

EFEITO DO ESPAÇAMENTO, DA IDADE E DA IRRIGAÇÃO NOS COMPONENTES QUÍMICOS DA MADEIRA DE EUCALIPTO¹

Jordão Cabral Moulin², Marina Donária Chaves Arantes³, Graziela Baptista Vidaurre³, Juarez Benigno Paes³ e Angélica de Cássia Oliveira Carneiro³

RESUMO—O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da idade, da irrigação e do espaçamento na composição química da madeira de eucalipto. O material utilizado constituiu de dois clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* com idades de seis e 12 meses, provenientes de plantios em duas regiões, uma irrigada e outra não irrigada, com espaçamentos de 3 x 0,5; 1,5 x 2; 3 x 1; 3 x 2; e 3 x 3 m. Na análise química da madeira, foi realizada uma amostragem composta dos seis discos obtidos ao longo do fuste das árvores. Ao final do trabalho, foi possível verificar a influência da idade, do espaçamento e da irrigação na composição química da madeira e que o teor de holocelulose não seguiu padrão de tendência, havendo diferentes resultados em cada tratamento. Maiores valores de teor de extrativos ocorreram nos clones não irrigados e com idade de seis meses, não sendo verificadas influências dos espaçamentos. Os maiores resultados de teor de lignina foram obtidos nos maiores espaçamentos, embora não tenha sido verificado tendência de resultados de teor de lignina para idade e tratamento com irrigação. O teor de cinzas foi superior na idade de seis meses, e não se verificou tendência de resultados nos diferentes espaçamentos e regiões.

Palavras-chave: Plantio de curta rotação; Madeira para energia; Química da madeira.

EFFECT OF SPACING, AGE AND IRRIGATION IN CHEMICAL COMPONENTS OF EUCALYPTUS WOOD

ABSTRACT—The objective of this study was to evaluate the influence of age, irrigation and spacing on the chemical composition of eucalyptus wood. The materials used were two clones of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, ages of 6 and 12 months, from planting in two regions, one irrigated and the other not irrigated, with spacings of 3 x 0.5; 1.5 x 2; 3 x 1; 3 x 2; and 3 x 3 meters. In the chemical analysis of the wood, a sampling was conducted composed of six discs obtained along the tree trunk. At the end of this study, it was possible to notice the influence of age, spacing and irrigation in the chemical composition of the wood, and that the content of holocellulose did not follow trend pattern, with different results for each treatment. Higher values of extractives content occurred in non-irrigated clones and aged six months, with no influence of spacing. The major results of lignin content were obtained in greater spacings, although results tendency of lignin content was not seen for age and irrigated treatment. The ash content was higher at the age of six months and there was no results tendency for different spacings and regions.

Keywords: Short rotation planting; Wood for energy; Wood chemistry.

¹ Recebido em 09.01.2014 aceito para publicação em 10.11.2014

² Universidade Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Jerônimo Monteiro, ES - Brasil. E-mail: <jordao_cm@hotmail.com>.

³ Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Jerônimo Monteiro, ES - Brasil. E-mail: <mdonariac@hotmail.com>, <grazividaurre@gmail.com> e <jbp2@uol.com.br>.



1. INTRODUÇÃO

O Brasil é reconhecido não somente como um dos principais países em termos de área de plantações florestais com espécies de eucaliptos, mas como detentor de elevado nível científico-tecnológico nas diversas áreas da eucaliptocultura, em razão das pesquisas realizadas em suas universidades, institutos de pesquisa e empresas florestais. Entre as diversas e importantes áreas da pesquisa, cabe destacar as de Fisiologia, Melhoramento e Genética Florestal, proporcionando o domínio das técnicas de propagação vegetativa e de obtenção de híbridos, bem como a de Tecnologia de Produtos Florestais, ampliando as possibilidades da utilização da madeira (ALZATE et al., 2005).

Segundo Barcellos et al. (2005), a madeira deve possuir qualidades que atendam às adequadas características relacionadas ao seu uso final. A madeira de eucalipto, por sua versatilidade e produtividade, atende, na maioria dos casos, à necessidade como matéria-prima e, principalmente, para fins energéticos para o país.

A definição da matéria-prima que maximiza a produção de biomassa para fins energéticos é foco de vários estudos que buscam proporcionar informações quanto às principais propriedades da madeira que influenciam as características energéticas, verificando a importância do estudo da influência de diferentes tratamentos silviculturais na produção e qualidade da madeira.

Conforme Palermo et al. (2003), o crescimento de uma árvore ocorre em consequência de fatores bióticos e abióticos, como luz, umidade, fertilidade, competição e microrganismos, o que ocasiona a variação nas características dos elementos celulares formados na madeira, como a variação do diâmetro, comprimento e espessura da célula, proporção de lenho inicial e tardio e arranjo dos elementos anatômicos. Assim, quando as árvores são submetidas a diferentes condições de crescimento, podem causar variação nos componentes celulares da madeira e, conseqüentemente, nas propriedades tecnológicas. E isso que pode ocasionar variações nas propriedades energéticas da madeira.

Os diferentes tipos de células da madeira são responsáveis por desempenharem funções específicas, tornando a madeira material heterogêneo. A composição química, física e anatômica da madeira varia entre espécies e, até mesmo, dentro da mesma espécie, e isso ocorre em razão de fatores ambientais, genéticos e da idade

(TRUGILHO et al., 1996). Os principais componentes químicos da madeira são a holocelulose, lignina e extrativo, os quais influenciam as propriedades energéticas da madeira, posto que as cinzas são os componentes inorgânicos que compõem a madeira. Conforme Browning (1963), maiores valores de poder calorífico da madeira são obtidos quando ela possui alto teor extrativo e lignina.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a composição química de dois clones de eucalipto em diferentes espaçamentos e idades, ambos em região irrigada e não irrigada, para fins energéticos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Procedência do material, caracterização da região e amostragem

Foram utilizados dois clones do híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* provenientes da Empresa Fibria Celulose S.A., unidade de Aracruz, Estado do Espírito Santo. A região do experimento em Aracruz localiza-se nas coordenadas geográficas a 19°49'15" S de latitude e 40°05'20" W de longitude. O solo da região é classificado como Argissolo Amarelo típico textura arenosa/média fase relevo plano. A temperatura mínima e máxima do ar foi de 21,11 e 24,89 °C, respectivamente, com média de 23 °C. A precipitação variou de 0,01 a 0,22 mm, com média de 0,12 mm (FIBRIA, 2013).

O material em estudo, com idade de 6 e 12 meses, foi proveniente de diferentes espaçamentos e em duas áreas, uma irrigada e outra não irrigada. Para que este estudo pudesse traçar um perfil consistente da caracterização da madeira de eucalipto, foram amostradas três árvores por espaçamento de cada clone, idade e em região irrigada e não irrigada, ou seja, três árvores x cinco espaçamentos x dois clones x duas idades x duas regiões, obtendo-se 120 árvores.

Para caracterização da madeira, foram retirados seis discos com 2,5 cm de espessura, nas posições de 1,30 m do solo, 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial da árvore até atingir 5 cm de diâmetro, os quais foram utilizados para realização da análise química da madeira com uma amostra composta de cada árvore.

Na Tabela 1, apresenta-se o esquema de implantação dos híbridos, nos diversos espaçamentos e diferentes áreas.

Tabela 1 – Esquema de implantação do povoamento nos tratamentos, clones, espaçamentos e irrigação.**Table 1** – Implantation scheme for treatments, clones, spacing and irrigation.

Tratamento	Clones	Espaçamento (m)	Região
1	A	3x3	Irigada
2	B		
3	A	3x2	
4	B		
5	A	3x1	
6	B		
7	A	3x0,5	
8	B		
9	A	1,5x2	
10	B		
11	A	3x3	Não irrigada
12	B		
13	A	3x2	
14	B		
15	B	3x1	
16	A		
17	A	3x0,5	
18	B		
19	A	1,5x2	
20	B		

2.2. Análise química da madeira

Para a quantificação dos extrativos, realizou-se uma amostragem compostas dos discos obtidos ao longo do fuste de cada árvore. As amostras de madeira foram trituradas em moinho tipo Willey, para redução da dimensão, e peneiradas, sendo utilizado o material que passou pela peneira de 40 “mesh” e ficou retido na de 60 “mesh”.

A quantificação dos extrativos foi realizada conforme especificações da Associação Brasileira de Normas Técnicas de Celulose e Papel – ABTCP M/68 (1968) e Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPI T 204 cm-97, 1998). O teor de lignina insolúvel (Klason) foi determinado de acordo com o procedimento descrito por Gomide e Demuner (1986). O teor de lignina solúvel em ácido sulfúrico foi determinado por meio da espectrofotometria, sendo utilizada a equação descrita por Goldschimid (1971). A lignina total foi tomada como a soma das ligninas solúvel e insolúvel. O teor de cinzas foi determinado de acordo com a ABTCP M 11/77 (1977). O teor de holocelulose (HOLO) foi realizado pela diferença de lignina (LIG), extrativo (EXT) e mineiras (CZ), conforme a equação 1.

$$\text{HOLO} = 100\% - \text{LIG} - \text{EXT} - \text{CZ} \quad (1)$$

2.3. Análise estatística dos dados

Para a região irrigada e não irrigada, foi realizada uma análise inicial de 20 tratamentos e três repetições, no delineamento inteiramente casualizado, considerando-se os 20 tratamentos como um fatorial de dois clones x duas idades x cinco espaçamentos. Posteriormente, foi realizada uma análise conjunta, considerando-se as duas regiões, uma vez que a interação entre os quatro fatores foi significativa ($P < 0,05$). Optou-se por ignorar a estrutura fatorial, sendo as médias dos 40 tratamentos comparadas pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS

Na Tabela 2 estão os valores médios dos teores de extrativos (Ext), lignina total (Lig), holocelulose (Holo) e cinzas (Cz) dos clones nas diferentes idades, espaçamentos e regiões, os quais diferiram estatisticamente em nível de 5% de probabilidade.

3.1. Teor de extrativos

Observou-se que o valor médio do teor de extrativo foi superior na região não irrigada em quase todos os tratamentos, com exceção do clone A com 12 meses no espaçamento 3 x 3 m e do clone B com 12 meses nos espaçamentos 3 x 3 e 1,5 x 2 m. Verificou-se, ainda, que houve aumento no teor de extrativos com a diminuição do espaçamento em ambos os clones aos 12 meses, nas duas regiões.

Ao analisar a variação dos valores médios do teor de extrativos entre os clones A e B de mesma idade, espaçamentos e regiões, verificou-se (Figura 1) pouca variação entre os clones, e os valores do clone A aos seis meses foram superiores ao do clone B no espaçamento 3 x 3 m da região não irrigada e inferior no espaçamento 3 x 2 m, nessa mesma região não irrigada. Para o clone A aos 12 meses, na região irrigada, o teor de extrativos foi superior nos espaçamentos 3 x 3 e 3 x 0,5 m e inferior no espaçamento 3 x 1 m. Nesse mesmo clone e idade, na região não irrigada, os maiores valores de teor de extrativos foram no espaçamento 1,5 x 2 e 3 x 0,5 m.

3.2. Teor de lignina

Os maiores valores médios de teor de lignina foram encontrados no clone A aos seis meses, no espaçamento

3 x 3 m nas duas regiões, no espaçamento 3 x 2 m na região irrigada e no espaçamento 3 x 1 m na região não irrigada. Nesse mesmo clone, aos 12 meses, o maior valor de teor de lignina foi proveniente do espaçamento 3 x 2 m na região irrigada, como mostrado na Figura 2.

Ao comparar as duas idades entre os mesmos espaçamentos, clones e regiões, verificou-se que aos 12 meses no clone B os valores médios de teor de lignina foram superiores aos de seis meses, com exceção do espaçamento 3 x 0,5 m. O teor de lignina do clone A aos seis meses na região irrigada foi maior nos

Tabela 2 – Valores médios do teor de extrativos, lignina total, holocelulose e cinzas dos clones do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* nas diferentes idades, espaçamentos e região irrigada e não irrigada.

Table 2 – Mean values for extractives content, total lignin, holocellulose and ashes in hybrid clones *E. grandis* x *E. urophylla* in different ages, spacings, irrigated and non-irrigated areas.

Clones	Idade(meses)	Esp. (m)	Extrativos(%)	Lignina(%)	Holocelulose(%)	Cinzas(%)	Região		
A	6	3x3	3,49 c	30,08 a	66,43 b	1,48 a	Irrigada		
			4,46 b	30,55 a	65,00 b	1,29 b	Não irrigada		
		3x2	3,51 c	30,57 a	65,91 b	1,15 c	Irrigada		
			4,15 b	28,15 b	67,70 a	1,19 c	Não irrigada		
		3x1	3,22 d	28,92 b	67,86 a	1,11 c	Irrigada		
			4,26 b	30,47 a	65,27 b	1,38 a	Não irrigada		
		1,5x2	3,70 c	28,64 b	67,66 a	1,23 b	Irrigada		
			4,48 b	29,81 b	65,71 b	1,59 a	Não irrigada		
		3x0,5	3,58 c	27,80 b	68,62 a	1,45 a	Irrigada		
			4,11 b	27,85 b	68,04 a	1,35 b	Não irrigada		
		12	3x3	2,76 d	29,43 b	67,82 a	0,93 d	Irrigada	
				2,58 e	28,99 b	68,43 a	0,77 e	Não irrigada	
	3x2		2,40 e	29,13 b	68,47 a	0,61 e	Irrigada		
			2,41 e	30,67 a	66,92 b	0,66 e	Não irrigada		
	3x1		2,22 e	29,19 b	68,59 a	0,67 e	Irrigada		
			3,11 d	28,89 b	67,99 a	1,14 c	Não irrigada		
	1,5x2		2,83 d	29,19 b	67,98 a	1,19 c	Irrigada		
			3,43 c	29,78 b	66,79 b	0,78 e	Não irrigada		
	3x0,5		3,67 c	29,83 b	66,49 b	0,64 e	Irrigada		
			4,19 b	29,04 b	66,77 b	1,00 d	Não irrigada		
	B		6	3x3	3,88 c	29,80 b	66,32 b	1,54 a	Irrigada
					3,23 d	30,40 a	66,37 b	1,43 a	Não irrigada
		3x2		3,68 c	30,33 a	65,99 b	1,33 b	Irrigada	
				5,64 a	29,61 b	64,76 b	1,44 a	Não irrigada	
3x1		3,22 d		28,65 b	68,12 a	1,01 d	Irrigada		
		4,36 b		29,48 b	66,16 b	1,54 a	Não irrigada		
1,5x2		3,81 c		29,88 b	66,30 b	1,44 a	Irrigada		
		4,36 b		29,65 b	65,99 b	1,59 a	Não irrigada		
3x0,5		2,42 e		28,60 b	68,98 a	1,58 a	Irrigada		
		4,27 b		32,21 a	63,53 b	1,57 a	Não irrigada		
12		3x3		2,58 e	30,24 a	67,18 a	1,09 d	Irrigada	
				2,12 e	31,42 a	66,46 b	0,95 d	Não irrigada	
		3x2	2,42 e	30,78 a	66,80 b	0,72 e	Irrigada		
			2,57 e	32,28 a	65,16 b	0,88 d	Não irrigada		
		3x1	2,81 d	29,65 b	67,54 a	0,80 e	Irrigada		
			3,48 c	30,85 a	65,67 b	1,06 d	Não irrigada		
		1,5x2	2,99 d	30,65 a	66,36 b	1,14 c	Irrigada		
			2,71 e	30,77 a	66,51 b	0,86 d	Não irrigada		
		3x0,5	3,05 d	30,23 a	66,71 b	0,84 e	Irrigada		
			3,52 c	29,74 b	66,74 b	1,26 b	Não irrigada		

As médias seguidas pela mesma letra pertencem a um mesmo grupo, pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.
Mean followed by the same letter belong to the same group, the Skott-Knott test at 5% probability.

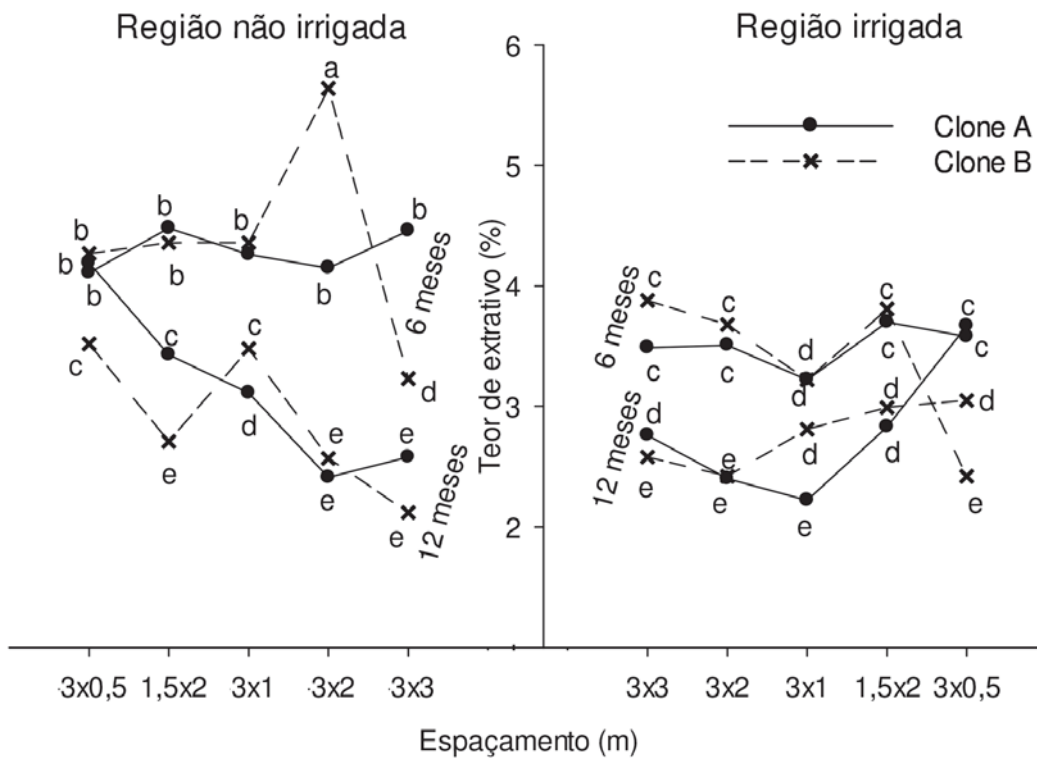


Figura 1 – Valores médios do teor de extrativos da madeira dos clones do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* com diferentes idades, espaçamentos e região irrigada e não irrigada.

Figure 1 – Mean values of the wood extractives content in hybrid clones *E. grandis* x *E. urophylla* with different ages, spacings, irrigated and non-irrigated areas.

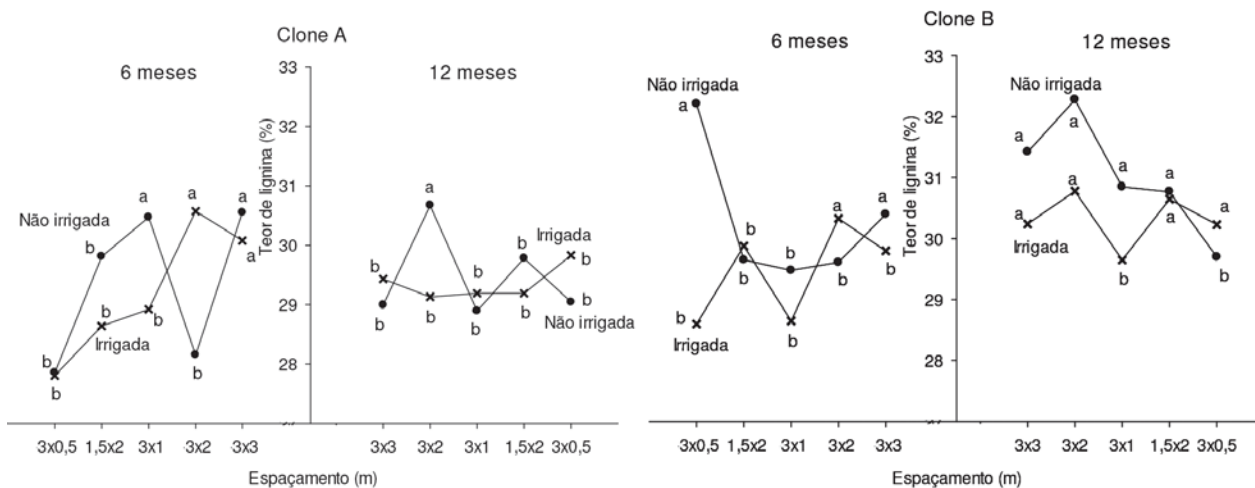


Figura 2 – Valores médios do teor de lignina da madeira nos clones do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* nas diferentes idades, espaçamentos e região irrigada e não irrigada.

Figure 2 – Mean values of the lignin content of the wood in hybrid clones *E. grandis* x *E. urophylla* in different ages, spacings, irrigated and non-irrigated areas.

espaçamentos 3 x 3 e 3 x 2 m. Nesse mesmo clone e idade, na região não irrigada, o maior valor foi proveniente do espaçamento 3 x 1 m.

Em números absolutos, comparando os clones com as mesmas idades e espaçamentos entre as duas diferentes regiões, verificou-se que os valores do clone B nas duas idades, na região não irrigada, foram superiores aos obtidos na região irrigada, com exceção dos espaçamentos 3 x 2 e 1,5 x 2 m. No clone A com seis meses, os teores de lignina também foram superiores na região não irrigada, à exceção do espaçamento 3 x 2 m. Nesse clone aos 12 meses, os valores do teor de lignina na região não irrigada foram superiores apenas nos espaçamentos 3 x 2 e 1,5 x 2 m.

Comparando os valores do teor de lignina do clone A com o clone B, nas mesmas idades, espaçamentos e regiões, verificou-se que na região irrigada os valores médios de lignina do clone A com seis meses foi superior ao clone B nos espaçamentos 3 x 3, 3 x 2 e 3 x 1 m. Na região não irrigada, o valor de teor de lignina do clone A foi maior no espaçamento 3 x 1 m e menor nos espaçamentos 3 x 2 e 3 x 0,5 m. Nas duas regiões, os teores de lignina do clone B aos 12 meses foram superiores ao clone A, de mesma idade.

3.3. Teor de holocelulose

Os maiores valores de teor de holocelulose foram provenientes do clone A com idade de seis meses, nos espaçamentos 3 x 2 e 3 x 0,5 m na região não irrigada e nos espaçamentos 1,5 x 2 e 3 x 0,5 m na região irrigada. Nesse mesmo clone, aos 12 meses, os maiores teores de holocelulose ocorreram nos espaçamentos 3 x 3 e 3 x 2 m nas duas regiões e nos espaçamentos 3 x 2 e 1,5 x 2 m na região irrigada. No clone B aos seis meses, os maiores teores de holocelulose foram encontrados nos espaçamentos 3 x 1 e 3 x 0,5 m na região irrigada e no mesmo clone aos 12 meses, nos espaçamentos 3 x 3 e 3 x 1 m na região irrigada.

3.4. Teor de cinzas

Verificou-se, em números absolutos, que os valores médios de teor de cinzas foi superior no clone A, com exceção da região não irrigada aos seis meses, no espaçamento 1,5 x 2 m e aos 12 meses no espaçamento 3 x 1 m (Figura 4). Na região irrigada, no clone A aos seis meses no espaçamento 3 x 1 m e aos 12 meses no espaçamento 1,5 x 2 m os teores de cinzas também foram menores que no clone B. Assim, observou-se,

de maneira geral, que o clone B possui menores teores de cinzas em sua madeira, indicando esse clone como o mais adequado para utilização no setor energético.

4. DISCUSSÃO

4.1. Teor de extrativos

De maneira geral, os maiores valores de teor de extrativos ocorreram nos clones da região não irrigada e com idade de seis meses, não sendo verificadas influências dos espaçamentos. Segundo Klock et al. (2005), os extrativos da madeira possuem, em sua composição, substâncias químicas compostas por grupos fenólicos, que contribuem positivamente para o poder calorífico, uma vez que o poder calorífico representa a quantidade de energia que o material libera após sua completa combustão. A madeira com maior teor de extrativos foi a do clone B aos seis meses no espaçamento 3 x 2 m, na região não irrigada. Em razão do espaçamento, não foram verificadas tendências de resultados para todos os tratamentos.

Os teores de extrativos entre as duas idades de cada clone nos mesmos espaçamentos e regiões aos seis meses foram superiores àqueles aos 12 meses, com exceção do clone B no espaçamento 3 x 0,5 m, na região irrigada. Trugilho et al. (1996) observaram leve redução do teor de extrativos com o aumento da idade de 1 para 4 anos. Embora Silva (2011), estudando árvores com 4, 5, 6 e 7 anos do clone do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla*, tenha verificado que o teor de extrativos aumentou com o acréscimo da idade, Santana et al. (2012) também encontraram esse mesmo resultado para o clone desse mesmo híbrido com 34, 48, 61, 74 e 86 meses. Essa tendência de aumento no teor de extrativos com a idade não foi verificada neste trabalho em razão, provavelmente, da ausência do processo de certificação da madeira.

4.2. Teor de lignina

No clone B aos seis meses, os maiores valores de teor de lignina foram encontrados nos espaçamentos 3 x 2 m na região irrigada e 3 x 3 e 3 x 0,5 m na região não irrigada. Nesse mesmo clone aos 12 meses, os maiores valores de teor de lignina foram nos espaçamentos 3 x 3, 3 x 2 e 1,5 x 2 m nas duas regiões, no espaçamento 3 x 1 m na região não irrigada e no espaçamento 3 x 0,5 m na região irrigada. Diante desse resultado positivo,

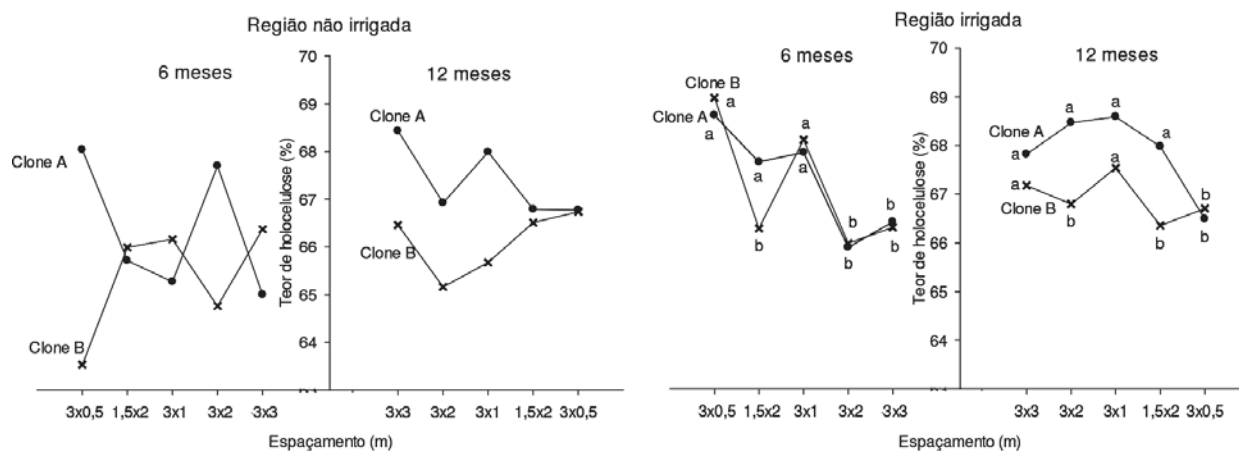


Figura 3 – Valores médios do teor de holocelulose da madeira nos clones do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* nas diferentes idades, espaçamentos e região irrigada e não irrigada.

Figure 3 – Mean values of wood holocellulose content in hybrid clones *E. grandis* x *E. urophylla* in different ages, spacings, irrigated and non-irrigated areas.

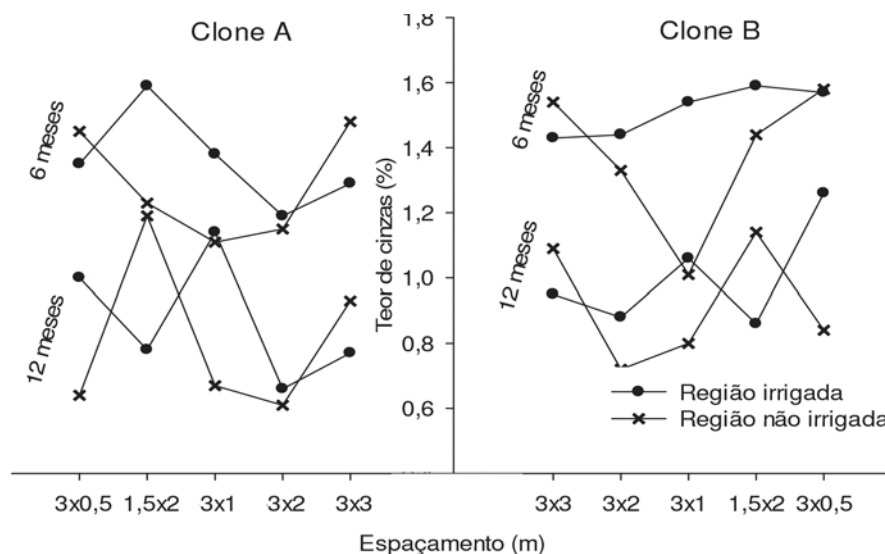


Figura 4 – Valores médios do teor de cinzas da madeira dos clones do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* nas diferentes idades, espaçamentos e região irrigada e não irrigada.

Figure 4 – Mean values of wood ashes content in hybrid clones *E. grandis* x *E. urophylla* in different ages, spacings, irrigated and non-irrigated areas.

esse material se credencia para ser utilizado no setor energético, pois, conforme Pimenta e Barcellos (2000), a lignina possui alta resistência térmica e, consequentemente, alto potencial energético.

Os valores médios do teor de lignina diminuíram com o adensamento do espaçamento no clone B aos 12 meses e em ambos os clones aos seis meses de idade,

nas duas regiões. Já na madeira do clone A aos 12 meses, não foi verificada a influência do espaçamento no teor de lignina da madeira. Rocha (2011) também obteve maiores valores de lignina na madeira do híbrido de *E. grandis* x *E. camaldulensis* aos 7 anos, nos espaçamentos mais amplos, embora no estudo de Migliorini et al. (1980) com *E. urophylla* aos 6 anos,

Sturion et al. (1988) com *E. viminalis* aos 4 e 6 anos e Ferreira et al. (1997) com *E. dunni* aos 6 anos não tenham encontrado influência do espaçamento sobre o teor de lignina da madeira de eucalipto.

O clone A aos 12 meses foi superior ao mesmo clone aos seis meses somente no espaçamento 3 x 2 m, na região não irrigada. De acordo com Vital et al. (1984), o teor de lignina tende a diminuir com o aumento da idade, pois as árvores mais jovens possuem maior quantidade de madeira juvenil. Essa tendência foi verificada no clone A nos espaçamentos 3 x 3, 3 x 1 e 1,5 x 2 m na região não irrigada e nos espaçamentos 3 x 3 e 3 x 2 m na região irrigada, em que o teor de lignina diminuiu na idade de 6 a 12 meses. Já no estudo realizado por Silva (2011) não foi encontrada influência da idade sobre o teor de lignina.

4.3. Teor de holocelulose

Houve aumento nos valores do teor de holocelulose nos espaçamentos adensados no clone A com seis meses nas duas regiões, no clone B aos seis meses na região irrigada e neste mesmo clone aos 12 meses na região não irrigada (Figura 3). Resultado inverso foi observado no clone B aos seis meses na região não irrigada e no clone A aos 12 meses na mesma região não irrigada e nos clones com 12 meses na região irrigada, ou seja, o teor de holocelulose diminuiu com o adensamento do espaçamento.

Observou-se que os maiores valores do teor de holocelulose foram provenientes dos clones aos 12 meses de idade. Trugilho et al. (1996) relataram que ocorreu aumento no teor de holocelulose no decorrer do tempo, embora Silva (2011) e Santana et al. (2012) não tenham encontrado influência da idade sobre o teor de holocelulose em *E. grandis* x *E. urophylla* nas idades de 4, 5, 6 e 7 anos e sobre o clone do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* com 34, 48, 61, 74 e 86 meses, respectivamente.

4.4. Teor de cinzas

Menor teor de cinzas é desejável para o setor energético, uma vez que, segundo Barcellos et al. (2005), as cinzas existentes na madeira utilizada para produção de energia pode vir a prejudicar o processo com a formação de incrustações e corrosão nos equipamentos e nas tubulações. Uma vez que os menores resultados do teor de cinzas foram provenientes dos clones aos 12 meses. Nessa mesma idade, os menores teores de

cinzas do clone A foram nos espaçamentos 3 x 3, 3 x 2 e 1,5 x 2 m na região não irrigada e nos espaçamentos 3 x 2, 3 x 1 e 3 x 0,5 m na região irrigada. No clone B, os menores valores encontrados foram provenientes da região irrigada, nos espaçamentos 3 x 2, 3 x 1 e 3 x 0,5 m.

Os valores médios do teor de cinzas foram superiores na idade de seis meses nos dois clones. Essa tendência de diminuição no teor de cinzas com o avanço da idade foi verificada por Trugilho et al. (1996) no *E. saligna* com 1, 2, 3 e 4 anos, por Morais (2006) no clone de *E. grandis* e um híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* com 1, 3, 5, 6, 7 e 8 anos e por Santana et al. (2012) no clone do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* aos 34, 48, 61, 74 e 86 meses.

Verificou-se que os valores médios de teores de cinzas dos clones nas diferentes idades, espaçamentos e regiões responderam, de forma distinta, aos espaçamentos. Ferreira et al. (1997) não visualizaram influência do espaçamento nos teores de cinzas no *E. dunni* aos 6 anos.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados, conclui-se que as idades, espaçamentos e região irrigada e não irrigada influenciaram as propriedades químicas da madeira. Assim, pode-se inferir que os maiores valores de teor de extrativos ocorreram nos clones da região não irrigada e com idade de seis meses, não sendo verificadas influências dos espaçamentos.

O maior teor de lignina foi obtido no clone B aos 12 meses, na região irrigada. Os maiores teores de lignina estavam nos maiores espaçamentos, com exceção do clone A; com 12 meses, não foi verificada tendência de resultados do teor de lignina para a idade e região irrigada e não irrigada.

O teor de holocelulose foi superior no clone A, sendo os maiores valores nos espaçamentos mais amplos e na idade de 12 meses.

O teor de cinzas foi superior na idade de seis meses, sendo o maior valor no

clone A aos 12 meses, na área não irrigada e nos espaçamentos mais amplos, embora não tenha sido verificado tendência de resultados nos diferentes espaçamentos e regiões.

6. REFERÊNCIAS

- ALZATE, S. B. A.; TOMAZELLO FILHO, M.; PIEDADE, S. M. S. Variação longitudinal da densidade básica da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, *E. saligna* Sm. e *E. grandis* x *E. urophylla*. **Scientia Forestalis**, n.68, p.87-95, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL – **ABTCP – M 11/77**. Normas técnicas. São Paulo: 1977.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL – **ABTCP – M68**. Normas técnicas. São Paulo: 1968.
- BARCELLOS, D. C.; COUTO, L. C.; MÜLLER, M. D.; COUTO, L. O estado-da-arte da qualidade da madeira de eucalipto para produção de energia: um foco nos tratamentos silviculturais. **Biomassa & Energia**, v.2, n.2, p.141-158, 2005.
- BROWNING, B. L. **The chemistry of wood**. New York: John Wiley & Sons, 1963. 689p.
- FERREIRA, G. W.; GONZAGA, J. V.; FOELKEL, C. E. B.; ASSIS, T. F.; RATNIEKS, E.; SILVA, M. C. M. Qualidade da celulose kraft-antraquinona de *Eucalyptus dunnii* plantado em cinco espaçamentos em relação ao *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*. **Ciência Florestal**, v.7, n.1, p.41-63, 1997.
- FIBRIA. **Produção de biomassa energética em diferentes espaçamentos, manejos e culturas: Eucalipto**. Dados de análise interno da Empresa Fibria (dados enviados por email), 2013.
- GOLDSCHIMID, O. Ultraviolet spectra. In: SARKANEN, K. V.; LUDWIG, C. H. **Lignins: occurrence, formation, structure and reactions**. New York: J. Wiley, 1971. p.241-298.
- GOMIDE, J. L.; DEMUNER, B. J. Determinação do teor de lignina em material lenhoso: método Klason modificado. **O Papel**, v.47, n.8, p.36-38, 1986.
- KLOCK, U.; MUÑIZ, G. I. B.; HERNADEZ, L. A.; ANDRADE, A. S. **Química da madeira**. 3.ed. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2005. 86p.
- MIGLIORINI, A. J.; BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. **Influência das práticas silviculturais na produção de carvão vegetal**. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 1980. 6p. (Circular Técnica, 104)
- MORAIS, V. M. **Dinâmica de crescimento de eucalipto clonal sob diferentes espaçamentos, na região noroeste do estado de Minas Gerais**. 2006. 63f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.
- PALERMO, G. P. M.; LATORRACA, J. V. F.; REZENDE, M. A.; NASCIMENTO, A. M.; SEVERO, E. T. D.; ABREU, H. S. Análise da densidade da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. por meio de radiação gama de acordo com as direções estruturais (longitudinal radial) e a idade de crescimento. **Floresta e Ambiente**, v.10, n.2, p.47-57, 2003.
- PIMENTA, A. S.; BARCELLOS, D. C. **Curso de atualização e carvão vegetal**. Viçosa, MG: Centro de Produções Técnicas – CPT, 2000. 76p.
- ROCHA, M. F. V. **Influência do espaçamento e da idade na produtividade e propriedades da madeira de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis* para energia**. 2011. 71f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.
- SANTANA, W. M.; CALEGARIO, N.; ARANTES, M. D. C.; TRUGILHO, P. F. Efeito da idade e da classe diamétrica nas propriedades da madeira de *Eucalyptus* clonal. **Cerne**, v.18, n.1, p.1-8, 2012.
- SILVA, M. G. **Produtividade, idade e qualidade da madeira de *Eucalyptus* destinada à produção de polpa celulósica branqueada**. 2011. 95f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Produtos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, São Paulo, 2011.

STURION, J. A.; PEREIRA, J. C. D.; CHEMIN, M. S. Qualidade da madeira de *Eucalyptus viminalis* para fins energéticos em função do espaçamento e idade de corte. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n.16, p.55-59, 1988.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY – TAPPI. **T 204 cm-97**: Solvent extractives of wood and pulp. Atlanta: 2007. 4p.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, v.2, n.1, p.1-15, 1996.

VITAL, B. R.; PEREIRA, A. R.; DELLA LUCIA, R. M. **Efeito da idade da árvore na densidade da madeira de *Eucalyptus grandis* cultivado na região de Cerrado de Minas Gerais**. Brasília: IBDF, 1984. p. 41-52. (Boletim Técnico, 1).