

EFEITO DAS CONSISTÊNCIAS DE PREPARO DA MASSA E FORMAÇÃO DO PAPEL NA RETENÇÃO DO AGENTE DE COLAGEM AKD

José Vieira Monteiro¹
Rubens Chaves de Oliveira¹

1- Universidade Federal de Viçosa

Palavras Chaves: Colagem alcalina, AKD, folhas de testes, formação

Resumo

Esse estudo objetivou identificar os problemas ocorridos durante a execução da colagem alcalina em laboratório, bem como otimizar o processo de obtenção de folhas de testes com um grau de colagem satisfatório e analisar a retenção do agente de colagem e da carga mineral aplicados. Em função das alta reatividade dos agente de colagem (AKD) empregado na colagem alcalina, com intuito de minimizar a perda através da hidrólise com a água, deve-se empregar um menor volume de água e utilizá-la em um menor tempo possível. Como era de se esperar, verificou-se no estudo que houve uma hidrólise parcial dos agentes de colagem com a variação da consistência de preparo e de formação das folhas de teste. A retenção do agente de colagem e da carga mineral foram influenciados com a variação nas consistências de preparo e de formação. As propriedades físico-mecânicas observadas responderam positivamente em consistências mais baixas.

1 - INTRODUÇÃO

Um dos primeiros passos para se estudar o comportamento da colagem alcalina em laboratório seria a execução das folhas de teste com um grau de colagem aceitável e que a variação percentual entre as mesmas fosse relativamente baixo.

É relatado na literatura que os agentes de colagens alcalina anidrido alquênol succínico (ASA) e o dímero de alquil ceteno (AKD) são bastante reativos, hidrolisando-se facilmente na presença de água, principalmente o agente de colagem ASA. De forma que se torna imprescindível a minimização do volume de água durante o processo de preparo da massa. Se comparada à cola AKD, a cola ASA é um material altamente reativo e é hidrolisado em algumas horas em suspensão aquosa [10]. As colas AKD e ASA hidrolisadas não são agentes de colagem em papéis alcalinos, mas a aplicação correta pode minimizar a hidrólise aquosa.

As duas principais reações do agente AKD no processo de fabricação do papel ocorre com a celulose e água. O AKD reage com a celulose para formar um éster β -ceto e com a água para formar uma cetona e dióxido de carbono. O anel de lactona do AKD reage com os grupos hidroxilas da polpa celulósica, formando o éster β -ceto de celulose [2].

O método convencional de confecção de folhinhas de testes laboratoriais empregam grande quantidade de água no processo. O procedimento convencional consiste da drenagem da suspensão de fibras diluída para uma consistência de aproximadamente 0,02% de polpa em água [11]. Trabalhando com essa consistência de 0,02%, acredita-se que parte do agente de colagem seja perdido através da hidrólise, de forma que a necessidade de testar outras consistências que dispusessem de um menor volume de água, tanto no processo de preparo da massa quanto no processo de formação das folhas é fundamental para a operacionalidade da colagem alcalina a nível laboratorial.

O objetivo desse estudo foi otimizar o processo de colagem alcalina realizado em laboratório, com o intuito de identificar problemas ocorridos durante as etapas de preparo da massa e confecção das folhinhas de teste.

2 – REVISÃO DE LITERATURA

Durante o processo de formação do papel vários efeitos hidrodinâmicos estarão participando. Quando se emprega consistências um pouco acima do procedimento padrão, uma substancial distribuição hidrodinâmica das fibras ocorrem, embora seja insuficiente para superar o efeito oposto da floculação [3].

A tendência das fibras à floculação durante o processamento do papel conduz à uma pobre formação. O principal efeito deletério está na qualidade do papel, e a solução está na uniformidade da suspensão de fibras, que é um dos principais objetivos do papeleiro. Isto é conseguido através da dispersão dos flocos na caixa de entrada da máquina formadora ou pela redistribuição das fibras durante o processo de drenagem [6].

Na literatura é relatado que dois aspectos na suspensão de fibras determinam o grau com que a suspensão conduzirá à uma boa formação: *uniformidade* e *mobilidade*. A uniformidade tende a produzir uma boa formação. Mobilidade, significa a facilidade com que as fibras podem se mover uma sobre as outras. Uma suspensão não uniforme de fibras que apresentam mobilidade podem conduzir a uma boa formação, porque a redistribuição das fibras podem ser facilmente alcançado em função das forças hidrodinâmicas durante o processo de drenagem. O contrário não ocorre, quando a partir de uma suspensão não uniforme de fibras fortemente rígidas e sem mobilidade alguma, não produzirá uma boa formação. A mobilidade é claramente dependente da resistência dos flocos na suspensão [9].

Um outro fator que também determina o grau de uniformidade produzida pela drenagem da suspensão é a *superposição*. Por exemplo, no trabalho de Gorres et al. (1989), ficou demonstrado que a superposição de flocos de baixa densidade conduzem à uma melhora na formação do papel.

A principal maneira de contornar o problema de uniformidade e mobilidade da suspensão de fibras é a diluição. Por essa razão, consistências de 0,5 a 1% na caixa de entrada geralmente são utilizadas. Entretanto, não é a consistência somente que determina esses fatores [6]. É em geral reconhecido que o comprimento das fibras tem um efeito fundamental na formação do papel.

Acredita-se que a retenção do agente AKD pela polpa celulósica ocorra durante a formação da folha na parte úmida da máquina de papel ou na tela de formadoras laboratoriais, e que isto pode ser conseguido através de dois mecanismos de floculação: heterofloculação e homofloculação.

Na literatura é geralmente relatado que a colagem alcalina conduzida com o agente AKD apresenta um baixo aproveitamento durante o processo de colagem do papel, pois, para uma determinada quantidade de cola AKD adicionado na mistura da massa somente 50% é retido na folha do papel formado. Os outros 50% são agregados à água branca criando potenciais para geração de depósitos. Dos 50% retido na folha de papel somente 25% estão reagidos, os 75% restantes permanecem na folha, mas não reagidos com a estrutura molecular dos carboidratos. Alguns autores acreditam que essa parcela não reagida possa contribuir na colagem. Geralmente, os níveis de adição de cola é de 0,05% a 0,7% base peso seco da polpa, gerando uma suficiente colagem em folhas de testes laboratoriais.

3 - PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Material

A polpa celulósica empregada no estudo foi proveniente de uma importante indústria do meio celulósico – papeleiro. Originada a partir do processo kraft e branqueada por uma sequência ECF com alvura de 88% ISO.

O agente de colagem empregado no estudo foi o dímero de alquil ceteno - AKD, tendo uma concentração em sólidos de 12,5% e destes sólidos 45% estão em forma de cera ativa.

A carga mineral aplicada no processo de confecção das folhas de teste foi o carbonato de cálcio precipitado (PCC) com as seguintes características: abrasividade 10,49 g/m², carbonato totais 99,18%, carbonato de magnésio 0,20%, alcalinidade neutra, alvura 97,20%, TMP 2,51 µm e pH 9,09.

Os equipamentos empregados foram: moinho refinador laboratorial PFI, um formador de folhas laboratoriais tipo Tappi, prensa laboratorial com controle digital e um secador de folhas tipo "Speed Dryer" com controle de temperatura.

Método

A polpa celulósica empregada neste estudo foi refinada a 2500 revoluções no moinho PFI, atingindo uma drenabilidade equivalente a 30,0 °SR. Após o refino foi submetida aos testes de colagem alcalina.

Durante o preparo da massa a consistência da polpa celulósica após o refino foi ajustada para aproximadamente 4,0%, em seguida houve a adição do agente de colagem AKD (dosagens 0,75% e 0,30% base polpa para os tratamentos de consistência de preparo de massa e formação do papel, respectivamente), para então realizar a adição da carga mineral PCC (dosagens 300 e 200 g/kg de papel confeccionado para os tratamentos de consistência de preparo de massa e formação do papel, respectivamente). Após a adição de todos os componentes a massa foi desagregada a 10000 revoluções. A ordem e o tempo (30 segundos) de adição entre os componentes devem ser padronizados. Após a adição dos componentes proceder uma agitação vigorosa com bastão de vidro para homogeneização da massa. Finalizado o preparo da massa a consistência foi ajustada novamente para as respectivas consistências de estudo em cada tratamento.

Neste trabalho procurou-se testar 3 níveis de consistências para o preparo da massa (0,2%, 0,3% e 0,4%), sendo que em alguns tratamentos estas consistências foram conduzidas até a etapa final de formação das folhas de testes. De modo que foi obtido folhas com consistências de preparo da massa semelhante a de formação e folhas com a consistência padrão tappi de formação (0,02%). A outra parte do trabalho, consistiu em confeccionar folhas na mesma consistência de preparo de massa que apresentou melhor desempenho. De maneira que esta outra parte do trabalho seriam testados 4 níveis de consistências de formação (consistência de formação igual a de preparo da massa, 0,066%, 0,033% e 0,02%). As folhas foram confeccionadas com gramatura de 60 g/m², de acordo com a norma Tappi om-81.

As folhas produzidas em cada tratamento, foram submetidas à prensagem por 7 minutos numa pressão de 400 kPa. Em seguida as folhas foram secadas a 105°C por um período de 10 minutos, para acelerar a cura do agente de colagem. Finalizado o processo de confecção, as folhas foram armazenadas em uma sala aclimatizada (umidade relativa 50±2% e temperatura 23±1°C), para realização dos testes descritos no quadro 1.

Quadro 1 - Testes utilizados para avaliação das folhas de testes

Testes	Normas
Teste de Cobb ₆₀	TAPPI T 441 om-90
Cinzas	TAPPI T 413 om-93
AKD retido no papel	Análise Cromatográfica
Resistência a passagem de ar	TAPPI T 536 om-88
Índice de tração	TAPPI T 494 om-81
Índice de arrebentamento	TAPPI T 403 om-85
Índice de rasgo	TAPPI T 494 om-87

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Consistência de Preparo da Massa

Com o intuito de analisar a performance da colagem alcalina com o agente de colagem AKD e a retenção da carga mineral (PCC) empregou-se o teste de cobb e a análise de cinzas respectivamente (quadro 2).

Quadro 2 - Resultados do teste de cobb₆₀ e cinzas obtido para cada tratamento

Consistências, %		Testes	
Preparo da massa	Formação do papel	Cobb ₆₀ , g/m ²	Cinzas, %
0,2	0,2	19,20	3,18
0,2	0,02	20,36	3,86
0,3	0,3	20,10	3,24
0,3	0,02	20,05	3,92
0,4	0,4	22,35	3,32
0,4	0,02	19,50	4,00

A consistência apresenta forte influência sobre o comportamento das fibras celulósicas quando em suspensão aquosa. Em função dos níveis de consistência da massa, as fibras celulósicas apresentaram o fenômeno de floculação de maneira diferenciada, bem como níveis diferenciados de retenção do agente de colagem e carga mineral.

O teste de cobb fornece a informação de quanto o papel resiste a penetração e difusão de líquidos no interior de sua estrutura, em outras palavras, quanto o papel está colado. As consistências testadas 0,2% e 0,3% não apresentaram diferenças estatísticas significativas pelo teste de Tukey, apesar dos valores observados estarem bem distintos um do outro. A consistência 0,4% diferenciou das demais.

De acordo com os resultados, as consistências 0,2% e 0,3% foram as mais adequadas para a prática de colagem alcalina em laboratório. Porém, tem sido relatado que os agentes de colagem comumente empregados na colagem alcalina, AKD e ASA, reagem igualmente com a celulose e a água presente na massa, conduzindo à uma colagem ineficiente. Walkden (1996), menciona que o agente de colagem AKD quando aplicado em meio aquoso, reage com a celulose formando um éster de celulose (β -ceto), porém parte do AKD é susceptível a hidrólise pela água, formando estearone, que não traz nenhum ganho a colagem. Levando este fato em consideração, entre as duas consistências que se demonstraram viáveis para a prática de colagem alcalina, a consistência de 0,3% seria a mais promissora para dar continuidade ao trabalho.

Entretanto, para o caso em que na formação das folhas de teste empregou o procedimento padrão de formação (consistência de 0,02%), não apresentou diferenças significativas pelo teste de Tukey, para os valores observados. Porém, houve uma parcial hidrólise do agente de colagem, conduzindo a um menor aproveitamento do agente de colagem.

Através da análise de cinzas verificou que houve um aumento na retenção do carbonato de cálcio precipitado à medida em que se empregava consistências mais elevada, para todos os tratamentos. Enquanto, nos tratamentos que utilizaram a consistência de formação padrão (0,02%) não apresentou uma variação significativa entre os tratamentos (Quadro 2).

A área superficial e a morfologia cristalina da carga mineral pode também impactar a performance do agente de colagem. Isso ocorre porque os agentes de colagem são reativos e a performance da colagem é função da retenção, nível de adição e área superficial da fibra. Por exemplo, com o aumento na área superficial, um dado nível do agente de colagem resultará em menor intensidade de colagem [2].

Walkden (1996), também descreve que quando há um aumento no teor de cinzas em função de um maior nível de adição ou de uma maior retenção, conseqüentemente causará um impacto na performance da cola.

As diferenças entre os tratamentos em que foram utilizados a consistência de formação de 0,02% e para os tratamentos com consistências de formação semelhante a de

preparo de massa, pode estar associadas com a distribuição das fibras durante o processo de drenagem. Pois os tratamentos que usaram as mesmas consistências de preparo da massa na formação das folhas, apresentaram péssima formação, conseqüentemente criando canais preferenciais durante o processo de drenagem, levando a uma redução na distribuição das fibras durante a formação, reduzindo o impedimento físico que resultaria em uma maior retenção.

Para verificar a resposta das propriedades físico-mecânicas em função dos tratamentos, alguns testes como de tração, estouro, rasgo e resistência a passagem de ar foram realizados.

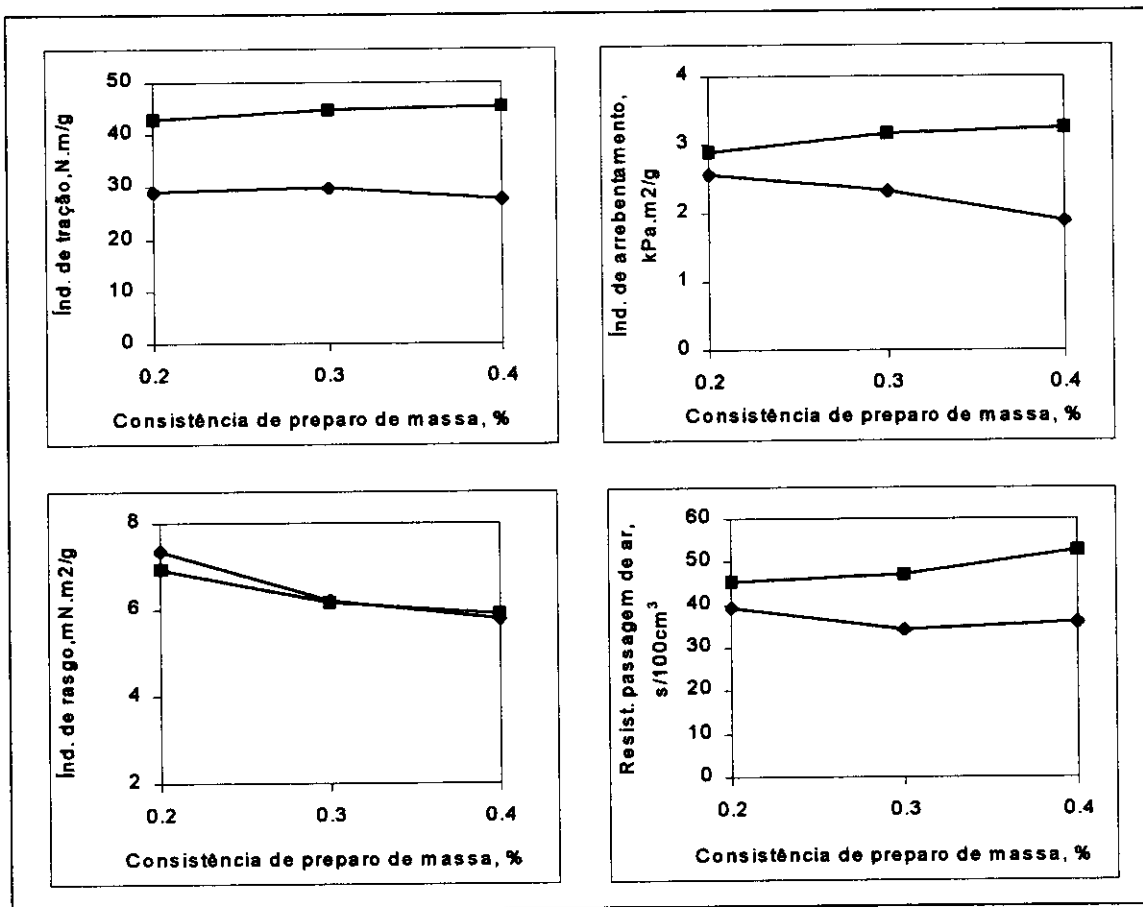


Figura 1: Resposta das propriedades físico-mecânicas observadas nos diferentes tratamentos.
 ◆ Consistência de formação como tal ■ consistência de formação 0,02%.

No tratamento em que empregou-se a consistência de formação idêntica a de preparo (cs% de formação como tal), foi observado que os maiores valores de índice de tração ocorreu para a consistência que dispunha de um maior volume de água (0,2%). Fato este relacionado com a resposta de formação, melhor distribuição ("entrelaçamento") das fibras e minimização do fenômeno de floculação, conseqüentemente levando a um maior número de contato entre fibras. O tratamento de formação de folhas com a consistência padrão (0,02%) apresentou uma pequena variação em função da alteração na consistência de preparo da massa. Os valores observados para os índices de tração apresentaram-se superiores em relação aos valores observados para os tratamento que empregaram consistência de formação como tal, devido ao maior número de contato entre as fibras (Figura 1).

Os tratamentos que utilizaram a consistência de formação 0,02%, observou-se que o índice de arebentamento respondeu positivamente com o aumento na consistência de preparo da massa, e um pequeno incremento no teor de cinzas. Possivelmente, este fato esteja associado a uma melhor distribuição das fibras e ausência do fenômeno de floculação para todos os tratamentos oriundos da formação padrão. Entretanto, os tratamentos que

empregaram a consistência de formação idêntica a de preparo de massa mostraram uma queda no índice de arrebatamento. Consequentemente, devido ao aumento na retenção de carga (cinzas), pois maior a retenção menor será as possibilidades de ligação fibra/fibra, levando a uma redução na propriedade em questão. Além de que, a redução na distribuição de fibras e a presença do fenômeno de floculação, certamente contribuíram para o decréscimo no índice de arrebatamento (Figura 1).

De maneira idêntica ao índice de tração, a redução na propriedade de rasgo já era esperada em detrimento da substituição das ligações interfibras pelas ligações fibra/carga. A diferença inicial observada para ambos os tratamentos, ou seja, os tratamentos que usam consistências de formação idênticas ao de preparo (cs% de formação como tal) e os tratamentos que usam consistências de formação padrão está associado ao fato de que os tratamentos apresentaram uma substancial diferença na retenção da carga (Figura 1).

Os dados obtidos através da resistência a passagem de ar apresentados na Figura 1, demonstraram que com o aumento dos níveis de carga retida ocorre um incremento na resistência a passagem de ar, devido ao fechamento dos poros na folha de papel. Tem sido relatado na literatura que as cargas grosseiras são melhores para retenção e drenagem. As cargas carregadas positivamente, como é o caso do PCC, aderem as paredes das fibras, proporcionando uma melhor drenabilidade do sistema.

4.2 - Consistência de Formação do Papel

O fenômeno de floculação durante o processo de formação das folhas de testes traz danos não só a formação do papel, como a retenção dos aditivos adicionados no preparo da massa. Os dois aditivos empregados durante toda a condução deste trabalho (AKD e PCC) foram fortemente influenciados pelos efeitos da consistência de formação do papel.

A Figura 2 mostra os resultados obtidos para os valores de retenção da carga mineral PCC, grau de colagem ($cobb_{60}$) e AKD retido no papel em função da consistência de formação.

Na Figura 2A, os valores observados de PCC retido na estrutura do papel aumentou significativamente a medida que a consistência de formação foi elevada. Consistências acima de 0,1% tendem a um patamar de retenção mais constante, a forte queda na retenção de carga mineral em consistências inferiores se deve a perda de partículas da carga mineral durante o desaguamento da manta fibrosa formada. Apesar de que as consistências baixas geram benefícios na formação, devido a flexibilidade e mobilidade das fibras, fazendo com que uma quantidade maior de finos e cargas minerais sejam retidos por impedimento físico. Entretanto, este fato não é tão significativo para este caso, de modo que houvesse ganho na retenção de cargas a não ser que empregasse o uso de auxiliares de retenção.

Para estes tratamentos a carga de PCC dosado foi de 200 kg por tonelada de papel produzido, com uma retenção média de 34%, de uma maneira geral os níveis de retenção nos quatro tratamentos de consistência de formação se apresentaram bem abaixo dos níveis observados na indústria papeleira, uma vez que a indústria utiliza auxiliares de retenção e procede a recirculação da água branca. Mas por outro lado, alguns autores afirmam que quando há um aumento no teor de cinzas em função de um maior nível de adição ou de uma maior retenção da carga mineral, consequentemente causará um impacto na performance da cola [14; 2].

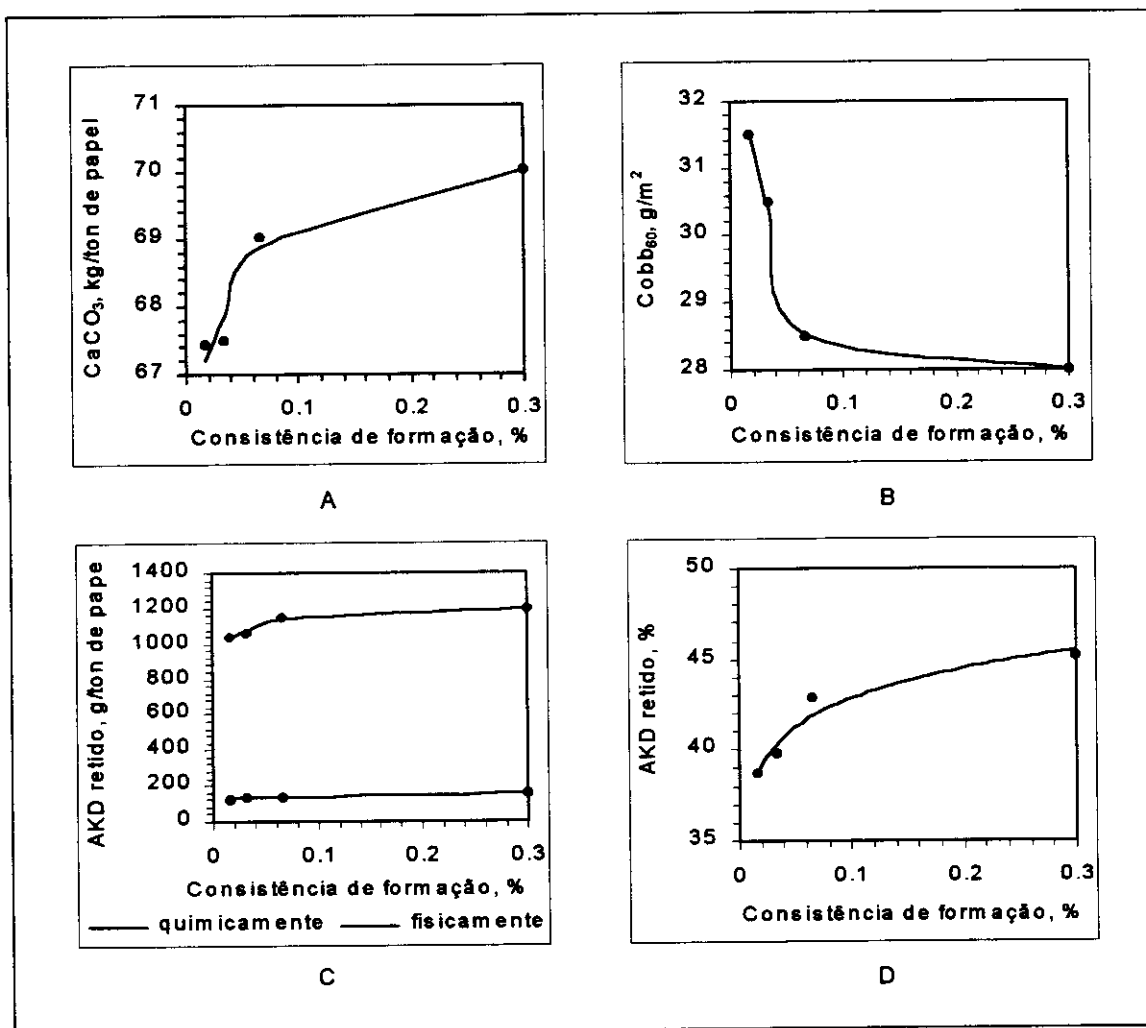


Figura 2: Resultados obtidos para retenção da carga mineral PCC, grau de colagem ($cobb_{600}$) e AKD retido no papel, em função da consistência de formação.

O desenvolvimento da colagem foi intensamente afetado pelas variações nos níveis de consistência de formação do papel. A Figura 2B mostra esse efeito claramente. Níveis de consistências a partir de 0,1% não afetam significativamente o desenvolvimento da colagem. Porém, em consistências inferiores a 0,1% o efeito é mais intenso, em função de uma parcial hidrólise da molécula do AKD pela água presente na formadora. Na hidrólise, o dímero de alquil ceteno (AKD) é convertido no produto hidrolisado estearone, que não contribui significativamente na hidrofobicidade do papel [15]. Outro fato, é uma possível interação da molécula de AKD com a partícula de PCC. O produto dessa interação seria a formação de um sal com o Ca^{+2} proveniente do carga mineral PCC [15, 2]. Com o arraste de partículas de PCC durante a drenagem na confecção do papel, possíveis moléculas do AKD que porventura estivessem interagidas com as partículas de PCC foram perdidas com a água branca. Para Moyers (1992), possíveis frações do agente de colagem AKD que estejam interagidas com a partícula de carga mineral PCC e que fossem retidas pela manta fibrosa formada, não traria ganhos positivos ao desenvolvimento da colagem, uma vez que esta interação é fraca se rompendo com facilidade.

A Figura 2C mostra o efeito da consistência de formação sobre o AKD retido, tanto físico quanto quimicamente. É descrito na literatura que a retenção do AKD sobre a fibra pode ser conseguido através de dois mecanismos de floculação: heterofloculação e homofloculação. A heterofloculação envolve a floculação (absorção) individual das partículas da emulsão AKD na superfície da celulose, enquanto a homofloculação envolve a floculação (coagulação) das partículas AKD dispersas, formando um grande agregado antes da adsorção na superfície da celulose [13]. De maneira geral, uma colagem executada com êxito envolve quatro etapas

importantes: retenção, distribuição, orientação e reação [16]. Entretanto, o mecanismo da colagem do AKD sobre condições práticas de produção de papel é até agora desconhecido, e a formação do éster β ceto em condições industriais de fabricação do papel é um ponto incerto. Mas os resultados observados indicaram que em consistências mais elevadas há uma maior retenção da molécula do AKD. O AKD retido fisicamente no papel apresentou aumentos mais significativos se comparado com o AKD retido quimicamente. É oportuno mencionar que nem sempre a maior retenção física da molécula do agente de colagem traz benefícios ao desenvolvimento do grau de colagem, uma vez que esta molécula pode estar hidrolisada ou interagida com a carga mineral.

Autores citam que a nível industrial apenas 50% do agente de colagem AKD fica retido na estrutura do papel, os outros 50% restantes são perdidos na água branca. Desses 50% retidos somente 25% reage com a fibra celulósica. Na Figura 2D, os resultados encontrados em laboratório indicaram que a retenção (física + química) na estrutura do papel não foi superior a 36%. Este fato pode estar relacionado justamente com a recirculação da água branca. Grande parte dos aditivos adicionados à massa reagem com os finos, que por sua vez são arrastados na água branca, com a recirculação da água branca boa parte desses finos são retidos numa segunda passagem, vindo a contribuir com o aumento da retenção.

5 - CONCLUSÃO

A nível de laboratório e com as condições empregadas neste estudo, a consistência de preparo da massa 0,3% foi a mais indicada para a prática de colagem interna alcalina.

A consistência de formação padrão tappi (0,02%) apresentou melhores resultados nas propriedades físico-mecânicas do papel e uma maior retenção da carga mineral (cinzas), porém uma menor grau de colagem.

Nos tratamentos em que a consistência de formação foi idêntica a de preparo de massa (cs% de formação como tal), a consistência 0,2% apresentaram valores superiores para os testes de tração, estouro, rasgo e resistência a passagem de ar.

Nos tratamentos em que a consistência de formação foi a padrão tappi (0,02%) os testes de tração, estouro e resistência a passagem de ar apresentaram valores superiores. O teste de rasgo apresentou uma pequena variação entre os tratamentos, e a resposta entre os tratamentos de consistência de formação idêntica à de preparo de massa foram bastante próximas.

Nos tratamentos onde houve incremento na retenção da carga mineral, o teste de resistência de passagem de ar apresentou valores superiores.

As consistências de formação do papel empregadas neste estudo demonstraram forte influência na retenção dos aditivos adicionados durante o preparo da massa. Consistências de formação do papel acima de 0,1% tendem a um patamar de retenção da carga mineral aplicada (PCC) mais constante, enquanto que consistências inferiores a 0,1% causam forte decréscimo na retenção.

Níveis de consistência de formação do papel superiores a 0,1% não afetam significativamente o desenvolvimento da colagem.

Consistências mais elevadas há uma maior retenção da molécula do AKD, e a retenção física apresentou-se aumentos mais significativos.

A nível de laboratório a retenção do agente de colagem AKD (retenção química + retenção física) não ultrapassou 36%.

6 - BIBLIOGRAFIA

1. ARAUJO, J. A. et al., **Estudo laboratorial da colagem interna do papel com as colas ASA, AKD e Breu, utilizando carbonato de cálcio precipitado e sulfato de cálcio diidratado como carga.** In.: Congresso Anual de Celulose e Papel, 30º, São Paulo, 1997. Anais ... São Paulo: ABTCP, 1997. 722p. p.527-545.
2. WALKDEN, S. A. **Cellulose reactive sizing.** In.: Alkaline Sizing Seminar, 1996, São Paulo. Anais ... São Paulo: ABTCP, 1996.

3. SAMPSON, W. W. et al., **Hydrodynamic Smoothing in the Sheet Forming Process.** Journal of Pulp Science, **21** (12): 95, 422-426, December 1995.
4. KIVIRATA, A. and DODSON, C. T. J., **Evaluating Fourdrinier Formation Performance.** Journal of Pulp Science, **21** (11): 379-388, November 1995.
5. GORRES, J. et al., **Sheet Formation from Flocculated Structures.** Journal of Pulp Science, **15** (02): 55-58, March 1989.
6. KEREKES, R. J. and SCHELL, C. J., **Characterization of Fibre Flocculation Regimes by a Crowding Factor.** Journal of Pulp Science, **18** (01): 32-38, January 1992.
7. NAZHAD, M. M. and KEREKES, R. J., **Producing Handsheets at Headbox Consistency.** In.: Annual Meeting, 85th, 1999. Anais ... Canada: Pulp and Paper Technical Association of Canada, January 26-27, 1999, p.203-208.
8. DODSON, C. T. J. and SCHAFFNIT, C., **Flocculation and Orientation Effects on Paper-Formation Statistics.** Tappi Journal, **75**, (01): 167-171, January 1992.
9. KEREKES, R. J. and SCHELL, C. J., **Effects of Fiber Length and Coarseness on Pulp Flocculation.** Tappi Journal, **78** (02): 133-139, February 1995.
10. PRINZ et al., **A Sizing Concept for Acid to Alkaline Conversion in Fine Paper Production.** In.: Alkaline sizing seminar, 1996. São Paulo. Anais ... São Paulo: ABTCP, 1996.
11. CCPA standard C.4, **Canadian Pulp and Paper Association**, (Approved October, 1940).
12. ISOGAI, A., **Effect of Cationic Polymer Addition on Retention of Alkylketene Dimer.** Journal of Pulp and Paper Science, **23**, (06): 276 – 281, June 1997.
13. AU, C. O. and MORGAN, N. S. **Alkaline Sizing – Advanced AKD formulation.** In: Congresso de Tecnologia Papeleira, 1^o. São Paulo, 1998. Anais ... São Paulo: ABTCP, 1998. 114p. p.25-39.
14. MEAKER, D. W., **Machine factors influencing sizing (and vice-versa).** Tappi Journal, **67** (04): 102 -106, April 1984.
15. MOYERS, B. M., **Diagnostic sizing-loss problem solving in alkaline systems.** Tappi Journal, **75** (01): 111 - 115, January 1992.
16. SCOTT, W. E., **Principles of wet end chemistry.** Ed. Atlanta: TAPPI PRESS, 1996. 185p. p.85-109.