

# Inovação e a emergência do setor de celulose e papel brasileiro

Autores\*: Hannes Toivanen, Ph.D.  
Maria Barbosa Lima-Toivanen, Ph.D.

**Palavras chave:** Brasil, eucalipto, inovação, indústria de papel e celulose

## RESUMO

Uma onda de continuada inovação tem sido a principal impulsora da indústria de papel e celulose brasileira e o componente-chave no atual sucesso do setor. Com muita frequência, os observadores casuais citam a disponibilidade de matérias-primas e o baixo custo de mão de obra como indutores das indústrias nas economias emergentes. A indústria de papel e celulose brasileira se constitui em exemplo vigoroso da importância dos esforços no longo prazo para a consolidação de vantagens competitivas com base no conhecimento tecnológico. O equilíbrio correto de coordenação e competição estimulou o sistema de inovação por demanda, permitiu que empresas brasileiras integrassem de modo eficiente as redes de aprendizagem global e alimentou a cultura empreendedora que, finalmente, alavancou mudanças na indústria. Os subsequentes expansão e sucesso da indústria de papel e celulose brasileira podem ser creditados, em grande parte, ao sistema de inovação setorial e a sua dupla estratégia, que estabeleceu uma clara divisão de trabalho entre inovação fundamental e transferência de conhecimento. Tanto empresas privadas como o sistema público de inovação setorial focaram a pesquisa de ponta no Brasil, o desenvolvimento, e esforços de inovação para a melhoria do eucalipto - a fonte básica da superior vantagem competitiva da indústria de celulose e papel do Brasil - e em outras áreas de ciências e tecnologia criaram mecanismos eficientes para a transferência das melhores soluções científicas e tecnológicas do exterior para o Brasil.

## INTRODUÇÃO

Durante as últimas décadas, a indústria de papel e celulose brasileira expandiu-se rapidamente e se posiciona atualmente como um dos principais centros de produção e tecnologia do mundo, e também se destaca como um sucesso excepcional brasileiro ao lado da Embraer e dos biocombus-

tíveis. Apesar das condições naturais favoráveis e da mão de obra de baixo custo terem contribuído para o crescimento da indústria, sua vantagem competitiva internacional foi criada pelo notável e contínuo esforço em inovações tecnológicas e científicas. A introdução de espécies de árvores não nativas para produção de madeira para celulose, especialmente o eucalipto, sua subsequente melhora mediante silvicultura e biotecnologia, assim como o desenvolvimento de novos processos químicos de obtenção de celulose, foram as realizações tecnológicas e científicas mais importantes a projetar o Brasil como líder mundial em qualidade e preço em produção de celulose de fibra curta.

## COMEÇO DO EUCALIPTO NO BRASIL, 1900-1955

A fundação do sistema de inovação setorial da indústria de produtos florestais brasileira foi criado no final do século XIX, quando as ferrovias introduziram o eucalipto no país. Árvore folhosa (madeira dura) de rápido crescimento, o eucalipto se firma como base de matéria-prima e fundamento da indústria de papel e celulose brasileira de hoje. Não indígena da natureza brasileira, o desenvolvimento do eucalipto como matéria-prima de base para a indústria de papel não se deu como uma réplica mecânica de processos de produção existentes, mas através de um longo processo interativo de aprendizagem que envolveu seleção e adaptação de espécies de eucalipto no ambiente biológico brasileiro e inovação em tecnologias de polpação de madeira de folhosas.

O eucalipto foi introduzido no Brasil em 1864 e as primeiras plantações produziram dormentes para ferrovias e carvão para locomotivas. O trabalho científico sistemático para descobrir a espécie de eucalipto mais adequada ao ambiente biológico brasileiro e sua exploração industrial começou no início da década de 1900 com Edmundo Navarro de Andrade, conhecido no Brasil como o “pai do

### \* Referências dos autores:

VTT – Centro de Pesquisa Técnica da Finlândia – P.O. Box 1000 – 02044 VTT – Finlândia. E-mails: Hannes.Toivanen@vtt.fi - Maria.LimaToivanen@vtt.fi  
VTT - Technical Research Center of Finland - P.O.Box 1000, 02044 VTT, Finland E-mails: Hannes.Toivanen@vtt.fi - Maria.LimaToivanen@vtt.fi

eucalipto". Educado na Europa, ele deu partida ao trabalho experimental para identificação das melhores espécies de eucalipto para plantação industrial em grande escala e adequadas à produção de variados produtos de madeira.

No Brasil do início do século XX, papel e celulose eram irrelevantes para o eucalipto devido à falta de tecnologia correta para celulose. O padrão global vigente, a celulose sulfito, permitia a utilização da madeira mole (coníferas) e de fibra longa do abeto nórdico, que produzia papel da melhor qualidade. As soluções tecnológicas para fazer papel a partir do eucalipto, sem mencionar o modo lucrativo, eram desconhecidas.

Embora Navarro de Andrade tivesse sugerido o desenvolvimento de processos de celulose de eucalipto na esperança de desenvolver uma nascente indústria de papel e celulose brasileira, o sonho levou décadas para se realizar. A celulose de eucalipto como produto industrial permaneceu como uma curiosidade e objeto de pesquisa até a Segunda Guerra Mundial, quando a escassez de matéria-prima e a dependência da importação de celulose motivaram o governo brasileiro a introduzir incentivos para pesquisas em novas fontes de fibra.

#### **APRENDENDO A FAZER CELULOSE E PAPEL A PARTIR DO EUCALIPTO – 1955-1970**

Entre 1955 e 1970, o sistema de inovação setorial da indústria de produtos florestais brasileiros foi significativamente expandido e aumentado. O governo criou instituições de transferência e criação de conhecimento, tais como institutos de pesquisa e universidades. Também expandiu diretrizes de inovação e criou novos instrumentos políticos, que focavam a implementação de novos conhecimentos e tecnologias. Esses novos instrumentos incluíam iniciativas florestais de âmbito estadual e federal, subsídios governamentais como incentivos para investimentos em nova capacidade de produção de papel e celulose e várias outras iniciativas legais e normativas. As novas políticas criaram um sistema que pode ser considerado como adequado e de inovação, já que incluía políticas de atores e setores amplamente diferentes, mobilizou a indústria privada na implementação de metas por meio de várias iniciativas e aumentou a política de inovação real. Finalmente, essas iniciativas permitiram ao sistema brasileiro integrar mais fortemente as iniciativas emergentes de inovação setorial global, que foram lançadas depois da Segunda Guerra Mundial.

O crescimento mais importante para a indústria de papel e celulose brasileira foi o estabelecimento do processo de celulose sulfato como a tecnologia global de produção em larga escala. Ela alavancou o crescimento industrial em regiões onde espécies de madeira tradicionais não podiam ser eficientemente processadas pelo sistema sulfito. Em Portugal, Nova Zelândia e Sul dos Estados Unidos emergiram novas regiões industriais.

A introdução da produção em larga escala de celulose sulfato propiciou grandes oportunidades para as empresas

brasileiras; contudo, o sucesso de sua aplicação exigiu aprendizado tecnológico industrial intensivo do novo processo e sua adaptação às fontes de fibra virgem brasileira, a *Araucária angustifolia* e, mais notavelmente, o eucalipto. A aprendizagem da indústria como um todo das novas tecnologias de polpação durante a década de 50 alavancou a participação da fibra curta, composta praticamente apenas de eucalipto, de uma produção total de celulose brasileira de minúsculos 4% nos anos 50 para 60% nos anos 60.

Veículos centrais desta inovação foram as novas políticas industriais que estabeleceram novas instituições desde os anos 50. Uma ferramenta crítica de nova política foi o BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. Ele desenvolveu novos instrumentos financeiros para dar suporte à indústria, às economias de escala e também suporte à melhoria do conhecimento tecnológico na indústria.

Além disso, numerosas novas instituições educacionais, universidades e institutos de pesquisa setorial privados e públicos começaram a contribuir com o setor de papel e celulose. Um importante marco foi a inauguração da primeira faculdade brasileira de estudos florestais na Universidade Federal de Viçosa em 1960, que, além da educação, desenvolveu rapidamente um centro de transferência de pesquisa e tecnologia. Muitas outras universidades seguiram-na e lançaram cursos de engenharia florestal, silvicultura e outros aspectos da silvicultura do eucalipto. As escolas treinaram força de trabalho avançada técnica e cientificamente, aceleraram a difusão do conhecimento e da tecnologia e melhoraram os contatos internacionais para os brasileiros.

#### **INOVAÇÃO, CRESCIMENTO INDUSTRIAL E CULTURA DE EMPREENDEDORISMO – 1970-1985**

No começo dos anos 60, os elementos necessários para o rápido crescimento da indústria de celulose e papel no Brasil estavam prontos, incluindo a tecnologia de produção em grande escala de celulose sulfato, plantações florestais de espécies de eucalipto selecionadas, grupos de trabalho tecnológica e cientificamente avançados, sistema de inovação setorial amplo, capital, e economia política vantajosa. A produção nacional de celulose de fibra curta aumentou imensamente e a indústria de papel pôde, praticamente, eliminar a dependência da importação de celulose (**Tabela 1**).

O crescimento da indústria brasileira de papel e celulose entre 1970 e 1990 implicou em significativas mudanças organizacionais e culturais, já que novas empresas e empreendimentos surgiram como empresas líderes. Algumas novas empresas, principalmente Aracruz, Cenibra e Jarí alavancaram a maioria das mudanças na produção de celulose de eucalipto até 1984.

Novas empresas e empreendedores definiram estratégias corporativas completamente novas e que diferiam radicalmente daquelas das empresas brasileiras existentes. Firms empreendedoras focaram a exportação de celulose de eucalipto

to e praticaram estratégia baseada em silvicultura inovadora do eucalipto, processos de polpação sulfato estado-da-arte, mercados de exportação e economias de escala. Desconsideraram a ênfase tradicional da indústria em integração vertical da produção de celulose e papel.

Aracruz e Cenibra, por exemplo, lançaram operações florestais massivas com a intenção de a seguir estabelecer fábricas de celulose de grande escala e alavancaram rápida mudança industrial no Brasil. Eles lideraram novos estratégia e modelo de negócio, pois adotaram florestamento com eucaliptos, economias de escala e comércio de exportação global, contrastando com as empresas de papel e celulose existentes que produziam celulose basicamente para suprir a produção própria de papel no Brasil.

### ATUALIZAÇÃO DO CONHECIMENTO E INOVAÇÃO – 1967-1990

A presença de indústrias inovadoras em celulose de eucalipto estimulou o crescimento de novas dinâmicas de aprendizagem no sistema setorial do setor de celulose e papel brasileiro. Mesmo com o governo dando início a ações de pesquisa florestal, incentivando capacitações tecnológicas e científicas e estabelecendo outros incentivos para estimular o interesse privado nessa indústria nascente, as novas empresas comerciais investiram pesadamente em P&D. Foram pioneiras na pesquisa biotecnológica e em inovações que se converteram direta e imediatamente em novas estratégias de negócios e operações industriais. No final dos anos 60, Aracruz e Cenibra constataram que a biotecnologia permitia melhor controle da floresta de eucalipto e, com isso, aumento de produtividade. Em particular, novas técnicas de reprodução assexuada, ou seja, a clonagem (segmentos) de árvores existentes selecionadas - evitando a utilização de sementes - marcou importante avanço na produção de florestas de eucalipto homogêneas e controladas, e contribuiu para extraordinárias melhorias de produtividade das plantações já a partir de 1970. Em vista dos experimentos privados e programas de pesquisa pioneiros, o governo brasileiro e as empresas de papel já existentes também assumiram essas novas oportunidades tecnológicas e efetuaram uma série de iniciativas que fizeram do País o líder em biotecnologia florestal.

Os investimentos em P&D do eucalipto produziram rapidamente retornos notáveis. A floresta padronizada melhorou a resistência a doenças, melhorou a economia de escala em

silvicultura e o manejo de madeiras e florestas, assim como facilitou a gestão do processo de polpação da celulose. Além disso, a inovação biotecnológica melhorou o rendimento do crescimento vegetal. As primeiras plantas de eucaliptos da Aracruz precisavam de 12 anos para alcançar o tamanho de colheita, mas o programa sistemático de pesquisa e desenvolvimento da empresa reduziu, até a metade dos anos 80, o ciclo de crescimento médio para 7 anos. O IPEF (Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais) tem estimado que a produção média anual das florestas plantadas no Brasil aumentou de 15 metros cúbicos por hectare em 1970 para quase 35 em 1985.

No âmbito governamental, as ações tomadas, principalmente em São Paulo, foram importantes. O Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo (IPT), um instituto público ligado à Secretaria do Desenvolvimento Econômico, Ciências e Tecnologia do Estado de São Paulo, instalou um laboratório de testes para atender solicitações de agências governamentais e empresas privadas. No início dos anos 60 o laboratório foi incorporado à Divisão Florestal, reestruturado em dois laboratórios: um de Produtos Florestais e outro de produtos derivados (extrativos). Em parceria com a empresa finlandesa Jaakko Pöyry, nos anos 70 a FAPESP apoiou a atualização do conhecimento e capacitações em papel e celulose no IPT. Como resultado desses empenhos, o IPT estabeleceu em 1967 o CTCP – Centro Técnico de Celulose e Papel - e inaugurou, em 1981, uma planta piloto para pastas de alto rendimento com capacidade de 8 toneladas/dia, com recursos do Banco de Desenvolvimento Interamericano, mediação conduzida pela FINEP.

Uma instituição brasileira de pesquisas florestais, o Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), foi inaugurado em 1968 como uma *joint venture* da universidade e de empresas pioneiras em silvicultura do eucalipto e de produção de celulose. Assim, estabeleceu um modelo para associações público-privadas para a P&D industrial.

O setor privado criou rapidamente vários outros institutos e iniciativas para desenvolver P&D do eucalipto; e o governo também expandiu suas atividades. É importante lembrar que o Instituto Brasileiro de Pesquisas Agrícolas (Embrapa) estabeleceu, em 1978, o Centro Nacional de Pesquisa Florestal (CNPFF) para orientar o crescente interesse em florestamento com eucalipto.

No total, as plantações de eucalipto cresceram de um

**Tabela 1.** Produção de celulose, importação, exportação e consumo no Brasil em 1957, 1963, 1968 e 1973 (mil toneladas)

Ano	1957	1963	1968	1973
Produção	165	448	624	1.130
Importação	137	54	35	123
Exportação		3	12	194
Consumo	302	499	647	1.059

Fonte: Juvenal e Mattos (2002)

milhão de hectares em 1970 para 3,6 milhões em 1990, e a maioria do aumento veio de plantações de espécies melhoradas biotecnologicamente, tendo como exemplares de partida o *Eucalyptus saligna* e o *Eucalyptus grandis*. O crescimento da área plantada deu também margem a críticas ambientais, tais como a alegação de que expansão da monocultura ocorria à custa da biodiversidade, de modo que a maioria das empresas florestais implantou esquemas de reflorestamento que criavam faixas de continuidade da floresta natural entre os vastos campos de eucalipto.

### **BUSCA DE DINÂMICAS DE APRENDIZAGEM E SISTEMA DE INOVAÇÃO DE SEGUNDA GERAÇÃO**

Desde 1985, a evolução da indústria de papel e celulose brasileira tem se caracterizado por objetivar superação das empresas globais pioneiras em polpa de eucalipto e consolidação. Os novos chegados ao negócio do eucalipto se beneficiaram do avançado sistema de inovação setorial que difundiu rapidamente as últimas inovações e conhecimentos e das políticas governamentais, embora seu sucesso não possa ser creditado somente a esses fatores. Grandes empresas de papel estabelecidas tinham na ocasião excepcionais capacidades organizacionais e alavancagem política para entrar nas atividades do eucalipto, quando as operações e o tamanho da indústria atingiram escala sem precedentes no Brasil. Entre 1985 e 2005 a indústria de papel e celulose de eucalipto expandiu-se de modo firme e a produção anual brasileira de celulose de fibra curta aumentou 60% entre 1985 e 1995, e 81% entre 1995 e 2005. A produção total anual de celulose passou de 3,7 milhões de toneladas em 1985 para mais de 10 em 2005.

Esta expansão massiva incluiu mudanças profundas na estrutura organizacional da indústria, pois as empresas brasileiras começaram a emular a estratégia das empresas pioneiras e a se igualar a elas. Não somente as empresas de papel e celulose brasileiras entraram nos negócios de eucalipto, mas também várias empresas líderes globais vieram para o Brasil. Em 2000, a Stora Enso (empresa binacional da Finlândia e Suécia), então a segunda maior do mundo, compôs uma *joint venture* com a Aracruz e, desde então, edificou sua presença na América Latina.

A entrada forçada de empresas domésticas no negócio de reflorestamento de eucalipto e de celulose e a onda de fusões decorrente mudaram a estrutura organizacional da indústria. Nos anos 90, uma onda de consolidações deu origem a mais de 30 grandes fusões na indústria de papel e celulose brasileira, ocorridas entre 1992 e 2001. Aracruz, Cenibra, Celmar, Veracel e Jarí continuaram focadas na produção de celulose e no mercado de exportação e representavam 71% da produção de celulose de mercado em 2002.

A resposta do sistema de inovação setorial brasileiro ao recente crescimento da pesquisa em genoma e melhoria do eucalipto seguiu precedentes históricos. Empresas, asso-

ciações industriais e governos federal e estaduais lançaram iniciativas de cooperação para coordenação dos esforços de pesquisa nacional e transferência de tecnologia. Realmente, parece que o sistema de inovação setorial brasileiro renova-se a ritmo admirável e é candidato a líder mundial em pesquisa genômica do eucalipto. A natureza cooperativa e a extensão da plataforma de pesquisa genômica brasileira, que se estende a regulamentação da biossegurança e a outras iniciativas legislativas, representa uma saída da precedente estrutura dos sistemas de inovação setorial.

A pesquisa genômica do eucalipto firmou-se no Brasil quando alguns institutos líderes em pesquisa, como o IPEF, advogaram as possibilidades da tecnologia do gene para a silvicultura na metade dos anos 80. Contudo, um verdadeiro ponto de não-retorno ocorreu no começo da década de 90 com os avanços globais em pesquisas do genoma. Desde 1994, a indústria insistiu na participação mais efetiva do governo e no início do projeto de mapeamento genômico do eucalipto, finalmente lançado na virada do milênio. A pesquisa genômica do eucalipto é apoiada com fortes investimentos em pesquisas genômicas no País. Em 1997, a Fundação de Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) criou a Organização para Sequenciamento Nucleotídeo e rede de análises, que inclui 30 laboratórios no Estado. Além disso, o Conselho Nacional de Pesquisa estabeleceu vários projetos de pesquisa e o Ministério de Ciências e Tecnologia lançou o Projeto Genoma Brasileiro em 2000. As várias iniciativas de mapeamento do genoma incluem o Projeto Genolyptus – a rede brasileira do Genoma do Eucalipto -, lançado em 2002, e um grande projeto cooperativo que envolve centrais de associações comerciais, universidades, institutos de pesquisa e órgãos do governo. O Projeto Genolyptus reflete maior ambição do governo para criar competitividade industrial mediante pesquisa biotecnológica e programas de inovação, e pode enfim produzir as primeiras espécies de eucalipto transgênico.

### **O SISTEMA DE INOVAÇÃO SETORIAL DA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE BRASILEIRA HOJE**

O crescimento e a evolução do sistema de inovação setorial da indústria de papel e celulose brasileira foram marcados pela necessidade de empresas, de políticas econômicas e industriais e também de avanços globais na ciência, tecnologia e comércio mundial. O resultado é um sistema de inovação setorial que orienta as necessidades de inovação e de conhecimento exclusivos do Brasil e também mantém a separação do trabalho entre atores brasileiros e estrangeiros. Mesmo sendo grande e um pouco difuso, o sistema se caracteriza como altamente focado nas questões centrais da competitividade da indústria de papel e celulose brasileira. Uma tipologia do sistema de inovação setorial dessa indústria é visto na **Tabela 2**. Mesmo com o risco de simplificar demais, é possível contestar que o sistema

**Tabela 2. Visão geral do sistema de inovação setorial da indústria de celulose e papel brasileira**

	Gov. federal	Gov. estaduais	Indústria	Empresas brasileiras	Empresas estrangeiras	Internacional
<b>Tipo de atores</b>	Ministérios federais Agências federais	Governos estaduais em: Minas Gerais, São Paulo Paraná	Associações industriais, associações técnicas, sociedades profissionais	Empresas de celulose e papel, Alianças estratégicas	Empresas de celulose e papel, Serviços de Engenharia, Fornecedores de equipamentos e máquinas, Alianças estratégicas	Organizações internacionais, organizações científicas, atividades técnicas e científicas
<b>Atores centrais</b>	MCT MDIC MMA MAPA CNPq BNDES	Vários IPT	ABTCP Bracelpa	Empresas Por exemplo: Aracruz Votorantim alianças estratégicas: Por exemplo: Veracel Cenibra	Empresas Serviços de engenharia, fornecedores de máquinas e equipamentos, alianças estratégicas	FAO Banco Mundial, Banco de Desenvolvimento Latino-Americano, associações tecnológicas e científicas
<b>Treinamento</b>	Universidades UFV UFRGS UFFRJ UFPR	Universidades USP	Escolas vocacionais, programas especiais, programas de intercâmbio internacional, ABTCP	Programas especiais locais, Programas de estudo e intercâmbio internacional específico para a empresa	programas especiais, programas de intercâmbio internacional	FAO
<b>Pesquisa básica</b>	Universidades UFV UFRGS PUC Programas de pesquisa exclusivos e financiamento. EMBRAPA	Universidades USP				FAO Congresso mundial sobre Eucalipto. Associações Científicas
	Programas de PPI especiais Organização para sequenciamento nucleotídico e rede de análises/SP. Consórcio do Projeto de Sequência do Genoma do Eucalipto para Floresta/SP Projeto Brasileiro Genoma – Projeto Genolyptus					
<b>Pesquisa aplicada</b>	Universidades, Institutos de pesquisa setorial EMBRAPA CNPQ	Institutos de pesquisa setorial SIF IPT	Institutos de pesquisa setorial IPEF Programas especiais PPI	Empresa específica P&D PPI	Empresa específica P&D PPI	FAO Congresso Mundial de eucalipto Associações científicas
<b>Financiamento de pesquisas</b>	CNPq MCT	FAPESP Governos estaduais		Empresa específica P&D, Programas específicos PPI		
<b>Desenvolvimento industrial e finanças</b>	BNDES	Governos estaduais				IFC Banco de desenvolvimento da América Latina
<b>Regulamentação e padronização</b>	Leis florestais Lei da Biossegurança		ABNT ABTCP			

ABTCP = Associação Brasileira Técnica de Celulosa e Papel  
 ABNT= Associação Brasileira de Normas Técnicas  
 Cenibra= Celulose Nipo-Brasileira S.A.  
 BNDES = Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social  
 CNPF= Centro Nacional de Pesquisa de Florestas  
 CNPq= Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico  
 EMBRAPA = Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
 FAPESP = Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo  
 FAO = Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação  
 IFC= Corporação Financeira Internacional  
 IPEF = Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais  
 IPT = Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo  
 MCT= Ministério de Ciência e Tecnologia

MDIC = Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior  
 MMA = Ministério do Meio Ambiente  
 MAPA = Ministério da Agricultura, Pecuária, e Abastecimento  
 MG=Minas Gerais  
 PPI= iniciativas público-privadas  
 PUC = Pontifícia Universidade Católica  
 SIF= Sociedade de Investigações Florestais, UFV. SP=São Paulo  
 UFFRJ = Universidade Federal Rural de Rio de Janeiro  
 UFPR = Universidade Federal do Paraná  
 UFRGS = Universidade Federal de Rio Grande do Sul  
 UFV = Universidade Federal de Viçosa  
 USP = Universidade São Paulo



investe em inovação fundamental e pesquisa básica somente quando objetiva investigar ulteriores vantagens oferecidas pelo eucalipto. No caso de pesquisa e inovação para outras áreas tecnológicas e científicas, como processamento químico, energia, equipamentos e máquinas, o sistema cria aptidões nacionais para uso das melhores práticas e tecnologias disponíveis globalmente.

O Brasil, como nação, é um participante tardio na indústria de celulose e papel e, por isso, muito do sistema foi idealizado para igualar níveis mundiais. Evidentemente, a capacidade de explorar e absorver conhecimentos e inovações do exterior é uma das grandes forças do sistema de inovação setorial brasileiro. O sistema de treinamento e educacional no Brasil converteu-se em entidade de trabalho hábil tecnológica e cientificamente avançado, e que pode obter vantagem das melhores tecnologias e práticas desenvolvidas em outras partes. A maioria das empresas treina os trabalhadores e também existem algumas escolas vocacionais. Fundamental para a oferta de mão de obra científica e tecnologicamente avançada são as universidades estaduais e federais, que criaram currículos especiais em ciência e engenharia de celulose e papel, engenharia florestal e em gestão. Os mais importantes são a Universidade Federal de Viçosa, a Universidade Rural do Rio de Janeiro e a Universidade de São Paulo.

Os sistemas dos governos dos estados e de inovação regionais também desempenham função fundamental. O IPT de São Paulo ofereceu um amplo leque de serviços de P&D. Os produtos e resultados de pesquisa mais relevantes do IPT foram: os primeiros trabalhos em pirólise, gaseificação de biomassa e biocombustíveis; primeiros processos de TMP e CTMP (pastas termomecânica e chemitermomecânica) no Brasil; primeiro desenvolvimento de modelos, simulação, reavaliação e purificação do código do simulador de GEM; primeiros estudos em pitch e elementos pegajosos na produção brasileira de eucaliptos; estudos de hidrólise (ácida) da madeira e bagaço de cana de açúcar para a produção de etanol; liderança no programa de testes da Proficiência Colaborativa Brasileira para papel e cartão; e o planejamento estratégico para o setor, desenvolvido no CTCP com todos os representantes da alta administração da indústria.

Associações industriais e sociedades profissionais - das quais a Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel e a Associação Brasileira de Celulose e Papel são as duas mais importantes -, também oferecem educação continuada e divulgam os conhecimentos mais recentes, o que é altamente relevante para a indústria. A transferência de tecnologia e conhecimento é também catalisada por vários institutos de pesquisa setoriais e organizações científicas e técnicas internacionais e, especialmente, pela vasta presença de empresas estrangeiras no Brasil.

Além da tecnologia e ciência do eucalipto, as empresas estrangeiras são veículo-chave de aprendizagem tecnológica e fonte de inovações para a indústria de celulose e papel

brasileira. Empresas consultoras e prestadoras de serviços de engenharia, como a finlandesa Pöyry Group, oferecem o mais recente conhecimento tecnológico e científico e podem fornecer plantas de celulose e papel estado-da-arte. Fornecedores de máquinas e equipamentos variados, como a finlandesa Metso e a alemã Voith, têm a mesma valia em relação a equipamentos para papel e celulose. A função das empresas estrangeiras na transferência de tecnologia e conhecimento é também facilitada por associações comerciais e da indústria, entidades que geralmente se inserem na rede informativa e fazem ligação com suas contrapartes internacionais.

O eucalipto ocupa a maior parte das atenções e empenhos de pesquisa no Brasil. O sistema de inovação setorial mantém distinção clara entre as pesquisas básica e aplicada, embora os recentes avanços na biotecnologia e no genoma confundam essa distinção. A pesquisa básica é principalmente desenvolvida em universidades, das quais três são consideradas centros principais de pesquisa: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Universidade Federal de Viçosa e Universidade de São Paulo.

Em 2002 o IPEF listou 54 institutos públicos de pesquisa ativos em silvicultura e mais 16 privados. Embora esses institutos atendam a todo tipo de necessidade de conhecimento na área florestal, eles também constituem a espinha dorsal da base de conhecimento brasileira para a silvicultura industrial. Além do IPEF, os mais importantes desses institutos são: Corporação de Pesquisa Agrícola Brasileira e a Sociedade de Investigações Florestais na Universidade Federal de Viçosa.

No âmbito da política federal, vários ministérios e suas agências têm responsabilidades com o sistema de inovação setorial da indústria de papel e celulose brasileira. Os principais ministérios são: Ministério da Ciência e Tecnologia, Ministério do Meio Ambiente e Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Evidentemente que o BNDES continua a ter máxima importância.

Podemos resumir o sistema de inovação setorial de papel e celulose existente no País com caracterizações curtas e simplificadoras em política de pesquisa e função das empresas, em nosso entender as duas áreas básicas. Do ponto de vista da política de pesquisa, a meta da investigação tecnológica e científica mais empenhadora é o melhoramento da produtividade das florestas e, mais que tudo, do eucalipto. Esta estratégia se manifestou com a ambição de se constituir em líder global no quesito e, realmente, estudiosos brasileiros, instituições de pesquisa e empresas têm realizado este grande feito. O nível de ambição tecnológica e científica em outras áreas de pesquisa é consideravelmente menor e é posta mais atenção na construção de capacidade e transferência tecnológica, que permite a rápida adoção de inovações desenvolvidas em outras partes. Esta mesma dupla estratégia também se estende às políticas educacionais e às instituições. ▲