

EFEITO DO SÍTIO NAS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DA MADEIRA DE *Eucalyptus* PARA PRODUÇÃO DE CELULOSE KRAFT

Adriana de Fátima Gomes Gouvea¹, Claudia Márcia Gomes², Luiz Marcos Matos², Talita Assunção Souza¹, Fabrício Junki Blanco Kumabe¹, Patricia Kerlly Ramalho Martins Benites¹

Resumo: O objetivo deste estudo foi avaliar características tecnológicas para a produção de celulose de três clones de eucalipto plantados em dois diferentes sítios, provenientes de experimentos, considerados teste clonal, de uma indústria brasileira de celulose. Foi determinada a densidade básica da madeira, a morfologia das fibras e a composição química dos clones (teor de extrativos, lignina e carboidratos). Foram realizados cozimentos kraft, utilizando-se diferentes cargas de álcali afim de se obter polpas com número kappa 18 ± 1 . A qualidade do sítio não influenciou o comprimento da fibra, a área superficial de vasos para todos os clones, além da relação siringil/guaiacil para o clone C. A qualidade do sítio influenciou a densidade da madeira, espessura de parede, teor de extrativos, lignina e relação siringil/guaiacil (exceto clone C) e carboidratos. O clone B apresentou o melhor rendimento na produção de celulose e um efeito intermediário do sítio nas suas características tecnológicas, quando comparados com os clones A e C. O clone C apresentou o menor efeito do sítio no desempenho da produção de celulose e foi o único clone que não apresentou efeito do sítio na relação siringila/guaiacila, o que indica que esta variável é um importante parâmetro para a produção de polpa celulósica, no que se refere ao rendimento e cargas de álcali.

Palavras-chave: sítios; eucalipto; celulose kraft; composição química.

EFFECT OF THE SITE IN TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF *EUCALYPTUS* WOOD FOR KRAFT PULP PRODUCTION

Abstract: The aim of this study was to analyze the technological characteristics for pulp production from three eucalyptus clones planted in two different sites derived from experiments considered clonal test from a Brazilian pulp industry. It was determined the wood basic density, the fibers morphologies and the chemical composition of clones (extractives

¹ Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), <agouvea@uems.br>, <talitasch@hotmail.com>, <fabricio.kumabe@hotmail.com>, <pkerlly@hotmail.com>.

² Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), <claudia-davi@hotmail.com>, <luizmarcos.matos@gmail.com>.

content, lignin and carbohydrates). Kraft pulping was made, using alkali different loads in order to obtain pulps with kappa number 18 ± 1 . The quality of site did not influence on fiber length, the surface area of vessels for all clones, in addition to the syringyl / guaiacyl for clone C. The quality of site influenced on the wood density, wall thickness, extractives content, lignin and syringyl / guaiacyl ratio (except for clone C) and carbohydrates. The clone B showed the better performance on pulp production and an intermediate effect of site at technological characteristics, when comparing with Clones A and C. The Clone C showed the least effect of site on performance of pulp production and it was the only clone that showed no site effect in relation to syringyl/guaiacyl, indicating that this variable is an important parameter for pulp production regarding on performance and alkali loads.

Keywords: site; eucalyptus; cellulose kraft; chemical composition.

1 INTRODUÇÃO

Na prática industrial, o controle do processo em uma fábrica de celulose é, às vezes, dificultado pela necessidade de modificação das condições de polpação causada pela heterogeneidade do suprimento de madeira. As condições de polpação e a qualidade da madeira afetam substancialmente o rendimento e a qualidade da polpa (GOMIDE e FANTUZZI NETO, 2000).

A fim de se produzir polpa celulósica homogênea, com alta qualidade, baixo custo e mínimo impacto ambiental, um dos maiores desafios da indústria é a seleção adequada de madeira para o seu suprimento.

Com a interação entre os setores florestal e industrial associam-se características silviculturais e tecnológicas a serem atendidas nos programas de melhoramento florestal. Segundo Santos (2005), são utilizadas técnicas que permitem uma manipulação do material genético de forma a contribuir, em maior ou menor proporção, com a fixação de parâmetros que hoje são comprovadamente conhecidos pelo seu favorecimento na melhoria da qualidade de determinados tipos de papéis. Estes parâmetros são determinados em estudos de qualidade da madeira para produção de celulose, que, segundo Gomide et al. (2005), envolvem a caracterização química, anatômica e também, de grande importância, as características tecnológicas da transformação da madeira em polpa celulósica.

O Brasil possui grande variedade de condições edafoclimáticas. Portanto, para garantir a produção de matéria-prima mais homogênea possível, é importante que os clones sofram o mínimo efeito nas suas características tecnológicas em razão do sítio utilizado.

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de dois sítios nas características tecnológicas da madeira para a produção de celulose de três clones de eucalipto, visando selecionar o sítio mais apropriado para o plantio de cada clone.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Como material de pesquisa foram utilizados três clones (A, B, C) plantados em dois sítios (1, 2) provenientes de experimentos considerados testes clonais com *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus pellita* e um híbrido natural. As principais características médias dos sítios são: sítio 1: precipitação=1251mm/ano, temperatura=23 °C e umidade relativa=83,1%; Sítio 2: precipitação=773mm/ano, temperatura=22,8 °C e umidade relativa=79,5%.

As árvores plantadas nos sítios 1 e 2 foram abatidas com 7,8 e 8,4 anos, respectivamente. Foram retirados toretes de 50 cm de comprimento na base, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial do tronco. Como altura comercial foi considerada a altura total da árvore até o diâmetro de 6 cm, sem casca. Após descascamento manual, as toras foram transformadas em cavacos em um picador laboratorial (Demuth). Os cavacos foram classificados em peneiras vibratórias, selecionando-se a fração que atravessou a peneira de 32 x 32 mm e ficou retida na peneira de 16 x 16 mm. Em seguida, os nós e cavacos defeituosos detectados visualmente foram eliminados manualmente. Os cavacos, após secagem ao ar, foram armazenados em sacos de polietileno.

A densidade da madeira foi determinada em duplicata pelo método de medição indireta do volume (balança hidrostática), conforme descrito na norma TAPPI 258 om-94. Para a mensuração das fibras, as amostras de madeiras em forma de palitos foram submetidas ao aquecimento por 2,5 horas em solução nitro-acética (1:5). Após maceradas, as amostras foram exaustivamente lavadas em água destilada. As fibras foram posteriormente transferidas para um béquer contendo água destilada, sob agitação mecânica, ao mesmo tempo em que se adicionou o corante azul de astra.

Com auxílio de um vídeo microscópio computadorizado (analisador de imagens) foram mensuradas 100 fibras e 100 vasos para cada amostra. Nas fibras, determinou-se o comprimento, diâmetro (fibra e lume) e a espessura da parede celular. Nos vasos, determinou-se o comprimento e largura. Os resultados foram expressos pela média das 100 medições e pelo coeficiente de variação.

Para determinação da composição química da madeira, foi obtida serragem em moinho Willey, conforme descrito na norma TAPPI T 2A om-92, de cada amostra. Em seguida a

serragem foi classificada e a fração que passou pela peneira com malha de 40 mesh e que ficou retida na peneira com malha de 60 mesh (ASTM) foi acondicionada em ambiente climatizado e armazenada em frascos hermeticamente fechados para ser utilizada nas análises química da madeira, seguindo as normas descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Análises químicas da madeira de eucalipto.

Table 1. Chemical analysis of eucalyptus wood.

Características	Metodologias
Extrativos	TAPPI 264 om-88
Lignina Insolúvel	GOMIDE e DEMUNER (1986)
Lignina Solúvel	GOLDSCHMID (1971)
Relação Siringil/Guaiacil	LIN e DENCE (1992)
Grupos acetil	BROWNING (1963)
Ácidos Urônicos	SCOTT (1979)
Análise de Açúcar	KAAR et al. (1991)
Residual de álcali	SCAN-N 33:94 (1994)

Os cozimentos kraft foram realizados em autoclave rotativa Regmed, com quatro células cilíndricas. Cada célula possui quatro reatores com capacidade de 1,2 L, dotada de tampa com termômetro, manômetro e aquecida eletricamente. As condições operacionais utilizadas nos cozimentos foram: cavacos=25 g a.s. (absolutamente seca); sulfidez=30%, relação licor/madeira=4/1 L/kg, temperatura máxima=170 °C, tempo até temperatura=90 min e tempo à temperatura=45 min. As cargas de álcali utilizadas, expressas como NaOH, foram estabelecidas experimentalmente, de modo a obter polpas com número kappa $18 \pm 0,5$. Os cozimentos foram realizados com oito repetições, totalizando 48 cozimentos. Ao final do tempo de cozimentos, foram coletadas amostras de licores para análises de pH e álcali residual.

Os cavacos cozidos foram descarregados em caixa de aço inox com tela de 150 mesh e lavados exaustivamente com água filtrada, à temperatura ambiente. Em seguida, a polpa, previamente individualizada em ôhidrapulper laboratorialö, foi depurada em depurador laboratorial Voith, dotado de placa com fendas de 0,20 mm de largura. Em seguida, a polpa foi desaguada e centrifugada até a consistência de 35%. Foram determinados o rendimento do processo por gravimetria e o número kappa da polpa, conforme TAPPI T236 om-85.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Densidade Básica

Para o sítio 1, a densidade média dos clones foi de 486 kg/m³. O clone B apresentou a menor densidade (463 kg/m³), enquanto os clones A e C apresentaram densidades maiores e iguais (498 kg/m³). Para o sítio 2, a densidade média dos clones foi de 538kg/m³. O clone B apresentou a menor densidade (519 kg/m³), seguida dos clones C (542 kg/m³) e A (553 kg/m³).

Segundo Gomide et al. (2005), as empresas nacionais de celulose têm priorizado, na seleção de clones, densidades básicas próximas a 500 kg/m³, com tendência para densidades ligeiramente inferiores. Os clones que apresentaram densidade mais próximas a 500 kg/m³ foram os clones A e C no sítio 1 e B no sítio 2.

Para os clones A, B e C plantados nos sítios 1 e 2, as diferenças no valor das densidades foram de 11%, 12% e 9%, respectivamente. Portanto, o clone C sofreu menor efeito do sítio na sua densidade.

3.2 Características Anatômicas

Os resultados da análise morfológica das fibras estão apresentados na Tabela 2.

Os clones A, B e C apresentaram comprimento de fibras médio de 1,03 mm, para os sítios 1 e 2. Portanto, o sítio não influenciou significativamente no comprimento da fibra.

Os clones plantados no sítio 1 apresentaram maior diâmetro de lume e menor espessura de parede quando comparados com aqueles plantados no sítio 2. Estes resultados mostram uma relação direta entre o aumento da densidade básica, da espessura da parede e da redução do diâmetro do lume, conforme relatado por outros autores (FOELKEL et al., 1990, 1997; QUEIROZ, 2004). O clone B destacou-se por apresentar o maior diâmetro de lume e espessura da parede nos sítios 1 e 2. Os clones A, B e C, no sítio 1, apresentaram diâmetro de lume 20,42%, 21,17% e 11,30%, respectivamente maiores do que no sítio 2. Os clones A, B e C, no sítio 1, apresentaram espessura de parede 25,1%, 17,5 % e 51,1%, respectivamente menores do que no sítio 2. Este resultado mostra que o clone C apresentou uma menor redução do diâmetro do lume para o maior espessamento da parede, o que é favorável, pois um maior diâmetro do lume mantém uma maior quantidade de massa de álcali no licor em direção à parede celular e, conseqüentemente, facilita a deslignificação e resulta em maior rendimento do processo de polpação (ALMEIDA, 1997).

A área superficial média dos vasos para cada clone nos sítios 1 e 2 foi igual a 0,08 mm². Avaliando-se cada clone nos sítios 1 e 2, verifica-se que não houve influencia significativa do sítio na área superficial de vasos.

Os vasos são indesejáveis na fabricação de papéis de impressão, considerando que os elementos de vasos tendem a ser arrancados da superfície da folha durante a operação de impressão, além de prejudicar o entrelaçamento das fibras (ALVES, 2005).

Tabela 2. Resultados médios de densidade básica e morfologia de fibras dos seis clones/locais avaliados.

Table 2. Average results of basic density and fiber morphology of six clones / sites evaluated.

Clone	Local	DBM	COMP	LARG	LUME	ESPAR	ÁREA V.
A	1	498 b	0,98 a	19,8 a	11,31 b	4,26 b	0,08 a
	2	553 a	1,01 a	19,7 a	9,00 b	5,33 a	0,07 a
B	1	463 b	1,07 a	23,7 a	12,61 a	5,54 a	0,08 a
	2	519 a	1,05 a	23,0 a	9,94 b	6,51 a	0,10 a
C	1	498 b	1,06 a	15,8 c	9,65 a	3,68 b	0,09 a
	2	542 a	1,04 a	19,7 b	8,56 b	5,56 a	0,08 a

DBM = densidade básica a 1,3 m de altura do solo (DAP) (Kg/m³); COMP = comprimento da fibra (mm), LARG = largura da fibra (µm); ESPAR = espessura da parede (µm); LUME = diâmetro do lume (µm); ÁREA V. = área dos vasos (mm²). Médias seguidas de mesma letra, dentro de local, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

3.3 Características Químicas

Segundo Gomide (2005), assim como a densidade básica, o teor de extrativos e de lignina são indispensáveis para uma caracterização tecnológica básica da madeira. Os teores de extrativos e lignina dos clones estudados estão apresentados na Tabela 3.

Os extrativos da madeira são considerados de grande importância na polpação e, normalmente, causam prejuízos porque dificultam a impregnação de cavacos, consomem reagentes no cozimento, reduzem o rendimento, entre outros (WEHR e BARRICHELO, 1993). Os clones A, B e C apresentaram o teor de extrativos menor no sítio 1 (2,5%), quando comparados com os do sítio 2 (3,03%). O clone B apresentou o menor teor de extrativo, independentemente do sítio em que foi plantado.

Para os teores de extrativos, o clone B apresentou efeito de sítio, sendo que o sítio 1 apresentou menor teor de extrativo de acordo com o teste de tukey a 5% de probabilidade. Os teores de extrativos pra os clones A e B não tiveram efeito significativo entre os sítios, mostrando que esses clones tiveram o mesmo comportamento independente do local avaliado. De acordo com a Figura 1, o teor de extrativos apresentou alta correlação com a densidade

básica. Para os clones de baixa densidade, os teores de extrativo variaram de 2,3 a 2,6 %. Para os clones de alta densidade os teores de extrativo variaram de 2,7 a 3,4 %. Dias e Claudio-da-Silva (1985), estudando a influência da densidade nas características químicas da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis*, não encontraram correlação entre a densidade básica e o teor de extrativos da madeira.

O menor teor de extrativos foi encontrado no clone B1 (DB=463kg/m³), enquanto o maior teor de extrativo foi encontrado no clone A2 (DB=553kg/m³).

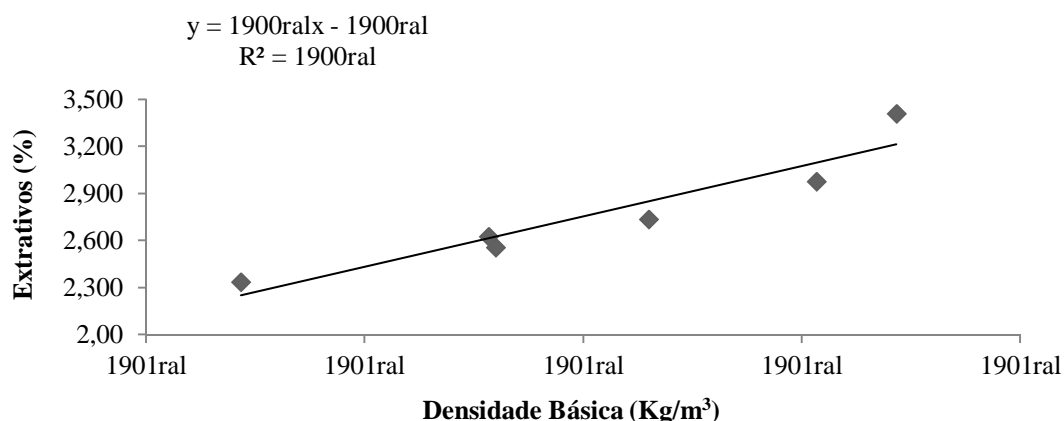


Figura 1. Teor de extrativos versus densidade básica dos seis clones/locais avaliados.
Figure 1. Extractives content versus basic density of the six clones/sites evaluated.

O clone A apresentou o maior teor de lignina, independentemente do sítio. Os clones B e C apresentaram os menores teores de lignina nos sítios 1 e 2, respectivamente. Todos os clones apresentaram efeito do sítio no seu teor de lignina, sendo este efeito mais pronunciado para o clone A.

A lignina das folhosas é um co-polímero guaicila e siringila. A lignina siringila possui dois grupos metoxílicos na sua composição e forma menor quantidade de ligações C-C e maior quantidade de ligações C-O-C quando comparada com a guaiacil, que possui apenas um grupo metoxílico na sua composição. As ligações C-C são mais difíceis de serem rompidas do que as ligações C-O-C. Portanto, quanto maior a relação siringil/guaiacil, menor será a quantidade de ligações C-C e mais fácil será a solubilização da lignina durante a polpação (GOMES et al., 2008). O clone B apresentou a maior relação siringila/guaiacila nos dois sítios avaliados, seguidos dos clones A e C. Não ocorreu efeito de sítio para todos os clones na avaliação da relação siringila/guaiacila, mostrando ser este um parâmetro genético e pouco influenciável pelo ambiente.

Tabela 3. Resultados médios das características químicas da madeira dos seis clones/locais avaliados.

Table 3. Average results of chemical characteristics of six clones / sites evaluated.

Clone	Local	Lignina Total (%)	Extrativos (%)	S/G (mol/mol)
A	1	29,0 b	2,6 a	2,2 a
	2	30,9 a	2,3 a	2,1 a
B	1	27,7 b	2,6 b	2,5 a
	2	28,1 b	3,4 a	2,4 a
C	1	28,5 b	2,7 a	2,1 a
	2	27,7 b	3,0 a	2,1 a

Médias seguidas de mesma letra, dentro de clone, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Os teores de carboidratos, ácidos urônicos e grupos acetil dos três clones nos sítios 1 e 2 estão apresentados na Tabela 4.

Os grupos acetil estão quimicamente ligados aos monômeros de xilose. Durante o cozimento, os grupos acetil são facilmente hidrolisados pelo licor de cozimento. A desacetilação é uma importante reação durante a polpação, pois gera ácido acético que consome álcali na sua neutralização resultando em menor carga de álcali disponível para a deslignificação e, conseqüentemente, menor rendimento da polpação. Os teores de grupos acetil apresentaram média de 2,3% para os dois sítios.

Durante o cozimento kraft, parte dos ácidos urônicos são eliminados através da hidrólise alcalina, outra não são removidos das cadeias das xilanas e ainda uma outra parte é transformada em ácidos hexenurônicos. Os ácidos hexenurônicos são indesejáveis durante o branqueamento da polpa celulósica, pois consomem reagentes de branqueamento (COLODETTE et al., 2008). Os teores médios de ácidos urônicos foram de 3,7% para os sítios 1 e 2.

O teor de carboidratos total médio dos clones no sítio 1 (67,1%) foi maior do que no sítio 2 (65,8%). Para os sítios 1 e 2, o maior teor de carboidratos total e de celulose foi encontrado no clone B e o maior teor de hemiceluloses foi encontrado no clone C.

A diferença entre os teores de carboidratos total nos sítios 1 e 2, foi de 1,2; 1,0 e 1,5%, para os clones A, B e C, respectivamente. Portanto, o clone C teve o maior e o clone B o menor efeito do sítio no seu teor de carboidratos.

O clone C teve o maior efeito do sítio no seu teor de carboidratos, sendo as hemiceluloses, mais precisamente as xilanas, responsáveis pela maior parte deste efeito.

Tabela 4. Constituição química dos seis clones/locais avaliados, na madeira livre de extrativos.

Table 4. Chemical composition of the six clones/sites evaluated, wood-free extractives.

Características	Sítio 1			Sítio 2		
	Clones	A1	B1	C1	A2	B2
Carboidratos Totais* (%)	65,5	68,9	66,8	64,3	67,9	65,3
Hemiceluloses**(%)	20,1	19,5	21,1	18,6	19,3	20,2
Celulose (%)	45,0	49,1	45,7	45,7	48,6	45,1
Glicana(%)	45,6	49,3	46,2	46,0	48,7	45,5
Xilana (%)	17,9	17,6	18,5	16,2	17,3	17,9
Galactana (%)	1,3	1,1	0,7	1,2	1,2	0,8
Manana (%)	0,6	0,8	1,5	0,9	0,5	1,2
Arabinana (%)	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3
Acetil (%)	2,2	2,3	2,5	2,3	2,2	2,3
Ácidos Glucurônico (%)	2,6	2,5	2,4	2,5	2,4	2,4
Ácidos Galacturônico (%)	1,3	1,4	1,0	1,3	1,3	1,1
Urônicos Totais(%)	3,9	3,9	3,4	3,8	3,7	3,5

*Hemicelulose + Celulose; ** Xilanas+ mananas+ arabinanas+galactanas.

O clone A sofreu o menor efeito do sítio no teor de lignina e maior efeito do sítio no teor de extrativos e não teve efeito do sítio no comprimento da fibra, área superficial de vasos.

O clone B sofreu o menor efeito do sítio na espessura da parede e no teor de carboidratos e maior efeito do sítio na densidade, diâmetro do lúmen e teor de lignina e não teve efeito do sítio no comprimento da fibra, área superficial de vasos.

O clone C sofreu o menor efeito do sítio na sua densidade, diâmetro do lume e teor de extrativos, maior efeito do sítio na espessura de parede e teor de carboidratos e não teve efeito do sítio no comprimento da fibra, área superficial de vasos, teor de lignina e relação siringila/guaiacila.

3.4 Cozimento

A carga de álcali ativo requerida para se atingir um mesmo nível de deslignificação, número kappa $18 \pm 0,5$, está apresentada na Tabela 5.

As cargas de álcali média no sítio 1 (23,3%) foram menores do que no sítio 2 (25,3%), enquanto os rendimentos no sítio 1 (50,8%) foram maiores do que no sítio 2 (49,3%). Esse

comportamento é explicado pela menor densidade e maior diâmetro de lume das madeiras do sítio 1.

Madeiras de baixa densidade, ou seja, com mais espaços vazios na sua estrutura, necessitam carga de álcali menor, para um determinado grau de deslignificação pré-estabelecido, numa determinada temperatura e tempo de cozimento, resultando em maiores rendimentos (FANTUZZI NETO, 2012). Um maior diâmetro do lume mantém uma maior quantidade de massa de álcali no licor em direção à parede celular e, conseqüentemente, facilita a deslignificação (ALMEIDA et al., 1997). No entanto, segundo Mokfienski et al (2003) e Gomide et al (2010), o efeito da densidade básica da madeira de *Eucalyptus* no rendimento da polpação tem sido questionado. Estudos empregando análises estatísticas não detectaram correlações significativas ou com baixo grau de significância entre a densidade básica e o rendimento da polpação.

As diferenças nas cargas de álcali foram de 14,2, 8,7 e 3,2%, e nos rendimentos foram de 5,7, 2,3 e 0,6% para os clones A, B e C, respectivamente, nos sítios 1 e 2. Portanto, o clone C apresentou o menor, enquanto o clone A, o maior efeito do sítio no consumo de álcali e no rendimento do processo de produção de celulose.

Vale ressaltar que o clone C foi o único que não teve efeito do sítio no teor de lignina e na relação siringila/guaiacila, o que mostra que estas duas variáveis são importantes parâmetros para a produção de polpa celulósica no que se refere ao rendimento e cargas de álcali. Estudos realizados por Gomes et al. (2008) demonstraram ser mais importante o tipo de lignina (relação siringila/guaiacila) do que a sua percentagem na madeira.

No sítio 1, os clones A (51,3%) e B (51,4%) apresentaram os maiores rendimentos e o clone C (49,7%), o menor. Enquanto o clone C (24,7%) apresentou a maior carga de álcali e o clone B (21,9%) a menor. Vale ressaltar que o clone B apresentou carga de álcali 5,6% menor para um rendimento igual, quando comparado com o clone A. Portanto, no sítio 1, o clone B apresentou o melhor desempenho e o clone C o pior desempenho para a produção de celulose.

No sítio 2, o clone B (50,2%) apresentou o maior e o clone A (48,4%) o menor rendimento. Enquanto o clone A (26,5%) apresentou a maior e o clone B (23,8%) a menor carga de álcali. Portanto, o clone B, que apresentou o maior rendimento e menor carga de álcali, obteve o melhor desempenho na polpação. O clone A obteve o pior desempenho na polpação, pois apresentou o menor rendimento e a maior carga de álcali.

Segundo Gomide et al. (2005), a utilização do rendimento da polpação como parâmetro global de qualidade é perfeitamente válido, uma vez que essa característica tecnológica é

consequência de vários fatores, englobando as características anatômicas e químicas da madeira e a demanda de álcali para a produção de polpa celulósica.

O melhor rendimento para a produção de celulose nos sítios 1 e 2 foi obtido com o clone B, enquanto o pior rendimento no sítio 1 foi obtido com o clone C e no sítio 2 com o clone A. Vale ressaltar que o clone B apresentou menor teor de extrativos e lignina, bem como maior teor de carboidratos e relação siringil/guaiacil.

O clone C apresentou o menor efeito do sítio no rendimento da produção de celulose. No entanto, o pior rendimento da produção de celulose no sítio 1 e o segundo pior no sítio 2.

O clone ideal seria aquele que tivesse o menor efeito do sítio nas suas características tecnológicas e o maior rendimento na produção de celulose. Dentre os clones estudados, o clone B foi o que mais se aproximou desta situação, pois obteve o melhor rendimento na produção de celulose e um efeito intermediário do sítio nas suas características tecnológicas, quando comparados com os clones A e C.

Tabela 5. Resultados experimentais e médios do cozimento kraft dos seis clones/locais avaliados.

Table 5. Average and experimental results of cooking kraft of six clones/sites evaluated.

Clone	Local	DBM	Álcali Ativo (%)	Rendimento (%)	Kappa
A	1	498 b	23,2 b	51,3 a	18,0 a
	2	553 a	26,5 a	48,4 b	18,2 a
B	1	463 b	21,9 b	51,4 a	17,6 a
	2	519 a	23,8 a	50,2 b	17,9 a
C	1	498 b	24,7 b	49,7 a	17,7 a
	2	542 a	25,5 a	49,4 b	18,3 a

Médias seguidas de mesma letra, dentro de clone, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

4 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos acima permitiram concluir que:

- O sítio teve efeito na densidade da madeira, espessura de parede, teor de extrativos, lignina, relação siringila/guaiacila (exceto clone C) e carboidratos.

- O sítio não afetou o comprimento da fibra e a área superficial dos vasos, para os clones A, B e C e o teor de lignina e a relação siringila/guaiacila para o clone C.

- O clone B apresentou o melhor rendimento na produção de celulose e um efeito intermediário do sítio nas suas características tecnológicas, quando comparados com os clones A e C.

- O clone C apresentou o menor efeito do sítio no rendimento da produção de celulose. No entanto, o pior rendimento da produção de celulose no sítio 1 e o segundo pior no sítio 2.

- O clone C foi o único que não apresentou efeito do sítio na relação siringila/guaiacila, o que indica que esta variável é um importante parâmetro para a produção de polpa celulósica, no que se refere ao rendimento e cargas de álcali.

5 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. M.; JESUS, D. Inclusão de um novo e importante parâmetro potencial de seleção de eucalipto para produção de polpa, In: CONFERÊNCIA IUFRO SOBRE SILVICULTURA E MELHORAMENTO DE EUCALIPTO, 1997, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: SBS, 1997. p. 228-231.

ALVES, E. F. **Interação de fibras e elementos de vasos de polpa kraft de eucalipto com tintas de impressão offset**. 2005. 103p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2002.

BROWNING, B. L. **The chemistry of wood**. New York: J. Wiley, 1963. 689p.

COLODETTE, J. L.; GOMES, C. M.; RABELO, M. S.; EIRAS, K. M. M.; GOMES, A. F.; OLIVEIRA, K. D. Eucalyptus kraft pulp bleaching: state-of-art and new developments. **Tappi Journal**, v. online, p. 18A-18M, 2008.

DIAS, V. R. L.; CLÁUDIO-DA-SILVA, JR. E. A influência da densidade básica da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* em suas características químicas, e propriedades de polpação e do papel. In: CONGRESSO ANUAL DA ABTCP, 18, 1985, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABTCP, 1985. p. 31-56.

FANTUZZI NETO, H. **Qualidade da madeira de *Eucalyptus spp.* para produção de celulose kraft**. 2012. 112p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2002.

FOELKEL, C. E. B.; MORA, E.; MEMOCHELLI, S. Densidade básica: sua verdadeira utilidade como índice de qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose, In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, 1990, Campos de Jordão. **Anais...** Campos de Jordão: SBS, 1990, p. 719-728.

FOELKEL, C. E. B. Qualidade da madeira de eucalipto para atendimento das exigências do mercado de celulose e papel. In: CONFERÊNCIA IUFRO SOBRE SILVICULTURA E MELHORAMENTO DE EUCALIPTOS, 3, 1997, Salvador. **Anais...** Salvador: EMBRAPA/SIF/IPEF, 1997, p. 15-22.

GOLDSCHIMID, O. Ultravioleta Spectra. In: SARKANEM, K.; LUDWING, C. H. (Ed.). **Lignins: occurrence, formation, structure and reactions**. New York: J. Wiley, 1971. p. 241-298.

GOMES, F. J. B.; GOUVÊA, A. F. G.; COLODETTE, J. L.; GOMIDE, J. L.; CARVALHO, A. M. M. L.; TRUGILHO, P. F.; GOMES, C. M.; ROSADO A. M. Influência do teor e da relação S/G da lignina da madeira no desempenho da polpação Kraft. **O Papel**, v.69, p. 95-05, 2008.

GOMIDE, J. L.; DEMUNER, B. J. Determinação do teor de lignina na madeira: Método Klason modificado. **O Papel**, n.8, p. 36-38, 1986.

GOMIDE, J. L.; FANTUZZI NETO, H. Aspectos fundamentais da polpação kraft de madeira de *Eucalyptus*. **O Papel**, n.3, p. 62-68, 2000.

GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L.; OLIVEIRA, R. C.; SILVA, C. M. Caracterização tecnológica, para produção de celulose, da nova geração de clones de *Eucalyptus* do Brasil. **Revista Árvore**, v.29, n.1, p. 129-137, 2005.

GOMIDE, J. L., FANTUZZI NETO, H. e REGAZZI, A. J, Análise de critérios de qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose kraft. **Revista Árvore**, v.34, n.2, p. 339-344. 2010.

KAAR, W. E.; COOL, L. G.; MERRIMAN, M. M.; BRINK, D. L. The complete analysis of wood polysaccharides using HPLC. **Journal of Wood Chemistry and Technology**, v.11, p. 447-463, 1991.

LIN, S. Y.; DENCE, C. W. **Methods in lignin chemistry**. Berlin: Springer-Verlag, 1992. 578p.

MOKFIENSKI, A., GOMIDE, J. L., COLODETTE, J. L.; OLIVEIRA, R. C. Importância da densidade e do teor de carboidratos totais da madeira de eucalipto no desempenho da linha de fibra. In: COLÓQUIO INTERNACIONAL SOBRE CELULOSE KRAFT DE EUCALIPTO, 2003, Viçosa. **Anais** Viçosa: 2003. p.15-38.

QUEIROZ, S. C. S.; GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L.; OLIVEIRA, R. C. Influência da densidade básica da madeira na qualidade da polpa kraft de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Revista Árvore**, v.28, n.6, p. 901-909, 2004.

SANTOS, R. S. **Influência da qualidade da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e do processo kraft de polpação na qualidade da polpa branqueada**. 2005. 160f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Universidade Federal de Piracicaba, São Paulo, 2005.

Scandinavian Pulp, Paper and Board Testing Committee (SCAN TEST). **SCAN-N 33:94**: Residual alkali (Hidroxide ion content). Stockholm. 1994.

Technical Association of the American Pulp and Paper Industry (TAPPI). **TAPPI 264 om-88**: Preparation of wood for chemical analysis. Atlanta, 1999.

WEHR, T. R.; BARRICHELO, L.E.G, 1993 Cozimento kraft com madeiras de *Eucalyptus grandis* de diferentes densidades básicas e dimensões de cavacos.