

Comparação das propriedades físico-mecânicas de polpas celulósicas Kappa 45 e Kappa 100 destinada à fabricação de papéis para embalagens rígidas

Eduarda Magalhães Dias Frinhani*

Rodrigo Daltoé**

Resumo

Com o intuito de buscar o aprimoramento do processo produtivo de uma empresa do setor papelero da região Meio-Oeste de Santa Catarina, este trabalho apresenta como objetivo o estudo das variáveis envolvidas na fabricação de papéis para embalagens rígidas, a partir da elevação do número Kappa de 45 para 100. Avaliou-se (i) o rendimento do processo de polpação a nível laboratorial, (ii) o teor de rejeitos e (iii) as propriedades físico-mecânicas do papel. Como resultado desta pesquisa se obteve, por meio da elevação do número Kappa da celulose Kraft de 45 para 100 aumentos nos valores de rendimento bruto, rendimento depurado e teor de rejeitos, bem como ganho das propriedades físico-mecânicas das polpas não refinadas e refinadas das seguintes propriedades: resistência à compressão do anel (RCT), resistência à compressão das ondas (CMT) e rigidez. Observou-se perda das propriedades físico-mecânicas, comprimento de autoruptura (CAR), índice de arrebentamento (IA) e índice de rasgo (IR). O processo de refinação melhorou as propriedades de: CAR, IA, CMT e rigidez. Já as propriedades IR e RCT apresentaram decréscimos com o aumento do grau de refino. Palavras-chave: Polpação Kraft. Kappa. Rendimento. Propriedades físico-mecânicas.

1 INTRODUÇÃO

Entre os processos de obtenção de celulose, o processo Kraft é o mais difundido mundialmente pelas características de boa qualidade das fibras obtidas, por sua versatilidade em termos de matéria-prima e principalmente pela possibilidade de recuperação dos reagentes utilizados. Porém, sua principal desvantagem é o baixo rendimento obtido durante o processo, resultado da solubilização de grande parte da lignina, das hemiceluloses e parte da celulose. Muitos estudos têm sido desenvolvidos para aumentar o rendimento do processo Kraft, por exemplo, a manutenção de maiores teores de lignina residual, ou seja, obtenção de celulose com um número Kappa mais elevado.

A empresa foco deste trabalho têm em seu atual processo de produção a fabricação de duas linhas de papéis: uma voltada para sacarias (papéis flexíveis) e outra voltada à fabricação de chapas e caixas de papelão ondulado (papéis para embalagens rígidas), ambas utilizando o mesmo processo de produção e a mesma matéria-prima, a celulose Kraft Kappa 45. No entanto para a fabricação de papéis para embala-

* Mestre em Agriquímica e Doutora em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa (UFV); Bacharel em Química; Professora da Área de Ciências Exatas e da Terra da Unoesc *Campus* de Joaçaba; eduarda.frinhani@unoesc.edu.br

** Engenheiro de Produção mecânica pela Unoesc (Joaçaba); Engenheiro de Operação da Tractobel Energia SA. – Complexo Termoelétrico Jorge Lacerda, Tubarão, SC; rd_dalto_eng@hotmail.com

gens rígidas geralmente utilizam-se pastas Kraft que apresentam números Kappa entre 70 e 100, proporcionando excelentes contribuições nas propriedades físico-mecânicas dos papéis.

Para utilização de um número Kappa diferente do utilizado, faz-se necessária a avaliação das principais variáveis e levantamento dos principais equipamentos que determinam as diferenças dos papéis fabricados a partir de polpas com Kappa 45 e Kappa 100.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PAPÉIS PARA EMBALAGENS FLEXÍVEIS E EMBALAGENS RÍGIDAS

Os papéis destinados à fabricação de embalagens flexíveis são papéis que apresentam como principais propriedades a elevada resistência à tração, arrebentamento e rasgo. A partir destas propriedades físico-mecânicas juntamente com a gramatura, espessura e umidade, conferem aos papéis fabricados os quesitos necessários de qualidade para atender às finalidades que se destinam, (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL, 1994, p. 29).

Segundo a Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel (1994, p. 14), os papéis para a fabricação de embalagens rígidas apresentam à elevada resistência à compressão do anel, resistência à compressão das ondas e rigidez como suas principais propriedades, pois devem proporcionar uma relação de “capacidade de resistência/peso da estrutura” a mais elevada possível. Para isso, um fator determinante é a qualidade da polpa produzida e o seu grau de deslignificação. As pastas Kraft destinadas à fabricação de papéis para embalagens rígidas geralmente apresentam números Kappa entre 70 e 100, proporcionando excelentes contribuições nas propriedades de rigidez do papel.

2.2 PRODUÇÃO DE FIBRAS CELULÓSICAS

D’Almeida (1988, p. 169) afirma que o princípio do processo de polpação está na separação ou individualização das fibras por meio da adição de produtos químicos agindo principalmente sobre a lignina que compõe a lamela média e que une os elementos fibrosos entre si. A operação inicial de deslignificação é efetuada por meio da digestão ou cozimento da matéria-prima empregada, nesse caso, a madeira.

De acordo com D’Almeida (1988, p. 168), a operação de cozimento é realizada por meio de um equipamento denominado digestor, no qual é adicionada a madeira picada na forma de cavacos, com uma solução denominada licor branco. No processo Kraft o licor branco é composto de hidróxido de sódio (NaOH) e sulfeto de sódio (Na₂S), obtendo-se como resultado a dissolução da lignina e liberação das fibras.

2.3 PRINCIPAIS PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO DA EFETIVIDADE DE UM COZIMENTO

2.3.1 Rendimento

Na produção de celulose Kraft, o rendimento é um dos principais parâmetros de avaliação da eficiência do processo. Isso se justifica basicamente pelo fato de o rendimento estar relacionado aos custos de produção de celulose, uma vez que a madeira é o principal componente de custo (MIRANDA, 2001, p. 7).

Ainda para Miranda (2001, p. 1):

Várias alternativas têm sido propostas para aumentar o rendimento do processo de polpação tais como o uso de antraquinona e polissulfetos. Outra alternativa interessante está relacionada ao aumento do número kappa no processo de polpação. Assim foi evidenciado que o uso dessas medidas, em polpações alcalinas, melhoram o rendimento e a qualidade da polpa, reduzindo o consumo de reagentes químicos e energia.

O processo de cozimento Kraft vem apresentando inúmeras vantagens sobre outros processos de polpação, em virtude da boa qualidade da polpa obtida e alta eficiência no consumo de produtos químicos e energia, no entanto, pressões ambientais somadas à necessidade de melhores rendimentos têm incentivado o estudo de melhorias deste processo.

2.3.2 Número Kappa

A Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR ISO 302 (2005, p. 5) define o Kappa como o volume de solução de permanganato de potássio 0,02 mol/l, consumido sobre condições específicas para 1 g de polpa (calculada em base seca). Os resultados são corrigidos para um valor correspondente obtido, quando 50% (massa/massa) de permanganato de potássio são consumidos no teste.

Segundo Klock (2000, p. 19):

A boa qualidade da celulose, associada a baixos custos de produção, está intimamente correlacionada com os bons resultados no processo de polpação, daí a necessidade de um bom conhecimento e um bom rendimento durante a etapa do cozimento. Para isto, o Kappa é uma variável de extrema importância para bons resultados operacionais. O número Kappa representa a branqueabilidade ou grau de deslignificação da polpa, através de um teste onde é medido o consumo de permanganato de potássio por um grama de amostra. A medida do número Kappa é uma maneira tradicional de se verificar a qualidade da polpa obtida no final do processo de cozimento dos cavacos.

Segundo Neuberger (2008, p. 23), “[...] o objetivo do processo Kraft é chegar a um número Kappa estabelecido. Devido a diferenças na madeira haverá sempre algumas variações no resultado do cozimento.” Vários fatores podem determinar o número Kappa de uma polpa, incluindo o tempo de cozimento, a concentração de álcali (medida pelo álcali ativo ou efetivo), a sulfidez e a temperatura.

2.3.3 Teor de rejeitos

O teor de rejeitos, para Neuberger (2008, p. 66), está relacionado às características da matéria-prima madeira e dos parâmetros do processo de polpação, principalmente tempo e temperatura de impregnação, fator H e carga alcalina.

Em se tratando de teor de rejeitos, o aumento do número de permanganato ao mesmo tempo que gera aumento de rendimento, pode gerar aumento na quantidade de palitos, aumentando, assim, a quantidade de rejeitos, caso não exista um sistema de depuração adequado (SANJUAN, 1997, p. 81).

2.3.4 Ensaios para avaliação das propriedades físico-mecânicas

Para Biermann (1996, p. 240), a realização dos ensaios das propriedades dos produtos fabricados é uma característica comum de todas as operações industriais; os objetivos principais dos ensaios nos papéis são: controle do processo, controle da qualidade, programação do processo e controle econômico.

A avaliação da qualidade do papel é realizada mediante a determinação de parâmetros como suas propriedades físicas (gramatura, espessura, umidade, densidade, permeância), de resistência (tração, arrebatamento, rasgo, rigidez, resistência à compressão do anel (RCT), resistência à compressão das ondas do papel (CMT) e ópticas (alvura e cor), entre outras, (BIERMANN, 1996, p. 76).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras utilizadas para a realização deste trabalho se constituíram de cavacos com um mix de espécie de *Pinus Taeda* e *Ellioti*, além de cavaco laminado e lavrama, coletados junto ao pátio de madeira da empresa concedente da pesquisa. Estes cavacos apresentaram densidade média em torno de 0,55 g/cm³, granulometria entre (2,1 e 6 mm) e espessura entre (10,1 e 22,5 mm). O licor utilizado no experimento foi coletado junto ao setor de produção de celulose com concentrações de álcali ativo igual a 105 g/l e com sulfidez de 25%.

De posse das amostras de cavaco e licor, estes foram acondicionados em uma autoclave eletrônica modelo AU/E-20 Regmed, contendo quatro cápsulas de aço inoxidável, aquecidas eletricamente com controles de pressão e temperatura. Foram realizados 24 cozimentos laboratoriais, sendo três cozimentos com quatro cápsulas para Kappa 45 e três com quatro cápsulas para Kappa 100. Os parâmetros de cozimento são apresentados na Tabela 1; Fator H é o parâmetro utilizado para expressar o tempo e a temperatura em uma única variável.

Tabela 1– Variáveis preestabelecidas para os cozimentos.

| Parâmetros de Cozimento | | |
|--------------------------------------|------|-----|
| Kappa | 45 | 100 |
| Fator H ³ | 1667 | 615 |
| Temperatura máxima, (°C) | 170 | 170 |
| Tempo até a temperatura máxima (min) | 90 | 90 |
| Tempo na temperatura máxima (min) | 90 | 30 |

Fonte: os autores

Após o cozimento, a celulose obtida foi lavada, depurada e acondicionada em sacos plásticos para posterior análise de número Kappa, rendimento bruto, rendimento depurado, teor de rejeitos, refinação e testes físico-mecânicos.

O número Kappa da polpa foi obtido seguindo a norma estabelecida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR ISO 302. Já o rendimento bruto, depurado e o teor de rejeitos, foram obtidos mediante procedimento interno da empresa concedente da pesquisa. Para a refinação da polpa celulósica, foram utilizadas 450 gramas secas em uma consistência de aproximadamente 3%, com pH variando entre 9 e 10, e tempo total de refinação de 15 minutos.

Para a avaliação das propriedades físico-mecânicas, as polpas, primeiramente, passaram pelo processo de formação da folha com o auxílio do equipamento formador de folhas KR-21 Regmed. As folhas formadas em laboratório foram acondicionadas em ambiente laboratorial climatizado, a uma temperatura de $23 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e $50\% \pm 2\%$ de umidade relativa. Após estabelecimento do equilíbrio com o ambiente, as folhas foram destinadas à realização dos testes físico-mecânicos, no laboratório físico da empresa concedente, de acordo com as normas apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1– Procedimentos utilizados na avaliação das características físico-mecânicas das folhas laboratoriais e equipamentos

| Procedimentos | Normas | Equipamento | Fabricante |
|------------------------------------|------------------------|------------------------------------|-------------|
| Gramatura | ABNT NBR NM-ISO 536 | Balança digital KN-2000 | Regmed |
| Espessura | ABNT NBR NM-ISO 534 | Medidor de espessura | Regmed |
| Umidade | ABNT NBR NM 105 | Balança/Estufa | Ohaus/Orion |
| Comprimento de autorruptura | ABNT NBR NM-ISO 1924-2 | Dinamômetro DI-21 | Regmed |
| Índice de arrebentamento | ABNT NBR NM-ISO 2758 | <i>Mullen Test</i> MTA-1000 | Regmed |
| Índice de rasgo | ABNT NBR NM-ISO 1974 | Pêndulo <i>Elmendorf</i> ED-1600 | Regmed |
| Resistência à flexão (Rigidez) | ABNT NBR NM-ISO 2493 | <i>Stiffness Tester</i> RI-5000 | Regmed |
| Resistência à compressão do anel | ABNT NBR NM-ISO 14260 | Prensa <i>Crush Tester</i> CT-1000 | Regmed |
| Resistência à compressão das ondas | ABNT NBR NM-ISO 7263 | Prensa <i>Crush Tester</i> CT-1000 | Regmed |

Fonte: os autores.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 NÚMERO KAPPA E RENDIMENTOS DO PROCESSO LABORATORIAL

A tabela 1 apresenta os valores médios encontrados para o número Kappa, rendimento bruto, rendimento depurado e teor de rejeitos.

Tabela 1– Valores médios de número Kappa, rendimento bruto, depurado e teor de rejeitos dos cozimentos

| Propriedades Avaliadas | Kappa 45 | Kappa 100 |
|-------------------------|----------|-----------|
| Número Kappa | 44,33 | 98,92 |
| Rendimento bruto (%) | 48,11 | 57,38 |
| Rendimento depurado (%) | 47,56 | 56,50 |
| Teor Rejeitos (%) | 0,35 | 2,25 |

Fonte: os autores

Obtiveram-se valores de número Kappa muito próximos dos objetivados. Segundo Neuberger (2008, p. 31), um número Kappa mais alto fornece maior rendimento e qualidade de polpa e pode, portanto, ser um meio para a otimização da produção. Comparando os resultados encontrados em laboratório, pode-se dizer que em termos percentuais o Kappa 98,92 fornece um aumento percentual de rendimento bruto em relação ao Kappa 44,33 de 16,15%, e 15,82% em relação aos rendimentos depurados.

Em relação ao teor de rejeitos, houve um aumento significativo desse valor para o Kappa 100, na ordem de 84,4% a mais do que para o Kappa 45. Segundo Sanjuan (1997, p. 96), em se tratando

de teor de rejeitos o aumento do número Kappa ao mesmo tempo que gera aumento de rendimento pode gerar aumento na quantidade de palitos, aumentando, assim, a quantidade de rejeitos.

4.2 PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DO PAPEL

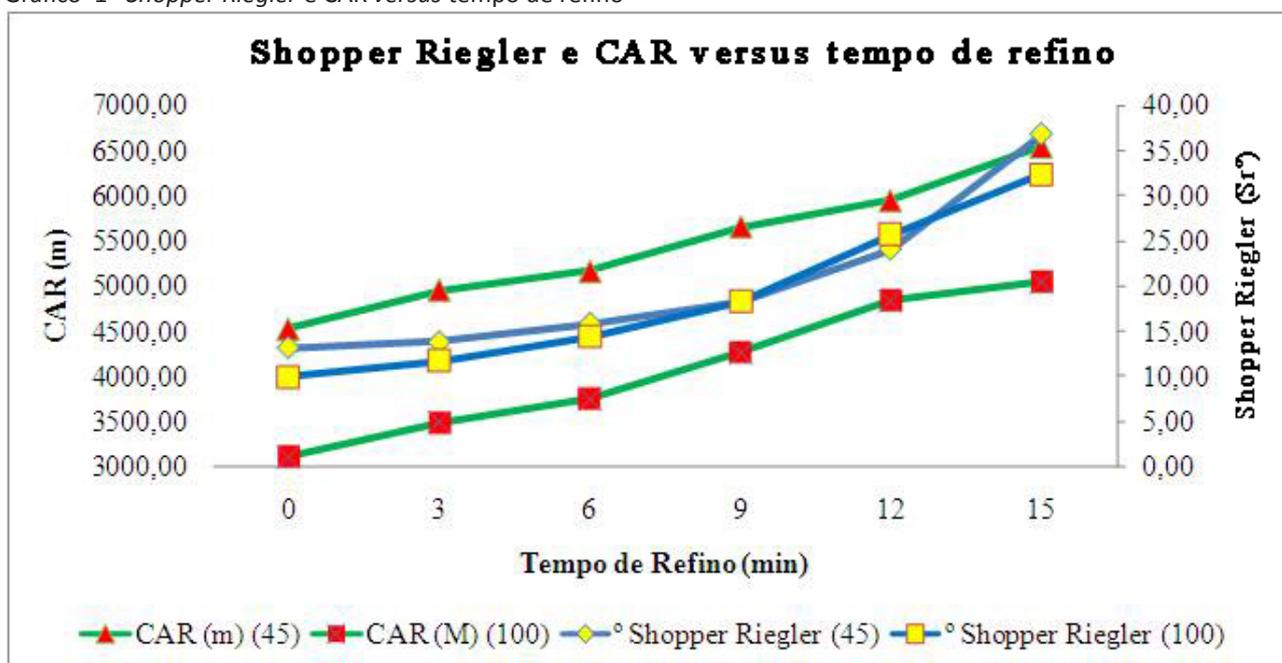
4.2.1 Shopper Riegler e comprimento de autorruptura (CAR) versus tempo de refino

O ensaio de *Shopper Riegler* é utilizado para determinar a resistência à drenagem da pasta celulósica. Essa propriedade é influenciada pelas condições da superfície de inchamento das fibras, e se constitui em um índice que indica a quantidade de tratamento mecânico (refino) ao qual a pasta celulósica foi submetida (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 14031, 2004, p. 6).

No Gráfico 1 são apresentados os valores encontrados para os ensaios de *Shopper Riegler* e comprimento de autorruptura (CAR) em diferentes níveis de refino.

Quanto ao grau *Shopper Riegler* (°SR), é possível perceber no Gráfico 1 o aumento do °SR à medida que o tempo de refino decorre, sendo os valores para o tempo de zero minuto referentes às polpas não refinadas. Sanjuan (1997, p. 81) afirma: “[...] no que diz respeito à resistência à drenabilidade (*Shopper Riegler*), quanto maior a refinação maior é a resistência à drenabilidade, assim esta propriedade se constitui em um índice que indica a quantidade de tratamento mecânico a que a pasta celulósica foi submetida.”

Gráfico 1– *Shopper Riegler* e CAR versus tempo de refino



Fonte: os autores

Também se observa que polpas com maior Kappa apresentam um menor °SR ao fim do processo de refinação. Coelho (1999) apud da Rosa (2003, p. 18) revela que isso se justifica em razão da menor deslignificação e conseqüentemente menor hidratação da polpa com Kappa 100. A fibra/celulose fica menos degradada, ou seja, com o maior conteúdo de lignina os grupos hidroxilas dos carboidratos ficam menos expostos, resultando na redução das ligações interfibras refletindo no

menor ganho de propriedades que dependem desse tipo de ligação. No caso do Shopper esta menor hidratação provoca maior drenabilidade e menor ρ SR.

Assim como o ρ SR, outras propriedades físico-mecânicas da polpa Kappa 100 como o comprimento de autorruptura e o índice de arrebatamento, apresentaram ao fim do processo de refinação valores inferiores aos obtidos com Kappa 45.

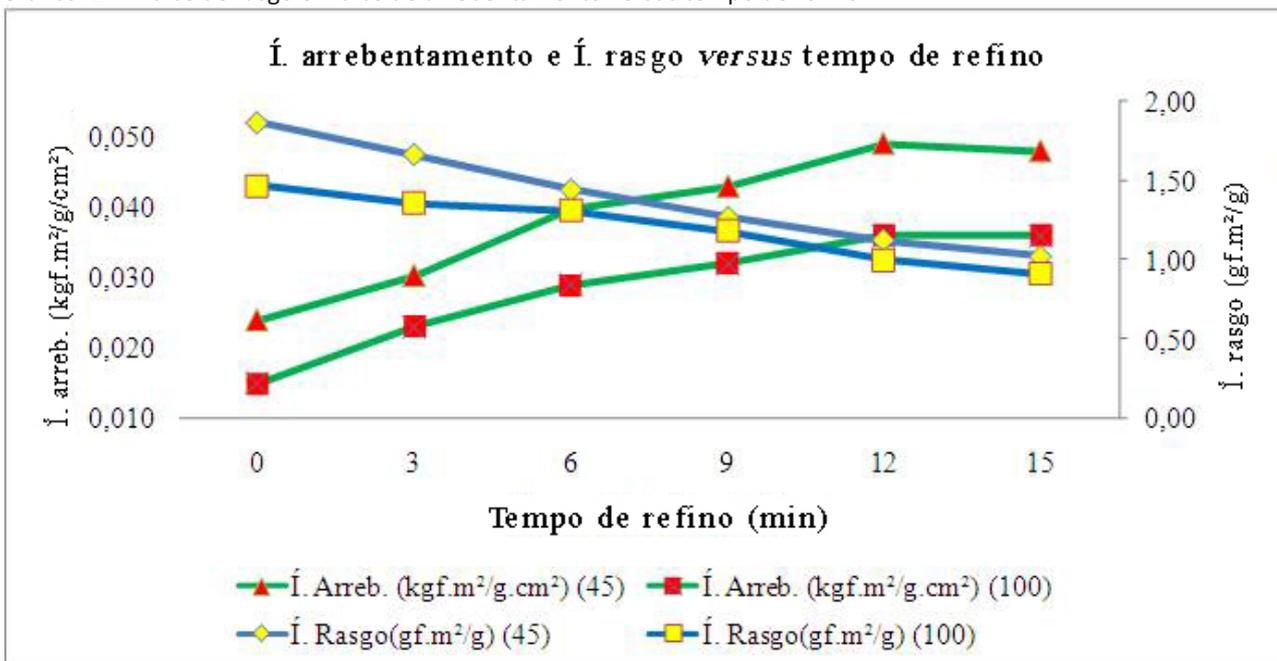
O comprimento de autorruptura (CAR) é uma forma de expressar a resistência à tração, definido como o comprimento de uma tira de papel que, quando suspensa, rompe-se sob seu próprio peso (BARROTI, 1988, p. 288). No Gráfico 1 pode-se observar que, à medida que o grau de refino aumenta, aumenta também o CAR existindo uma significativa influência do tempo de refino aplicado. A explicação para o acréscimo nos valores dessa propriedade com o aumento da refinação é proporcionada pelo colapsamento das fibras, tornado-as mais flexíveis, aumentando, assim, sua área de contato (Biermann, 1996, p. 512).

Para Barroti (1988, p. 204), o aumento dos valores de CAR decorrentes do tempo de refinação ainda pode ser explicado em decorrência do aumento do número de ligações entre as fibras, conferindo ao papel maior resistência. Comparando-se as propriedades da polpa ao Kappa 45 e ao Kappa 100, observa-se que a polpa 100 apresenta menor comprimento de autorruptura, sendo justificado pela dependência da ligação interfibras e pela menor hidratação.

4.2.2 Índice de rasgo e índice de arrebatamento *versus* tempo de refino

O índice de rasgo mede o trabalho mecânico requerido para continuar um rasgo, já iniciado, até uma distância predeterminada (KLOCK, 2000, p.270). O Gráfico 2 destaca a significativa redução nos valores de índice de rasgo em diferentes níveis de refino.

Gráfico 2 – Índice de rasgo e índice de arrebatamento versus tempo de refino



Fonte: os autores

Segundo Sanjuan (1997, p. 132), a resistência ao rasgo não varia proporcionalmente com a resistência à tração ou arrebentamento, sendo uma função do grau de refino das fibras, decaindo à medida que aumenta o refino. Quando uma fibra é refinada, a ação do desfibramento resulta no colapsamento da fibra, causando uma diminuição da resistência intrínseca e conseqüentemente a redução da resistência ao rasgo.

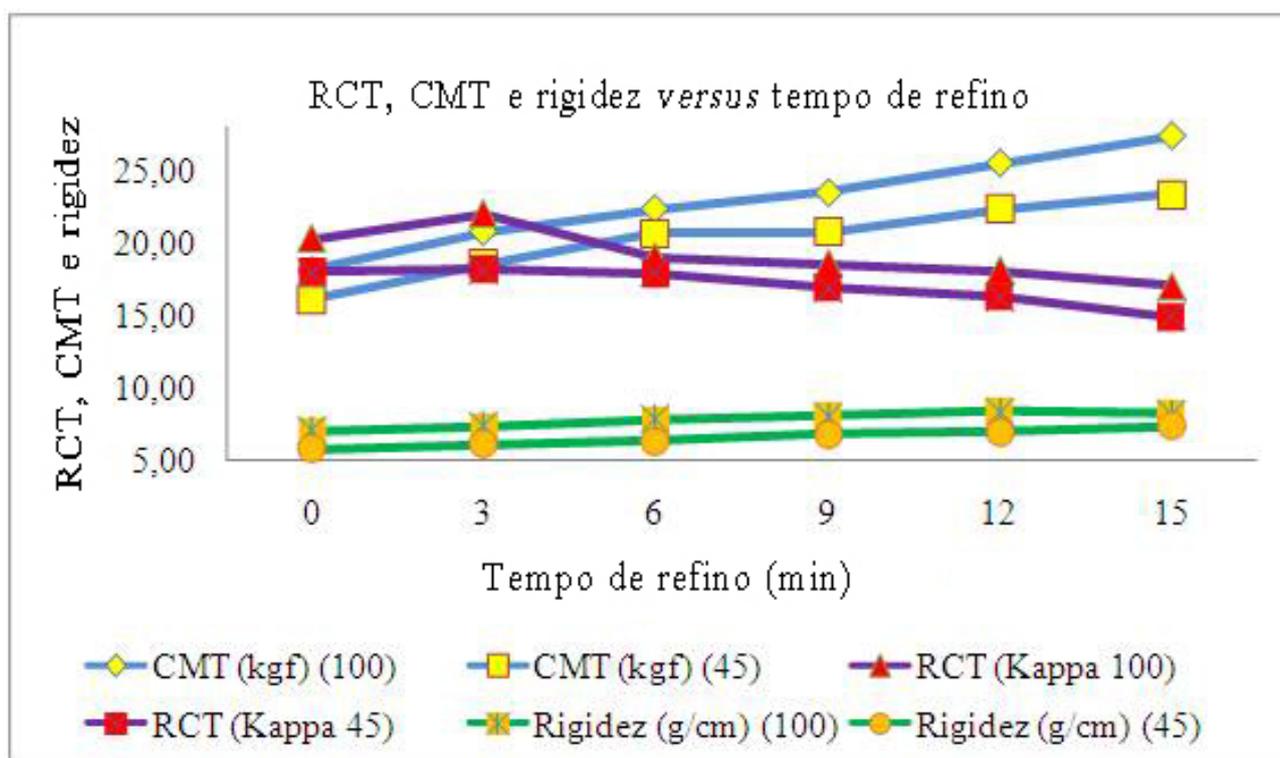
Resistência ao arrebentamento é a pressão necessária para produzir o arrebentamento do material, ao se aplicar uma pressão crescente transmitida por um diafragma elástico de área circular (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR-ISO 2758, 2007). Os valores mostrados no Gráfico 2 para o índice de arrebentamento neste estudo variaram de 0,016 kgf.m²/g.cm² a 0,048 kgf.m²/g.cm².

Segundo Klock (2000, p. 284), a resistência ao arrebentamento aumenta com o grau de refino até certo limite e passa a decrescer gradativamente com seu excesso, o que pode ser justificado pelo grau de colapsamento das fibras, pois fibras com maiores graus de colapsamento promovem maior área de ligação interfibras, aumentando, assim, a resistência ao arrebentamento. O índice de arrebentamento apresentou o mesmo comportamento quando comparado ao CAR, como também verificou Klock (2000, p. 284).

4.2.3 Resistência à compressão do anel (RCT), resistência à compressão das ondas (CMT) e rigidez versus tempo de refino

Resistência à compressão do anel é a força necessária para que a amostra seja esmagada, por meio do deslocamento vertical da parte móvel de uma prensa sobre a parte estacionária. RCT é considerado hoje o mais importante teste para a avaliação da qualidade de um papel para a confecção de chapas de papelão ondulado (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL, 1994, p. 16).

Gráfico 3 – RCT, CMT e rigidez versus tempo de refino.



Fonte: os autores

Como é possível observar no Gráfico 3, de maneira geral, houve decréscimo na resistência compressão do anel. Segundo Sanjuan (1997, p. 172), para essa propriedade, os ensaios laboratoriais não são adequados, pois o sentido de orientação das fibras é de fundamental importância e em laboratório as folhas formadas não apresentam as mesmas características das formadas em larga escala. No entanto, é conhecido no meio industrial que o aumento da refinação traz como consequência a redução da resistência à compressão do anel, assim, o resultado encontrado pode ser considerado válido.

A polpa obtida do Kappa 100 apresentou maior resistência à compressão do anel em relação ao Kappa 45. Segundo Da Rosa (2003, p. 21), isso pode ser explicado em decorrência da presença maior de lignina na fibra, pois esta confere maior rigidez à parede celular agindo como um agente permanente de ligação, gerando uma estrutura resistente ao impacto, compressão e dobra. Ao final do processo de refino, pode-se avaliar o resultado como positivo, uma vez que essa propriedade mais elevada é essencial para a fabricação de papéis para embalagens rígidas.

Resistência à compressão da onda é definida como a força máxima que um corpo de prova pode suportar antes que as ondas colapsem, sob uma força crescente aplicada perpendicularmente à sua superfície. Teste sinalizador da capacidade da embalagem em resistir ao esmagamento da caixa (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR NM ISO 7263, 2006).

Observa-se no Gráfico 3 que à medida que o grau de refino aumenta a resistência à compressão das ondas também aumenta. De acordo com Sanjuan (1997, p. 152), os valores de resistência à compressão das ondas quando submetidas à ação mecânica do refino tendem a apresentar acréscimo. Observa-se que a polpa obtida com Kappa 100 obteve maior ganho da propriedade resistência à compressão da onda com o aumento do grau de refino em relação à polpa Kappa 45, sendo de fundamental importância para a fabricação de papéis para embalagens rígidas.

A rigidez pode ser definida como a capacidade que tem o papel de resistir à flexão ou à tração. Os valores mostrados no Gráfico 3 para a resistência à flexão neste estudo variaram de 5,73 g/cm a 8,17 g/cm. Como é possível perceber, para o número Kappa 100 se obteve um valor mais elevado sem refinação do que para o número Kappa 45. Segundo Da Rosa (2003, p. 21), isso se deve ao fato da presença maior de lignina na fibra para um Kappa mais elevado, pois esta confere maior rigidez à parede das fibras, agindo como um agente permanente de ligação.

Em relação à ação do refino, com o decorrer do tempo de refinação, percebe-se o aumento da resistência à flexão da celulose. Esse resultado, segundo Sanjuan (1997, p. 174) e Da Rosa (2003, p.22), pode ser explicado em razão do aumento da rigidez das fibras, pois os segmentos das partes das fibras livres de ligações interfibrilares são alinhados na direção da carga aplicada, portanto, com melhores condições para suportarem cargas.

5 CONCLUSÃO

Entre as vantagens que se pode alcançar com a substituição do cozimento Kappa 45 para Kappa 100 à fabricação de papéis para embalagens rígidas, pode-se citar: o maior rendimento do processo de polpação; melhorias nas propriedades físico-mecânicas da polpa em relação às propriedades de RCT, CMT e rigidez, sendo estas as mais importantes aos papéis para fabricação de emba-

lagens rígidas; e diminuição do tempo total de cozimento em 60 minutos, redução suficiente para agregar duas bateladas (cozimentos) por dia.

Para a produção de celulose com número Kappa 100, algumas modificações no atual processo deverão ser desenvolvidas, como a instalação de um novo *blow tank* (tanque de descarga), instalação de um sistema de refinação e depuração primárias, preliminar à lavagem, visando à redução da quantidade de palitos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 302**: Papel e Cartão: Pastas Celulósicas: Determinação do número Kappa. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 7263**: Papel e Cartão: Determinação da Resistência à Compressão das Ondas. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR 14031**: Papel: Determinação do grau de Shopper Riegler. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL. **Técnicas de Fabricação de Papéis e Cartões para Embalagem**. São Paulo: Klabin fabricante de papel e celulose S/A, n. 21, p. 64, 1994.

ASSUMPÇÃO, Rosely Maria Viegas de et al. **Celulose e Papel**: Tecnologia de Fabricação de Pasta Celulósica. 2. ed. São Paulo: IPT-Senai, 1988. 559 p.

BARROTI, Sandra Lia; BERGMAN Silávia. **Celulose e Papel**: Tecnologia de Fabricação de Pasta Celulósica. 2. ed. São Paulo: IPT-Senai, 1988. 964 p.

BIERMANN, Christopher. **Handbook of pulping and papermaking**. Academic Press. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1996. 754 p.

D'ALMEIDA, Maria Luiza Otero. **Celulose e Papel**: Tecnologia de fabricação de pasta celulósica. 2 edição. São Paulo: IPT-SENAI, 1988.

DA ROSA, Claudia Adriana Broglio. **Influência do Teor de Lignina da Madeira de Eucalyptus Globulus na Produção e na Qualidade da Celulose Kraft**. 2003. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)—Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

KLOCK, Umberto. **Qualidade da Madeira Juvenil de Pinus Maximinoi H. E. Morre**. 2000. 324 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)—Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

MIRANDA, César Roberto. Estratégia para Aumento de Rendimento na Produção de Polpa Kraft de Pinus SP – Polpação e Deslignificação com Oxigênio. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 34., 2001, São Paulo. **Anais...** ABTCP, 2001. 10p.

NEUBERGER, Reinaldo. **Boas Práticas de Operação para Redução de Odores na Produção de Celulose Kraft**: Uma Abordagem Qualitativa. 2008. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos)—Universidade de Mauá, São Caetano do Sul, 2008.

SANJUAN, D. R. **Obtención de Pulpas y Propiedades de las Fibras para Papel**. Guadalajara: Universidade de Guadalajara, 1997. 293 p.