

EFEITO DA ADIÇÃO DE PASTA APMP DE EUCALIPTO NAS PROPRIEDADES DA POLPA KRAFT BRANQUEADA DE *Pinus radiata*

Mauro Manfredi¹, Jorge Luiz Colodette², Flaviana Reis Milagres³,
Rubens Chaves de Oliveira⁴, Eric Chao Xu⁵

(recebido: 15 de outubro de 2007; aceito: 29 de fevereiro de 2008)

RESUMO: Polpas kraft de *Pinus spp* são usadas em larga escala para a fabricação de papéis 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 o impacto da mistura de pasta mecânica de eucalipto de alta alvura, em diferentes proporções (10 a 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 a mistura de pasta mecânica aumentou a força de ligação entre as fibras kraft de *Pinus radiata*. Para um mesmo índice de tração, o índice de rasgo e a opacidade aumentaram 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% de pasta mecânica de eucalipto.

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

THE EFFECT OF *Eucalyptus* APMP FIBERS REINFORCEMENT ON *Pinus radiata* KRAFT PULP PROPERTIES

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 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.

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

1 INTRODUÇÃO

A mistura de polpas vem sendo estudada ao longo dos anos visando, principalmente, melhorar as propriedades do produto final, favorecer o processo de produção diminuindo os gastos com energia, matéria-prima, reagentes e tratamento de efluentes e também, aumentar a produtividade da fábrica de papel.

Entre os processos quimiotermodinâmicos, o P-RC APMP (*Preconditioning followed by Refiner Chemical treatment Alkaline Peroxide Mechanical Pulping*) tem se mostrado adequado para a madeira de eucalipto, sendo efetivo em termos de investimento, custos operacionais, eficiência química, tratamento de efluentes e qualidade do produto (XU, 1998).

¹Graduando do Departamento de Engenharia Florestal – Laboratório de Celulose e Papel – Universidade Federal de Viçosa – 36570-000 – Viçosa, MG – mauromanfredi@vicosa.ufv.br

²Professor do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa – Laboratório de Celulose e Papel – 36570-000 – Viçosa, MG – colodett@ufv.br

³Graduanda do Departamento de Engenharia Florestal – Laboratório de Celulose e Papel – Universidade Federal de Viçosa – 36570-000 – Viçosa, MG – flavianamilagres@yahoo.com.br

⁴Professor do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa – Laboratório de Celulose e Papel – 36570-000 – Viçosa, MG – rchaves@ufv.br

⁵Principal Scientist – Andritz Pilot Plant and R&D Lab – 3200 Upper Valley Pike – Springfield, OH 45504 USA – eric.xu@andritz.com

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 (*Thermo Mechanical Pulp*) de fibra longa norte-americanas, sendo que pastas 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*, objetiva-se introduzir algumas das características desejáveis das pastas mecânicas, na polpa kraft.

Além da melhoria de qualidade do produto final, uma das vantagens de se adicionar pasta mecânica à polpa kraft é a diminuição dos custos de produção, visto que processos quimiotermodomecânicos resultam em rendimentos de 80% a 93%, enquanto o processo kraft alcança, no máximo, algo em torno de 55% (PENNA, 2005). A introdução de pasta APMP deve contribuir para a redução no consumo de madeira da fábrica. Outro aspecto importante a ser considerado, reforçando a importância do uso dessas pastas em misturas, é a menor demanda de capital para se implantar uma fábrica de pasta mecânica em relação à de celulose kraft, conforme comentado por Ignez (2005).

Objetivou-se, neste trabalho, principalmente avaliar os efeitos da adição de pasta P-RC APMP, branqueada de eucalipto, à polpa kraft branqueada de *Pinus radiata*, quantificando os impactos sobre as propriedades do papel que caracterizam sua qualidade, em função dos teores de pasta P-RC APMP adicionados.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo foi avaliada a mistura de pasta mecânica, branqueada P-RC APMP de eucalipto, com polpa kraft, branqueada de *Pinus radiata*. A pasta mecânica foi utilizada por apresentar alto volume específico aparente (*bulk*) e alvura compatível com a da polpa kraft de *Pinus radiata*. A pasta P-RC APMP é do tipo quimiotermodomecânica, sendo produzida a partir de cavacos pré-tratados com hidróxido de sódio e peróxido de hidrogênio estabilizado e, em seguida, desfibrados 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. As características iniciais das duas amostras são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização das 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 influência nas propriedades da polpa kraft de *Pinus radiata* causada pela adição de pasta P-RC APMP, foram produzidas, em laboratório, misturas de polpa com 0, 10, 20, 30 e 40% de pasta P-RC APMP à polpa kraft branqueada de *Pinus radiata*, não refinada. As misturas foram refinadas, em moinho PFI, sob quatro diferentes níveis de revoluções (500 a 5000) visando obter misturas refinadas com CSF (*Canadian Standard Freeness*), na faixa de 180 a 300mL.

Para realização dos testes físico-mecânicos das polpas com e sem refino foram formadas folhas laboratoriais, em formador do tipo TAPPI (*Technical Association of Pulp and Paper Industry*), obedecendo à metodologia estabelecida pela TAPPI. Para cada nível de moagem foram formadas 12 folhas, utilizadas para cada determinação conforme número de corpos de prova prescritos pela metodologia específica, conforme Tabela 2. As folhas foram acondicionadas em ambiente com umidade relativa do ar de $50 \pm 2\%$ e temperatura de $23 \pm 1^\circ\text{C}$. Os testes foram realizados utilizando os seguintes equipamentos: Rasgo: Elmendorf; Arrebatamento: 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. Ambos os equipamentos foram conectados através de um sistema de aquisição de dados controlado por computador, o que permite o controle automatizado da coleta de dados e derivação das propriedades.

As análises experimentais foram realizadas conforme procedimentos e metodologias padronizadas de acordo com normas técnicas da TAPPI, e apresentam-se na Tabela 2.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A adição da pasta P-RC APMP reduziu a demanda de energia de refino para se atingir certo grau de *freeness* da mistura de polpas com relação à polpa kraft branqueada (polpa pura). Com 3.000 revoluções no moinho PFI, a polpa kraft alcançou um valor de *freeness* de 460 ml, valor esse obtido com a mistura com 40% de P-RC APMP, porém sem ser refinada (Figura 1). Provavelmente, isso se deva à grande quantidade de finos presentes em pastas quimiotermodinâmicas que tendem a reduzir a capacidade de drenagem da polpa (IGNEZ, 2005). Portanto, como a intensidade de aplicação de refino é reduzida, o equivalente em consumo de energia nessa operação é menor.

Hu et al. (2004) observaram que a substituição de até 15% de polpa kraft por pasta de alto rendimento aumenta o grau de colagem da massa de papel. Em estudo semelhante, onde algumas misturas entre polpas químicas de fibra curta e de fibra longa foram misturadas com pasta mecânica de eucalipto, Neves et al. (1991) concluíram que é possível produzir papel off-set usando uma pequena quantidade de pasta mecânica, com gramatura menor, sem que as outras propriedades sejam consideravelmente prejudicadas.

Na Figura 2 observa-se a relação entre o volume específico (*bulk*) e a resistência à tração. Não foram observados os resultados encontrados por Xu (1998) de aumento do *bulk* para o mesmo valor de índice de tração.

Observa-se, no entanto, que o aumento do teor de pasta P-RC APMP levou ao aumento do índice de tração inicial da mistura das polpas, mantendo-se o volume específico (*bulk*) mais ou menos constante. Esse fato evidencia a redução da quantidade de energia de refino, quando do aumento do teor de pasta P-RC APMP em mistura, para a produção de papéis com similares características de qualidade.

Ilustra-se pela Figura 3 o efeito que a pasta mecânica teve sobre a porosidade do papel. Devido ao teor elevado de finos (46%) da pasta APMP, quanto maior sua proporção na mistura, mais finos estarão presentes preenchendo os espaços inter-fibrilares, dificultando assim a passagem de ar.

Tabela 2 – Procedimentos analíticos.

Table 2 – Analytical procedures.

Parâmetros	Procedimentos
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 arrebentamento	T 403 om-97
Espessura de folhas de papéis	T 411 om-97
Resistência ao rasgo (Elmendorf)	T 414 om-98
Resistência a tração	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

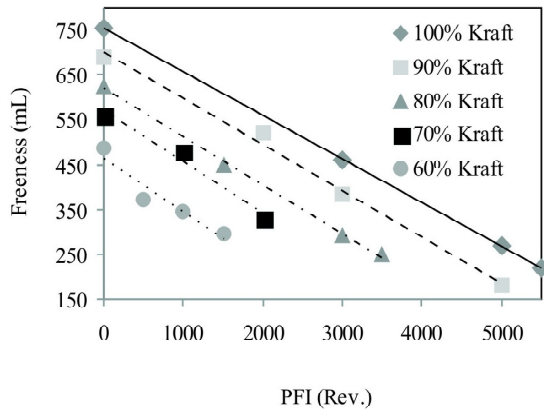


Figura 1 – Revoluções PFI vs *Freeness*.

Figure 1 – PFI revolutions x *Freeness*.

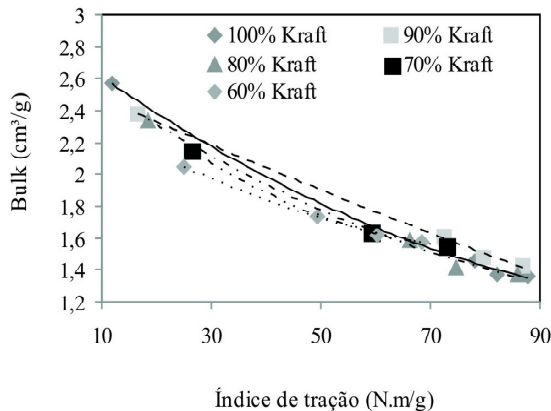


Figura 2 – Índice de tração vs bulk.

Figure 2 – *Tensile index* x bulk.

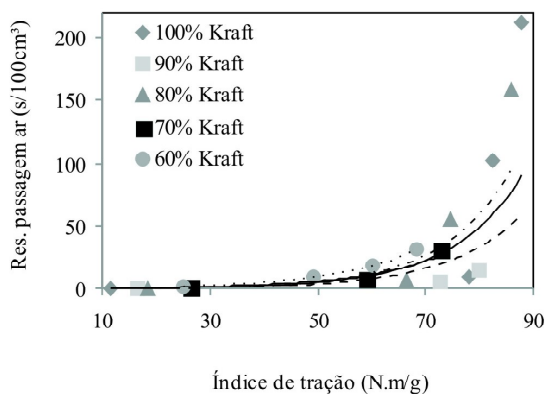


Figura 3 – Índice de tração vs resistência à passagem de ar.

Figure 3 – *Tensile index* x air resistance.

Observa-se, nas Figuras 4 e 5 que a adição da pasta APMP não afetou significativamente a relação entre as resistências ao arrebentamento e a energia absorvida nas ligações entre fibras (TEA) e a resistência à tração do papel. Esse comportamento pode ser explicado pelo fato de que as três propriedades são dependentes da capacidade de ligação entre as fibras. Na Figura 1, observou-se aumento da capacidade de ligação entre as fibras com o acréscimo do teor de pasta APMP na mistura, levando ao menor consumo de energia de refino quanto maior a quantidade dessa pasta for adicionada. Desse modo, para todas as propriedades dependentes da capacidade de ligação menores consumos de energia de refino, com manutenção da interação com a resistência à tração, são esperados.

Observa-se na Figura 6 um ganho considerável no índice de rasgo para as misturas com maiores teores de pasta APMP, em menores níveis de moagem. Já para níveis de moagem mais elevados a pasta APMP não contribuiu para alterar a resistência ao rasgo de forma significativa. A amostra contendo 30% de APMP apresentou os maiores valores para a resistência ao rasgo, indicando que esta substituição pode ser a melhor proporção entre as avaliadas nesse estudo, sendo provavelmente decorrente do aumento da capacidade de ligação entre as fibras proporcionado, na mistura sem refino, pela adição de pasta APMP.

A adição de pasta APMP à polpa kraft melhora a opacidade do papel, provavelmente decorrente do aumento de superfície específica causado pela presença dos finos da pasta APMP (Figura 7).

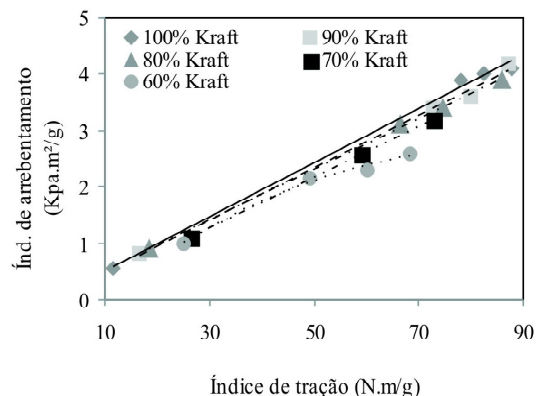


Figura 4 – Índice de tração vs índice de arrebentamento.

Figure 4 – *Tensile index* x burst index.

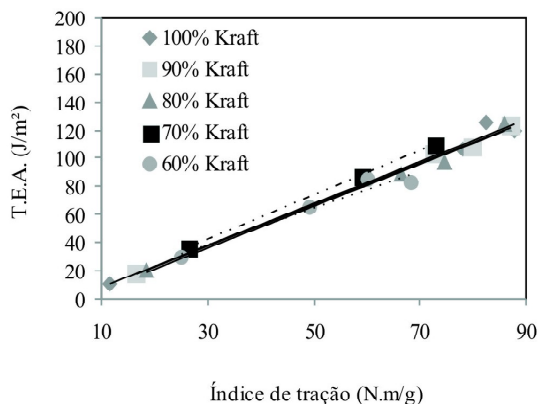


Figura 5 – Índice de tração vs energia absorvidos nas ligações entre fibras.

Figure 5 – Tensile index x tensile energy absorption.

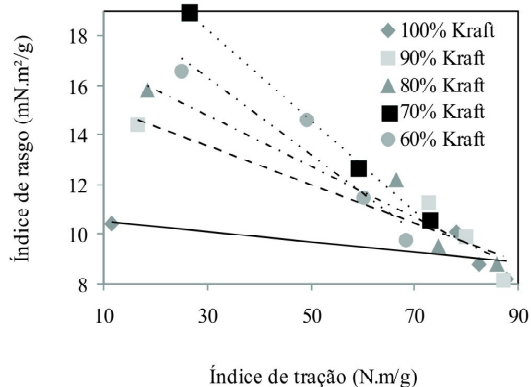


Figura 6 – Índice de tração vs índice de rasgo.

Figure 6 – Tensile index x tearing index.

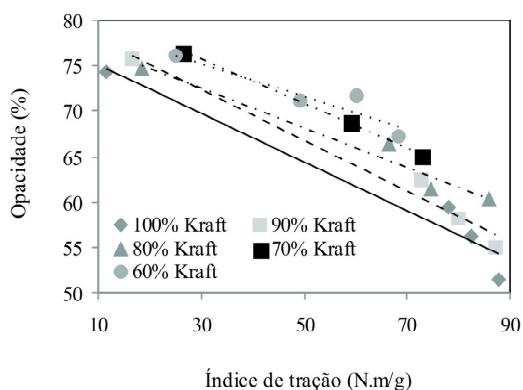


Figura 7 – Índice de tração vs opacidade.

Figure 7 – Tensile index x opacity.

4 CONCLUSÕES

Substituindo até 30 % da polpa kraft de *Pinus radiata* por pasta P-RC APMP ocorrem modificações consideráveis em algumas das propriedades dos papéis obtidos, tais como o aumento da resistência ao rasgo, nos níveis iniciais da curva de moagem PFI, o aumento na opacidade do papel e a redução na demanda de energia de refino para se obter o mesmo nível de resistência à tração dos papéis formados. Esse fato indica ser possível a obtenção de resultados econômicos favoráveis a partir da utilização de misturas de celulose kraft de fibras longas com APMP de eucalipto, mantendo-se, ou até mesmo otimizando, a qualidade dos papéis produzidos.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HU, K.; NI, Y.; ZOU, X. Substituição de polpa kraft de folhosa por pasta de alto rendimento de choupo em papéis de imprimir/escrever e seu efeito na colagem AKD. *O Papel*, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 5-11, dez. 2004.

INGEZ, N. N. **Influência do uso de pastas quimiotermomecânica no andamento de maquina de papel.** 2005. 51 f. Monografia (Pós graduação *Lato Sensu* em Tecnologia de Celulose e Papel) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

NEVES, J. P.; OTSUKI, H.; BERGMAN, S.; BARROTTI, S. L. B.; KOGA, M. E. T. CTMP de eucalipto: estudo de mistura com pasta química e mecânica: parte 3: caracterização e verificação da adequação de misturas para a fabricação de papeis para imprimir, escrever e sanitários. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 24., 1991, São Paulo. *Anais...* São Paulo: ABTCP, 1991. p. 433-461.

PENNA, V. I. **O potencial de utilização de pasta de alto rendimento.** 2005. 39 f. Monografia (Pós graduação *Lato Sensu* em Tecnologia de Celulose e Papel) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

XU, E. C. Mechanical pulping of south american eucalyptus: technology, pulp properties and application potential. In: CONFERÊNCIA DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL, 1., 1998, São Paulo. *Anais...* São Paulo: ABTCP, 1998.