

MADEIRA DO EUCALIPTO : DA FLORESTA AO DIGESTOR

*Celso E. B. Foelkel**

Não existem dúvidas, que o eucalipto, hoje consagrado na fabricação industrial de celulose, será, em futuro próximo, a fibra dominante no mundo celulósico-papeleiro, dentre as espécies de fibras curtas. A qualidade da celulose do eucalipto, hoje bem conhecida em países como Brasil, Japão, Austrália, Portugal, Espanha, França, Alemanha e Reino Unido, tenderá a se fazer conhecer e dominar em outros mercados como o asiático, africano e norte-americano.

Entretanto, o eucalipto, como é genericamente denominado, não é ainda de uma uniformidade desejável, tanto na qualidade de sua madeira como da celulose. Inúmeros fatores são responsáveis por isso, sendo os principais, a grande diversidade de espécies e híbridos existentes.

Inicialmente, a título introdutório, procurar-se-á definir o que vem a ser uma celulose de qualidade, para depois discutir como se chegar a ela, na conversão da madeira do eucalipto.

Quando se diz que uma celulose possui qualidade, quer-se referir que ela possui os requisitos necessários para certos usos finais. Desde que uma polpa se preste bem para a manufatura de um dado tipo de papel, ela possui qualidade para tal. Quanto maior o número de possíveis usos a que uma celulose se prestar, com maior sucesso que as concorrentes, melhor é a sua qualidade. Para se produzir celulose de qualidade ímpar, é essencial que o técnico disponha à mão de uma série de informações, a fim de poder controlar as etapas do processo de produção desta celulose. Existem já consagrados alguns parâmetros, que desde que controlados pelo fabricante de celulose, conduzem a produtos finais homogêneos e de qualidade satisfatória. Os parâmetros mais usualmente controlados são: número kappa, alvura, viscosidade, sujeira,

* Celulose Nipo-Brasileira S.A.

abilidade para reversão de alvura, resistências físico-mecânicas (rasgo, tração, estouro, alongação e dobramento) e propriedades óticas (coeficiente de dispersão da luz e opacidade). Com menor frequência, são também analisadas as composições químicas das celuloses e as dimensões dos elementos anatômicos. Composição química é de especial importância no caso de polpas solúveis.

Para se produzir uma celulose de qualidade, o fabricante deve atentar para o estabelecimento dos parâmetros a serem controlados, e, para quais os limites máximos e mínimos de cada um, ao longo do processo e no produto final. Com isso se atingirá uma celulose com qualidade uniforme, e que, graças ao seus predicados, é facilmente comercializada.

A história da fabricação de celulose confirmou a necessidade de se proceder a controle eficaz da qualidade do produto final. Para isso são essenciais laboratórios bem equipados para o controle rotineiro, e tão importante quanto, um laboratório de pesquisas básicas e operacionais, para desenvolvimento de novos produtos e otimizações dos produtos existentes.

No presente trabalho procurar-se-á discutir quais são os principais parâmetros que devem ser controlados no processamento a celulose da madeira do eucalipto. Este controle não se deve prender apenas ao produto acabado. Um sistema eficaz de se controlar a qualidade de uma celulose, no caso da celulose do eucalipto, deve-se iniciar na floresta, desde a escolha das espécies e sementes e terminar na fábrica consumidora, que é quem vai utilizar do produto, e se satisfazer ou não. O propósito deste relatório é cobrir apenas os principais pontos, que merecem consideração, no caminho que a madeira do eucalipto segue até o digestor da fábrica de celulose. Para isso serão desdobrados os seguintes itens:

1. Espécie de Eucalyptus

A espécie que se pretende utilizar em produção de celulose é o princípio básico na indústria de polpa de eucalipto. Frente ao grande número de espécies, híbridos e ecotipos dentro de cada espécie, existe ampla variação na qualidade da madeira. Evidente^{mente}, variando-se a qualidade da madeira, variam as condições operacionais na fábrica de celulose, bem como, torna-se difícil

controlar a uniformidade da celulose final. Os parâmetros de qualidade ficam mais difíceis de serem controlados, o que redundam em produto de qualidade variável, o que é pouco desejável pelos consumidores.

Embora existam inúmeros parâmetros para se controlar a qualidade da madeira para celulose, a maioria deles não define somente por si, se a madeira em questão se presta ou não para celulose. Existem, é claro, evidências da potencialidade ou não, porém, é apenas o teste de produção e ensaio da celulose que definirá a habilidade para celulose de uma dada espécie de eucalipto.

Muito trabalho tem sido realizado no sentido de se analisar quais os principais parâmetros da madeira que se relacionam com a qualidade da celulose. Para coníferas, a relação de alguns, com a qualidade da polpa, é bem definida. Para o eucalipto restam ainda muitas indagações, que merecem estudos mais amplos.

Inúmeras pesquisas vem sendo também realizadas no que diz respeito à capacitação de cada espécie, de forma geral, para conversão a polpa. Está-se, entretanto, ainda engatinhando, pois não se tem seguras informações sobre quais as espécies potenciais, além das tradicionais.

Sabe-se hoje o seguinte: a) cada espécie de eucalipto possui um potencial para conversão a celulose de determinadas qualidades; b) a qualidade da celulose pode ser melhorada até certo ' ponto, por técnicas que vão do campo até o processo de cozimento e branqueamento; c) o processo de melhoramento da qualidade do eucalipto para celulose alcança grandes retornos no início da sua aplicação, porém cada tipo de eucalipto possui um patamar de máxima qualidade, acima da qual torna-se difícil obter ganhos ; d) para a maioria das espécies de eucalipto, ainda se está na fase de ascensão da qualidade da celulose; e) os pontos de máximo para as espécies tradicionais não estão porém afastados demais do que hoje se obtém em termos de facilidade para cozimento , branqueamento e propriedades físico-mecânicas e óticas; f) novos ganhos podem ser obtidos pela melhoria dos processos tradicionais de produção de polpa, ou pela criação de processos novos, mais protetores no que diz respeito à conservação dos carboidratos.

Há em tudo isso algumas verdades que não podem ser esqueci

das:

- a) o eucalipto de forma geral se deslignifica e sua celulose se branqueia facilmente, com pequenos consumos de produtos químicos e bons rendimentos;
- b) a fibra do eucalipto é curta e rígida, não havendo perspectivas, nem a longo prazo, de se obterem ganhos consideráveis quanto à comprimento de fibras e flexibilidade das mesmas.

Isso posto, pode-se concluir que a maior parte das espécies do eucalipto podem ter sua madeira e celulose melhoradas para economia em consumo de madeira e produtos químicos, em otimização no cozimento e branqueamento e em propriedades físico-mecânicas e óticas. Não se pode porém, esquecer que, pelos processos tradicionais, existe um ponto de máxima para cada espécie, além do qual os ganhos em qualidade são pequenos e talvez não justifiquem a continuação do melhoramento neste sentido. Quando este momento for alcançado, e estamos ainda afastados dele, as esperanças de novos ganhos que se tem são: a) combinação das propriedades ótimas de diversas espécies por hibridação; b) criação de novos métodos de conversão a celulose, que produzam polpas de qualidade melhor.

Outras certezas do sucesso no melhoramento da madeira e celulose do eucalipto são: a) a grande base genética representada por inúmeras espécies e ecotipos; b) a facilidade para reprodução vegetativa de material botânico de árvores superiores; c) a comprovada herdabilidade de muitos dos parâmetros de qualidade.

Retornando a espécies de eucalipto, surge invariavelmente uma primeira questão: "Qual a melhor espécie de eucalipto para celulose?". A resposta não é imediata, pois depende de inúmeros fatores locais, tais como: a) processo de produção de celulose que se está utilizando; b) adaptação da espécie na região onde está implantada a fábrica; c) disponibilidade de madeira de outras espécies.

Muitas fábricas são implantadas, visando a utilização parcial ou total de madeira de terceiros. Neste caso devem conviver com as espécies plantadas na região, até que um plano de fomento próprio consiga introduzir nas vizinhanças, a espécie desejada. Outras fábricas se implantam em regiões onde as espécies tradi-

cionais não vão bem por motivos diversos: incidência de geadas , susceptibilidade a doenças, não adaptação ao tipo de solo, etc .

Isso significa que cada situação precisa ser cuidadosamente analisada para se definir qual a espécie, ou espécies, desejadas, para depois se iniciar programa de plantios e melhoramentos. A situação, que se conhece hoje, é bem diferente daquela de poucos anos atrás, quando ao se falar de plantar eucalipto para celulose, se pensava imediatamente em plantar Eucalyptus saligna , E. grandis e E. "alba". É bem sabido que espécies como o E. saligna e E. grandis conduzem a celuloses de excepcionais qualidades nas regiões onde as espécies se desenvolvem bem. São poucas as espécies que possuem potencial celulósico tão bom com estas duas. Não significa porém que sejam as únicas. Outras espécies tão boas quanto, e talvez até melhores, em termos de celulose para usos finais, deverão existir. A verdade é que quase todo o melhoramento feito no Brasil até hoje sobre eucalipto foi feito sobre estas duas espécies. Este melhoramento envolveu testes de procedências, melhoria de sementes, estudo de práticas silviculturais, melhoramento genético, otimizações nos processos de cozimento e branqueamento da celulose, etc. Assim, desde que se disponham de outras espécies de boas potencialidades para regiões onde o E. saligna e E. grandis não se adaptem, e mesmo para concorrer com ambas em suas regiões, é possível se melhorá-las até obter resultados excepcionais.

As pesquisas que vêm sendo realizadas pelo autor, já há quase uma década, demonstram a viabilidade para celulose de diversas espécies, com qualidades comparáveis a E. saligna e E. grandis. Estas espécies, que merecem atenção são: E. urophylla , E. pilularis, E. torelliana, E. dunnii, E. deanei, E. tereticornis e E. viminalis. Mais estudos são necessários e estão sendo realizados para E. camaldulensis, E. robusta e E. deglupta. Entretanto, estas pesquisas não se limitam apenas a estas espécies. Cerca de três dezenas de espécies potenciais foram e estão sendo ensaiadas nos laboratórios da Celulose Nipo-Brasileira S.A. e da Universidade Federal de Viçosa.

Além disso, existem sempre disponíveis novos resultados publicados pela E.S.A. "Luiz de Queiroz" e pelo Centro Técnico em Celulose e Papel. Daí a confiança de que o muito que se tem ain-

da a descobrir sobre o eucalipto, paulatinamente vai sendo realizado.

Outra questão que costuma surgir é "Quais as características da madeira que devem ser analisadas para definir se uma espécie de eucalipto é potencial para celulose?".

Até o momento a resposta para esta questão não é completa. Por tradição, e, baseados nas informações disponíveis para madeiras de coníferas, uma série de parâmetros são medidos na madeira do eucalipto, buscando correlacioná-los à qualidade da celulose. Nenhum destes parâmetros por si só define se a celulose é de boa qualidade ou não. Porém a densidade básica da madeira costuma ser o parâmetro capaz de dar boas indicações sobre o potencial celulósico da madeira e, mesmo limitá-la quanto ao seu uso para celulose. Outras características que mais parecem se relacionar ao produto final são: índice de Runkel, fração parede, índice de enfieltamento, coeficiente de flexibilidade, teor de vasos, teor de parênquima, dimensões dos vasos, teor de cerne/alburno e teor de nós. Até o momento não existem seguras indicações de como a composição química da madeira do eucalipto se relaciona à produção e qualidade da celulose. Evidentemente isso se aplica às madeiras usuais, pois certamente madeiras anormais, ricas em lignina, serão mais difíceis de serem convertidas a celulose.

Apenas para melhor definir cada destas principais características, serão apresentados a seguir ligeiros comentários sobre cada uma em particular.

A. Densidade básica

A densidade básica da madeira é uma característica complexa que se relaciona à anatomia e à química da madeira, dando uma segura indicação do teor de matéria seca que um dado volume de madeira possui. Este parâmetro é bem associado ao teor de celulose e extrativos da madeira, ao teor de vasos e parênquima, à espessura da parede celular, ao teor de lenho tardio, dentre outros.

Apenas pela determinação da densidade básica é possível se estimar se uma madeira tem potencial celulósico, embora a densidade não dê para definir qual a qualidade da celulose resultante.

É por isso que a densidade é o teste mais usual realizado para controle da qualidade da madeira. Além disso é um teste simples e não requer que a árvore seja abatida para sua realização.

A densidade básica serve para controle da madeira na própria árvore, para o controle da qualidade da madeira estocada e da madeira que ingressa ao digestor.

Atualmente dá-se preferência às espécies de eucalipto de média densidade, entre 0,45 a 0,65 g/cm³. Madeiras com densidade básica, abaixo de 0,4, mostram características indesejáveis, como alto teor de vasos de dimensões demasiadas, ou alto teor de parênquima. O consumo de estéreos de madeira por tonelada de celulose atinge nesse caso valores proibitivos. Entretanto, a qualidade das celuloses de madeiras de eucalipto pouco densas não é decepcionante. Existe maior facilidade de deslignificação, pois a penetração do licor é fácil; o rendimento base peso é às vezes até melhor que para as madeiras de média densidade; as resistências que dependem da ligação entre fibras, como tração, estouro e dobramento, são excelentes enquanto a resistência ao rasgo é prejudicada; as folhas ficam mais compactadas, o que conduz a uma menor opacidade da celulose branqueada. Uma espécie típica destas condições é o E. deglupta, que mostra, além destas características, vasos super-dimensionados, impróprios para papéis de impressão. Espécies de média densidade às idades de corte (5 a 10 anos) podem apresentar baixa densidade a idades mais jovens, conduzindo a modelos semelhantes ao enunciado.

As madeiras densas, com densidade básica acima de 0,65g/cm³, são geralmente refugadas para conversão a celulose. Apesar de mostrarem algumas vantagens como o baixo consumo específico por tonelada de celulose e boas resistências ao rasgo, estas madeiras trazem uma série de problemas operacionais e de qualidade. A picagem é dificultada, o consumo de produtos químicos é maior, o teor de rejeitos aumenta a níveis às vezes difíceis de serem manuseados, e a resistência ao dobramento é particularmente prejudicada. Espécies típicas desta situação são E. citriodora, E. paniculata e E. cloeziana. Por outro lado, quaisquer das espécies de média densidade à idade de corte, podem produzir madeiras muito densas, quando as árvores se tornarem velhas, acima de 15 anos.

B. Índice de Runkel

É uma característica que bem se relaciona à rigidez da fibra e à sua capacidade de inter-ligação. Desaconselha-se produzir celulose com fibras cujo índice de Runkel seja superior a 1,5. As espécies de alta densidade costumam cair nesta situação.

C. Fração parede

Associa-se à facilidade de colapso e flexibilidade para ligação das fibras. Fibras com fração parede acima de 60% são muito rígidas e a inter-ligação das mesmas é prejudicada.

D. Índice de enfieltramento

É uma característica que indica quão afilada a fibra é; ou seja, quanto maior o índice de enfieltramento, mais fibrosa a fibra em questão o é. Para as fibras longas, o índice de enfieltramento varia de 70 a 80. Para o eucalipto o índice de enfieltramento varia de 40 a 50.

Como o comprimento da fibra do eucalipto não tem grandes perspectivas de ser aumentado, a outra opção para se elevar o índice enfieltramento é se diminuir a largura da fibra. Com isso, e levar-se-ia a fibrosidade da fibra do eucalipto. Para reforçar este parecer, tem-se observado que o E. dunnii mostra elevada resistência ao rasgo em sua celulose. A única de suas características de fibra em evidente diferença com o usual tem sido o índice de enfieltramento, com valores próximos a 70.

E. Coefficiente de flexibilidade

Indica a habilidade para ligação das fibras. Quanto maior a flexibilidade das mesmas, maior a sua possibilidade de colapso durante refino. Com isso, ocorre maior ligação entre as fibras, aumentando as resistências ao estouro e tração, e, diminuindo a opacidade e a resistência ao rasgo.

F. Teor de parênquima

Algumas espécies são ricas em células não fibrosas, portan

to indesejáveis. Estas células parenquimatosas constituem-se em "finos" no processo de fabricação do papel, entupindo telas e feltros e criando problemas diversos na reciclagem da água branca. Altos teores de parênquima são próprios de espécies que vegetam demasiado e têm necessidade de células de reserva para os elementos nutritivos que produzem. São abundantes em espécies tipicamente tropicais.

As espécies de madeira de densidade baixa podem estar relacionadas a este tipo de fenômeno.

G. Teor e dimensões dos vasos

Os vasos, elementos de condução da seiva bruta no xilema dos vegetais, são elementos anatômicos curtos e largos.

Vasos grandes e abundantes não são desejáveis na fabricação de papéis para impressão e escrita.

A espécie E. deglupta tem sido referida por alguns autores como possuidora de vasos super-dimensionados, o que atrapalharia o seu uso para produção de papéis de impressão.

H. Teor de cerne/alburno

A formação de cerne é uma característica da maioria das espécies de eucalipto. Entretanto, nas idades jovens de corte, entre 5 a 10 anos, o cerne é juvenil e sua madeira não difere significativamente da madeira do alburno. É comum mesmo, nestas idades jovens, que a madeira do cerne seja menos densa que a do alburno.

A alta incidência de um cerne denso e rico em extrativos deve preocupar ao fabricante de celulose kraft, quando a madeira for proveniente de árvores muito velhas. Neste caso, os problemas mais comuns que surgem são: dificuldades na picagem, cozimento e branqueamento, resistências físico-mecânicas inferiores.

Para o fabricante de celulose sulfito ou de pasta mecânica, o cerne no eucalipto é indesejável, para o primeiro, pelos teores de extrativos e dificuldades de cozimento, para o segundo, pela cor e densidade.

I. Teor de nós

A presença de nós em árvores de eucaliptos, provenientes de povoamentos artificiais, é reduzida. Isso porque, a forma florestal das árvores de quase todas as espécies comerciais de eucalipto é boa, com ramificações finas.

Nós desenvolvidos ocorrem esporadicamente em árvores velhas, plantadas em espaçamentos amplos. Costumam ocorrer também em árvores provenientes de sementes pouco classificadas, com alta heterogeneidade genética, o que se traduz em fenótipos deficientes.

Finalmente, a terceira questão que ocorre quanto a espécies de eucalipto para produção de celulose é "É possível se misturar madeiras de diferentes espécies?".

Para esta questão a resposta é mais fácil. Praticamente, o que o fabricante de celulose de eucalipto no Brasil vem fazendo há longa data, é produzir celulose de misturas de madeiras. Sabe-se que a maioria das plantações homogêneas de eucalipto foram implantadas no Brasil com sementes de E. saligna Rio Claro. Apenas há questão de um dez anos, é que se passou a introduzir sementes puras de E. grandis, E. saligna e E. urophylla, provenientes da África do Sul, Rodésia, Austrália e Nova Zelândia. Os povoamentos mais antigos de eucaliptos comerciais para celulose em nosso país são basicamente povoamentos de híbridos de Eucalyptus saligna, E. grandis, E. urophylla, E. robusta, E. tereticornis e E. camaldulensis.

Assim a mistura de madeiras de espécies é perfeitamente possível e viável. Deve-se apenas evitar a mistura de madeiras de espécies cujas qualidades sejam muito distintas, p.e., madeiras de densidades elevadas misturadas a madeiras de média densidade.

A preservação de uma qualidade uniforme de polpa é obtida na dosagem da madeira ao digestor. O ideal é se trabalhar com madeira a mais uniforme possível, no que diz respeito a espécie, idade e condições da madeira. Estas condições são difíceis de se

rem alcançadas, pois a fábrica de celulose consome grande quantidade de madeira e esta provem de povoamentos distintos, muitas vezes implantados de formas e em locais diferentes, com sementes e técnicas diferentes. Além disso, a ciência florestal é dinâmica e a cada ano novas situações ocorrem. A tendência é o setor florestal ir sempre aperfeiçoando a madeira que entra à fábrica.

O setor de preparo da madeira em uma fábrica deve-se responsabilizar por um controle da qualidade da madeira que nela ingressa, levando em conta alguns fatores que serão posteriormente discutidos, e também as espécies de madeira de eucaliptos. É evidente a dificuldade em se separar as madeiras dos eucaliptos na forma de toras por espécies. Para isso deve existir um perfeito relacionamento entre os setores florestal e o de preparo da madeira.

Se possível, as madeiras de qualidades muito distintas devem ser armazenadas em separado e dosadas na alimentação da fábrica de celulose.

2. Idade das árvores

Praticamente todas as propriedades da madeira são afetadas pela idade. A árvore, sendo um ser vivo, cresce e passa por período de juvenilidade até atingir a idade adulta. No final de sua vida atinge um período de senilidade. As espécies comerciais de eucalipto são utilizadas no Brasil para celulose ainda na idade jovem. Nesta fase, a madeira não atingiu ainda o máximo de suas características, porém o ciclo de exploração mais adequado prevê cortes com a árvore entre 5 a 8 anos. Nesta fase, as propriedades de madeira estão tendendo à se estabilizar. Não existem muitas informações disponíveis na literatura sobre as principais alterações que sofre a madeira e a celulose do eucalipto com o envelhecimento da árvore. Inexistentes são as informações sobre as qualidades da madeira do eucalipto de segundo e terceiro corte em comparação com o de primeiro corte.

Existem dois tipos de conhecimentos bem caracterizados sobre a influência da idade da árvore sobre a qualidade da madeira e celulose:

A. Madeiras infantis

Por infantil defina-se a madeira de árvores de menos de cinco anos. Surpreendentemente a qualidade da celulose, obtida de madeira infantil de até um ano de idade, é muito boa. A única das resistências a se mostrar inferior é a resistência ao rasgo, mas esta não é decepcionante.

B. Madeiras sobre-maduras

Por madeiras sobre-maduras defina-se a madeira de árvores com idade superior a quinze anos. Para a maioria das espécies, a madeira de árvores nestas idades é rica em cerne, em extrativos, em lignina, com elevada densidade. Estas características atrapalham a conversão da madeira a celulose, mas não a limitam.

Para as madeiras jovens (idades das árvores de 5 a 10 anos) e madeiras maduras (idades de 10 a 15 anos) existem poucas informações mais detalhadas. Sabe-se que nas idades de 5 a 10 anos é que a maioria da madeira utilizada para celulose se enquadra, porém pouco se conhece sobre qual a real influência destas idades, sobre a qualidade da madeira e celulose. Pesquisa de PEREIRA, publicada em 1968, dá conta que para o E. grandis e E. saligna, a idade de cinco anos era altamente indicada para produção de celulose. Pesquisas de FOELKEL, BARRICHELO & MILANEZ, 1975, revelam alguns resultados contraditórios para a influência da idade em E. paniculata, E. citriodora e E. saligna. O grande problema ao se estudar a influência da idade, é que isso só é possível se fazer de duas formas:

- a) Em um mesmo povoamento, amostrar-se algumas árvores anualmente e se analisá-las para madeira e polpa. O processo é demorado e os resultados aparecem a longo prazo. Existe ainda o problema de variação de metodologia ao longo dos anos.
- b) Em uma mesma época, amostram-se diversos povoamentos da mesma espécie em idades diferentes e se analisam as madeiras. O método é rápido mas não leva em conta as diferenças genéticas e

de desenvolvimentos existentes entre cada dos povoamentos.

É por estas razões que não existem resultados palpáveis sobre a influência da idade das árvores sobre a qualidade da madeira e celulose. Existem alguns estudos em andamento na Cenibra e na ESALQ, cujos resultados breve deverão ser publicados, segundo nosso conhecimento.

Uma coisa é certa: "a idade ótima de corte para produção de celulose deve depender de cada espécie e local e para sua determinação são necessários estudos econômicos, florestais (incrementos), de qualidade de madeira e de qualidade de celulose". Somente estudos aprofundados e rigorosos é que poderão defini-la.

3. Tratos silviculturais

A árvore, como ser vivo, responde bem a tratos aplicados ao longo de seu desenvolvimento. Práticas como fertilização, controle de luminosidade e espaço útil para exploração, irrigação, combate a pragas, combate a ervas daninhas, refletem-se em um crescimento mais vigoroso das árvores. A árvore, crescendo mais saudável, dá origem a madeira mais uniforme e em maior volume. Embora existam referências de que todas as práticas aceleradoras de crescimento se traduzem por ligeira perda de densidade da madeira, este fato não atrapalha, de forma alguma, a qualidade da mesma, nem da celulose resultante. Aliás, por qualidade não se entende apenas densidade básica da madeira, mas também uniformidade de dimensões, de características e de morfologia. Povoamentos florestais bem cuidados refletem-se em altos rendimentos volumétricos, com uma qualidade de madeira mais uniforme e consequentemente, com habilidade de conversão a polpa mais estabilizada.

Não são muitos os suportes científicos para a influência dos tratos silviculturais sobre a qualidade da celulose do eucalipto. A prática industrial porém não tem relatado qualquer tipo de perda de qualidade da celulose pela adoção de práticas silviculturais no campo, hoje tão usuais.

4. Doenças

A exceção do cancro, não existem doenças sérias a prejudicar a qualidade da madeira do eucalipto. O cancro causado pelo fungo Diaporthe cubensis, adquiriu expressão significativa em áreas tropicais úmidas, com alta precipitação, bem distribuída ao longo do ano, e baixa altitude. As espécies E. saligna e E. grandis, tradicionalmente recomendadas para produção de celulose, são das mais susceptíveis à doença. As influências que a doença causa são das mais variadas e todas danosas ao desenvolvimento do povoamento e à utilização da madeira. O incremento volumétrico é diminuído; muitas árvores morrem, a qualidade do "stand" é irregular; a regeneração por brotação diminui significativamente; a qualidade da madeira é irregular e piorada no que diz respeito às propriedades físicas, anatômicas e químicas; a qualidade da celulose é prejudicada a partir de incidências da doença em mais de 34 % das árvores.

Estudos sobre a influência do cancro do eucalipto sobre a qualidade da madeira e da celulose foram realizados por FOELKEL, ZVINAKEVICIUS & ANDRADE, 1976 e 1978. Os autores notaram como principais características das madeiras doentes, a maior densidade básica, fibras menores, mais estreitas e de paredes mais delgadas, vasos mais curtos e mais estreitos, altos teores de extrativos em água quente, álcool/benzeno e NaOH 1%, alto teor de lignina e menores teores de cinzas. Frente às alterações causadas pelo cancro na madeira surgiram problemas na conversão tecnológica da mesma. O principal destes problemas é a perda de rendimento em celulose, o que ocasiona um consumo maior de madeira por tonelada de celulose. O branqueamento e a resistência da celulose são também influenciados negativamente pelo cancro. É porém possível se produzir celulose kraft de qualidade quase similar à de madeira sadia, quando a taxa de infestação de árvores no povoamento for inferior a 34%. Neste caso, o inconveniente que se terá, será um consumo específico maior, na ordem de 3% a mais de madeira por tonelada de celulose. Infestações maiores do que 34% são prejudiciais. Deve-se evitar trabalhar com toda a madeira doente de povoamentos onde a incidência da doença seja em mais que 50% das árvores.

5. Presença de casca

Atualmente, com o encarecimento das operações de exploração florestal e com a crescente escassez de fibras para produção de celulose, ênfase especial tem sido dada ao uso de resíduos florestais pela indústria de celulose. Destes resíduos destacam-se casca, serragem, ponteiros, galhos, folhas e raízes. Resíduos lenhosos de outras indústrias de transformação da madeira são também cogitados a serem transformados em celulose e papel. Entre todos os resíduos fibrosos de origem florestal, a casca da árvore é aquele que tem maior potencial para ser imediatamente consumido pela indústria. Existem mesmo muitas indústrias que já se valem da casca como fonte auxiliar de matéria-prima fibrosa. Isso é perfeitamente lógico numa situação como a atual, onde a demanda por fibras está crescendo e a disponibilidade diminuindo. A tendência é se passar para uma mais completa utilização da árvore, como atesta o movimento, já em desenvolvimento, de utilização integral da árvore (whole-tree utilization concept).

Até há poucos anos atrás, a indústria de celulose era extremamente exigente quanto à matéria-prima: a madeira deveria ser aquela encontrada em toras do tronco, não tortuosas, livres de cascas, nós, etc., isentas de pragas e doenças, etc. Evidentemente, todos estes fatores quando controlados permitem melhor operação industrial e fornecem melhor qualidade de celulose. O inconveniente era que não se destinava um uso racional para o material desclassificado, o qual era simplesmente perdido. Hoje, com os problemas de falta de madeira que a humanidade vem enfrentando, o homem lamenta o material desperdiçado no passado pelo uso irracional das matas. A indústria de celulose é uma das indústrias de conversão da madeira que está tentando encontrar novas opções dentro do que existe nas florestas. O objetivo é se racionalizar o uso das fibras formadas pelas árvores. Fibras que hoje quase não estão sendo consumidas são as das cascas das árvores. E elas existem em quantidades que variam de 30 a 50% nas cascas, dependendo da espécie florestal. A forma de se utilizar proveitosamente estas fibras sem causar problemas extras à qualidade da celulose é que ainda precisa ser encontrada. Os principais problemas que têm aparecido pelo uso da casca da árvore, juntamente com os cavacos da madeira, são os seguintes:

- a) Problemas operacionais em:
- classificação dos cavacos;
 - alimentação e fluxo em digestores contínuos;
 - depuração da celulose pelo aumento do teor de feixes e rejeitos;
 - entupimento de filtros lavadores pelo material fino não fibroso da casca;
 - aumento no teor de sólidos do licor negro;
 - evaporação do licor negro fraco por problemas de incrustação de matéria orgânica e sílica;
 - maior formação de espumas.
- b) O rendimento em celulose, expresso em peso de celulose obtido por peso de matéria-prima fibrosa, diminui. Como consequência, a produção diária de uma fábrica já instalada diminui.
- c) A densidade da casca, sendo mais baixa que a da madeira, faz com que a casca ocupe relativamente um espaço maior do que seria ocupado somente por madeira. Como resultado o rendimento em peso de celulose por carga de digestor diminui.
- d) A casca consome maior quantidade de reagentes químicos, havendo portanto, um desperdício na eficiência dos mesmos.
- e) A presença de casca junto à madeira provoca o aparecimento de um grande número de pintas e sujeiras na celulose. Para a eliminação das mesmas é necessário um eficiente sistema de depuração centrífuga.
- f) Os extrativos e a cortiça da casca dificultam o branqueamento da celulose, havendo maior necessidade de reagentes químicos.
- g) As resistências físico-mecânicas da celulose diminuem pela presença da casca no cozimento.

Apesar de todas estas desvantagens, o uso da casca vem paulatinamente sendo incrementado. Isso porque as vantagens alcançadas pelo seu uso são maiores; quais sejam:

- a) colocação à disposição da indústria de uma nova e volumosa fonte de fibras a custo desprezível em relação aos processos de exploração florestal convencionais;
- b) diminuição nas operações florestais pela não necessidade de uma das mais onerosas atividades no campo que é o descascamen

to. O descascamento das toras no Brasil é quase que exclusivamente manual, com o baixo rendimento de 2 a 5 estéreos/homem / dia de madeira descascada.

A forma como a indústria de celulose tem procurado utilizar a casca da madeira é a clássica: toras de madeira com casca são picadas e transformadas em cavacos que alimentam os digestores. Como alternativas que algumas indústrias utilizam tem-se a mistura em proporções pré-estabelecidas de cavacos de madeiras com e sem casca.

Hoje existem muitos suportes científicos, mesmo para o eucalipto, sobre como a casca interfere na qualidade da celulose. Recentemente FOELKEL et alii, 1977, relataram o seguinte:

- a) Sabe-se que no Brasil, algumas fábricas, que utilizam o eucalipto, realizaram cozimentos kraft industriais com a madeira com casca e os problemas que ocorreram foram os esperados, somente que em menor intensidade do que se supunha.
- b) A casca do eucalipto apresenta em geral, relativamente à madeira, menor densidade básica, fibras mais longas e mais largas, índices de Runkel e fração parede menores e coeficiente de flexibilidade e índice de enfeltramento maiores. Os extrativos e cinzas são consideravelmente mais abundantes na casca e o teor de lignina é maior.
- c) A presença de casca em dosagens crescentes influencia negativamente o rendimento em celulose, a branqueabilidade da polpa e as resistências à tração e ao dobramento.
- d) Uma nova tecnologia de utilização da casca do eucalipto foi proposta, onde da casca se separavam as fibras do córtex, e apenas fibras eram dosadas aos cavacos na alimentação do digestor. O córtex, também denominado de medula, seria apropriado para geração de energia por queima.

Entretanto as informações sobre casca de eucalipto não podem ser generalizadas, pois a casca é muito variável de espécie para espécie. Em 1978, FOELKEL et alii, mostraram que a presença de casca no Eucalyptus deglupta em nada interferia na transformação desta madeira a celulose. Esta espécie é talvez uma das que menor teor de casca apresenta para as espécies comerciais do gênero.

6. Teor de umidade

Existe um consenso generalizado de que, embora o teor de umidade não seja limitante para o processo kraft, quanto maior e-la é na madeira, maior é a facilidade de difusão do licor e de deslignificação. Daí a melhor madeira para ser levada ao diges . tor, em termos de umidade, seria a madeira de árvores recém-abatidas. Isso raramente é possível, pois a exploração florestal exige que a madeira murche no campo para perder peso e baratear o transporte.

De forma geral, desde que o tempo de ascensão de temperatu ra no cozimento seja suficiente para que todo o cavaco seja im - pregnado, quando se alcança temperaturas acima de 150°C preferen - cialmente, o teor de umidade da madeira não causa maiores proble - mas no processo kraft. As dimensões dos cavacos se relacionam bastante com o fenômeno. Para madeira muito seca, a penetração do licor é melhorada pela diminuição da espessura dos cavacos.

Pode-se melhorar a penetração por pré-vaporização dos cava - cos e injeção a seguir do licor, que é avidamente absorvido.

Satisfatoriamente, o processo kraft consegue suplantar os problemas de diferenças em teor de umidade da madeira pelo incha - mento e hidratação dos cavacos em presença do álcali cáustico .

Para o processo sulfito e similares, excesso e falta de u - midade são prejudiciais. O ideal é se ter madeira com umidade próxima a 50%.

O teor de umidade da madeira, em pé, é relacionado inversa - mente à sua densidade, pois, maior a densidade, menor é o espaço disponível à planta para guardar água.

7. Teor de toras finas

As normas para aceitação de madeira na maioria das fábricas de celulose kraft de eucalipto mostram como diâmetro limite infe - rior o de 6 a 7 cm. Isso significa que toras com o diâmetro infe - rior menor que 6 ou 7 cm. tem aceitação restringida pelas fábri - cas consumidoras. Esta atitude se relaciona com os problemas que advem, para o manuseio desta madeira na floresta e na indústria, e por razões econômicas. Estas toras de diâmetros inferiores a 6

a 7 cm. são normalmente conhecidas na indústria por "finos".

A madeira de finos se compacta pouco quando estas toras são empilhadas. Com isso, a relação m^3 sólido/estéreo é tão inferior quanto a metade daquela de toras com diâmetro de 15 a 20 cm. Com isso o consumo específico de madeira por tonelada de celulose aumenta com o aumento de finos.

Operacionalmente, os maiores problemas dos finos misturados às toras mais grossas são as dificuldades de picagem, conduzindo a maiores teores de lascas e serragem.

Quanto à qualidade da celulose obtida de madeira de toras finas, sabe-se que esta não é significativamente diferente das obtidas de madeiras de toras mais grossas.

8. Armazenamento ou estocagem

Embora a madeira possa ser explorada o ano todo, não sendo pois sazonal, existe uma necessidade de que as companhias mantenham um pátio pulmão para estocagem na própria fábrica.

Esta providência é necessária para evitar falta de suprimento de cavacos à fábrica no caso de problemas na exploração florestal.

O pátio de madeira traz inúmeras vantagens pois, além de garantir madeira ao digestor, permite que se manuseie a madeira de forma a selecioná-la por tipo e se dosá-la na alimentação da fábrica de celulose. Por outro lado, o pátio de madeira representa um investimento estagnado, o que não é desejável para empreendimentos com fins lucrativos. A dimensão do pátio de madeira depende de dois fatores principais: consumo da fábrica e facilidades para corte e transporte da madeira. Quanto mais próxima e acessível é a floresta, menor é a dimensão necessária do pátio.

Os empreendimentos normais, que recebem madeira num raio de 100 km, podem dimensionar pátios de estocagem para de um a dois meses de capacidade. As condições locais é que determinarão estas dimensões.

Como exemplo, uma fábrica de 1000 toneladas/dia de celulose kraft branqueada de eucalipto, necessita de aproximadamente ' 5500 estéreos/dia de madeira. Isso significa que para um estoque

de um mês, a fábrica precisará de 165000 estéreos. Ao preço atual de US \$ 10,00 o estéreo posto fábrica, significa um investimento imobilizado de US 1.650.000,00.

A madeira pode ser armazenada de duas formas: na forma de toras ou de cavacos. Existem muitas discussões e opiniões sobre os dois sistemas. O sistema de armazenamento de cavacos mostra como principal vantagem a simplicidade de manuseio. Entretanto, existem opiniões de que as vantagens no manuseio não pagam as perdas de madeira por deterioração, as perdas de rendimento, os maiores consumos de produtos químicos e as perdas de resistência da celulose.

Na opinião do autor, o eucalipto responde bem ao armazenamento na forma de cavacos, desde que a pilha não seja dimensionada para períodos maiores do que dois meses. As condições locais é que definirão quais as melhores formas de se armazenar a madeira. Existe também a possibilidade de se associar pátio de toras de madeira com pilhas pulmões de cavacos.

A deterioração de madeira do eucalipto não é tão acentuada como pode parecer. Embora as toras descascadas escureçam rapidamente, o escurecimento é mais devido a oxidação de extrativos do que apodrecimento. Toras com cascas se preservam mais do que as descascadas. O mesmo não é verdade para cavacos com casca.

Recentemente, FOELKEL & ZVINAKEVICIUS, 1978, analisaram cavacos completamente deteriorados de madeira de eucalipto, e relataram que apenas pequena perda de rendimento ocorreu na conversão e que a celulose mostrava como única propriedade realmente afetada, a resistência ao rasgo. Mesmos tipos de tendências deve mostrar a madeira armazenada na forma de toras.

Uma coisa é certa: a melhor madeira é a madeira verde, recém-abatida. Esta conduz a maiores rendimentos e propriedades de celulose. O ideal seria que tomasse o mínimo de tempo entre o corte da árvore e o uso da madeira.

Como há tendência de se deixar a madeira secar no campo durante um a dois meses e se tomam de um a dois meses na estocagem da madeira na fábrica, o geral é se levar de dois a seis meses para o consumo da madeira após o abate. Seis meses é um prazo seguro para que estas operações de manuseio, transporte e ar -

mazenamento sejam efetuadas. Mais tempo do que isso, deve passar a representar perdas de peso, de rendimento e de qualidade da celulose. Todas estas perdas têm reflexos econômicos, além da perda que se tem pelo alto ciclo de retorno do capital empregado na madeira.

Frente a estas considerações, e ao fator do alto custo de transporte atualmente, sugere-se que seja sempre levado em conta em novos empreendimentos, o local de instalação da fábrica em relação ao manancial de madeira. Com isso, reduz-se os tempos de estocagem, e a madeira pode chegar quase verde à fábrica, na plenitude da qualidade que possuía na mata.

9. Picagem

A transformação da madeira a cavacos é a primeira fase da produção da maioria dos tipos de celulose. O objetivo é se aumentar a superfície de contato da madeira com o licor, aumentando sua acessibilidade pelo mesmo.

Cavacos são fragmentos de madeiras, mas antes de tudo, devem ter qualidade. As principais qualidades, que se referem a cavacos, são dimensões e uniformidade. Outras determinações de interesse são o teor de umidade e a densidade a granel.

Na transformação de toras a cavacos, a madeira aumenta seu volume aparente de 1,8 a 2,2 vezes para o eucalipto. Como já se mencionou antes, dimensões dos cavacos e sua uniformidade são aqui também as razões para esta variação.

Para a deslignificação exige-se também dimensões bem dentro de limites pré-estabelecidos e uniformidade. Estas duas características tão importantes são facilmente determinadas em jogos de peneiras que classificam a porcentagem de cavacos dentro de cada intervalo de dimensões.

Junto aos cavacos de dimensões ideais, encontram-se dois tipos de materiais indesejáveis e que resultam do próprio processo de picagem: serragem e cavacos super-dimensionados. A maior ou menor quantidade destes dependem do próprio picador (corte das facas, contra-facas, ajustagens, etc), da umidade da madeira, do comprimento e diâmetro das toras, etc. Tanto serragem como cavacos super-dimensionados são separados. A serragem ou é queimada

ou jogada fora e os cavacos super-dimensionados são re-picados e retornam a nova peneiragem.

A serragem não segue misturada aos cavacos pois consome ál cali demais e rende pouco em celulose. Esta afirmação entretanto só é válida para o pó fino, de dimensões inferiores às partículas que atravessam uma peneira de 10 malhas por polegada. Acompanhando do este pó, fino tem-se mini-cavaquinhos na proporção de 50% do peso da serragem. Pesquisas em andamento têm mostrado que estes pequenos fragmentos de madeira rendem 40 a 50% de celulose de qualidade apenas ligeiramente inferior à de cavacos normais, sob mesmas condições de cozimento. Como em geral se tem 2 a 4% do peso total de madeira que se perde como serragem, a metade deste valor é representada por fragmentos de madeira aproveitáveis para polpa.

Considerações mais cuidadosas devem ser feitas no caso de digestores contínuos, quando se desejar aproveitar parcialmente a serragem para polpa.

Dentre as dimensões dos cavacos, atribui-se como a mais importante para o processo kraft, a espessura. Trabalho de ANDRADE et alii, 1978, concluiu que os cavacos de 4 a 6 mm de espessura eram os mais indicados para obtenção de celulose kraft de eucalipto. Entretanto, os resultados obtidos para cavacos de espessura 2 a 4 mm e 6 a 8 mm eram também satisfatórios.

Além da espessura, deve-se atentar também para o comprimento dos cavacos, pois a velocidade de penetração do licor no sentido longitudinal ocorre mais rapidamente. Cavacos curtos podem ser impregnados mais rapidamente.

Os danos mecânicos que os cavacos podem sofrer na picagem, causados por facas cegas ou má regulagem, ou no manuseio, afetam principalmente a qualidade da celulose sulfito. Embora não se relatem influências sérias destes danos mecânicos ao processo kraft, alguns pesquisadores sugerem que eles sejam evitados mesmo para o processo kraft.

10. Manuseio da madeira

O manuseio da madeira é responsável por perdas de qualidade

da mesma para celulose. Os problemas do manuseio começam no campo, onde a madeira é descascada manual ou mecanicamente, sofrendo nesta operação algumas perdas de material. A seguir a madeira é empilhada e recebe em geral, contaminantes como terra, folhas, etc, que se grudam à sua superfície úmida. No transporte, do campo até a fábrica costuma ocorrer um dos maiores problemas no manuseio: a mistura de tipos diferentes de madeira. A madeira, que chega à fábrica, provém de áreas diversas, logo se não houver uma iniciativa de se separá-las, ocorrerá mistura de qualidades.

No pátio de madeira, as toras são manuseadas pelo menos duas vezes, na descarga e empilhamento e na retirada aos picadores.

O controle da qualidade da madeira, que segue aos picadores, é desejável para se manter uniformidade. Deve-se atentar para: espécie de madeira, dimensões das toras, tempo de armazenamento, etc.

Logo após o picador, os cavacos são classificados e soprados (transporte pneumático) ou transportados mecanicamente para uma pilha de cavacos ou silo do digestor. O transporte mecânico causa menos danos aos cavacos que o pneumático. Devido aos impactos dos cavacos com as tubulações na sopragem, costuma-se aumentar o teor de palitos nos cavacos. Entretanto, o sistema pneumático mostra vantagens como a facilidade de controle e flexibilidade de execução.

No caso de pilhas de cavacos, onde o movimento dos mesmos é feito por tratores com caçambas, costuma-se argumentar que a ação mecânica de atrito das rodas ou esteiras do trator sobre os cavacos causa danos aos mesmos. O teor de serragem é relatado aumentar. A solução que se propõe é se realizar a classificação dos cavacos após a pilha de estocagem.

Outro inconveniente que se reporta ao uso de pilhas grandes de cavacos é a contaminação dos mesmos com poeira mineral, prejudicando sua qualidade para celulose.

RESUMO

Procurou-se neste artigo discutir sucintamente as principais causas de variação da qualidade da celulose do eucalipto, partindo-se da qualidade da madeira desde a árvore até o digestor. Ênfase especial foi dada ao processo kraft por ser este o mais difundido no Brasil para a conversão da madeira do eucalipto para celulose.

BIBLIOGRAFIA

- . ANDRADE, J.O.M., ZVINAKEVICIUS, C. & FOELKEL, C.E.B. - Estudos sobre a influência da espessura dos cavacos de eucalipto sobre a qualidade da celulose kraft correspondente. Cenibra Pesquisa, Belo Oriente, nº 38, 16p, 1978.
- . FOELKEL, C.E.B., BARRICHELO, L.E.G. & MILANÉZ, A.F. - Estudo comparativo das madeiras de Eucalyptus saligna, E. paniculata, E. citriodora, E. maculata e E. tereticornis para produção de celulose sulfato. IPEF 10 : 17 - 37, 1975.
- . FOELKEL, C.E.B., ZVINAKEVICIUS, C. & ANDRADE, J.O.M. - Avaliação da qualidade da madeira de Eucalyptus saligna e Eucalyptus grandis afetados por cancro. O Papel, São Paulo, 37 (12) : 113 - 124, 1976.
- . FOELKEL, C.E.B., ZVINAKEVICIUS, C. & ANDRADE, J.O.M. - O cancro do eucalipto e sua influência sobre a qualidade da celulose kraft. Cenibra Pesquisa, Belo Oriente, nº 58, 34p, 1978.
- . FOELKEL, C.E.B., ZVINAKEVICIUS, C.; ANDRADE, J.R.; KATO, J. & MEDEIROS SOBRINHO, J. - Eucaliptos tropicais na produção de celulose kraft. Cenibra Pesquisa, Belo Oriente, nº 68, 31p, 1978.
- . FOELKEL, C.E.B. & ZVINAKEVICIUS, C. - Estudo da influência da deterioração de cavacos de eucalipto nas propriedades da celulose kraft. Cenibra Pesquisa, Belo Oriente, nº 80, 21p, 1978.
- . FOELKEL, C.E.B., ZVINAKEVICIUS, C.; SIQUEIRA, L.R.O.; KATO, J. & ANDRADE, J.O.M. - Casca desmedulada de eucalipto: uma nova opção como fonte de fibras para a indústria de celulose kraft. X Congresso Anual da ABCP. Trabalhos Técnicos, 1977.

- . PEREIRA, R.A.G. - Estudo comparativo das propriedades físico - mecânicas da celulose sulfato de madeira de Eucalyptus saligna, E. alba e E. grandis. Piracicaba, ESALQ, tese de doutoramento, 1969.

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS



I P E F

(Declarado de Utilidade Pública pela Lei n.º 441 de 24 de Setembro de 1974)

CAIXA POSTAL 9 - FONE. 33-2080 - ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA -LUIZ DE QUEIROZ-
PIRACICABA - ESTADO DE SÃO PAULO

CONVÊNIO

USP - ESALQ - DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA

E

INDÚSTRIAS LIGADAS AO SETOR FLORESTAL

BOLETIM INFORMATIVO

I CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE A QUALIDADE DA MADEIRA

PROMOÇÃO IPEF - ABCP

XI CONGRESSO ANUAL DA ABCP

São Paulo (SP) 22 e 25/novembro/1978

IPEF - 10 ANOS DE INTEGRAÇÃO UNIVERSIDADE-EMPRESA

ABCP - ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL

B. Inf.	Piracicaba	v.6	nº 20	nov.	1978
---------	------------	-----	-------	------	------

S U M Á R I O

1. Melhoramento Genético da Densidade da madeira de Eucalipto.
M. FERREIRA, P. Y. KAGEYAMA, A-1
2. Variação da Densidade Básica da Madeira de *Eucalyptus* spp
em função da idade e qualidade de local.
C. A. FERREIRA, M. DE FREITAS, M. FERREIRA B-1
3. Efeitos da Fertilização na Qualidade da Madeira
W. S. JACOB, E. A. BALLONI C-1
4. Avaliação Técnico-Econômica da Produção de Celulose de Madeira
Não-descascada de *Pinus caribaea* e *Eucalyptus grandis*
J. O. BRITO, L. E. G. BARRICHELO, R. C. D. GARLIPP D-1
5. Madeira do Eucalipto: Da Floresta ao Digestor.
C. E. B. FOEKEL E-1
6. Uso de Métodos Nucleares no Estudo da Qualidade da Madeira
M. TOMAZELLO FILHO, E. S. B. FERRAZ, M. G. CARNEIRO F-1