

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA MADEIRA DE *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud.

CHEMICAL COMPOSITION OF *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud WOOD

Vania Karine Dick Wille¹ Arci Dirceu Wastowski² Cristiane Pedrazzi³ Michele Pokulat Sauer⁴

RESUMO

Há variações nas composições químicas, físicas e na anatomia da madeira, entre espécies e também dentro da mesma espécie, as quais variam significativamente com a altura do tronco e na direção da medula até a casca. O objetivo do presente trabalho foi analisar a composição química da madeira de *Cordia trichotoma*. Foram analisadas três árvores, coletadas na Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, das quais foi retirado um disco de madeira localizado próximo da base. Quantificou-se o teor de cinzas e de extrativos pela norma TAPPI e o óleo essencial foi extraído usando o método por arraste de vapor. Também foram determinados os elementos químicos presentes nas amostras de madeira, na sua forma natural, e moída, por espectrometria de fluorescência de raios-X por energia dispersiva –EDXRF. A madeira de *Cordia trichotoma* apresentou teores médios de cinzas e de extrativos totais de 1,39% e 28,22%, respectivamente. Na composição química do óleo essencial foi possível a identificação de dois principais componentes do óleo o α -cadinol e do α -muurolol. Os elementos minerais mais abundantes foram o potássio, cálcio, magnésio, fósforo, enxofre e silício. O ferro foi o elemento com menor concentração encontrado na madeira pela técnica de análise utilizada.

Palavras-chave: louro-pardo; química da madeira; óleos essenciais.

ABSTRACT

There are variations in the chemical, physical and anatomy composition of wood, also among species and within species, which vary significantly with the height of the trunk and towards the bone to the shell. The objective of this study was to analyze the chemical composition of wood of *Cordia trichotoma*. Three tree samples were analyzed, collected in the northwest region of Rio Grande do Sul state, of which a wooden disc has been withdrawn located near the base. The ash and extractives by TAPPI were quantified and the essential oil was extracted using the method for drag steam. There were also certain chemical elements present in the wood samples, in its natural form, milled, and by spectrometry fluorescence X-ray energy dispersive -EDXRF. The wood of *Cordia trichotoma* showed average levels of ash and extractives of 1.39% and 28.22%, respectively. In the chemical composition of the essential oil, it was possible to identify two main oil components the α -cadinol and α -muurolol. The most abundant mineral elements were potassium, calcium, magnesium, phosphorus, sulfur and silicon. The iron was the element with lowest concentration found in the wood by the analysis technique used.

Keywords: blonde-brown; chemical wood; essential oils.

1 Engenheira Florestal, Mestre em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS), Brasil. vaniakarine@hotmail.com

2 Químico Industrial, Dr., Professor Associado do Departamento de Engenharia e Tecnologia Ambiental Universidade Federal de Santa Maria, Linha 7 de Setembro, BR 386, Km 40, campus de Frederico Westphalen, CEP 98400-000, Frederico Westphalen (RS), Brasil. wastowski@ufsm.br

3 Engenheira Floresta, Dr^a, Professora Adjunta do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS), Brasil. cpedrazzi@terra.com.br

4 Química Industrial, Técnico de laboratório, Universidade Federal de Santa Maria, Linha 7 de Setembro, s/n, Br 386, km 40, CEP 98400-000, Frederico Westphalen (RS), Brasil. mpsauer@gmail.com

INTRODUÇÃO

A madeira, ou qualquer outro material lignocelulósico, constitui um acervo químico e bioquímico cuja composição e organização ainda se revestem de segredos. Sua estrutura química é abrangente e diversificada de ligações cruzadas e de grande importância na preservação e nas propriedades dos materiais lenhosos (ABREU et al., 2006). Há variações nas composições químicas, físicas e na anatomia da madeira, entre espécies e dentro da mesma espécie, as quais variam significativamente com a altura do tronco e na direção da medula até a casca. Além disso, existem diferenças entre cerne e alburno, e em escala microscópica, entre células individuais (TRUGILHO; LIMA; MENDES, 1996).

Latorraca e Albuquerque (2000) relatam que várias pesquisas têm procurado identificar quais os fatores que afetam as propriedades da madeira, as quais podem ser inerentes ao próprio material e também ao ambiente em que a árvore se desenvolve. As variações encontradas no lenho das árvores, entre e dentro de espécies, são de elevadas magnitudes e dependem fundamentalmente de fatores genéticos e ambientais.

A dendroquímica avalia os elementos químicos retidos na madeira quando do crescimento da planta. Essa retenção pode ocorrer tanto por via metabólica, pelo sistema solo-água-raiz ou por interações atmosféricas externas. Dessa forma, pode ser utilizada para a comprovação da ocorrência de históricos ambientais (COL; BUENO, 2009). Entre os métodos de determinação de elementos químicos a fluorescência de raios X (EDXRF) possui um caráter multielementar, simultâneo e não destrutivo, permitindo determinações rápidas e, ao mesmo tempo, mantendo a integridade da amostra (GILFRICH et al., 1991; SELIN et al., 1993). Esses estudos podem ser realizados com o uso de árvores mortas, que caíram naturalmente ou que foram cortadas, ou com árvores vivas, usando uma ferramenta especial que retira pequenos pedaços do interior do tronco (COL; BUENO, 2009).

Cordia trichotoma (Vell.) Arráb. ex Steud. é conhecida popularmente como louro-pardo ou louro. É uma árvore pertencente à família Boraginaceae. Ocorre naturalmente desde o Ceará até o Rio Grande do Sul, nas florestas Pluviais Atlânticas semidecíduas e no cerrado. Sua madeira é moderadamente pesada, dura, fácil de trabalhar, podendo inclusive ser envergada, de boa durabilidade em ambientes secos, porém, sensível ao apodrecimento quando exposta à umidade (LORENZI, 2002).

Amplamente empregada na confecção de mobiliário de luxo, para revestimentos decorativos, lambris, persianas, régua, obtenção de lâminas faqueadas para revestimento de móveis, para a confecção de pequenas embarcações, tonéis, caixilhos, etc. A árvore apresenta qualidades ornamentais e pode ser utilizada no paisagismo em geral (LORENZI, 2002), sua durabilidade natural é de baixa resistência a organismos xilófagos em condições favoráveis ao apodrecimento, sendo uma madeira de baixa permeabilidade às soluções preservantes, em tratamentos sob pressão (CARVALHO, 2003).

Nesse sentido esta pesquisa justifica-se e tem como objetivo complementar e aumentar os estudos a respeito da composição química da madeira de *Cordia trichotoma* mais conhecida como louro ou louro-pardo.

MATERIAL E MÉTODOS

As análises químicas desse estudo foram realizadas no Laboratório de Análise e Pesquisas Químicas (LAPAQ), da Universidade Federal de Santa Maria no campus de Frederico Westphalen-RS.

Neste trabalho analisaram-se três árvores de louro-pardo (*Cordia trichotoma*) as quais foram identificadas como árvores A, B e C, com idade variando entre 18 e 20 anos. A idade foi estimada a partir da contagem visual dos anéis de crescimento de cada amostra. As amostras foram coletadas na Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, nos municípios Crissiumal e Frederico Westphalen.

A amostra A foi proveniente de uma árvore tombada em um vendaval no perímetro urbano da cidade de Frederico Westphalen. Esta árvore estava em uma área de campo aberto, de pastagem de bovinocultura, sem outros indivíduos em seu entorno. As árvores B e C foram oriundas de mata fechada, mata nativa, ou seja, com outras árvores em seu entorno em competição. A amostra B é proveniente do interior do município de Crissiumal e a árvore C é proveniente de uma mata nativa de Frederico Westphalen. De cada árvore (A, B e C) foi retirado um disco de amostra de madeira contendo cerne e alburno. Os discos foram retirados a uma altura próxima da base da árvore, ou seja, abaixo do DAP (diâmetro a altura do peito) de

1,30 metros (Figura 1).

Para realizar as análises químicas, primeiramente, foi retirada a casca dos discos das amostras. Posteriormente, os discos foram reduzidos na forma de palitos (Figura 2a) com o uso de um formão, os quais foram então triturados em um moinho de facas. A serragem produzida dos palitos foi peneirada e a fração 40/60 mesh foi usada nas análises químicas (Figura 2b).

As seguintes análises da composição química da madeira de *Cordia trichotoma*, nas três árvores amostradas (A, B e C), foram realizadas: teor de cinzas (TAPPI T 211 om-93); solubilidade em água fria e em água quente (TAPPI T 207 cm-99); solubilidade em hidróxido de sódio 1%, 5% e 12% (TAPPI T 212 om-02); extrativos em etanol-tolueno (1:2), em etanol e extrativos totais (TAPPI T 204 cm-97); teor de lignina insolúvel (TAPPI T 222 om-02) (TAPPI, 2001) e o teor de óleos essenciais (método por arraste de vapor utilizando 200 gramas de amostra) (ADAMS, 2001). Foram realizadas três repetições de cada amostra em cada análise química, exceto para o teste de extração de óleo essencial, do qual se realizou apenas uma extração para cada amostra.

A extração do óleo essencial também foi realizada na madeira das árvores A, B e C através de destilação por arraste de vapor. Em um balão de duas bocas foram adicionadas 200 gramas de madeira absolutamente seca e destilou-se até cessar a saída de óleo. O equipamento utilizado para a análise das amostras de óleos essenciais foi o cromatógrafo gasoso (modelo CG-3900) acoplado a um espectrômetro de massas (modelo Saturn 2100T) da Varian (GC/MS-SIS) e injetor automático

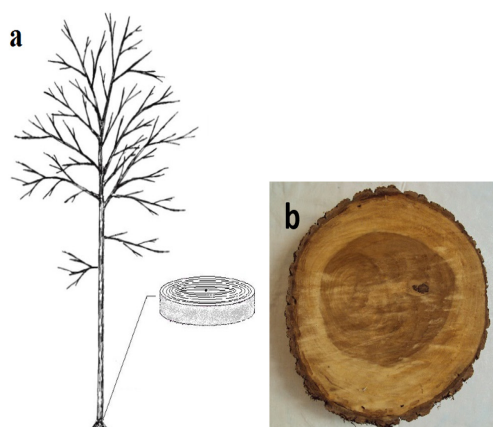


FIGURA 1: a) Esquema demonstrativo do local em que foi retirado o disco da amostra; b) Disco retirado contendo cerne e albúrneo.

FIGURE 1: a) Schematic demonstration of where the disc was removed from the sample, b) Disc containing heartwood and sapwood removed.



FIGURA 2: a) Amostra de madeira retirada do disco com o uso de um formão; b) Amostra de madeira na forma de serragem para as análises químicas.

FIGURE 2: a) Wood sample removed from the disc with the use of a chisel, b) Wood sample in the form of sawdust to chemical analysis.

(modelo CP-8400 Autosampler), equipado com coluna Capilar (modelo VF-5MS 30 m x 0,25 mm ID DF=0,25) com 5% de fenil e 95% de dimetilpolisiloxano. A identificação dos componentes voláteis foi feita por comparação dos espectros de massas e dos tempos de retenção com os existentes nas bibliotecas do sistema de dados Nist-92, bem como por comparação visual do padrão de fragmentação com aqueles relatados na literatura (ADAMS, 2001).

A análise de elementos químicos presentes na madeira foi realizado apenas em um disco extraído da árvore A, amostra que teve dois discos extraídos, um para ser transformado em pó para análises químicas e extração de óleo, e outro disco para a análise dos elementos químicos. A escolha pela amostra A para esta análise foi levando-se em conta que as três árvores tinham idade semelhantes. O disco da amostra A foi fatiado formando nove fatias (Figura 3) e posteriormente foram escolhidas as fatias 4 e 5 que melhor representavam o conjunto amostral, ou seja, que continham parte do cerne e do alburno (COL; BUENO, 2009).

As análises dos elementos químicos foram realizadas por meio de um espectrômetro de fluorescência de raios-X por energia dispersiva com as seguintes condições de operação do equipamento: tensão do tubo de 15 keV (Na a Sc) e 50 keV (Ti a U) com corrente no tubo 184 μ A e 25 μ A, respectivamente, colimador de 10 mm, tempo real de integração de 300 s, tempo morto do detector de 40% e 39%, sob vácuo e detector de Si(Li) refrigerado com nitrogênio líquido. A pressão na câmara de irradiação manteve-se abaixo de 30 Pa por todo o tempo de análise.

Os espectros foram gerados em termos da intensidade de emissão (contagens/segundo/microampere) em função da energia (keV). As concentrações dos elementos químicos foram calculadas através do método de parâmetros fundamentais (BONA et al., 2007; WASTOWSKI et al., 2010).

As irradiações nas fatias 4 e 5 da árvore A foram realizadas a cada 2,5 cm (Figura 4) no espectrômetro de fluorescência de raios-X por energia dispersiva. Para acomodar a amostra no sistema devido ao tamanho e para facilitar a formação de vácuo na câmara de irradiação, cortou-se a fatia em peças menores.

Depois de finalizada a análise de fluorescência de raios-X em madeira bruta, realizada apenas na amostra A, fez-se análise de elementos químicos em pastilhas feitas da serragem da madeira prensada em prensa hidráulica de madeira transformada, sendo esta análise realizada em cada árvore amostrada (A, B e C) (Figura 5). Foi utilizada uma solicitação de 10 toneladas por 10 minutos de tempo para a formação das pastilhas. As análises de elementos químicos nas pastilhas de madeira serrada seguiram os mesmos parâmetros usados na madeira bruta, ou seja, foram usados os mesmos espectrômetros e as mesmas condições de operação.



FIGURA 3: Demonstração do corte do disco da amostra A cortado em nove fatias.
FIGURE 3: Demonstration of the cutting disc of the sample A cut into nine slices.



FIGURA 4: Fatia 5 da amostra A com os pontos marcados.

FIGURE 4: Slice 5 of the sample A with scored points.



FIGURA 5: Pastilha da amostra A feita com a madeira moída (3,5 cm de diâmetro).

FIGURE 5: A tablet sample made with the ground wood (3.5 cm diameter).

Os dados foram obtidos através de triplicata e submetidos ao cálculo de média e desvio padrão, exceto os resultados do teste de análise de elementos químicos por espectrometria de fluorescência de raios-X por energia dispersiva na qual se realizou apenas uma irradiação em 14 pontos ao longo de cada fatia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos nas três repetições de cada árvore (A, B e C) nos testes realizados, exceto para o óleo essencial, foram submetidos ao cálculo de média e de desvio padrão. Na Tabela 1 são apresentados os valores médios obtidos para o teor de cinzas (TC), solubilidade em água fria (SAF), solubilidade em água quente (SAQ), solubilidade em hidróxido de sódio a 1% (NaOH 1%), 5% (NaOH 5%) e a 12% (NaOH 12%), extrativos em etanol-tolueno (EET), extrativos em etanol (EE), extrativos totais (ETo) e teor de óleo essencial (Oleo).

Os dados encontrados indicam um teor de cinzas médio para as amostras de *Cordia trichotoma* de 1,39%. Com relação às análises de em hidróxido de sódio nas concentrações 1%, 5% e 12 % obtiveram-se os respectivos teores médios de 35,85%, 42,88% e 49,13%. Segundo a TAPPI (2001), os resultados de solubilidade em hidróxido de sódio servem de base para comparação com trabalhos sobre biodegradação de madeiras. Esta aplicação é possível, pois a solução de NaOH a 1% extrai carboidratos de baixo peso molecular, constituídos basicamente de polioses e celulose degradada, podendo indicar o grau de degradação por fungos, calor, luz, oxidação, entre outros.

TABELA 1: Resultados dos testes realizados em triplicata das amostras A, B e C, média de cada amostra, média geral e desvio padrão.

TABLE 1: Results of tests conducted on triplicate samples A, B and C average of each sample, overall mean and standard deviation.

Testes	Amostra A	Amostra B	Amostra C	Média Geral (%)	Desvio padrão
	Média (%)	Média (%)	Média (%)		
TU	8,67	8,5	8,17	8,44	0,25
TC	1,22	1,41	1,54	1,39	0,16
SAF	20,28	23,04	21,2	21,51	1,41
SAQ	23,81	25,81	24,38	24,67	1,03
NaOH 1%	32,87	35,25	38,43	35,85	2,8
NaOH 5%	38,1	44,7	45,83	42,88	4,18
NaOH 12%	45,01	51	51,39	49,13	3,58
EET	4,76	6,45	5,71	5,64	0,85
EE	5,53	9,53	6,02	7,03	2,18
ETo	25,96	32,26	26,43	28,22	3,51
Óleo	0,04	0,09	0,08	0,07	0,02

Em que: TU = teor de umidade; TC = teor de cinzas; SAF = solubilidade em água fria; SAQ = solubilidade em água quente; NaOH = solubilidade em hidróxido de sódio a 1, 5 e 12%; EET = extrativos em etanol:tolueno; EE = extrativos em etanol; ETo = extrativos totais; Oleo = extração de óleos essenciais.

Os resultados dos testes de extração com etanol-tolueno e em etanol alcançaram 7,03% de extrativos em etanol e 5,64% em etanol-tolueno. Na determinação dos extrativos totais obteve-se 28,22% de extrativos. Esse alto teor de extrativos totais na madeira de *Cordia trichotoma* está relacionado e é explicado pelo seu cheiro característico e as propriedades organolépticas.

Na análise do óleo essencial por cromatografia gasosa com detector de massas (CG/MS) foi possível a identificação de dois principais componentes do óleo o α -cadinol e do α -muurolol em uma relação de (1:1). Esta relação também foi encontrada por Menezes (2005) nas composições dos óleos essenciais obtidos por hidrodestilação de cerne e alburno de *Cordia trichotoma*, os quais foram analisados por GC/FID e GC/MS e os principais componentes encontrados foram α -cadinol (26,5%) e α -muurolol (25,1%).

Os resultados na análise de espectrometria de fluorescência de raios X por energia dispersiva (EDXRF) nas amostras de madeira de *Cordia trichotoma* estão na Tabela 2. Os dados na Tabela 2 demonstram as quantidades de cada componente químico presente nas amostras.

Como pode-se observar na Tabela 2, os compostos que estiveram presentes em maior quantidade em todas as amostras e em quase todas as repetições foram: óxido de cálcio (CaO), óxido de potássio (K_2O), óxido de magnésio (MgO), óxido de fósforo (P_2O_5), óxido de enxofre (SO_3), óxido de silício (SiO_2) e óxido de ferro (Fe_2O_3), porém, em quantidades inferiores aos demais compostos citados anteriormente.

Os elementos cálcio e potássio são encontrados em maior quantidade nas madeiras. Tanto que se tem uma relação de quanto maior a quantidade de cálcio e potássio na madeira, maior a quantidade de cinzas (FOELKEL, 2005).

Col e Bueno (2009) encontraram menores concentrações na madeira de cálcio na parte que estava voltada para a rua, na qual os efeitos do intemperismo são mais acentuados (região de 0 a 40 mm). Uma hipótese para esse comportamento é que, uma vez que Si e Ca são muitas vezes considerados elementos estruturais em plantas, existe a possibilidade de que um mecanismo natural seja desenvolvido para a proteção contra interações hostis e agressivas, algo como um “escudo de sílica”. Os valores antagônicos para cálcio e silício podem, então, indicar que um processo morfogênico competitivo possa estar ocorrendo.

Assim, a concentração de cálcio pode variar em grande quantidade ao longo da madeira, pelo alto desvio padrão e pela grande variação das concentrações nas amostras analisadas.

TABELA 2: Elementos químicos e suas quantidades encontradas pela fluorescência de raios X por energia dispersiva na madeira de *Cordia trichotoma* na forma de pastilha nas amostras A, B e C.TABLE 2: Chemical elements and their amounts found by Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometry in the wood *Cordia trichotoma* in the form of pelletized in samples A, B and C.

Árvore		CaO (mg/kg)	K ₂ O (mg/kg)	MgO (mg/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	SO ₃ (mg/kg)	SiO ₂ (mg/kg)	Fe ₂ O ₃ (mg/kg)
A	Média	7800,93	4853,75	897,69	698,90	601,55	260,84	90,78
	Desvio padrão	382,69	67,35	42,09	22,49	13,71	10,94	3,63
B	Média	5420,57	5114,95	859,09	563,08	516,01	686,54	107,74
	Desvio padrão	49,28	34,49	77,74	23,74	26,08	501,39	15,07
C	Média	10228,97	1835,44	1255,13	761,11	736,95	342,40	60,89
	Desvio padrão	131,23	47,99	30,06	27,81	23,73	20,35	5,47

A Tabela 3 apresenta os resultados da análise fluorescência de raios X por dispersão de energia analisada na madeira sólida de duas fatias extraídas de um disco de amostra da árvore A de madeira de *Cordia trichotoma*.

Em ambas as fatias foram detectados óxido de potássio (K₂O), óxido de cálcio (CaO), óxido de magnésio (MgO), óxido de enxofre (SO₃), óxido de fósforo (P₂O₅), óxido de silício (SiO₂) e óxido de ferro (Fe₂O₃) em todos os pontos analisados, variando as suas quantidades ao longo da fatia entre as fatias.

O ferro é o composto encontrado em menores quantidades em ambas as fatias em concentrações que variam de 31,46 mg/kg a 140,50 mg/kg. Esta característica, menos pronunciada, foi encontrada na

TABELA 3: Resultados da quantificação de elementos químicos das fatias 4 e 5 da amostra A da madeira sólida de *Cordia trichotoma* na análise por fluorescência de raios X por energia dispersiva.TABLE 3: Results of the measurement of chemical elements in slices 4 and 5 of sample A of solid *Cordia trichotoma* wood of analysis of Energy Dispersive X-Ray Fluorescence.

Elementos químicos		Valor (em cm) do local da irradiação na amostra												
(mg/kg)		0 a 2,5	2,5 a 5	5 a 7,5	7,5 a 10	10 a 12,5	12,5 a 15	15 a 17,5	17,5 a 20	20 a 22,5	22,5 a 25	25 a 27,5	27,5 a 30	30 a 32,5
Resultados da fatia 4	K ₂ O	5810	3478	2244	2258	2362	2990	3688	3303	3666	5062	4299	4759	4655
	CaO	3346	4953	8328	7705	9697	27239	14279	14203	20197	6440	11346	8055	4036
	MgO	817	839	817	681	617	8057	3960	4451	6430	3288	1522	1724	923
	P ₂ O ₅	686	382	321	353	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	468	760
	SO ₃	659	498	510	542	609	1766	1364	1571	1982	1139	992	683	525
	SiO ₂	391	nd	443	228	1437	1336	836	1026	1802	441	2389	2317	5243
	Fe ₂ O ₃	36	31	44	38	45	62	46	45	64	45	58	54	116
Resultados da fatia 5	K ₂ O	6240	3998	2673	2237	2518	4028	4093	3965	3581	4667	4196	4439	5813
	CaO	7723	7071	13368	28580	30359	9226	9038	19485	6601	5102	9734	5935	16678
	MgO	2784	1655	5136	13725	13673	1126	3141	5300	1583	1337	3186	2209	1443
	P ₂ O ₅	570	280	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	340	1254
	SO ₃	1201	825	1381	2456	3146	631	718	1592	848	188	1427	868	1220
	SiO ₂	712	852	732	1512	1676	960	1034	1884	610	597	2494	681	1105
	Fe ₂ O ₃	54	49	47	55	64	54	61	66	37	35	74	51	61

Em que: nd = não detectado.

análise de potássio, sendo a maior concentração deste elemento na parte externa das fatias variando a concentração de 5809,65 a 8273,31 mg/kg. O fósforo foi encontrado nas concentrações de 279,62 a 1985,05 mg/kg e apenas nas partes mais externas das fatias, enquanto na parte mais próxima da medula não foi detectada a sua presença. Também verifica-se na Tabela 3 que os elementos Ca, S e Si apresentaram uma maior concentração nas partes internas das fatias. Segundo Freddo et al. (1999), os elementos minerais têm importância no desenvolvimento dos vegetais e seu papel é bastante conhecido. Nas árvores, suas quantidades variam com a espécie, as disponibilidades do solo, as necessidades individuais e outros fatores de menor importância. Atuam fisiologicamente nas folhas, mas são encontrados em todos os órgãos e tecidos, uma vez que são absorvidos do solo e levados através do tronco até a copa, participando do metabolismo vegetal.

CONCLUSÃO

Na composição química do óleo essencial foi possível a identificação de dois principais componentes do óleo o α -cadinol e do α -muurolol.

Os elementos minerais cujas presenças nas madeiras de *Cordia trichotoma* são mais abundantes: potássio, cálcio, magnésio, fósforo, enxofre e silício; o ferro foi o elemento com menor concentração.

REFERÊNCIAS

- ABREU, H. S. et al. Métodos de análise em química da madeira. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, p. 1-20, jan. 2006.
- ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/quadrupole mass spectroscopy**. Allured: Carol Stream, 2001.
- BONA, I. A. T. et al. Análise arqueométrica de cerâmica tupi-guarani da região central do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, usando fluorescência de raios-x por dispersão de energia. **Revista Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 4, p. 785-790, 2007.
- COL, J. A.; BUENO, M. I. M. S. Energy dispersive X-ray fluorescence applied to mapping of tree stems in Campinas, São Paulo. **Revista Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 9, p. 2407-2411, 2009.
- CARVALHO, P. H. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003. v. 1.
- FOELKEL, C. Minerais e nutrientes das árvores dos eucaliptos: aspectos ambientais, fisiológicos, silviculturais e industriais acerca dos elementos inorgânicos presentes nas árvores. **Eucalyptus Newsletter**, Piracicaba, n. 2, 2005.
- FREDDO, A. et al. Elementos minerais em madeiras de eucaliptos e acácia negra e sua influência na indústria de celulose kraft branqueada. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, p. 193-209, 1999.
- GILFRICH, J. V. et al. X-ray fluorescence analysis of tree rings. **X-Ray Spectrometry**, v. 20, n. 4, p. 203-208, 1991.
- LATORRACA, J. V. F.; ALBUQUERQUE, C. E. C. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 7, n. 1, p. 279-291, 2000.
- LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. v. 1.
- MENEZES, J. E. S. A. et al. Volatile constituents of *Cordia trichotoma* Vell. from the northeast of Brazil. **Flavour and Fragrance Journal**, Chichester, v. 20, p. 149-151, 2005.
- SELIN, E. et al. Multi-element analysis of tree rings by EDXRF spectrometry. **X-Ray Spectrometry**, v. 22, n. 4, p. 281-285, 1993.
- TAPPI. Testing Procedures of Technical Association of the Pulp and Paper Industry. In: TAPPI Standard Method. Atlanta: [s. n.], 2001. Cd-Rom.
- TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 4-111, 1996.
- WASTOWSKI, A. D. et al. Caracterização dos níveis de elementos químicos em solo, submetido a diferentes sistemas de uso e manejo, utilizando espectrometria de fluorescência de raios-x por energia dispersiva

(EDXRF). **Revista Química Nova**, São Paulo, v. 33, n. 7, p. 1449-1452, 2010.