filtro-prensa	Nacional	200.000,00
Filtros de cartucho/bolsa	Nacional	15.000,00
Centrífuga de pratos e cestos	Nacional	300.000,00
Sistema de filtração (UF/NF)	Nacional	300.000,00
Sistema de eletrodialise	Importado	200.000,00
Secador Flash	Nacional	350.000,00
Hidroxiácidos / KL, Fib, Suz, Eldorado:	Subtotal 6	1.200.000,00
Sistema de filtração (UF/NF)	Importado	200.000,00
Hidroxiácidos / KL, Fib, Suz, Eldorado:	Subtotal 6	1.200.000,00
Células de eletrodialise	Importado	200.000,00
Cromatografia industrial	Importado	600.000,00
Cristalização	Importado	200.000,00
Derivatização:	Subtotal 7	1.080.000,00
Reatores multipropósito	Nacional	200.000,00
Dispensor	Nacional	80.000,00
Moinho	Nacional	100.000,00

Planta piloto		
Composto / interessados: equipamento	Procedência	Preço estimado
<i>Spray-dryer</i>	Importado	500.000,00
Evaporador/destilador piloto com condensador	Nacional	200.000,00
Tall oil - Terebintina:	Subtotal 8	1.410.000,00
Evaporador/destilador a vácuo	Nacional	200.000,00
Coluna de absorção	Nacional	250.000,00
Colunas de extração líquido-líquido	Nacional	250.000,00
Sistema de troca iônica	Nacional	250.000,00
<i>Masuko Grinder</i>	Importado	160.000,00
Homogeneizador de alta pressão	Importado	300.000,00
Outros:	Subtotal 9	365.000,00
Trocadores de calor	Importado	30.000,00
Aquecedores	Nacional	50.000,00
Tanques com agitação	Nacional	50.000,00
Moinho PFI	Importado	120.000,00
Câmara de refrigeração	Nacional	40.000,00
Liofilizador	Nacional	75.000,00

Fonte: Elaboração própria.

Orçamento geral

A Tabela 17 apresenta o custo total de investimento que inclui os laboratórios, prédio e contingência de 30%.

Para estimativa do gasto total, foi utilizada a estrutura de custo dos centros de pesquisa de referência internacional, em que o valor com pessoal é pouco mais da metade do orçamento total. Foram assumidas porcentagens de 60% com pessoal e de 40% com demais despesas. Dessa forma, a estimativa é de que, ao final de dez anos, o orçamento anual do centro estará em cerca de R\$ 23 milhões em valores atuais (Gráfico 16).

A demanda por medições virá das mais de 300 empresas do setor no Brasil, que, muitas vezes, não encontram serviço de medição especializado de qualidade no País. Essa parcela será totalmente financiada pelas firmas. As pesquisas executadas nas formas de consórcio e de contrato recebem habitualmente contrapartidas de recursos públicos.



Tabela 17 – Custo total do investimento proposto baseado nas linhas de pesquisas e laboratórios apresentados

Proposta de Investimento - Centro de Biorrefinaria Celulósica Orçamento geral Dólar USD = R\$ 2,20	
Divisões especializadas:	Investimento:
Laboratório de Análise de Biomassa (Labiom)	417.711,88
Laboratório Termoquímico e Biocombustíveis (LTQBIOC)	4.597.983,72
Laboratório de Desconstrução da Biomassa (LabDesc)	1.027.940,00
Laboratório de Química (LQ)	2.871.594,34
Laboratório de Derivatização (LDM)	3.736.417,28
Laboratório de Química Analítica (LQA)	9.684.643,69
Laboratório de Aplicação (LAPL)	7.052.319,28
Plantas Piloto (PP)	15.979.845,83
Prédio	5.000.000,00
Subtotal	50.368.456,02
Contingências (30% do subtotal)	15.110.536,81
Total	65.478.992,83

Fonte: Elaboração própria.

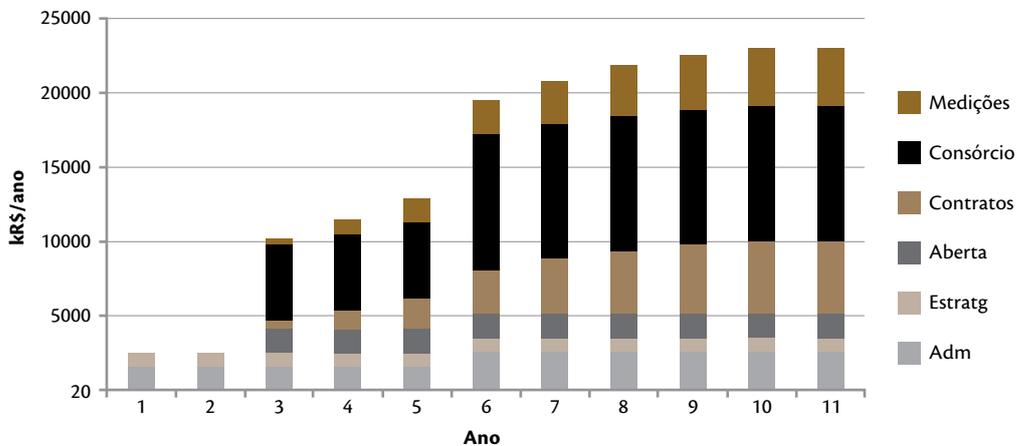


Gráfico 16 – Previsão de orçamento nos primeiros anos de funcionamento do centro

Fonte: Elaboração própria

Localização

O instituto de pesquisa deveria ser implantado em um local onde tenha a melhor combinação das seguintes condições:

- Facilidade de atração e fixação recursos humanos;
- Estar próximo a universidades e outros laboratórios de pesquisa (em especial em áreas que tenham grande relação com as pesquisas a serem desenvolvidas) para facilitar a sinergia com os laboratórios e o intercâmbio de pesquisadores;
- Estar próximo a um grande número de empresas do setor de celulose e papel;
- Cenário político favorável com políticas de apoio e incentivo específico à pesquisa;
- Ter boa logística para chegada e retirada de materiais da planta piloto.

O setor de celulose e papel vem indicando, por meio de representantes da Comissão de Biorrefinaria da ABTCP, o estado de São Paulo como a localização que melhor atende aos aspectos supracitados.



Capítulo 3



Capítulo 3

Detalhamento jurídico e análise financeira

Este capítulo apresenta inicialmente uma análise e uma proposta jurídica, segue com uma análise financeira e finaliza com uma percepção de fragilidade.

1. Detalhamento jurídico

1.1. Considerações para recomendação dos arranjos institucionais

Em função dos dados pesquisados, da legislação vigente, das reuniões realizadas com o comitê de acompanhamento e das percepções obtidas junto ao setor privado e por meio de consultas realizadas junto ao TCU, a especialistas em tributação, inovação e de atuação do terceiro setor, recomenda-se que a decisão política acerca da criação do CT considere, entre outros, fatores como:

- Capacidade no atendimento às necessidades atuais e futuras do setor privado, considerando-se os interesses nacionais atrelados às referidas demandas;
- Possibilidades de condução pelo poder público de políticas consistentes e de longa duração nas áreas de interesse;
- Determinação de escolhas que apoiem de modo significativo a inovação.

Com a aprovação das novas normas, como a Lei de Inovação, o governo federal efetivamente ampliou os mecanismos de subvenção e equalização dos custos de financiamentos e tem criado mais incentivos fiscais para a inovação tecnológica. A criação de novos centros de pesquisas ou laboratórios nacionais pode ter uma participação pequena, mas eficaz, nessa política. A escolha de um modelo jurídico “ideal” ou, na verdade, “mais recomendável” passa pela identificação mais

precisa de como se dará a indução ou o direcionamento de políticas públicas - consultar Anexo 7 sobre Quadro consolidado de modelos jurídicos (SPE, OS e OSCIP)²³ -.

Portanto a concorrência e ambiente regulatório favorável à atividade econômica específica, é fundamental para gerar ambiente inovativo e deve ser também considerado para a criação do CT no setor de celulose e papel.

Por outro lado, iniciativas como a de criação dos novos centros devem propiciar oportunidades para o maior envolvimento das empresas de pequeno e médio porte nas respectivas cadeias produtivas, com os centros atuando para o atendimento das necessidades desse público.

Considerando-se que o sistema legal brasileiro permite diferentes tipos de arranjos institucionais e jurídicos para a criação de entes legais, tanto nas áreas pública e privada como em regimes híbridos, na identificação do modelo mais adequado à instalação do CT, foram analisados inúmeros entes e pessoas jurídicas entre fundação pública, empresa pública, sociedade de economia mista, organização social (OS), parceria público-privada, sociedade de propósito específico e organização da sociedade civil de interesse público.

Nessa caracterização, foram utilizados os seguintes elementos: tipologia jurídica, características básicas, vantagens na gestão, desvantagens na gestão, forma de captação e recebimento de recursos, e exemplos de centros ou institutos em funcionamento. Salienta-se que a legislação brasileira é esparsa, ou seja, para cada tipo de ente, aplicam-se normas distintas e não necessariamente organizadas. As características jurídicas específicas de cada um desses modelos societários estão apresentadas em detalhe no Anexo 4²⁴ e de forma resumida a seguir.

Fundação pública

As fundações públicas são pessoas jurídicas, sem fins lucrativos, sob um regime jurídico híbrido, atendendo regras de direito público e de direito privado. Gozam de autonomia administrativa, patrimônio próprio gerido pelos respectivos órgãos de direção e funcionamento custeado por recursos da União e de outras fontes. Integram a administração federal indireta. Em princípio, para a atividade que se pretende desenvolver, não se recomenda a instituição de uma Fundação Pública, pois não possui finalidade lucrativa e a gestão é burocrática.

23 Anexo 7 referente a esta publicação disponível em: <https://www.cgEE.org.br/documents/10195/734063/anexo_publicacao_centro_tecnologico_celulose_papel_CGEE.pdf>.

24 Anexo 4 referente a esta publicação disponível em: <https://www.cgEE.org.br/documents/10195/734063/anexo_publicacao_centro_tecnologico_celulose_papel_CGEE.pdf>.



Empresa pública

Empresa pública é uma pessoa jurídica criada por lei, como instrumento de ação do Estado, com personalidade de direito privado, mas submetida a certas regras decorrentes da finalidade pública, constituídas sob quaisquer das formas admitidas em direito. Tem capital formado unicamente por recursos públicos de pessoa da administração direta ou indireta. Pode ser federal, estadual ou municipal. Para a atividade que se pretende desenvolver, seria preciso haver trâmite legislativo e outros requisitos que demandariam um longo tempo para sua criação, além da insegurança jurídica quanto à aplicação de determinadas normas às sociedades empresárias estatais.

Sociedade de economia mista

A sociedade de economia mista atua como pessoa jurídica de direito privado, autorizada por lei, mas constituída por capital público e privado. O aporte de capital público deve ser maior, pois a maioria das ações deve estar sob o controle do poder público. Está sujeita à fiscalização do Tribunal de Contas da União (TCU).

Parceria público-privada (PPP)

As PPP são constituídas para contratos de valores superiores a R\$ 20 milhões com duração entre 5 e 35 anos. Os agentes privados envolvidos nas PPP são remunerados exclusivamente pelo governo ou em uma combinação que envolve parte de tarifas cobradas a usuários dos serviços e também recursos públicos. Nesta modalidade, as empresas executam e operam os projetos no prazo de sua duração, conforme estabelece a Lei nº 11.079/04. A criação de uma PPP demandaria um tempo e planejamento maior, além do interesse do setor privado em atuar sob esse ente legal.

Sociedade de propósito específico (SPE)

A SPE possui personalidade jurídica própria, tendo em vista que atuará sob forma societária já existente, como, por exemplo, uma sociedade anônima. Possui prazo de existência determinado. Ademais, eventuais prejuízos não podem ser compensados com o lucro dos sócios; há solidariedade entre os sócios no limite do capital social do empreendimento.

Sociedade anônima (S.A.)

A S.A. é uma pessoa jurídica de direito privado e será sempre de natureza eminentemente mercantil, qualquer que seja seu objeto, conforme preconiza o artigo 2º, § 1º, da Lei 6.404/76. Na área de interesse de celulose e papel, a constituição de uma S.A. não é recomendada, em face dos custos elevados associados ao processo de abertura de capital, à remuneração do capital dos novos acionistas e à administração de um sistema de informações específico para o controle da propriedade da empresa.

Organização da sociedade civil de interesse público (Oscip)

As Oscip são pessoas jurídicas de direito privado, sem fins lucrativos, cujos objetivos sociais tenham pelo menos uma das finalidades elencadas no artigo 3º da Lei 9.790/99. Demandam qualificação do poder público. Do ponto de vista da criação do CT de pesquisa e inovação, a principal desvantagem é a exigência de comprovação de funcionamento regular há, no mínimo, três anos, nos termos da Lei de Diretrizes Orçamentárias e do novo marco regulatório das Oscip.

Organização social (OS)

Nos termos da Lei Federal nº 9.637/98, o Poder Executivo poderá qualificar pessoas jurídicas de direito privado como organizações sociais, embora parcialmente derogado por normas de direito público, sem fins lucrativos, cujas atividades sociais sejam dirigidas ao ensino, à pesquisa científica, ao desenvolvimento tecnológico, à proteção e preservação do meio ambiente, à cultura e à saúde, atendidos os requisitos previstos nesse mesmo diploma. A OS é o ente jurídico que se recomenda para a criação do CT, pois possui articulação estratégica facilitada junto ao governo para indução e execução de políticas científicas de interesse da indústria nacional, facilitação de recebimento de verbas por meio dos contratos de gestão, imunidades tributárias aplicáveis às suas atividades, funcionários atuando em regime de CLT, entre outros benefícios.

Considerando-se todos os entes verificados, cumpre ressaltar que foram destacados três desses entes para verificação mais detalhada: a SPE, a OS e a Oscip. A SPE, constituída com finalidade lucrativa, pode ser um executor da referida política, pois age em nível de concorrência de mercado e busca do lucro, atuando dentro de cenário mais propício à obtenção de bons resultados inovativos e de produção. A OS atua com apoio dos contratos de gestão e possui as facilidades e benefícios desse tipo de contrato.

Já para a utilização da Oscip, que foi indicada como primeira opção pelo setor privado, deve-se atentar ao fato de que a publicação da Lei nº 13.019/14, mesmo com a vigência adiada para 2015



por medida provisória a ser aprovada pelo Congresso Nacional, ratificou requisitos constantes na Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO) 2014, Lei 12.919/13. Assim, no relacionamento de entes como ONG e Oscip com o setor público (especialmente, em repasses de valores), exige-se, de acordo com o artigo 58 da Lei, que a assinatura dos termos a serem firmados com entidade privada sem fins lucrativos dependerá da justificação pelo órgão concedente de que a entidade complementa de forma adequada os serviços prestados diretamente pelo setor público e ainda que, entre outros requisitos, seja efetuada a “comprovação pela entidade da regularidade do mandato de sua diretoria, inscrição no CNPJ e apresentação de declaração de funcionamento regular nos últimos três anos emitida no exercício de 2014”.

Outros aspectos observados na análise jurídica foram tópicos da legislação e informações referentes à legislação mínima aplicável a biorrefinarias na área de biomassa de celulose e papel, apresentados no Anexo 5²⁵.

Desse modo, considerando-se todos os fatores citados, são apresentadas a seguir sugestões e recomendações finais de arranjos jurídicos para o CT.

1.2. Arranjos jurídicos sugeridos

Sugere-se a atuação do CT por meio da criação de um ente que permita uma maior integração entre o público e o privado. O modelo jurídico mais viável seria uma nova OS independente. A seguir, são apresentadas as características específicas deste ente legal.

1.2.1. Características e requisitos legais de uma OS

Objeto e organização social: as OS demandam qualificação pelo poder público e não podem ter finalidade lucrativa. Podem atuar nas áreas como ensino, saúde, cultura, ciência, tecnologia e meio ambiente. Celebram contrato de gestão com o poder público federal para a formação de parcerias e, no âmbito dos contratos, há dispensa de licitação para a contratação de serviços. Todavia, mesmo sendo entes privados, atuam sob regras de direito público no âmbito do contrato de gestão.

Captação e gestão de recursos: os recursos financeiros são oriundos de contratos ou outros ajustes firmados com instituições públicas ou privadas, nacionais ou internacionais, subvenções transferidas

²⁵ Anexo 5 referente a esta publicação disponível em: <https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/anexo_publicacao_centro_tecnologico_celulose_papel_CGEE.pdf>.

pelo poder público, contribuições dos associados, rendas decorrentes da exploração comercial de suas atividades, rendimentos de ativos e recursos procedentes do seu patrimônio, doações ou outros. Podem captar junto à organismos nacionais ou internacionais. A qualificação como OS ocorre pelo Contrato de Gestão e é ele que determina os repasses de verbas. Há a obrigatoriedade de investimento de seus excedentes financeiros no desenvolvimento das próprias atividades.

Política de inovação: a OS pode atuar no compartilhamento de infraestrutura entre os setores público e privado, prestação de serviços especializados voltados para a inovação em conjunto com instituições públicas e privadas, parcerias para pesquisa científica e tecnológica de desenvolvimento de tecnologia, produtos ou processos. As OS possuem facilidades para contratação e podem atuar na área de inovação com diferentes arranjos. Porém, o fato de não visarem lucro pode limitar a atuação na área de PD&I.

Benefícios tributários: as OS possuem imunidade tributária sobre patrimônio, renda e serviços, de acordo com o artigo 150 da Constituição Federal. Tem também isenção tributária em relação à Contribuição Social sobre o Lucro Líquido, nos termos do artigo 15 da Lei nº 9.532/97. As receitas oriundas de contratos de gestão são isentas. Todavia, não há possibilidade de rateio de lucros. A tributação do Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISS) ocorre para recursos advindos de contratos administrativos e não tem previsão de benefícios fiscais. Já no que se refere à Contribuição para Financiamento da Seguridade Social (Cofins), não há incidência para as receitas próprias das entidades sem fins lucrativos. Ainda, são isentas dos impostos de importação e sobre produtos industrializados e do adicional ao frete para renovação da marinha mercante às importações de máquinas, equipamentos, aparelhos e instrumentos, bem como suas partes e peças de reposição, acessórios, matérias-primas e produtos intermediários, destinados à pesquisa científica e tecnológica, conforme dita o artigo 1º da lei 8.010/90. A referida isenção só ocorre nos casos em que a pesquisa científica e tecnológica esteja atrelada ao objeto e à finalidade social do ente. Todavia, a isenção não é ilimitada.

Política de Propriedade Intelectual (PI): as OS podem partilhar sua propriedade intelectual com instituições públicas e privadas e pessoas físicas, conforme contrato celebrado entre as partes, no qual devem ser regulados os percentuais de ganho econômico (*royalties* ou outras receitas associadas à exploração do bem objeto de compartilhamento). Os trabalhos resultantes do contrato de gestão podem ser de propriedade da OS e os trabalhos resultantes de contratos administrativos em geral são de propriedade do contratante. Um exemplo é a Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii), em que os polos de inovação e empresas podem realizar com liberdade acordos de PI, sendo que o MCTI e o Ministério da Educação (MEC) abriram mão dos direitos nos contratos firmados. No que se refere a acordos e políticas de sigilo em geral, são possíveis diferentes



arranjos relativos a manifestações orais ou escritas, incluindo, sem implicar limitação, *know-how*, técnicas, *designs*, fórmulas, modelos, amostras, fluxogramas, fotografias, plantas, relatórios técnicos, memoriais, manuais de procedimentos, discos, planos de negócios, processos, projetos, conceitos de produto, softwares, informações técnicas, financeiras ou comerciais, entre outros. Considerando-se as possibilidades legais e vantagens de atuação deste ente legal, poderia ser estabelecida uma nova OS para estruturação e funcionamento do CT, conforme esquematizado na Figura 7.

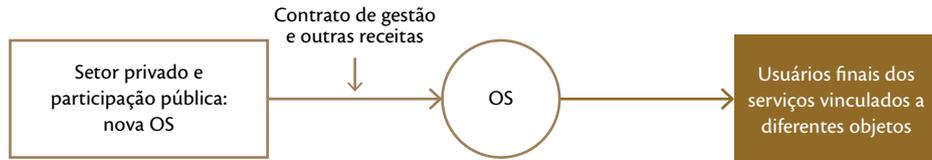


Figura 7 – Proposta de estruturação jurídica para o centro: formato Organização Social (OS)

Fonte: Elaboração própria.

Deste modo, a OS atuaria com articulação estratégica facilitada junto ao governo para indução e execução de políticas científicas de interesse nacional, facilitação de recebimento de verbas por meio dos contratos de gestão, imunidades tributárias aplicáveis às suas atividades, funcionários atuando em regime de CLT, entre outros benefícios. Deve-se atentar, todavia, ao fato de que a OS depende, em essência, dos contratos de gestão e pode estar sujeita a mudanças e alterações no âmbito das políticas que lhe dizem respeito.

1.2.2. Recomendações para o estabelecimento de uma nova OS

A experiência dos centros internacionais de tecnologia em celulose e papel, apresentada no Capítulo 1, e dos centros nacionais de tecnologias afins, Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM) e o Centro de Tecnologia Canaveira (CTC) serviu de base de referência complementar para o estabelecimento de uma OS para o CT.

De um modo generalizado, pode-se verificar que há dois tipos de atividades principais executadas pelos centros internacionais: a) medições e testes em laboratório para atender as demandas mais imediatas da indústria em geral; e b) projetos de maior risco e impacto (pesquisa), os quais, dependendo do grau de risco/potencial e de estratégia, recebem mais ou menos recursos dos respectivos governos. Do ponto de vista legal e de governança, as naturezas desses centros indicam as seguintes características comuns: forte apoio orçamentário ou de financiamento público para atividades de pesquisa com maior risco, vinculado ou não ao alcance de metas específicas; participação concertada entre o poder público e os interesses da indústria, no sentido de caracterizar

tais interesses como “nacionais”; e ações voltadas não apenas para pesquisa, mas para resultados positivos, mensuráveis e concretos de inovação.

O CNPEM é uma associação de direito privado, sem fins lucrativos, credenciada como OS. O CTC atuava como uma Oscip e foi reestruturado em 2011, passando a constituir uma S.A.. Um aspecto positivo enfatizado pelos gestores do CNPEM é a articulação estratégica junto ao MCTI no sentido da indução e execução de políticas científicas de interesse nacional. A transformação do CTC em uma S.A. possibilitou a atração de mais recursos às pesquisas e uma atuação mais forte em termos de inovação. Em contrapartida, o modelo estritamente privado dificulta a aproximação com as políticas públicas. Outras informações sobre os aspectos positivos e negativos do funcionamento e o dia a dia desses centros podem ser verificadas no Anexo 6²⁶.

Já a criação e implantação do CT atuaria com foco em desenvolvimento de inovações, desenvolvimento de pesquisas básicas e de tecnologias proprietárias (patentes) em processos e produtos para as biorrefinarias e outras indicadas pela área técnica, alavancagem de novos negócios em aplicações da biomassa florestal, incentivos a parcerias, avaliações mercadológicas e plantas piloto e demonstrativas, entre outras. Ressalta-se que praticamente todas as atividades elencadas anteriormente possuem características de atuação e foco principalmente do setor privado. Nesse sentido, o modelo de governança e gestão do CT deve contar com a participação efetiva desse setor com vistas ao atendimento das demandas indicadas, focado na busca de resultados concretos de inovação.

Nesse sentido, analisando-se os entes legais verificados como os mais adequados, verifica-se que a criação de uma OS poderia atender aos interesses públicos e privados levantados e indicados pelos relatórios técnicos, desde que a gestão fosse fortemente direcionada para as demandas e necessidades apontadas.

Conforme os passos de criação do CT descritos anteriormente, recomenda-se a consideração dos fatores indicados a seguir:

- a) É relevante que a comissão seja um ator vinculado ao Conselho Executivo da OS, podendo inclusive indicar participantes para compor tal conselho. É sabido que os conselhos determinam linhas de pesquisa, influenciam a forma de gestão e orientam o foco de atuação do ente legal. Como, no caso da OS, o ente não visa lucro e as características descritas para o CT apresentam forte componente privado (e com finalidade de lucro), a aparente contradição entre as características do CT como OS (sem finalidade de lucro) pode ser suplantada com

²⁶ Anexo 6 referente a esta publicação disponível em: <https://www.cgEE.org.br/documents/10195/734063/anexo_publicacao_centro_tecnologico_celulose_papel_CGEE.pdf>.



um conselho que oriente fortemente as ações para atender às necessidades reais da indústria brasileira, apoiando a inovação;

- b) Conforme determina o artigo 30, da Lei 9.637/98, o Conselho de Administração deve estar estruturado nos termos que dispuser o respectivo estatuto, observados, para fins de atendimento dos requisitos de qualificação, os seguintes critérios básicos de composição:
- 20% a 40% de membros natos representantes do poder público, definidos pelo estatuto da entidade;
 - 20% a 30% de membros natos representantes de entidades da sociedade civil, definidos pelo estatuto;
 - Até 10%, no caso de associação civil, de membros eleitos, entre os membros ou associados;
 - 10% a 30% de membros eleitos pelos demais integrantes do conselho, entre pessoas de notória capacidade profissional e reconhecida idoneidade moral;
 - Até 10% de membros indicados ou eleitos na forma estabelecida pelo estatuto.

Como a lei determina que os representantes de entidades previstos nas alíneas "a" e "b", do inciso I, devem corresponder a mais de 50% do conselho, havendo 40% de representação pública (cota máxima), poderia ser reforçada a participação de membros representantes ligados à Comissão Estratégica Nacional e de representantes da Comissão de Biorrefinaria da ABTCP. É importante que estes últimos possam colaborar na manutenção de estratégias de gestão que atendam às demandas da iniciativa privada com relação à pesquisa e busca de resultados positivos para inovação.

Como a OS é um ente que não visa o lucro, o reinvestimento de seus excedentes financeiros poderá ser utilizado no desenvolvimento das próprias atividades, justamente para que o ente não dependa exclusivamente do contrato de gestão. Do ponto de vista da captação e gestão de recursos, o aporte inicial do poder público poderá ocorrer, inclusive para o estabelecimento da estrutura física e laboratorial pelo próprio contrato de gestão o qual qualificará o ente como OS.

Como durante os dois primeiros anos de construção do centro sugeriu-se a atuação de um grupo de análise estratégica, o setor privado poderia colaborar com o referido grupo no delineamento de um plano de negócios e também para fortalecer um sistema de gestão voltado para resultados de políticas de inovação.

Ainda, no que se refere à política de PI, a OS poderá partilhar sua propriedade intelectual com instituições públicas e privadas e pessoas físicas, conforme contrato celebrado entre as partes, no qual devem ser regulados os percentuais de ganhos econômicos (*royalties* ou outras receitas associados à exploração do bem objeto de compartilhamento).

Por fim, como as OS possuem imunidade tributária sobre patrimônio, renda e serviços, têm isenção tributária em relação à Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (Lei nº 9.532/97) e são isentas dos impostos de importação e sobre produtos industrializados, no caso de importações de máquinas, equipamentos, aparelhos e instrumentos destinados à pesquisa científica e tecnológica, estes benefícios poderão ser revertidos em recursos para a construção dos laboratórios de pesquisa científica e tecnológica do CT.

Desse modo, a OS atuará com articulação estratégica facilitada junto ao governo para indução e execução de políticas científicas de interesse da indústria nacional de celulose, facilitação de recebimento de verbas por meio dos contratos de gestão, imunidades tributárias aplicáveis às suas atividades, funcionários atuando em regime de CLT, entre outros benefícios. Deve-se atentar, todavia, ao fato de que as OS tendem a depender em essência dos contratos de gestão e a experiência administrativa do setor privado deve ser considerada para apoiar formas alternativas de auferir receitas e para manutenção do foco do CT em resultados mensuráveis e positivos de inovação.

2. Detalhamento financeiro e orçamentário

O presente detalhamento é ainda preliminar, uma vez que as questões fundamentais para o estudo de viabilidade, como o modelo de negócio adotado pelo centro, ainda não são definitivas.

As projeções aqui apresentadas são aproximações, uma vez que trazem ainda algum grau de incerteza. Nesse sentido, se torna importante o registro do modo como as projeções foram construídas, ressaltando-se as principais premissas e valores considerados. Cabe salientar que não há nenhum custo legal ou regulatório específico de grande relevância para o CT. Os aspectos legais, como as normas para operação de vasos de pressão que deverão ser atendidas (NR-13), já estão incluídos no custo do equipamento.

Inicialmente, é apresentada uma breve visão sobre o ambiente de negócio onde o CT se insere.

2.1. Análise do ambiente de negócio

Para que se possa projetar receitas futuras ou novos investimentos, uma estimativa realista deveria levar em conta os gastos médios com medições e pesquisa das cerca de 400 empresas no setor de celulose e papel no Brasil – a maioria de pequeno porte. Como referência, tem-se também os



valores dessas despesas apresentadas pelo grupo da Universidade de Maine, que presta esse serviço: US\$ 1 milhão anuais.

Se a opção for pelos projetos de alto risco, existe nesse caso um caráter diferente e dependerá da habilidade do CT em atrair as empresas do setor. Em um cenário pessimista, acredita-se que, ao menos, poderiam ser contribuídos pelas empresas, dado que existam projetos relevantes e que haja os devidos incentivos.

O FPIInnovations tem uma taxa cobrada proporcional à produção de celulose ou papel que fica em torno de US\$ 1,5/t, tanto para pesquisas de alto risco quanto para trabalhos de baixo risco (conseguem desconto de 35% na contribuição de imposto).

Assumindo que metade das empresas brasileiras participem, tem-se uma contribuição de cerca de R\$ 30 milhões por ano. Assim, a demanda do setor deve ficar entre R\$ 7,5 milhões e R\$ 30 milhões anuais. A contrapartida com fundos públicos deverá emplacar na faixa entre 50% e 80%. Levando-se em conta os investimentos públicos feitos em institutos similares internacionais, isso significa de R\$ 20 milhões a R\$ 30 milhões anuais.

Cabe destacar que o empreendimento, em sua absoluta maioria, tem seus projetos conduzidos com equipamentos adquiridos que podem fornecer os serviços sem necessidade de aquisição de licenças ou acordos especiais. O desenvolvimento e a comercialização dos produtos ou serviços são conduzidos em laboratórios e plantas pilotos (internas), não havendo grandes diferenças com relação à localização – exceto com respeito à logística. A maioria das empresas do setor está localizada entre Santa Catarina e São Paulo, e as maiores companhias têm laboratórios entre Paraná e São Paulo.

2.2. Análise econômico-financeira

A análise econômico-financeira foi realizada com projeções para o período de oito anos. Em média, são gastos três anos na conclusão de um laboratório e os demais cinco anos na geração de receitas e despesas. Assim, este estudo considerou todo o investimento para a obtenção dos laboratórios e núcleos como acumulado no final do terceiro ano. Dessa forma, o ano inicial para o estudo é aquele que começa a obter entradas e saídas de recursos.

Investimentos e mecanismos de financiamento

As aplicações de recursos em função dos investimentos necessários para a iniciação do projeto são os descritos na seção Orçamento Geral do Capítulo 2, porém aumentando o valor de contingência. Elas somam um investimento fixo total de R\$ 65.478.992,83.

Cabe destacar que foi trabalhada a hipótese de que todo esse investimento seja feito nos dois primeiros anos e que, somente a partir do terceiro ano, é que se consiga obter uma receita operacional. Dessa forma, o Ano 1 do projeto ocorre na verdade dois anos após os investimentos pré-operacionais.

Os investimentos utilizados nas projeções econômicas e financeiras foram baseados nas informações disponibilizadas nos capítulos anteriores. O valor global é de R\$ R\$ 192.073,508,08 e considera os gastos para a criação dos laboratórios e diretorias acrescidos dos valores a serem gastos nos cinco primeiros anos com pessoal e serviços de terceiros.

Sabe-se que a construção e a aquisição de equipamentos para os laboratórios demoram cerca de três anos para ocorrer. Dessa forma, visando facilitar o modelo de avaliação econômica e financeira, considerou-se que esse valor total ocorrerá no Ano Zero, ou seja, como um valor futuro acumulado em três anos. Assim, para os próximos cinco anos, o modelo considera como entradas de recursos aquelas provenientes das receitas de operação com pesquisas, medições, testes e certificações e, como gastos, aqueles referentes a pessoal, serviços e amortizações de empréstimos.

Quanto aos mecanismos de financiamento, são sugeridas três origens de recursos: fundos públicos, contribuições privadas e participações internacionais, nas proporções de 60%, 30% e 10%, respectivamente. As diversas tabelas utilizadas para as projeções financeiras são apresentadas no Anexo 8²⁷.

Estimativas de custos e despesas

Os principais gastos consolidados do projeto (custos e despesas) se resumem em pessoal, serviços de terceiros e amortização de empréstimos. No que se refere a financiamentos, admitiu-se que o setor público vá financiar em quinze anos a custo zero o montante de R\$ 192.073,508,08, consumidos

²⁷ Anexo 8 referente a esta publicação disponível em: <https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/anexo_publicacao_centro_tecnologico_celulose_papel_CGEE.pdf>.



nos cinco primeiros anos, ou seja, haverá unicamente amortização anual do capital financiado. Trata-se de recursos que custearão gastos com investimentos, equipe própria, encargos e despesas administrativas, cabendo ao CT gerar recursos financeiros. O setor privado aportará os recursos complementares tendo como retorno os serviços executados pelo CT. Os gastos com os produtos importados não foram contemplados neste primeiro momento.

Pessoal técnico e administrativo

A Tabela 18 foi gerada a partir da quantidade estimada de pessoas, nos cinco primeiros anos, para a área técnica de cada laboratório, considerando os respectivos salários de técnicos, engenheiros, pesquisadores e administradores.

Tabela 18 – Pessoal e encargos

Descrição	%	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Total (R\$)	% Médio
Equipe própria	-	4.547.028,97	5.366.337,66	6.265.278,72	8.962.101,89	10.139.004,99	35.279.752,24	100,00%
Rota termoquímica	-	513.086,91	667.012,99	803.836,16	1.214.305,68	1.265.614,38	4.463.856,13	12,65%
Desconstrução da Biomassa	-	733.666,33	953.766,23	1.149.410,59	1.736.343,66	1.809.710,29	6.382.897,11	18,09%
Central analítica	-	594.605,39	772.987,01	931.548,45	1.407.232,77	1.466.693,31	5.173.066,93	14,66%
Laboratório de derivatização	-	959.040,96	1.246.753,25	1.502.497,50	2.269.730,27	3.205.434,57	9.183.456,55	26,03%
Planta piloto	-	340.459,54	442.597,40	533.386,61	805.754,24	839.800,20	2.961.998,00	8,40%
Grupo estratégia	-	230.169,83	299.220,78	360.599,40	544.735,27	567.752,25	2.002.477,53	5,68%
Conselho	-	360.000,00	360.000,00	360.000,00	360.000,00	360.000,00	1.800.000,00	5,10%
Diretoria	-	240.000,00	240.000,00	240.000,00	240.000,00	240.000,00	1.200.000,00	3,40%
Jurídico	-	96.000,00	96.000,00	96.000,00	96.000,00	96.000,00	480.000,00	1,36%
Marketing	-	96.000,00	96.000,00	96.000,00	96.000,00	96.000,00	480.000,00	1,36%
TI	-	96.000,00	96.000,00	96.000,00	96.000,00	96.000,00	480.000,00	1,36%
Contabilidade	-	96.000,00	96.000,00	96.000,00	96.000,00	96.000,00	480.000,00	1,36%
RH	-	96.000,00	96.000,00	96.000,00	96.000,00	96.000,00	480.000,00	1,36%
Suporte	-	96.000,00	96.000,00	96.000,00	96.000,00	96.000,00	480.000,00	1,36%
Encargos sociais:								
80% do Σ da Equipe própria	80%	3.637.623,18	4.293.070,13	5.012.222,98	7.169.681,51	8.111.204,00	28.223.801,79	80%
Total = Equipe própria + Encargos sociais	-	8.184.652,15	9.659.407,79	11.277.501,70	16.131.783,40	18.250.208,99	63.503.554,03	-

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 19 – Custos de mão de obra

Profissional	Custo anual					Custo total
	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	
Técnico	101.818,18	101.818,18	101.818,18	101.818,18	101.818,18	509.090,91
Engenheiro	174.545,45	174.545,45	174.545,45	174.545,45	174.545,45	872.727,27
Pesquisador	261.818,18	261.818,18	261.818,18	261.818,18	261.818,18	R\$ 1.309.090,91
Taxa de crescimento anual	0	0	0	0	0	0
Técnico	0	0	0	0	0	0
Engenheiro	0	0	0	0	0	0
Pesquisador	0	0	0	0	0	0

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 20 – Serviços de Terceiros (Valores em R\$)

Prestadores de serviços	%	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Total
10%a.a. sobre o faturamento (R\$30.000.000,00)	10%	3.000.000,00	3.000.000,00	3.000.000,00	3.000.000,00	3.000.000,00	15.000.000,00
Tributação sobre prestadores de serviços	17%	510.000,00	510.000,00	510.000,00	510.000,00	510.000,00	2.550.000,00
Total serviços de terceiros	10%	3.510.000,00	3.510.000,00	3.510.000,00	3.510.000,00	3.510.000,00	R\$ 17.550.000,00

Fonte: Elaboração própria.



Despesas administrativas

As despesas administrativas consideradas estão na Tabela 21.

Tabela 21 – Despesas administrativas/projeto de CT em biorrefinaria / C&P:
(valores em reais)

Despesas administrativas	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Total
Manutenção & conservação	840.000,00	840.000,00	840.000,00	840.000,00	840.000,00	4.200.000,00
Seguros	840.000,00	840.000,00	840.000,00	840.000,00	840.000,00	4.200.000,00
Água, luz e telefone	840.000,00	840.000,00	840.000,00	840.000,00	840.000,00	4.200.000,00
Aluguéis, condomínios e IPTU	3.300.000,00	3.300.000,00	3.300.000,00	3.300.000,00	3.300.000,00	16.500.000,00
Marketing e publicidade	840.000,00	840.000,00	840.000,00	840.000,00	840.000,00	4.200.000,00
Internet	840.000,00	840.000,00	840.000,00	840.000,00	840.000,00	4.200.000,00
Material de escritório	1.980.000,00	1.980.000,00	1.980.000,00	1.980.000,00	1.980.000,00	9.900.000,00
Treinamentos e viagens	840.000,00	840.000,00	840.000,00	840.000,00	840.000,00	4.200.000,00
Pessoal - administrativo	840.000,00	840.000,00	840.000,00	840.000,00	840.000,00	4.200.000,00
Segurança	840.000,00	840.000,00	840.000,00	840.000,00	840.000,00	4.200.000,00
Outros	1.200.000,00	1.200.000,00	1.200.000,00	1.200.000,00	1.200.000,00	6.000.000,00
Total	13.200.000,00	13.200.000,00	13.200.000,00	13.200.000,00	13.200.000,00	R\$ 66.000.000,00

Fonte: Dados estimados pela Consultoria Financeira.

Projeções de receitas e fluxo de caixa

O montante de R\$ 30 milhões corresponde às receitas e entradas de recursos estimados anualmente (Tabela 22). Eles foram calculados usando percentuais citados anteriormente e são detalhados a seguir:

- Programa de pesquisa radical (pesquisa básica/fundamental): 25% = R\$ 7,5 milhões;
- Projetos de melhoria incremental de alto risco (pesquisa aplicada alto risco em consórcio): 20% = R\$ 6 milhões;
- Pesquisa aplicada de médio risco em consórcio: 20% = R\$ 6 milhões;
- Medições e testes específicos: 25% = R\$ 7,5 milhões;
- Pesquisa contratada: 10% = R\$ 3 milhões.

Tabela 22 – Projeção de fluxo de caixa

Projeção do fluxo de caixa (Valores em R\$)	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Total	
Entradas	60.000.000	30.000.000	30.000.000	30.000.000	30.000.000	30.000.000	210.000.000
Venda de produtos e serviços	-	30.000.000	30.000.000	30.000.000	30.000.000	30.000.000	150.000.000
Empréstimos	60.000.000	-	-	-	-	-	60.000.000
Capital próprio investido na empresa	-	-	-	-	-	-	-
Receitas diversas	-	-	-	-	-	-	-
Saídas	-65.478.993	-27.294.652	-28.769.408	-30.387.502	-35.241.783	-37.360.209	-224.532.547
Demais despesas	-	-24.894.652	-26.369.408	-27.987.502	-32.841.783	-34.960.209	-147.053.554
Equipe (com encargos)	-	-8.184.652	-9.659.408	-11.277.502	-16.131.783	-18.250.209	-63.503.554
Prestadores de serviço	-	-3.510.000	-3.510.000	-3.510.000	-3.510.000	-3.510.000	-17.550.000
Comissões e taxas	-	-	-	-	-	-	-
Despesas administrativas	-	-13.200.000	-13.200.000	-13.200.000	-13.200.000	-13.200.000	-66.000.000
Investimentos	-65.478.993	-	-	-	-	-	-65.478.993
Despesas tributárias	-	-	-	-	-	-	-
Impostos a pagar	-	-	-	-	-	-	-
Provisão para imposto de renda	-	-	-	-	-	-	-
Despesas financeiras	-	-2.400.000	-2.400.000	-2.400.000	-2.400.000	-2.400.000	-12.000.000
Juros de empréstimos	-	-	-	-	-	-	-
Amortização de empréstimos	-	-2.400.000	-2.400.000	-2.400.000	-2.400.000	-2.400.000	-12.000.000
Fluxo do período	-5.478.993	2.705.348	1.230.592	-387.502	-5.241.783	-7.360.209	-14.532.547
Saldo	-5.478.993	-2.773.645	-1.543.053	-1.930.554	-7.172.338	-14.532.547	-14.532.547

Fonte: Elaboração própria.



Receitas e rentabilidade

As receitas ou entradas de recursos foram admitidas em função dos gastos anuais para zerar possíveis sobras de caixa. Assim, não cabe ao projeto o cálculo de rentabilidade do mesmo. Desta forma, verifica-se que o projeto deverá gerar caixa positivo a partir do primeiro ano no montante de R\$ 30 milhões, porém a concepção do CT se caracteriza por ter sua viabilidade em diferentes dimensões:

- a) Financeiros – por meio da economia de divisas;
- b) Sociais – por meio da geração de empregos;
- c) Tecnológicos – por meio dos conhecimentos disseminados e atendimento às necessidades prementes do setor;
- d) Geração de patrimônio (bens tangíveis e intangíveis) incalculável para o desenvolvimento nacional.

3. Análise de riscos e fragilidades do projeto

Conforme apresentado anteriormente, existe no Brasil uma significativa demanda reprimida por conhecimentos e aplicações práticas no segmento de biorrefinarias para o setor de celulose e papel. Embora as tecnologias de produção de celulose e papel praticamente sejam dominadas por empresas estrangeiras, as tecnologias de biorrefinaria ainda estão em um estágio anterior, havendo a possibilidade de desenvolvimento e apropriação da tecnologia no País. A internalização de conhecimentos tecnológicos, por meio da implantação de um centro de tecnologia, poderá desenvolver e potencializar diversos novos negócios em temas nessa área tão promissora.

Uma vez demonstrada e reconhecida a relevância do CT, os possíveis riscos e fragilidades envolvidos devem ser analisados para implementação do projeto aqui descrito.

Em termos econômico-financeiros, o estudo preliminar verificou que o projeto deverá gerar caixa positivo a partir do primeiro ano no montante de R\$ 30 milhões. No entanto, os números que suportam esta conclusão, especialmente os relacionados à entrada de receitas, precisam ainda ser melhor apurados.

Os possíveis riscos ao projeto são os seguintes: operacionais ou de cronograma, disponibilidade de recursos humanos, estabilidade da tecnologia e orçamentários. Como não há ainda um plano operacional ou cronograma estabelecido para execução das diversas ações necessárias à implantação do CT, algumas questões importantes não foram previstas. É necessário prever, por

exemplo, a equipe que estará à frente da coordenação do processo de implantação, a necessidade de contratação de consultoria internacional e de treinamento para os pesquisadores e técnicos, além de outras contratações e aquisições. Ainda sob o ponto de vista da coordenação dos esforços de implantação, é recomendável o planejamento do modelo de governança do projeto. Além da equipe do CT, há uma série de outros atores que também estarão diretamente envolvidos, como os agentes financeiros, possíveis consultores, fornecedores de bens e serviços e governo. Trata-se de um projeto interorganizacional, de significativo porte e complexidade, que precisa ser gerenciado por meio de mecanismos de governança preestabelecidos e de técnicas de gestão de projetos.

Como visto, o CT necessitará de um grande número de pesquisadores (35), além de outros especialistas técnicos (56). A captação desses recursos no Brasil, com concentração em uma determinada localidade, mesmo que em São Paulo, pode ser uma dificuldade. Uma possibilidade alternativa é que o CT seja dividido em áreas que possam ser implementadas em mais de um local.

Em termos de riscos tecnológicos, a preocupação é com a estabilidade da tecnologia com relação às rotas para o processo de desconstrução da biomassa. Embora as rotas e linhas de pesquisa estejam bem fundamentadas, trata-se de uma tecnologia em desenvolvimento, onde mudanças tecnológicas e inovações em produtos e processos podem ocorrer, influenciando o interesse pelo prosseguimento de alguns estudos.

Para o orçamento geral do projeto, alguns custos foram apenas estimados, incluindo o maior deles: o da implantação da infraestrutura laboratorial. Portanto, é necessária a realização de processos orçamentários e negociais formais para uma maior clareza dos valores envolvidos.

Além dos riscos citados, outra questão importante se refere ao modelo jurídico e de sustentabilidade a ser adotado pelo CT. A definição do modelo é importante porque define como os recursos serão transferidos para o instituto. Assim, a sugestão apresentada, atuação via uma nova OS, precisa ainda ser melhor analisada para que se faça uma opção concreta do modelo a ser utilizado pelo CT. A partir desta definição, a análise de viabilidade financeira também deverá ser revista, uma vez que é influenciada em termos das tributações incidentes e na forma da captação de recursos, sendo que outras importantes fontes de receita podem ser incluídas de forma a garantir a sustentabilidade do CT.



Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. **Evolução da produtividade das florestas plantadas do setor**. São Paulo: Bracelpa, 2014. Disponível em: <<http://bracelpa.org.br/braz/sites/default/files/estatisticas/booklet.pdf>>.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico ABRAF 2013**. Brasília/DF: 2013.
- AZEVEDO, E. de A. **Organizações sociais**. Disponível em: <<http://www.pge.sp.gov.br/centrodeestudos/revistaspge/revistas/5rev6.htm>>. Acesso em: 11 set. 2014.
- BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL - BNDES. **Potencial de diversificação da indústria química brasileira: Relatório 3 – Oleoquímicos**. Rio de Janeiro: BNDES/FEP, 2014.
- BASU, P. **Biomass gasification, pyrolysis and torrefaction**. Londres: Academic Press, 2013.
- BERNI, M.D.; BAJAY, S.V.; GORLA, F.D. **Oportunidades de eficiência energética para a indústria**. Relatório setorial: setor papel e celulose. Brasília/DF: CNI e Procel Indústria / Eletrobras, 2010.
- BOZELL, J. et al. **Top value-added chemicals from biomass: volume II – results of screening for potential candidates from biorefinery lignin**. Springfield: U.S. National Technical Information Service, 2007.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA JUSTIÇA. **Guia Prático para Entidades Sociais**. Disponível em: <<http://portal.mj.gov.br/services/DocumentManagement/FileDownload.EZTSvc.asp?DocumentID=%7B2AB46E95-61DA-46B9-96F6-86D99FAEA6B0%7D&ServiceInstUID=%7B59D015FA-30D3-48EE-B124-02A314CB7999%7D>>. Acesso em: 10 out. 2014.
- CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. **Eficiência Energética: recomendações de ações de CT&I em segmentos da indústria selecionados – Celulose e Papel**. Brasília: CGEE, 2013. Disponível em: <<http://www.cgee.org.br/atividades/redirect/8625>>.
- _____. **Programa demonstrativo para inovação em cadeia produtiva selecionada: energia eólica**. Brasília: 2015. 248p.
- CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA. **Grupo de controle**. Disponível em: <<http://www.ctcanavieira.com.br/grupodecontrole.html>>. Acesso em: 24 de ago. de 2014.
- CENTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENERGIA E MATERIAIS. **Plano Diretor do CNPEM para o período 2013–2016**. Disponível em: <<http://www.cnpem.br/wp-content/uploads/2011/07/Plano-Diretor-2013-2016.pdf>>.

- CHORNET, E. Thermochemical Strategies for Biofuels, Green Chemicals, Polymeric Biomaterials and Biofuels. In: BROWNE, T. **Biorefinery implementation: a view from the Nafta zone**. Estocolmo: Innvetia, 2014.
- COVEY, G.; FABER, G; HARVEY, R. Small biorefineries. In: APPITA ANNUAL CONFERENCE, 66., Melbourne: 2013. **Trabalho apresentado...** Melbourne: Appita, 2013. p. 279-284.
- DI PIETRO, M.S.Z. **Direito administrativo**. 27.ed. São Paulo: Ed. Atlas, 2014. p. 564-583.
- DOS SANTOS, M.G. **Refino da terebintina sulfatada desodorizada por destilação e sua utilização na síntese de -terpineol**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2005. 119p.
- GOSELINK, R. **Lignin as a renewable aromatic resource for the chemical industry**. Holanda: Wageningen University, 2011. Disponível em: <<https://www.wageningenur.nl>>.
- GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL. **Parque Tecnológico Capital Digital**. Disponível em: <<http://www.anuariododf.com.br/economia/tecnologia>>.
- HARTMAN, J.; ALBERTSSON, A.C.; SJÖBERG, J. Oxygen barrier materials from renewable sources: material properties of softwood hemicellulose-based films. **Journal of Applied Polymer Science**, p. 2985–2991. 2006.
- HYTÖNEN, E. **Hydroxy acids separation from black liquor**. Estocolmo: Innvetia, 2014.
- ICIS. **Price and market trends: US oleic and tall oil fatty acids vie to meet rising C18 demand**. Disponível em: <<http://www.icis.com/resources/news/2012/11/29/9619718/price-and-market-trends-us-oleic-and-tall-oil-fatty-acids-vie-to-meet-rising-c18-demand>>.
- LIN, B. **The Basics of foul condensate stripping**. Canada: Tappi, 2008. p. 137-146.
- NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY - NREL. **About NREL**. Disponível em: <<http://www.nrel.gov/about>>.
- NESTE OIL. **News & Midia**. Disponível em: <<http://www.nesteoil.com/default.asp?path=1;41;540;1259;1260;20492;20993>>.
- NIEMELÄ, A. Characterization of pulping liquors. In: SJÖSTRÖM, E.; ALÉN, R. (eds.) **Analytical methods in wood chemistry, pulping and papermaking**. Springer Berlin Heidelberg, 1999. P. 193-231. (Springer Series in Wood Science).
- PRAKASH, C.B. **A Critical review of biodiesel as a transportation fuel in Canada**. Ottawa: Global Change Strategies International Inc., 1998.



- PRANDEY, M.; KIM, C. **Lignin depolymerization and conversion**: a review of thermochemical methods. 2011.
- RANBY, B.G.; RIBI, E. Ultrastructure of cellulose: *Experientia*. v.6, n. 1, p.12-4. Jan.1950.
- SIQUEIRA, G.; BRAS, J.; DUFRESNE, A. Cellulosic bionanocomposites: a review of preparation, properties and applications. *Polymers*: 2010. p. 728-765. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2073-4360/2/4/728>>.
- STUART, P. **Identifying the Canadian forest biorefinery**. Montreal: PAPTAC Annual Meeting. 2006.
- SUNPINE. **A brand new renewable engine fuel from the forest**. Disponível em: <http://www.chemrec.se/SunPine_producing_tall_oil_diesel.aspx>. Acesso em: 10 jul. 2014.
- VAN HEININGEN, A. **Converting a kraft pulp mill into an integrated forest products biorefinery**. Pulp & Paper, Canada, p. 141-146, 2006.
- VILLARROEL, R. **Energia da celulose, desafios e oportunidades**. Grau Celsius Website, 2011. Disponível em: <http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Energia_da_Celulose%20-Villarroel.pdf>.
- WERPY, Todd. et al. **Top value added chemicals from biomass**: volume 1 - results of screening for potential candidates from sugars and synthesis gas. Washington DC: Department of Energy, 2004.

Legislação Consultada

Sobre Fundação Pública

- BRASIL. **Constituição Federal**. art. 37. Normas gerais as quais a Administração Pública deve pautar-se.
- _____. **Decreto-Lei nº 200, de 25 de fevereiro de 1967**. Normas gerais que dispõem sobre a organização da Administração Federal. Brasília: 1967.
- _____. **Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993**. Normas gerais para licitação e contratação de fundação pública.
- _____. **Portaria Interministerial nº 507, de 24 de novembro de 2011**. Normas gerais de regulação da transferência de recursos financeiros oriundos do Orçamento Fiscal e da Seguridade Social da União: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão.

Sobre Empresa Pública

BRASIL. **Constituição Federal. art. 37.** Normas gerais as quais a Administração Pública deve pautar-se.

_____. **Decreto nº 3.735, de 24 de janeiro de 2001.** Normas gerais que estabelecem as diretrizes aplicáveis às empresas estatais federais.

_____. **Decreto-Lei nº 200, de 25 de fevereiro de 1967.** Normas gerais que dispõem sobre a organização da Administração Federal.

_____. **Instrução Normativa nº 1, de 15 de janeiro de 1997.** Normas gerais que dispõem sobre a celebração de convênios de natureza financeira/regulação da transferência de recursos financeiros públicos.

_____. **Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993.** Normas gerais para licitação e contratação de empresa pública.

Sobre Sociedade de Economia Mista

BRASIL. **Constituição Federal. art. 37.** Normas gerais as quais a Administração Pública deve pautar-se.

_____. **Decreto-Lei.** Normas gerais que dispõem sobre a organização da Administração Federal:

_____. **Instrução Normativa nº 1, de 15 de janeiro de 1997.** Normas gerais que dispõem sobre a celebração de convênios de natureza financeira/regulação da transferência de recursos financeiros públicos.

_____. **Lei nº 6.404, de 15 de dezembro de 1976.** Normas gerais relativas à constituição, controle, objeto, das Sociedades de Economia Mista:

_____. **Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993.** Normas gerais para licitação e contratação de sociedade de economia mista.

Sobre Organização Social

BRASIL. **Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993.** Normas gerais para licitação e contratação de Organização Social



- _____. **Lei nº 9.637, de 15 de maio de 1998.** Normas gerais sobre a qualificação de entidades como organizações sociais e regulação da transferência de recursos financeiros públicos por meio dos contratos de gestão:
- _____. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCT&I. **Portaria nº 967, de 21 de dezembro de 2011.** Disciplina as atividades de promoção, acompanhamento, avaliação e fiscalização dos contratos de gestão celebrados com organizações sociais e dá outras providências.
- _____. _____. **Portaria no 777, de 31 de outubro de 2012.** Altera a Portaria MCTI nº 967, de 21 de dezembro de 2011, que disciplina as atividades de promoção, acompanhamento, avaliação e fiscalização dos contratos de gestão celebrados com organizações sociais.

Sobre Parceria Público-Privada

- BRASIL. **Decreto Federal nº 5.977, de 01 de dezembro de 2006.** Apresentação de projetos, estudos, levantamentos ou investigações, a serem utilizados em modelagens de parcerias público-privadas no âmbito da administração pública federal.
- _____. **Lei nº 11.079, de 30 de dezembro de 2004.** Normas gerais para licitação e contratação de parceria público-privada no âmbito da administração pública.
- _____. **Portaria nº 614 STN, de 21 de agosto de 2006.** Normas gerais relativas à consolidação das contas públicas aplicáveis aos contratos de PPP.

No Estado de SP

- SÃO PAULO. **Decreto nº 48.867, de 10 de agosto de 2004.** Regulamenta o Programa de Parcerias Público-Privadas.
- _____. **Decreto nº 50.826, de 25 de maio de 2006.** Medidas relativas à alienação dos imóveis mencionados na Lei nº 11.688.
- _____. **Decreto nº 57.289, de 30 de agosto de 2011.** Detalha o procedimento de apresentação, análise e aproveitamento de propostas, estudos e projetos encaminhados pela iniciativa privada.
- _____. **Lei nº 11.688, de 19 de maio de 2004.** Programa de Parcerias Público-Privadas.

Sobre Sociedade de Propósito Específico

BRASIL. **Decreto nº 7.603, de 9 de novembro de 2011**. Regulamenta as condições para aprovação dos projetos de investimento considerados como prioritários na área de infraestrutura ou de produção econômica intensiva em pesquisa, desenvolvimento e inovação e dispõe que eles devem ser geridos e implementados por sociedade de propósito específico.

_____. **Lei n. 8.987/93**. Normas sobre os contratos de concessão e permissão da prestação de serviços públicos:

_____. **Lei nº 11.079 de 30 de dezembro de 2004**. Normas gerais para licitação e contratação de sociedade de propósito específico no âmbito da administração pública.

Sobre Sociedade Anônima

BRASIL. **Lei no 6.404, de 15 de dezembro de 1976** e alterações. Normas gerais relativas à constituição, controle, objeto, das Sociedades Anônimas.

Sobre Oscip

BRASIL. **Lei nº 9.790/09**. Dispõe sobre a qualificação de pessoas jurídicas de direito privado, sem fins lucrativos, como Organizações da Sociedade Civil de Interesse Público, institui e disciplina o Termo de Parceria, e dá outras providências.

_____. **Lei nº 13.019/14**. Estabelece o regime jurídico das parcerias voluntárias, envolvendo ou não transferências de recursos financeiros, entre a administração pública e as organizações da sociedade civil, em regime de mútua cooperação, para a consecução de finalidades de interesse público; define diretrizes para a política de fomento e de colaboração com organizações da sociedade civil.

_____. **Medida Provisória nº 658, de 29 de julho de 2014**. Altera a Lei no 13.019, de 31 de julho de 2014, que estabelece o regime jurídico das parcerias voluntárias, envolvendo ou não transferências de recursos financeiros, entre a administração pública e as organizações da sociedade civil, em regime de mútua cooperação, para a consecução de finalidades de interesse público; altera as Leis nos 8.429, de 2 de junho de 1992, e 9.790, de 23 de março de 1999.

_____. **Medida Provisória nº 658, de 30 de outubro de 2014**.

_____. **Portaria MJ nº 06/2012**.



Lista de figuras

Figura 1	– Plano estratégico do desenvolvimento de biorrefinarias integradas ao setor de celulose e papel	30
Figura 2	– Processo kraft viz. biomassa e combustível fóssil, além de químicos de reposição	49
Figura 3	– Organograma esquemático do CT apresentando os distintos laboratórios	52
Figura 4	– Principais conversões termoquímicas da lignina e seus produtos principais	63
Figura 5	– Separação fracionada dos componentes do licor negro	64
Figura 6	– Micrografias eletrônicas à transmissão (MET) de suspensões diluídas de nanocristais de celulose. Extraídos de (a) tunicate, (b) ramie, (c) algodão, (d) beterraba, (e) celulose microcristalina e (f) celulose bacteriana	74
Figura 7	– Proposta de estruturação jurídica para o centro: formato Organização Social (OS)	95

Lista de gráficos

Gráfico 1	–	Agregação de valor de biomassa à produção de celulose e de papel (assumindo rendimento de 50% e 750 US\$/t para a produção de celulose e papel, com 19% de carga e preço de 900 US\$/t)	13
Gráfico 2	–	Comparação de Produtividade de folhosas e coníferas no Brasil e em países selecionados	14
Gráfico 3	–	Custo caixa CIF Europa (US\$/ton)	15
Gráfico 4	–	Evolução do diferencial de custo de produção de celulose branqueada de eucalipto	15
Gráfico 5	–	Taxa de crescimento do setor de celulose e papel no Brasil	16
Gráfico 6	–	Distribuição estimada dos serviços oferecidos pelo instituto	46
Gráfico 7	–	Componentes presentes no licor negro de coníferas (<i>softwood</i>) e folhosas (<i>hardwood</i>)	49
Gráfico 8	–	Estimativa de número de funcionários por tipo de atividade no CT	54
Gráfico 9	–	Mapeamento de preço e tamanho de mercado de alguns produtos de fonte renovável	58
Gráfico 10	–	Relação entre o preço do ácido graxo a partir do tall oil e o preço do ácido oleico	59
Gráfico 11	–	Histórico da importação de óleos graxos	60
Gráfico 12	–	Mercado atual e potencial de aplicação de lignina	61
Gráfico 13	–	Hidroxiácidos presentes no licor negro	65
Gráfico 14	–	Agregação de valor de biomassa para queima em substituição a combustíveis fósseis	68
Gráfico 15	–	Mercado global de celulose regenerada e sua contribuição no mercado têxtil (toneladas/2011)	77
Gráfico 16	–	Previsão de orçamento nos primeiros anos de funcionamento do centro	85



Lista de tabelas

Tabela 1	– Comparativo entre institutos de pesquisas internacionais	40
Tabela 2	– Custo de diferentes fontes de energia	45
Tabela 3	– Componentes presentes no licor negro de folhosas (<i>hardwood</i>)	50
Tabela 4	– Componentes presentes no licor negro de coníferas (<i>softwood</i>)	50
Tabela 5	– Estimava de número de profissionais por área de trabalho e linha de pesquisa	53
Tabela 6	– Lista com os equipamentos e preços selecionados para laboratório de desconstrução da biomassa	56
Tabela 7	– Produtividades de diferentes culturas	56
Tabela 8	– Tecnologias de conversão de longo prazo	62
Tabela 9	– Lista com os equipamentos e preços selecionados para laboratório de extração de componentes do LN	66
Tabela 10	– Lista com os equipamentos e preços selecionados para laboratório da rota termoquímica	71
Tabela 11	– Propriedades mecânicas de nanofibrilas celulósicas e de outros materiais	73
Tabela 12	– Lista com os equipamentos e preços selecionados para a linha de pesquisa de nanocelulose e nanocristais	75
Tabela 13	– Lista com os equipamentos e preços selecionados para o laboratório de aplicação	78
Tabela 14	– Equipamentos sugeridos para a caracterização da biomassa	80
Tabela 15	– Lista com os equipamentos e preços selecionados para a central analítica	81
Tabela 16	– Lista dos equipamentos sugeridos para a planta piloto	82
Tabela 17	– Custo total do investimento proposto baseado nas linhas de pesquisas e laboratórios apresentados	85
Tabela 18	– Pessoal e encargos	101
Tabela 19	– Custos de mão de obra	102
Tabela 20	– Serviços de Terceiros (Valores em R\$)	102
Tabela 21	– Despesas administrativas/projeto de CT em biorrefinaria / C&P: (valores em reais)	103
Tabela 22	– Projeção de fluxo de caixa	104



O CGEE, consciente das questões ambientais e sociais, utiliza papéis com certificação (Forest Stewardship Council®) na impressão deste material. A certificação FSC® garante que a matéria-prima é proveniente de florestas manejadas de forma ecologicamente correta, socialmente justa e economicamente viável, e outras fontes controladas. Impresso na Gráfica Coronário - Certificada na Cadeia de Custódia - FSC



Acesse www.cgee.org.br e
siga-nos no Twitter @CGEE_oficial



ISBN 978-85-5569-121-8 (impresso)
ISBN 978-85-5569-122-5 (eletrônico)



Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Ciência, Tecnologia e Inovação



Associação Brasileira Técnica de Cultura e Popul



Organização
das Nações Unidas
para a Educação,
a Ciência e a Cultura

Representação
no Brasil

MINISTÉRIO DA
**CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES**

