

Efeito da adição de pasta APMP de eucalipto nas propriedades da polpa kraft branqueada de *Pinus radiata*

The effect of eucalyptus APMP fibers reinforcement on Radiata Pine kraft pulp properties

Mauro Manfredi¹, Jorge L. Colodette², Rubens C. Oliveira², e Eric C. Xu³

¹Forestry B.S. Student, UFV, Viçosa, MG, Brasil
mauromanfredi@vicosa.ufv.br

²Full professor, UFV, Viçosa, MG, Brasil

³Andritz Inc., Springfield, OH, EUA

RESUMO

Polpas Kraft de *Pinus spp* são usadas em larga escala para a fabricação de papeis de alta resistência. A qualidade dessas polpas tem sido aperfeiçoada pelo avanço nos programas de qualidade da madeira e pela escolha de espécies de *Pinus spp* mais adequadas. A qualidade de papéis produzidos de fibras de *Pinus spp* pode ser melhorada ainda mais pela mistura com outras fibras. A mistura de fibras de *Pinus spp* com fibras curtas tem sido prática comum. Neste estudo foi avaliado impacto da mistura de pasta mecânica de eucalipto de alta alvura, em diferentes proporções (10-40% de substituição), proveniente do processo de polpação P-RC APMP, nas propriedades da polpa Kraft branqueada de *Pinus radiata*. As misturas de polpa foram refinadas em moinho PFI e avaliadas quanto às suas principais propriedades físicas. Verificou-se que com a mistura de pasta mecânica a força de ligação entre as fibras Kraft de *Pinus radiata* aumenta. Para um mesmo índice de tração, o índice de rasgo, a opacidade, o módulo de elasticidade e o alongamento aumentam com o aumento da proporção de pasta mecânica. Concluiu-se que algumas propriedades da polpa Kraft de *Pinus radiata* podem ser melhoradas pela adição de até 30% e pasta mecânica de eucalipto.

ABSTRACT

Kraft pulps derived from pine species are largely used for high strength paper products. The quality of such pulps has been improved significantly in the last decades through advances in wood quality and adequate choice of pine species. The quality of pine fibers can be further improved by incorporating other fibers to them. In fact, the mixture of pine fibers with hardwood fibers is common practice around the world. An alternative to further improve the quality of pine fibers is by mixing them with wood fibers produced by modern techniques. This study evaluated the impact of mixing 10-40% of eucalyptus wood

fibers produced by the P-RC APMP process on the *Pinus radiata* fiber properties. The pulp mixes were beat in a PFI mill and evaluated for the main physical properties. It was observed that the eucalyptus wood fibers improve the bonding capacity of the *Pinus radiata* fibers. At a given tensile strength, the properties of tear index, modulus of elasticity, stretch and opacity of the pulp mix increase with increasing proportion of eucalyptus wood fibers. It is concluded that addition of up to 30% eucalyptus wood fibers to *Pinus radiata* kraft pulp is viable alternative to improve some of its properties.

Palavras-chave: *Pinus radiata*, P-RC APMP, misturas de polpa, propriedades da celulose.

Keywords: *Pinus radiata*, P-RC APMP, blend of pulp, pulp properties.

INTRODUÇÃO

Mistura de polpas vem sendo estudadas ao longo dos anos visando, principalmente, melhorar as propriedades do produto final. Misturar polpas também pode favorecer o processo de produção diminuindo os gastos com energia, matéria prima, reagentes e tratamento de efluentes. Um outro objetivo da mistura de fibras é o aumento de produtividade da fábrica de papel.

Nesse estudo foi avaliada a mistura de pasta mecânica branqueada P-RC APMP (*Preconditioning followed by Refiner Chemical treatment Alkaline Peroxide Mechanical Pulping*) de eucalipto com polpa kraft branqueada de *Pinus radiata*. A pasta mecânica foi utilizada por apresentar alto volume específico aparente e alvura compatível com a da polpa kraft de *Pinus radiata*. A pasta P-RC APMP é do tipo quimiotermomecânica, sendo produzida a partir de cavacos pré-tratados com hidróxido de sódio e peróxido de hidrogênio estabilizado e, em seguida, desfibrada em refinador de discos para a obtenção do material fibroso. O pré-tratamento tem como objetivo amaciar os cavacos diminuindo assim o consumo de energia durante o desfibramento e facilitando o desenvolvimento de resistências.

No processo de tratamento, os cavacos são acondicionados em alta pressão para remover substâncias solúveis em água que poderiam prejudicar a ação do Peróxido. Em seguida, a pressão é liberada e os cavacos são impregnados pelo licor e mantidos por um determinado tempo em um silo até que os reagentes penetrem por completo nos cavacos. Esse tempo de reação varia conforme a espécie vegetal e a quantidade de reagentes utilizados. Assim que a reação se completa os cavacos seguem para um outro estágio de tratamento ou direto para o refino. O Refino pode ser feito pressurizado ou atmosférico,

sendo a última modalidade mais interessante quando se deseja pasta de mais alta alvura. Existem outros processos quimiotermodomecânicos (CTMP, APMP e CCS), mas para a madeira de eucalipto, o P-RC APMP tem se mostrado o mais efetivo em termos de investimento, custos operacionais, eficiência química, tratamento de efluentes e qualidade de produto (Xu,1998).

O eucalipto pode ser uma excelente matéria prima para fabricar pastas mecânicas. Xu (1998) relata que algumas madeiras de eucalipto da América do Sul podem originar pastas mecânicas APMP com boas propriedades de resistência, até mesmo melhores que as de algumas pastas TMP de fibra longa Norte Americanas. As polpas provenientes de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* apresentaram as melhores qualidades, especialmente em relação ao volume específico aparente.

As pastas originadas de processos quimiotermodomecânicos formam folhas com alto volume específico aparente e opacidade, além de apresentarem menor custo de produção devido aos seus altos rendimentos. Portanto, ao se misturar pasta APMP à polpa Kraft de *Pinus radiata*, se objetiva introduzir algumas das características desejáveis das pastas mecânicas na polpa Kraft, desta forma se aperfeiçoando o processo de fabricação de papel no que tange ao custo de produção e qualidade do produto acabado.

As propriedades de polpas Kraft e APMP diferem pela natureza e quantidade de ligação superficial entre fibras. As fibras APMP possuem mais hemiceluloses na superfície de ligação em relação às polpas Kraft, o que intensifica a ligação entre as fibras e aumenta a força dessas ligações. Em seus estudos Xu (1998) observou que a adição de até 20% de pasta P-RC APMP à polpa Kraft de eucalipto reduz sua resistência ao rasgo, mas aumenta suas propriedades de tração e TEA (*tensile energy absorption*) a um dado volume específico aparente (*bulk*) ou resulta num maior *bulk* para uma mesma resistência a tração.

Além da melhoria de qualidade do produto final, uma das vantagens de se adicionar pasta mecânica à polpa Kraft é a diminuição do custo do produto. Processos quimiotermodomecânicos resultam em rendimentos de 80% a 93% (Penna, 2005) enquanto o processo Kraft alcança no máximo algo em torno de 55% de rendimento. A introdução, mesmo que em pequenas proporções, de APMP diminui, consideravelmente, o consumo de madeira da fábrica. Outro aspecto importante a ser considerado é a baixa demanda de capital para se implantar uma fábrica de pasta mecânica em relação à de celulose Kraft (Ignez, 2005).

Ignez (2005) observou que a adição de pastas de alto rendimento à polpa Kraft de fibra curta causou problemas operacionais na fabricação de papel, pois reduziu a eficiência de retenção na tela formadora. Esta perda de eficiência foi atribuída à presença em grandes quantidades de finos na pasta mecânica e, conseqüentemente, o papel produzido apresentou menor homogeneidade e menor resistência devido a grande quantidade de espaços vazios na folha. Tal problema pode ser contornado utilizando-se pasta mecânica de melhor qualidade, com menos finos e finos de melhor qualidade tais como os produzidos no processo P-R APMP, por exemplo.

As propriedades objetivadas na produção de celulose dependem do tipo de produto final. Logo, a mistura de polpas pode ser desejável ou não de acordo com o tipo de produto que se deseja produzir. A tendência na produção de papel imprensa é diminuir a gramatura do papel, o que resulta em diminuição da resistência e da opacidade do mesmo (Penna, 2005). Misturar pasta quimiotermodomecânica do tipo P-RC APMP à polpa Kraft pode ser uma boa alternativa, pois ela apresenta boa resistência e opacidade (Penna, 2005).

O principal objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos da adição de pasta P-RC APMP à polpa Kraft, com isso saber até quanto de pasta de alto rendimento P-RC APMP branqueada de eucalipto se pode adicionar à polpa Kraft branqueada de *Pinus radiata* sem que ocorra perda das propriedades desejáveis, e quais dessas propriedades podem-se melhorar com a adição da pasta P-RC APMP.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi utilizada polpa kraft branqueada de *Pinus radiata* e pasta quimiotermodomecânica branqueada. As características iniciais das duas amostras estão apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1. Caracterização da amostras de pasta P-RC APMP de eucalipto e polpa kraft de *Pinus radiata*.

Table 1. Characterization of eucalyptus P-RC APMP and *Pinus radiata* kraft pulps.

| Características | Kraft | P-RC APMP |
|-----------------|-------|-----------|
| Alvura, % ISO | 87,6 | 86,5 |
| Opacidade, % | 74,2 | 75,0 |

Para estudar a interferência nas propriedades da polpa Kraft de *Pinus radiata* causada pela adição da polpa P-RC APMP, as polpas foram misturadas em várias proporções e refinadas em várias intensidades em moinho PFI (500-5500 Rev.). Os níveis de refino foram selecionados de tal forma a se alcançar um grau

de drenagem de 180-300mL CSF. O experimento foi realizado misturando as polpas antes do refino. Foram misturadas frações de 0, 10, 20, 30 e 40% de P-RC APMP à polpa Kraft de *Pinus radiata*.

Para realização dos testes físico-mecânicos das polpas sem refino e as respectivas polpas refinadas foram formadas folhas laboratoriais, em formador do tipo Tappi, obedecendo à metodologia estabelecida pela Tappi. As folhas foram acondicionadas em ambiente com umidade relativa do ar de 50±2% e temperatura de 23±1°C. Os testes foram realizados utilizando os seguintes equipamentos: Rasgo: Elmendorf; Arrebetamento: Mullen; Resistência à passagem de ar: Porosímetro de Gurley; Espessura de folhas: Micrômetro. As determinações relativas aos testes de tração, ou seja, índice de tração, alongamento, energia absorvida pelo corpo de prova em regime de tração (TEA) e módulo de elasticidade específico (MOE), ou seja, índice de rigidez sob força de tração, foi realizado em aparelho de testes do tipo Instron-modelo 4204, conforme norma Tappi T494 om-88, com as seguintes condições de teste: Velocidade de teste de 25 mm/min.; Capacidade da célula de carga de 1000N; Dimensões do corpo de prova de 160 x 15 mm e distância entre garras de 100 mm. A leitura dos valores das forças aplicadas foi feita pelo uso de célula de carga e, a determinação das deformações pelo deslocamento da barra de tracionamento do equipamento. Ambas os sistemas foram conectados através de um sistema de aquisição de dados controlado por computador, o qual permite o controle automatizado do sistema responsável pela coleta de dados e derivação das propriedades.

As análises experimentais foram realizadas conforme procedimentos e metodologias padronizadas de acordo com normas técnicas da “Technical Association of Pulp and Paper Industry” (TAPPI) conforme mostrado no Quadro 2.

Quadro 2: Procedimentos analíticos
Picture 2: Analytical procediments

| | |
|--|-------------|
| Refino em moinho tipo PFI | T 248 wd-97 |
| Formação de folhas laboratoriais de papéis | T 205 sp-95 |
| Gramatura de papéis | T 220 sp-96 |
| Testes físicos de papéis | T 220 sp-96 |
| Resistência ao arrebetamento | T 403 om-97 |
| Espessura de folhas de papéis | T 411 om-97 |
| Resistência ao rasgo (Elmendorf) | T 414 om-98 |
| Resistência a tração ⁽¹⁾ | T 494 om-96 |
| Resistência à passagem de ar | T 536 om-96 |
| Peso específico aparente | T 220 sp-96 |
| Volume específico aparente | T 220 sp-96 |

NOTA ⁽¹⁾: O teste de resistência à tração foi realizado em equipamento do tipo Instron modelo 4204 com sistema computadorizado de aquisição, análise e saída de dados, com distância entre garras de 100mm,

velocidade de teste de 25mm/min e capacidade da célula de carga de 1000N. Simultaneamente, este teste nos fornece resultados das seguintes propriedades: Força a ponto de ruptura, índice de tração, tensão e deformação ao limite de proporcionalidade (elasticidade), energia de deformação (TEA) e módulo de elasticidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme pode ser observado na Figura 1, a introdução da pasta P-RC APMP reduz a demanda de refino para se atingir certo grau de *freeness* da mistura de polpas. Enquanto com 3.000 rotações no moinho PFI a polpa kraft alcançou um valor de *freeness* de 460ml, a amostra contendo 40% de P-RC APMP apresentou valor semelhante de *freeness* sem ser refinada. Isso se deve à grande quantidade de finos presentes em pastas quimiotermodinâmica que tendem a reduzir a capacidade de drenagem da polpa. Portanto, como a intensidade de aplicação de refino é reduzida, o equivalente em consumo de energia nesta operação é menor.

Na figura 2 é possível observar que, ao contrário do esperado, a pasta mecânica não proporcionou um aumento no *bulk* do papel para um mesmo índice de tração.

A figura 3 ilustra o efeito que a pasta mecânica tem sobre a porosidade do papel. Devido ao teor elevado de finos (46%) da pasta APMP, quanto maior sua proporção na mistura, mais finos são introduzidos, os quais preenchem os espaços interfibrilares dificultando assim a passagem de ar. Não apenas a quantidade de finos, mas também as suas formas são importantes.

As figuras 4 e 5 mostram que a pasta APMP não afeta significativamente a resistência ao arrebetamento e energia de deformação para amostras com mesma resistência à tração.

A figura 6 indica um ganho considerável do índice de rasgo para folhas com menores índices de tração. Já para índices de tração mais elevados a pasta APMP não alterou a resistência ao rasgo. A amostra contendo 40% de APMP já apresentou resistência ao rasgo inferior a da amostra 30% APMP, indicando que a substituição de 30% da polpa kraft por pasta APMP é a melhor proporção.

A figura 7 mostra que a adição de pasta APMP à polpa kraft melhora a opacidade do papel, fato esse que se deve à grande quantidade de finos existentes na pasta APMP. As figuras 8 e 9 mostram que a pasta APMP aumentou o alongamento e o módulo de elasticidade da polpa kraft para índices de tração próximos a 30 N.m/g.

CONCLUSÕES

Substituindo até 30 % da polpa kraft de *Pinus radiata* por pasta P-RC APMP há modificações consideráveis em algumas propriedades dos papéis obtidos. Modificações essas que podem ser positivas e de consideráveis benefícios dependendo da finalidade do papel.

A pasta mecânica aumenta significativamente a resistência ao rasgo e a opacidade do papel kraft branqueado de *Pinus radiata* para um mesmo índice de tração.

REFERÊNCIAS

1. Penna, V. I. "O Potencial de Utilização de Pasta de Alto Rendimento". 2005 Tese de mestrado UFV.
2. Ingez, N. N. "Influência do Uso de Pastas Quimiotermodomecânica no Andamento de Máquina de Papel" 2005 Tese de mestrado UFV.
3. Xu, E. C. "Mechanical Pulping of South American Eucalyptus – Technology, Pulp Properties and Application Potential". 1st ABTCP Pulping Technology Conference – São Paulo, Brazil, May 5-7, 1998.
4. Xu, E. C. & Teubner, D., "Comparison of Chemical and Chemical Mechanical Pulp from Hardwoods", 2nd International Symposium on Emerging Technologies of Pulping and Paper-Marking, Guangzhou, China, (Oct. 8-11, 2002).

ANEXOS

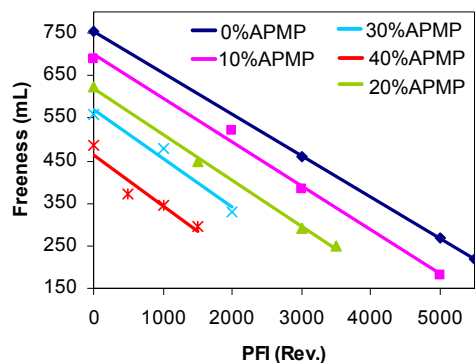


Figura 1 – Revoluções PFI vs Freeness
Figure 1 – PFI vs Freeness

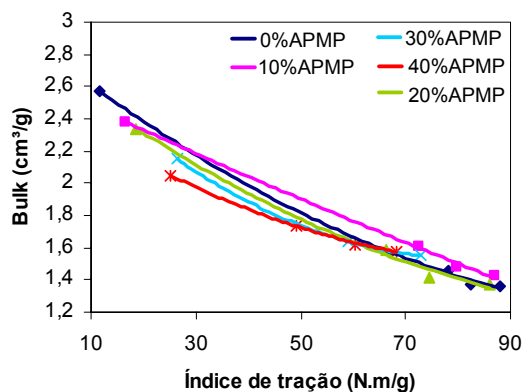


Figura 2 – Índice de tração vs bulk
Figure 2 - Tensile index vs bulk

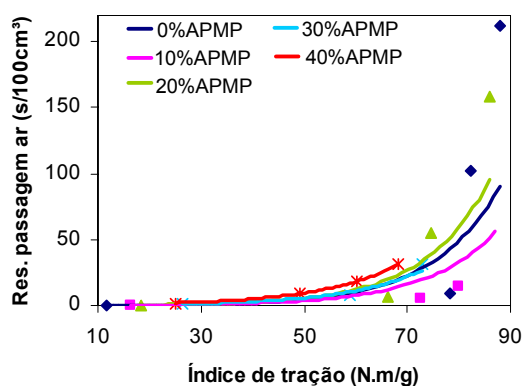


Figura 3 – Índice de tração vs resistência à passagem de ar
Figure 3 – Tensile index vs air resistance

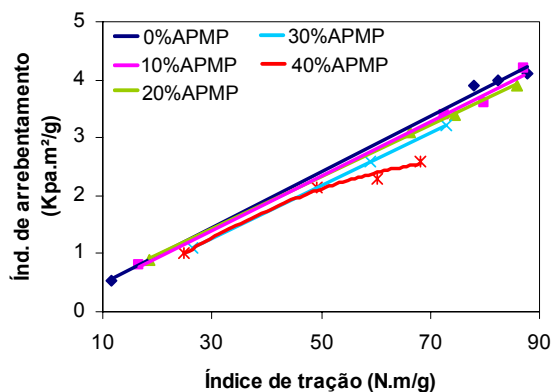


Figura 4 – Índice de tração vs índice de arrebentamento
Figure 4 – Tensile index vs burst index

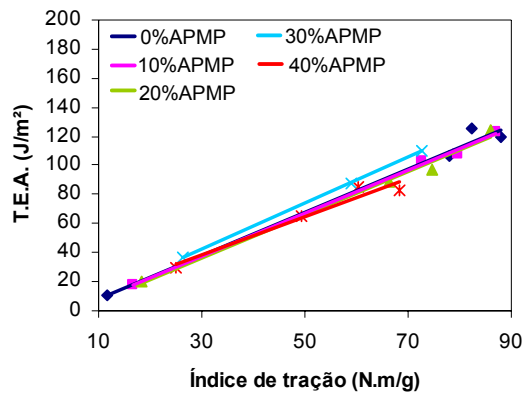


Figura 5 - Índice de tração vs energia de deformação
Figure 5 – Tensile index vs tensile energy absorption

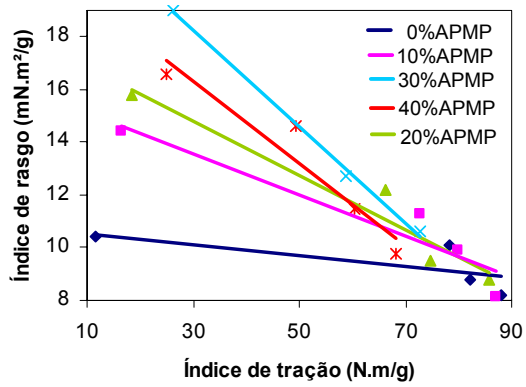


Figura 6 - Índice de tração vs índice de rasgo
Figure 6 – Tensile index vs tear index

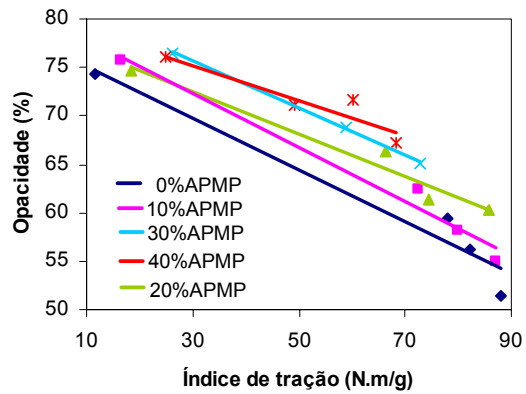


Figura 7 - Índice de tração vs opacidade
Figure 7 – Tensile index vs opacity