

Avaliação morfológica das fibras de polpas Kraft de Eucalipto com diferentes conteúdos de Xilanas

Morphologic evaluation of Eucalyptus Kraft pulp fibers with different xylans contents

Cristiane Pedrazzi¹, Jorge Luiz Colodette²,
Rubens Chaves de Oliveira² e Vania Karine Dick Wille³**Resumo**

O presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar as características morfológicas das fibras de polpas kraft marrons de madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urograndis* de composição química distintas, principalmente em relação aos seus conteúdos de xilanas. Polpas marrons de número kappa 17-18 e conteúdos de xilanas variando de 6 a 21% foram produzidas sob diferentes protocolos de cozimento: 1) kraft convencional; 2) pré-hidrólise kraft; 3) kraft de alta alcalinidade; e 4) kraft de alto rendimento. Análises de comprimento e largura média das fibras, número de fibras por grama, de coarseness e do teor de finos foram feitas em equipamento GALAI CIS-100. Além disso, foi determinado o índice de retenção de água (IRA) e realizada a análise de hornificação das polpas. As polpas marrons da madeira de *Eucalyptus urograndis* obtidas do protocolo de cozimento 4 resultaram em fibras com altos coarseness e as do protocolo de cozimento 3 apresentaram maior número de fibras por grama e de finos com relação às polpas dos demais protocolos. O conteúdo de xilanas influenciou na quantidade de água retida pelas fibras, tendo as polpas marrons com elevado conteúdos de xilanas resultado nos maiores valores de índice de retenção de água (IRA) e nos menores valores de hornificação.

Palavras-chave: Xilanas; Polpa; Eucalipto.

Abstract

The present study was done in order to evaluate the morphologic fibers of brown kraft pulps from *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus urograndis* of distinct chemical composition, mainly in refers to their xylans contents. Brown pulps of kappa number 17-18 and xylans contents varying of 6-21% were produced under different cooking protocols: 1) conventional kraft; 2) pre-hydrolysis kraft; 3) kraft high alkalinity; and 4) high yield kraft. Length and average width of fibers, fibers per gram, coarseness and fines content were measured using GALAI CIS-100 equipment. The water retention value (WRV) and hornification analysis also were evaluated. The brown pulps of *Eucalyptus urograndis* wood and the protocol 4 had resulted in fibers with high coarseness and of the protocol 3 presented greater number of fibers per gram and fines content in regarding to other pulps. The xylans content influenced in the amount of water retention value (WRV) of fibers, being that the brown pulps with high xylans content had resulted in the biggest values of WRV and the lesser values of hornification.

Keywords: Xylans; Pulp; *Eucalyptus*.

INTRODUÇÃO

Vários parâmetros de qualidade da madeira são importantes na fabricação de polpas celulósicas, sendo os principais, a densidade básica da madeira e os relacionados à morfologia das fibras. Além das características morfológicas, o conteúdo de hemiceluloses das fibras tem efeito nas propriedades das polpas. Há evidência na li-

teratura que o processo de cozimento kraft pode causar alterações na composição química e morfológica das polpas produzidas, dependendo das suas condições operacionais (DANIELSON; LINDSTRÖM, 2005).

No Brasil, as chamadas polpas celulósicas, particularmente as polpas tissue e de imprimir e escrever (P&W) são produzidas quase que na totalidade a partir da madeira de eucalipto, nas

¹Engenheira Florestal, Doutora. UFSM - Universidade Federal de Santa Maria - Departamento de Ciências Florestais. Av. Roraima, n° 1000, Santa Maria, RS - 97105-900. E-mail: cpedrazzi@terra.com.br

²Engenheiro Florestal, PhD. UFV - Universidade Federal de Viçosa - Laboratório de Celulose e Papel - Departamento de Engenharia Florestal. Campus Universitário, Viçosa, MG - 36570-000. Email: colodett@ufv.br

³Engenheira Florestal, Mestranda em Engenharia Florestal. UFSM - Universidade Federal de Santa Maria. Avenida Roraima, n° 1000, Santa Maria, RS - 97105-900, Brasil. E-mail: vaniakarine@hotmail.com

quais, a morfologia das fibras é o fator mais importante relativo à matéria prima, enquanto que no processo de manufatura as operações de cozimento e de branqueamento são determinantes.

Segundo Mokfienski et al. (2008), os parâmetros anatômicos como dimensões de fibras, vasos, parênquima, número de fibras por grama e coarseness (expresso como massa em miligramas de polpa por 100 m de comprimento de fibras) são utilizados na avaliação da qualidade da madeira para produção de celulose e do papel, estando relacionados com as propriedades físico-mecânicas e com as características superficiais do produto final. Além disso, de acordo com Weise e Paulapuro (1998), a avaliação da hornificação também pode ser considerada um parâmetro anatômico importante de mensuração de dimensões de fibras, pois reflete mudanças na estrutura dessas nomeadamente na largura, atribuída à morfologia das fibras quando sofrem colapso do lúmen e laminação da lamela média da parede da fibra. Foelkel (2009) considera o Índice de Retenção de Água (IRA) e o teor de finos características vitais para a qualidade das polpas, porém infelizmente, essas características quase não são controladas na fabricação do papel e poucas vezes incluídas nos programas de melhoramento da qualidade das polpas celulósicas.

A composição química tem efeito igualmente significativo. Condições drásticas de cozimento como o uso de altas cargas de álcali, têm sido praticadas com relativo sucesso na produção de polpa tissue, nas quais o baixo teor de hemiceluloses é um atributo desejado, no entanto a um custo elevado de madeira, pois geram baixos rendimentos na linha de fibras. Segundo Muguet et al. (2010), condições suaves de cozimento têm sido praticadas na produção de polpa P&W com objetivo de reter hemiceluloses, com impactos positivos no consumo de madeira e negativo na produtividade da máquina de papel.

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar as fibras de polpas kraft marrons de madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urograndis* de composição química distintas, principalmente em relação ao conteúdo de xilanas. A avaliação baseou-se nas análises morfológicas, de higroscopicidade e de hornificação das polpas.

MATERIAL E MÉTODOS

Para as análises morfológicas, de higroscopicidade e de hornificação, foram utilizadas amostras de polpas marrons de número kappa 17-18 de *Eucalyptus grandis* de baixa densidade e de um híbrido de *Eucalyptus urophylla* versus *Eucalyptus grandis* (*Eucalyptus urograndis*) de alta densidade, produzidas por quatro protocolos de cozimentos diferentes.

Operações de cozimento para obtenção das polpas marrons

Os cavacos de madeiras de *Eucalyptus grandis* e de *Eucalyptus urograndis* foram sujeitos a quatro diferentes protocolos de cozimento, que resultaram em polpas com diferentes características químicas, principalmente no que diz respeito ao conteúdo de xilanas. Os seguintes protocolos de cozimentos foram utilizados: 1) kraft convencional; 2) kraft com pré-hidrólise; 3) kraft de alta alcalinidade; e 4) kraft de alto rendimento. No segundo e terceiro protocolos, as condições de cozimento foram ajustadas para resultarem em polpas com baixo conteúdo de xilanas (~6%). No primeiro e quarto protocolos, as condições foram controladas para obter polpas com conteúdo de xilanas normal (14-16%) e elevado (~20%), respectivamente. A Tabela 1 apresenta o sumário das condições empregadas nos diferentes protocolos para produção das polpas marrons de número kappa 17-18 para as madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urograndis*. Foram utilizados em todos os cozimentos valores de sulfidez de 34% e relação licor madeira de 4/1.

Tabela 1. Condições utilizadas para produção das polpas marrons das madeiras de *Eucalyptus grandis* (EG) e *Eucalyptus urograndis* (EU) nos quatro protocolos de cozimento.

Table 1. Conditions used for the production of brown pulp for *Eucalyptus grandis* (EG) and *Eucalyptus urograndis* (EU) to different cooks.

Madeira	Protocolo	T (°C)	TT1(min)	TT2 (min)	Álcali Ativo Total (g/L)
EG	1	170	90	40	20
	2	170	90	40	17,6
	3	151	90	22	74,2
	4	151	90	160	18,5
EU	1	170	90	90	20
	2	170	90	90	17,6
	3	151	90	28	75,2
	4	151	90	360	18,5

Onde: T(°C) = Temperatura; TT1 = Tempo até temperatura; TT2 = Tempo à temperatura.

Ambos, tratamento da pré-hidrólise e todos os cozimentos kraft foram realizados em um digestor M&K com 1000 gramas de cavacos de madeira secos ao ar. No protocolo 2 os cozimentos foram realizados com o tratamento da pré-hidrólise. Este tratamento foi realizado antes do cozimento sob as seguintes condições para ambas as madeiras: licor = apenas água; relação licor/madeira = 4/1 m³/t; temperatura = 170°C; tempo até temperatura = 90 min; tempo à temperatura = 5 min. Após o tratamento da pré-hidrólise foi realizado o cozimento kraft com as condições apresentadas na Tabela 1.

Os procedimentos analíticos empregados para as análises das polpas estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Procedimentos analíticos para caracterização das polpas celulósicas.

Table 2. Analytical procedures for pulps analysis.

Parâmetro	Procedimento
Número kappa	TAPPI T 236 com-85
Alvura	TAPPI T525 om-92
Viscosidade	TAPPI T230 om-94
Xilanas	HPLC – Método WALLIS et al. (1996) depois da hidrólise ácida de acordo com TAPPI T249
Ácidos Hexenurônicos	Gellerstedt e Li (1996)

Mensuração de dimensões de fibras

Para realização dessas análises foram preparadas amostras de suspensão do material fibroso em água, na consistência de 0,001%, após hidratação por quatro horas. A preparação das suspensões foi feita utilizando balão volumétrico, água destilada e dispersante (2,0% base polpa). Após a hidratação do material fibroso, as análises de comprimento e largura média das fibras, do número de fibras por grama, de coarseness e do teor de finos das polpas foram feitas em equipamento GALAI CIS-100. Um volume de 700 mL de suspensão da amostra foi inserido no referido equipamento. O sistema computadorizado permite a sua circulação, em uma velocidade constante, através de uma cubeta de quartzo, onde há incidência de um feixe de laser, que gera imagens coletadas por uma vídeo-câmara. Estas imagens são armazenadas e analisadas com ajuda de um software apropriado (Wshape – versão 1.31) para análises de material fibroso.

Determinação do índice de retenção de água (IRA)

A medição do índice de retenção de água (IRA) foi realizada seguindo a norma técnica

LCP 01 pp-96 UFV e determinado segundo a Equação 1.

$$IRA\% = \frac{\text{massa}_{ac} - \text{massa}_{as}}{\text{massa}_{as}} \times 100$$

Onde: Massa_{ac} = massa da amostra centrifugada (g); Massa_{as} = massa da amostra seca (g)

Análise de hornificação das polpas

Com relação à análise de hornificação utilizou-se a correlação demonstrada por Weise e Paulapuro (1998), apresentada na Equação 2.

$$\text{Hornificação \%} = \frac{IRA_0 - IRA_1}{IRA_0}$$

Onde: IRA₀ = índice de retenção de água da polpa que não sofreu secagem; IRA₁ = índice de retenção de água da polpa que sofreu secagem.

Análise de imagem (SEM)

A análise de imagem por Scanning Electron Microscopy (SEM) foi realizada no microscópio eletrônico de varredura da marca LEO, modelo 1430 VP. As amostras, no estado sólido, foram colocadas com fita dupla diante de um suporte metálico, e cobertas com filme de ouro – paládio, antes de serem analisadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização das polpas marrons

Os resultados dos cozimentos para os diferentes protocolos dos cavacos de madeiras de *Eucalyptus grandis* e de *Eucalyptus urograndis* estão apresentados na Tabela 3.

Como podemos observar na Tabela 3, foi possível produzir polpas celulósicas de número kappa 17,0-17,6 com baixo (6-8%), normal (15-17%) e alto (20-21%) conteúdo de xilanas através de mudanças nas condições de cozimento (carga de álcali, temperatura e tempo). O cozimento com o tratamento da pré-hidrólise kraft (protocolo de cozimento 2) resultou em polpas com altas viscosidades, o que segundo Colodette et al. (2007), pode ser explicado pela remoção das hemiceluloses, que são polímeros de menor peso molecular. Além disso, as polpas resultaram em valores de 6,0 e 6,4% de xilanas e de 14,6 e 16,5 mmol/kg de ácidos hexenurônicos para madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urograndis*, respectivamente, comprovando que as condições utilizadas no tratamento da pré-hidrólise kraft foram eficazes na remoção das xilanas e de ácidos 4-O-metil-α-D-glicurônicos da madeira. Esses ácidos são os que dariam ori-

Tabela 3. Principais características das polpas marrons produzidas pelos quatro protocolos de cozimento kraft das madeiras de *Eucalyptus grandis* (EG) e *Eucalyptus urograndis* (EU)

Table 3. Characteristics of brown pulps produced by the four cooking protocols for *Eucalyptus grandis* (EG) and *Eucalyptus urograndis* (EU)

Madeira	Protocolo	Número Kappa	Alvura (%)	Viscosidade (mPa.s)	Xilanas (%)	HexA's (mmol/kg)
EG	1	17,6	41,0	63,2	15,2	61,8
	2	17,2	34,9	117	6,0	14,6
	3	17,1	41,1	17,4	7,0	31,7
	4	17,0	36,7	79,2	20,2	63,4
EU	1	17,0	36,2	69,5	17,7	59,6
	2	17,2	28,4	108	6,4	16,5
	3	17,0	38,6	20,9	8,1	43,2
	4	17,0	36,5	100	21,3	53,9

Onde: HexA's = Ácidos hexenurônicos.

gem aos hexenurônicos durante a polpação kraft subsequente. A alta alcalinidade utilizada no protocolo de cozimento 3 fez diminuir o conteúdo de xilanas nas polpas obtidas, resultando em polpas com as mais baixas viscosidades. Os resultados obtidos nesse estudo podem ser explicados por Danielsson (2007) o qual afirma que durante a polpação kraft uma série de processos de reações químicas e físicas ocorrem nas xilanas, como a dissolução, degradação e precipitação nas fibras, conversão de grupos laterais e a clivagem destes na cadeia das xilanas.

Análise morfológica

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos da determinação do comprimento e largura média do material fibroso, número de fibras por grama, coarseness e teor de finos para as polpas marrons produzidas pelos 4 protocolos de cozimento das madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urograndis*.

De acordo com a Tabela 4, fibras de maiores coarseness, foram obtidas para as polpas de madeiras de *Eucalyptus urograndis*, tendência esta já esperada, pois é uma propriedade dependente da densidade da madeira e já observada em trabalho realizado por Mokfienski et al. (2008). Segundo Carpim et al. (1987), o coarseness das fibras é dependente do teor de carboidratos das polpas celulósicas, mas principalmente da densidade da madeira, isto é, para um mesmo

comprimento de fibra, madeiras mais densas terão maior coarseness. As polpas marrons obtidas do protocolo de cozimento 4 resultaram nos maiores valores de coarseness entre todos os outros protocolos (1, 2 e 3) o que pode ser explicado pelo elevado conteúdo de xilanas retido sobre as fibras, o que aparentemente causou aumento em massa na fibra. As polpas obtidas do protocolo de cozimento 3 apresentaram maior número de fibras por grama que as polpas dos demais protocolos (1, 2 e 4) devido à elevada carga de álcali empregado no cozimento, a qual causou extensa degradação das fibras, o que pode ser comprovado pelo elevado teor de finos e baixas viscosidades (Tabela 3) encontrado nestas polpas. Segundo Foelkel (2007), quando as hemiceluloses são parcialmente removidas, o peso individual de cada fibra é até certo ponto reduzido. Logo, o número de fibras por grama é aumentado e com isso, aumenta a população fibrosa, o que é comprovado pelos resultados obtidos na Tabela 4. De acordo com Karlsson (2006) o número de fibras por grama pode ser afetado tanto pelo material de origem, quanto pelo processo de fabricação da polpa e do papel. Como as fibras sofrem diversas alterações durante o processo, espera-se que, com o decorrer do mesmo, o número de fibras aumente.

Os comprimentos das fibras nas polpas marrons dos 4 protocolos de cozimento variaram de 0,63 a 0,89 mm, e estão de acordo com valores já

Tabela 4. Análises morfológicas das fibras das polpas marrons dos 4 protocolos de cozimento das madeiras de *Eucalyptus grandis* (EG) e *Eucalyptus urograndis* (EU)

Table 4. Morphologic analyses of pulp fibers from 4 protocols cooking for *Eucalyptus grandis* (EG) and *Eucalyptus urograndis* (EU.) woods

Protocolos	Coarseness (mg/100m)		Nº de Material Fibroso/grama (milhões)		Comprimento (mm)		Largura (µm)		Teor de finos (%)	
	EG	EU	EG	EU	EG	EU	EG	EU	EG	EU
1	7,59	7,95	18,1	17,4	0,69	0,89	23,3	21,7	9,25	9,59
2	6,64	7,97	18,2	17,7	0,83	0,71	22,3	22,0	9,90	11,0
3	7,46	8,28	19,6	19,3	0,69	0,63	24,6	22,1	10,6	11,6
4	9,56	9,95	15,3	15,2	0,76	0,68	23,2	22,1	8,23	11,3

relatados na literatura para madeira de eucalipto (FOELKEL, 2007; CARVALHO, 1997), sendo que o protocolo de cozimento (3) apresentou fibras com os menores comprimentos médios.

Quanto à largura média das fibras o valor encontrado para a amostra obtida do protocolo de cozimento 3 (24,6 µm) para polpa de madeira de *Eucalyptus grandis* foi ligeiramente superior em relação aos demais protocolos de cozimento. As fibras com maiores larguras têm maior potencial de colapso e facilidade de refino, maior área de contato entre fibras na formação da folha de papel e, portanto, maior resistência da folha de papel, o que também foi relatado por Castanho e Oliveira (2000).

As polpas provenientes dos diferentes protocolos de cozimento resultaram em teores de finos semelhantes, sendo que a polpa do protocolo de cozimento 3 aplicado à madeira de *Eucalyptus urograndis* apresentou ligeiro aumento em relação às demais polpas (11,6%). Esse resultado pode ser explicado pelas condições de alta alcalinidade do protocolo 3, associado à madeira de maior dificuldade de cozimento, o que resultou em fibras muito degradadas e susceptíveis à fragmentação dando origem a finos. Como já é conhecido e de comum acordo com outros autores (FOELKEL, 2009; KARLSSON, 2006), quanto maior o teor de finos, mais difícil se torna a drenabilidade, o desaguamento e a secagem na máquina de papel, porém, os finos colaboram nos processos de ligações entre fibras. Caso os finos sejam removidos das polpas, os papéis produzidos terão suas propriedades alteradas. Ocorrerá um aumento substancial do volume, da porosidade e da adsorção de água pela fibra e a diminuição da resistência físico-mecânica das folhas.

Índice de retenção de água (IRA) e de hornificação das fibras

A Tabela 5 apresenta os resultados do índice de retenção de água (IRA) e de hornificação das polpas marrons obtidas dos 4 protocolos de cozimentos das madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urograndis*.

Como observado na Tabela 5, apesar de valores próximos, fica evidente que o conteúdo de xilanas influenciou na quantidade de água retida pelas fibras, sendo que as polpas do protocolo de cozimento 4 com elevado conteúdo de xilanas (20,2 e 21,3, para madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urograndis*, respectivamente), resultaram nos maiores valores de IRA. O oposto

foi observado para as polpas marrons dos protocolos de cozimento 2 e 3, as quais resultaram nos menores valores, devido aos seus baixos conteúdos de xilanas (6,0% a 8,1%). Além disso, as polpas de madeira de *Eucalyptus urograndis* alcançaram valores mais elevados de IRA que as de madeira de *Eucalyptus grandis*, o que pode ser explicado pelo maior teor de xilanas (Tabela 3) e maior coarseness (Tabela 4) destas amostras.

Tabela 5. Valores do índice de retenção de água (IRA) e de hornificação das fibras das polpas marrons com diferentes conteúdos de xilanas produzidas pelos 4 protocolos de cozimento das madeiras de *Eucalyptus grandis* (EG) e *Eucalyptus urograndis* (EU).

Table 5. Values of the index of water retention (WRV) and hornification of pulps fibers with different xylans content for 4 protocols cooking from *Eucalyptus grandis* (EG) and *Eucalyptus urograndis* (EU) woods.

Protocolos	IRA (%)		Hornificação (%)	
	EG	EU	EG	EU
1	131	149	15,7	17,2
2	116	129	27,4	31,9
3	115	121	17,6	20,4
4	186	190	12,8	17,0

As polpas marrons do protocolo de cozimento 2 resultaram nos valores mais elevados de hornificação em relação aos demais protocolos, o que já era esperado devido ao baixo conteúdo de xilanas obtidos nestas polpas (6,0% e 6,4%, para madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urograndis*, respectivamente), além disso, as condições empregadas no tratamento da pré-hidrólise kraft para a produção das polpas resultaram em um maior colapso do lúmen o que pode ter causado o aumento dos valores de hornificação (27,4 e 31,9%, para madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urograndis*, respectivamente). Segundo Tschirner et al. (2006), no tratamento da pré-hidrólise são geradas condições ácidas devido à madeira possuir grupos acetilas que estão ligados à estrutura química das xilanas. Esses grupos tendem a diminuir o pH a níveis ácidos, removendo as xilanas da madeira, produzindo polpas com fibras mais degradadas e de maior flexibilidade, facilitando assim o colapso de seus lumens e conseqüentemente a ocorrência da hornificação das fibras.

Verifica-se que nas polpas marrons com elevado conteúdo de xilanas o fenômeno de hornificação foi menos pronunciado. Estes resultados são explicados pelo fato de que as xilanas impedem a formação de agregados de microfibrilas durante a secagem da polpa, favorecendo a

re-humidificação das polpas secas, diminuindo assim o aparecimento do fenômeno de hornificação das fibras (SANTOS, 2005; CASTANHO; OLIVEIRA, 2000).

O teor de finos também contribui para abrandar o fenômeno de hornificação. As polpas marrons de madeira de *Eucalyptus urograndis* por possuírem fibras de maior coarseness produziram mais finos. Em razão da maior superfície de contato e maior área de ligação que os finos proporcionam, eles podem ter sido responsáveis pela diminuição do fenômeno de hornificação das polpas marrons derivadas da madeira de *Eucalyptus urograndis*.

Análise de imagens das polpas marrons

As Figuras 1, 2 e 3 ilustram o comportamento das fibras obtidas de polpas kraft com conteúdos de xilanas de aproximadamente 6, 15 e 20%, respectivamente, para as madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urograndis*.

De acordo com as imagens, a Figura 1 apresenta fibras com superfícies mais lisas e uma estrutura aparentemente mais frouxa o que se deve ao menor número de ligações interfibras causado possivelmente pelo baixo conteúdo de xilanas das amostras. As fibras de madeira de *Eucalyptus urograndis* apresentam-se degradadas, o que é explicado pela extensa degradação sofrida devido a elevada carga de álcali utilizada na produção da polpa marrom pelo protocolo de cozimento (3). A Figura 2 ilustra as fibras da polpa com conteúdo normal de xilanas (aproximadamente 15%), onde se podem observar filamentos entre as fibras dando origem a uma estrutura mais compacta comparada as polpas com conteúdo de xilanas de aproximadamente 6%.

Na Figura 3, se pode observar a presença de “teias” e filamentos entre as fibras, as quais são provavelmente estruturas (feixes de fibrilas) reforçadas por xilanas que nas polpas marrons do protocolo de cozimento 4 estão em grande

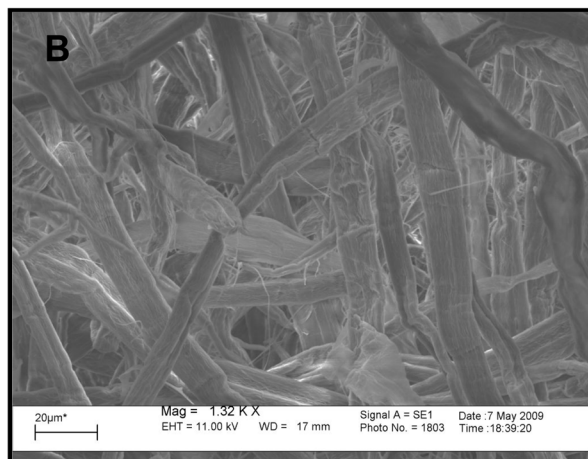
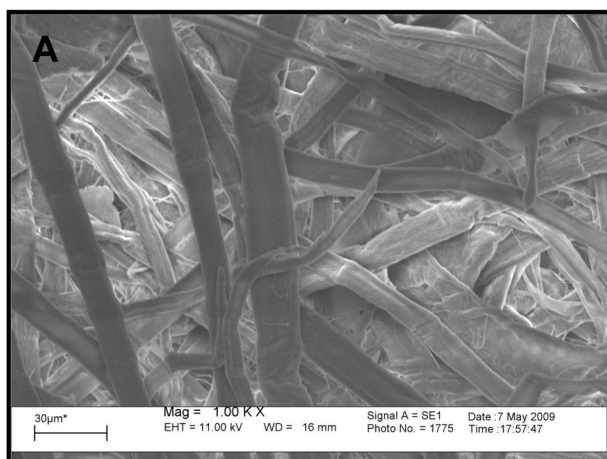


Figura 1. Imagem SEM da polpa do protocolo de cozimento (3) com aproximadamente 6% de xilanas das madeiras de *Eucalyptus grandis* (A) e de *Eucalyptus urograndis* (B).

Figure 1. SEM images of kraft pulp of protocol 3 with approximately 6% xylans contents from *Eucalyptus grandis* (A) and *Eucalyptus urograndis* (B).

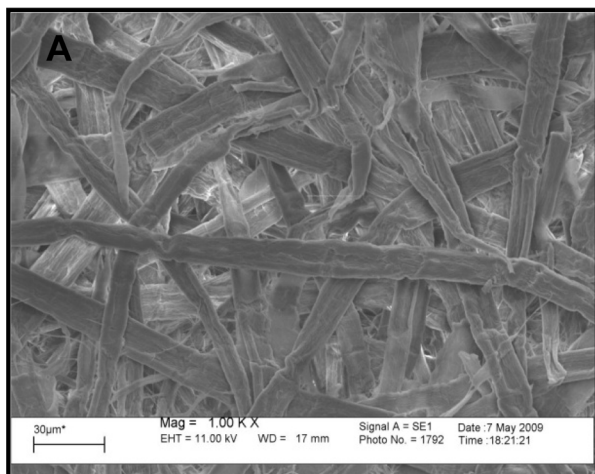


Figura 2. Imagem SEM da polpa do protocolo de cozimento (1) com aproximadamente 15% de xilanas das madeiras de *Eucalyptus grandis* (A) e de *Eucalyptus urograndis* (B).

Figure 2. SEM images of kraft pulp of protocol 1 with approximately 15% xylans contents from *Eucalyptus grandis* (A) and *Eucalyptus urograndis* (B).

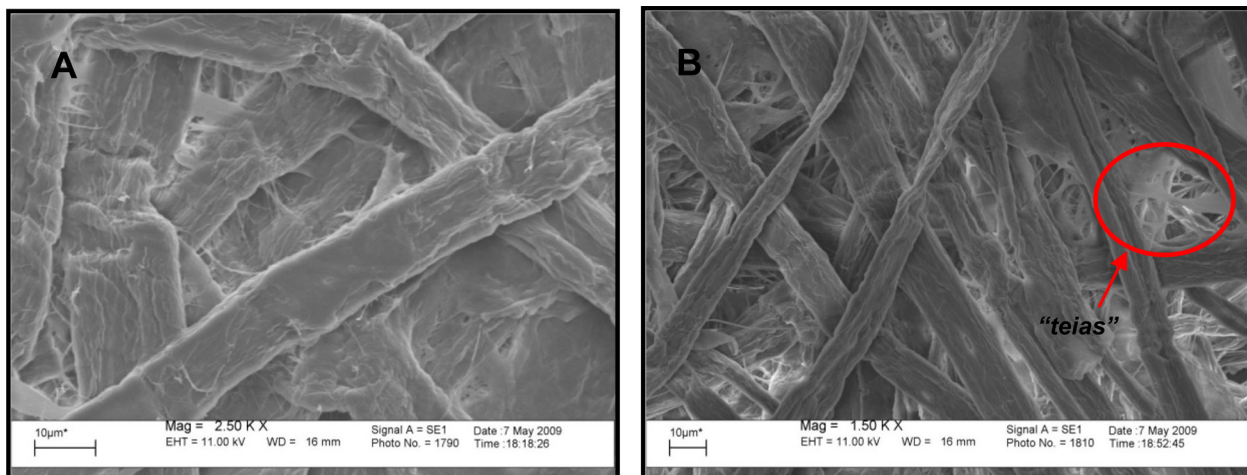


Figura 3. Imagem SEM da polpa do protocolo de cozimento (4) com aproximadamente 20% de xilanas das madeiras de *Eucalyptus grandis* (A) e de *Eucalyptus urograndis* (B).

Figure 3. SEM images of kraft pulp of protocol 4 with approximately 20% xylans contents from *Eucalyptus grandis* (A) and *Eucalyptus urograndis* (B).

quantidade (aproximadamente 20%). Observa-se a maior interação, ou ligações entre as fibras, além de uma estrutura mais compacta e fechada do papel com relação às Figuras 1 e 2.

CONCLUSÕES

Foi possível obter polpas com diferentes quantidades de xilanas por meio de mudanças nas condições de cozimento (carga de álcali, temperatura e tempo);

O coarseness da fibra aumenta com o seu teor de xilanas;

A madeira de *Eucalyptus urograndis* resultou em fibras de maior coarseness;

As polpas obtidas do protocolo de cozimento 3 apresentaram maior número de fibras por grama que as polpas dos demais protocolos (1, 2 e 4);

Os maiores valores de largura média das fibras e de teor de finos foram encontrados para as amostras obtidas do protocolo de cozimento 3 para polpa de madeira de *Eucalyptus grandis*;

O conteúdo de xilanas influenciou na quantidade de água retida pelas fibras e no fenômeno de hornificação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARPIM, M; BARRICHELLO, L. E. E.; CLAUDIO-SILVA JUNIO, E.; DIAS, R. L. V. As influências do número de fibras por grama nas propriedades óticas do papel. In: CONGRESSO ANUAL DA ABTCP, 20, 1987, São Paulo, *Anais...* São Paulo: ABCTP. 1987. p.183-205.

CARVALHO, H. G. Efeito da idade de corte da madeira e de variáveis de refino nas propriedades da celulose kraft branqueada de eucalipto. 1997. 103 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 1997.

CASTANHO, C. G; OLIVEIRA, R. C. Estudos de aproveitamento de rejeito fibroso industrial da polpação kraft de eucalipto na produção de papeis reciclados. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL DA ABTCP, 33, 2000, São Paulo. *Anais...* São Paulo: ABTCP. 2000. 17 p.

COLODETTE, J. L.; GOMIDE, J. L.; JUNIOR, D.L.; PEDRAZZI, C. Effect of pulp delignification degree on fibre line performance and bleaching effluent load. *BioResources*, v. 2, n. 2. p. 223-234, 2007

DANIELSSON, S. *Xylan Reactions In Kraft Cooking*. 2007. 73 p. Tese (Doutorado em Química) – Royal Institute of Technology, Scholl of Chemical Sciences and Engineering, Stockholm, 2007.

DANIELSSON, S.; LINDSTRÖM, M. Influence of birch xylan adsorption during kraft cooking and softwood pulp strength. *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, Stockholm, v. 20, n. 4, p. 436-441. 2005.

FOELKEL, C. E. B. As fibras dos eucaliptos e as qualidades requeridas na celulose Kraft para a fabricação de papel. In: *Eucalyptus Online Book & Newsletter*, 2007. 48 p. Disponível em: < http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT03_fibras.pdf> Acesso em: 05 jan. 2013.

- FOELKEL, C. E. B. Propriedades papeleiras das árvores, madeiras e fibras celulósicas dos eucaliptos. In: **Eucalyptus Online Book & Newsletter**, 2009. 111 p. Disponível em: < http://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT14_PropPapeleiras.pdf> Acesso em: 05 jan. 2013.
- GELLERSTEDT, G.; LI, J. An HPLC method for the quantitative determination of hexenuronic acid groups in chemical pulps, **Carbohydrate Research**, Oxford, v. 294, p. 41-51, 1996.
- KARLSSON, H. **Fibre Guide**: Fibre analysis and process applications in the pulp and paper industry. Sweden: Lorentzen & Wettre, 2006. 120 p.
- MOKFIENSKI, A.; COLODETTE, J. L.; GOMIDE, J. L.; CARVALHO, A. M. M. L. A Importância relativa da densidade da madeira e do teor de carboidratos no rendimento da polpa e na qualidade do produto final. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 3 p. 401-413, jul./set. 2008.
- MUGUET, M. C. S., COLODETTE, J. L., PEDRAZZI, C. Xylans deposition onto eucalyptus pulp fibers during oxygen delignification. Part 1: the influence of NaOH charge, reaction time and temperature. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE INVESTIGAÇÃO EM CELULOSE E PAPEL, 6, 2010, Lisbon. **Proceedings...** Libon: Tecnicelpa. 2010.
- SANTOS, R. F. Efeito do teor e estrutura de xilana de pastas brancas de *E. globulus* na sua tendência para a hornificação. 2005. 103 p. Tese (Mestrado em Engenharia dos Processos de Produção de Pasta para Papel) - Universidade de Aveiro. Aveiro, 2005.
- TSCHIRNER, U.; AL-DAJANI, W. W.; JENSEN, T. Pre-extraction of hemicelluloses and subsequent pulping of Aspen Chips. In: CARLTON, W. DENCE MEMORIAL INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PAST ACHIEVEMENTS, 1.; FUTURE CHALLENGES IN PULPING AND BLEACHING, 1., 2006, Vancouver. **Proceedings...** Vancouver: ESPRA, 2006.
- WALLIS, A. F. A.; WEARNE, R. H.; WRIGHT, P. J. Chemical analysis of polysaccharides in plantation eucalyptus woods and pulps. **Appita Journal**, Melbourne, v. 4, p. 258-262, 1996.
- WEISE, U.; PAULAPURO, H. Hornification mechanisms and terminology. **Paperi Ja Puu-Paper and Timber**, Helsinki, v. 80, n. 2, p. 110 – 11, 1998.

Recebido em 08/04/2013
Aceito para publicação em 01/10/2013