



Relação dos atributos químicos e anatômicos no ataque de xilófago em espécies florestais nativas

Joilson Magalhães de Arruda Júnior¹, Emerson Belarmino Costa², Claudinei dos Santos Gabriel³, Adriana de Fátima Gomes Gouvêa⁴, Edilson Urbano⁵

Resumo. A durabilidade da madeira é algo considerado variável, pois depende das características das mesmas e condições de uso. A presença do agente biológico é algo frequentemente comum no ataque de madeira, pois é parte do ciclo natural de alguns insetos, porém acarretam grandes prejuízos. O presente trabalho teve como objetivo caracterizar as propriedades anatômicas e químicas das madeiras de *Vatairea macrocarpa* (Benth.) Ducke (amargoso), *Amburana cearensis* (Allemao) A.C. Sm. (amburana) e a *Astronium sp.* Schott (gonçalo-alves) atacadas por insetos inferindo sobre tal ocorrência. As análises químicas e anatômicas foram realizadas no disco da base, porém para a caracterização química a região do cerne e alburno foi analisada separadamente. Para a caracterização anatômica, a presença de maior diâmetro e frequência de vasos, os valores relacionados à altura, largura e frequência dos raios, aumentam a susceptibilidade das espécies ao ataque do inseto, assim como para as madeiras estudadas. Em relação à caracterização química, a elevada variabilidade entre os componentes químicos da região cerne e alburno, independente da espécie avaliada, estão relacionados à maior afinidade do inseto *Lyctus brunneus* na região do alburno. Estas espécies apresentaram elevados teores de amido, sendo esse componente o principal alimento para o inseto identificado. O amargoso e amburana apresentaram maior incidência de ataque, possivelmente devido a abundância de células parenquimáticas axiais, as quais possuem elevada quantidade de materiais de reserva. As espécies avaliadas possuem teores de cinzas elevados na região do cerne, afetando a zona de ataque, pois elevados teores de cinzas, resultam em desgaste do aparelho bucal desses insetos

Palavras-chave: Deterioração. Durabilidade Natural. Cerrado. Madeira.

DOI:10.21472/bjbs.v09n20-004

Submitted on:
01/03/2022

Accepted on:
02/08/2022

Published on:
02/24/2022

Open Access
Full Text Article



¹ Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brasil.
E-mail: joilsonmagalhaes13@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-2097-9842>

² Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brasil.
E-mail: emersonbelarmino@hotmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4146-1463>

³ Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brasil.
E-mail: c.santosgabriel@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-9682-4456>

⁴ Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brasil. E-mail: agouvea@uems.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3414-7188>

⁵ Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brasil. E-mail: edurbano2@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9351-5406>

Relationship of chemical and anatomical attributes in xylophage attack in native forest species

Abstract. The durability of wood is considered variable, as it depends on its characteristics and conditions of use. The presence of a biological agent is often common in the attack of wood, as it is part of the natural cycle of some insects, but it causes great damage. The present work aimed to characterize the anatomical and chemical properties of the wood of *Vatairea macrocarpa* (Benth.) Ducke (Amargoso), *Amburana cearensis* (Allemao) A.C. Sm. (Amburana) and *Astronium sp.* Schott (Gonçalo-alves) attacked by insects inferring this occurrence. Chemical and anatomical analyzes were carried out on the base disc, however for chemical characterization the heartwood and sapwood regions were analyzed separately. For anatomical characterization, the presence of greater diameter and frequency of vessels, the values related to height, width and frequency of rays, increase the susceptibility of the species to insect attack, as well as for the wood studied. Regarding chemical characterization, the high variability between the chemical components of the heartwood and sapwood region, regardless of the species evaluated, is related to the greater affinity of the insect *Lyctus brunneus* in the sapwood region. These species had high levels of starch, this component being the main food for the identified insect. Amarroso and amburana showed a higher incidence of attack, possibly due to the abundance of axial parenchyma cells, which have a high amount of reserve materials. The species evaluated have high ash contents in the heartwood region, affecting the attack zone, as high ash contents result in wear of the mouthparts of these insects.

Keywords: Deterioration. Natural Durability. Cerrado. Wood

Relación de atributos químicos y anatómicos en el ataque de xilófagos en especies forestales nativas

Resumen. La durabilidad de la madera se considera variable, pues depende de sus características y condiciones de uso. La presencia de un agente biológico suele ser común en el ataque a la madera, ya que forma parte del ciclo natural de algunos insectos, pero causa grandes daños. El presente trabajo tuvo como objetivo caracterizar las propiedades anatómicas y químicas de la madera de *Vatairea macrocarpa* (Benth.) Ducke (Amargoso), *Amburana cearensis* (Allemao) A.C. Sm (Amburana) y *Astronium sp.* Schott (Gonçalo-alves) atacado por insectos, infiriendo este suceso. Se realizaron análisis químicos y anatómicos en el disco base, sin embargo, para la caracterización química las regiones de duramen y albura se analizaron por separado. Para la caracterización anatómica, la presencia de mayor diámetro y frecuencia de vasos, los valores relacionados con altura, ancho y frecuencia de rayos, aumentan la susceptibilidad de las especies al ataque de insectos, así como para la madera estudiada. En cuanto a la caracterización química, la alta variabilidad entre los componentes químicos de la región de duramen y albura, independientemente de la especie evaluada, se relaciona con la mayor afinidad del insecto *Lyctus brunneus* en la región de albura. Estas especies presentaban altos niveles de almidón, siendo este componente el principal alimento del insecto identificado. Amarroso y amburana mostraron una mayor incidencia de ataque, posiblemente debido a la abundancia de células del parénquima axial, las cuales tienen una alta cantidad de materiales de reserva. Las especies evaluadas presentan altos contenidos de cenizas en la región del duramen, afectando la zona de ataque, ya que los altos contenidos de cenizas provocan el desgaste del aparato bucal de estos insectos.

Palabras clave: Deterioro. Durabilidad Natural. Cerrado. Madera.

INTRODUÇÃO

O território brasileiro apresenta a maior biodiversidade do planeta, o que equivale em torno de 20% das espécies, sendo considerada por muitos pesquisadores como o país da “megadiversidade”. Este patrimônio de recursos naturais é mantido como principal ativo brasileiro, sendo uma ferramenta estratégica para uso, a fim de consolidar o desenvolvimento nacional, elevando a qualidade de vida da população (Coradin & Leite, 2011).

Os recursos vegetais nativos, além do fornecimento de alimento, podem ser utilizados como fonte de fibras, aromas, madeira, medicamentos e energia; e para uma eventual exploração eficiente desses recursos nativos, são importantes maiores conhecimentos das características dessas espécies, além do incentivo a valorização e uso por parte do poder público. Segundo Klock *et al.*, (2005) um dos meios de se obter os conhecimentos necessários das espécies vegetais de madeira é através da caracterização anatômica, química, física e mecânica, a qual visa prever o seu comportamento da madeira e direcioná-la a um emprego correto.

A região do Cerrado de Mato Grosso do Sul apresenta uma ampla diversidade de recursos vegetais, dentre essas espécies, estão a *Vatairea macrocarpa* (Benth.) Ducke (amargoso), *Amburana cearensis* (Allemao) A.C. Sm. (amburana) e a *Astronium sp.* Schott (gonçalo-alves). O amargoso (*Vatairea macrocarpa*) pertencente à família *Fabaceae-papilionoidea*, conhecido popularmente por amargoso (*Vatairea macrocarpa*), é uma espécie com ocorrência no Brasil Central, Centro-Oeste, Nordeste, São Paulo e Mato Grosso do Sul, apresenta madeira de alta densidade($0,880 \text{ g.cm}^{-3}$), dura e de aspecto fibroso, textura grossa, com resistência mecânica durável quando sob proteção de intempéries.

Um dos motivos do nome amargoso, é devido a fama cultural, cuja casca apresenta um gosto consideravelmente “amargo” e propriedade medicinais; além do mais a árvore é extremamente ornamental quanto a flor, podendo ser empregada na arborização paisagística (Lorenzi, 2000).

Devido às suas características, essa madeira tem ampla empregabilidade na construção civil, como para a produção de caibros e vigas, para a moveleira, para a fabricação de móveis, batentes de portas e janelas, esquadrias e para a produção de energia, bem como lenha e carvão.

Lorenzi (2000) descreve a *Amburana cearensis*, conhecida popularmente por amburana, pertencentes à família *Fabaceae-papilionoidea*, cuja espécie apresenta uma madeira de média densidade ($0,600 \text{ g.cm}^{-3}$), macia e de grã direita irregular, contém cheiro de cumarina, correspondente a uma substância encontrada somente até então no cumaru-verdadeiro, obtido sinteticamente para a produção de aromatizantes e desodorantes.

A madeira da amburana quando exposta a intempéries apresenta durabilidade moderada, e podem ser utilizadas para a moveleira em geral, especificamente para a moveleira fina, como as folhas

faqueadas decorativas, as esculturas e os balcões, porém a sua empregabilidade é amplamente conhecida pelo ato de curtir cachaça, devido ao seu odor agradável, que também é utilizado para perfumar roupas. Além disso possui característica para uso em arborização, devido seus ramos e troncos serem lisos e de cor vinho/marrom avermelhada, agregando beleza cênica.

O *Astronium sp.*, conhecido por diversos nomes, variando entre regiões, , popularmente chamado de gonçalo-alves, pertencente à família *Anacardiaceae*, possui a madeira de difícil empregabilidade, alta densidade (1,09 g.cm⁻³), compacta, com alburno de coloração branca e cerne variando desde o vermelho escuro a vermelha cor de brasa. A madeira é empregada para a construção naval e civil, marcenaria, confecção de dormente, corrimões e portas de acabamento fino, e ainda utilizado no paisagismo devido a sua copa ampla (Lorenzi, 1992).

As madeiras, de forma geral, possuem vida útil variável, dependendo das espécies e das condições ambientais nas quais estão expostas. Ser degradada por agentes biológicos faz parte do curso natural, na qual é fundamental para a reciclagem; entretanto a presença desses agentes causadores é responsável por grandes prejuízos na utilização da madeira (Motta, *et al.* 2013).

Quando se trata de agentes biológicos que realizam a biodeterioração da madeira, pode-se destacar três componentes principais de interesse: celulose, lignina e hemiceluloses, e em segundo plano, mas não menos importantes os açúcares, pectina, amido, etc., e esses organismos são responsáveis por ocasionar a chamada biodeterioração da madeira, nos quais a utilizam de forma direta e indireta como fonte de energia; estes organismos são chamados “organismos xilófagos”, principais causadores de perdas em estruturas de madeira (Florian, 2013).

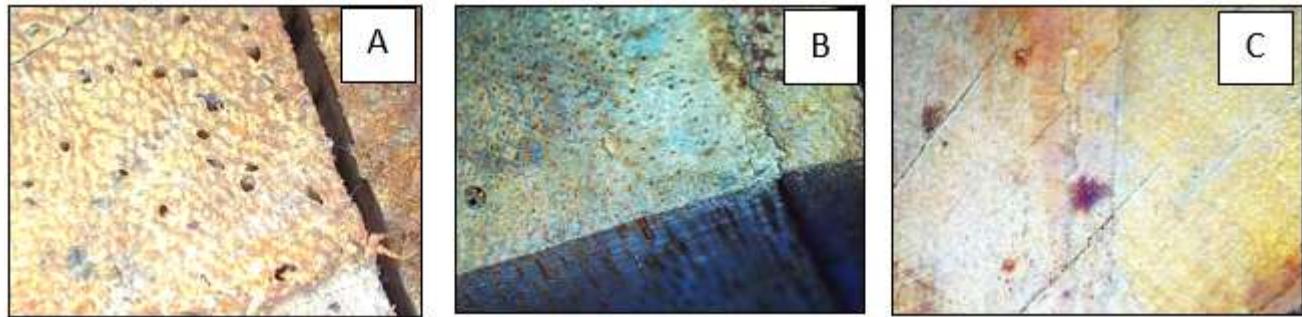
O presente trabalho teve como objetivo caracterizar as propriedades anatômicas e químicas das madeiras de *Vatairea macrocarpa* (amargoso), *Amburana cearenses* (amburana) e a *Astronium sp.* (gonçalo-alves) atacadas por insetos e inferir sobre tal ocorrência.

METODOLOGIA

Coleta do Material

Os materiais de estudo foram três espécies de madeira, a saber: *Vatairea macrocarpa* (amargoso), *Amburana cearenses* (amburana) e a *Astronium sp.* (gonçalo-alves). As espécies foram selecionadas por terem sido atacadas por organismos xilófagos enquanto encontravam-se armazenadas ao ar livre para perda de umidade (Figura 1). As amostras foram provenientes da região de Aquidauana, no Estado de Mato Grosso do Sul.

Figura 1: Ataque nas madeiras, na região do alburno do amargoso (A), amburana (B) e gonçalo-alves (C), no aumento de 10x.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Identificação do Organismo Xilófago

Foram retiradas amostras do agente causador do ataque nas três espécies avaliadas visando a identificação. Segundo Bahia (2015), o método mais eficiente para a identificação do agente xilófago é a avaliação das características do ataque, sendo este o ponto de partida para uma identificação correta. Após a verificação das características comuns do ataque nas madeiras (Figura 1), pôde-se identificar o *Lyctus brunneus* (Figura 2), como os insetos que estavam presentes nas espécies avaliadas. A característica principal do ataque desses xilófagos é a presença de madeiras secas, com a presença da moinha de madeira, onde o ataque majoritariamente está na região do alburno.

Figura 2 Espécie *Lyctus brunneus* (A, B e C) encontrado nas três espécies amostradas, no aumento de 30x



Fonte: Elaborado pelos autores

Preparo do Material e Caracterizações

O material de estudo foi proveniente de um disco da base da árvore. Para a caracterização anatômica utilizou-se amostras do cerne periférico, enquanto para a caracterização química avaliou-se o cerne separadamente do alburno. Na Tabela 1 encontram-se todas as análises realizadas durante o estudo.

Tabela 1. Análises e respectivas normativas utilizadas.

Análises	Normativas
Preparo do corpo-de-pova	COPANT (1974)
Identificação microscópica	IAWA (1989)
Teor de Umidade	NBR14929 (2003)
Processamento dos cavacos	TAPPI T 257 (1992)
Teor de Extrativos em Água	NBR 7988 (1984)
Teor de extractivos	TAPPI T 204 (1997)
Teor de lignina insolúvel	GOMIDE & DEMUNER (1986)
Teor de lignina solúvel em ácido	GOLDSCHIMID (1971)
Teor de carboidratos	Por diferença
Teor de inorgânicos	TAPPI T 211 (1994)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Análise dos Dados

Para os parâmetros químicos avaliados foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com fatorial 3(espécies)x2(posições). Para as características químicas foi adotado o teste de média Tukey a 5% de significância. Foi utilizado o programa Sisvar Versão 5.6, Build 90.

Para os caracteres anatômicos foi realizada estatística de comparação de média delineamento inteiramente casualizado (DIC).

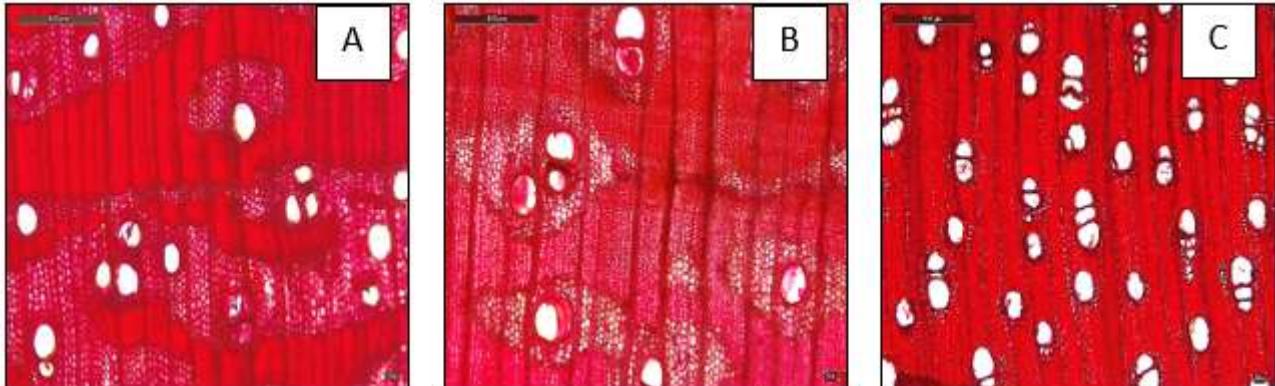
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização Anatômica

Na Figura 3 encontram-se as fotomicrografias da seção transversal das espécies avaliadas. O amargoso contém a presença de vasos solitários, e múltiplos em grupos de três em sua grande maioria, seu parênquima é do tipo em faixas (Figura 3A). A amburana, apresenta poros difusos, múltiplos e solitários, com maior predominância de múltiplos em grupos de dois ou mais, sendo os mesmos obstruídos por tilos em seu interior (Figura 3B). O gonçalo-alves apresenta poros difusos, cujos mesmos são solitários e múltiplos, com predominância deste último em grupos radiais (Figura 3C).

Em relação a Figura 3, observa-se que amargoso e a amburana possuem células parenquimáticas axiais em abundância (Figura 3AB), as quais são ricas em materiais de reserva, como o amido (Klock *et al.*, 2005). O *Lyctus brunneus* alimentam-se apenas da madeira, e procuram as espécies que sejam ricas em amido, sendo elemento determinante para a ovoposição das brocas, criando buracos nas estruturas e peças de madeira (Mendes & Alves, 1988). Entre as espécies avaliadas no presente estudo, o amargoso e amburana apresentaram maior incidência de ataques.

Figura 3: Fotomicrografias da seção transversal do amargoso (A), amburana (B) e gonçalo-alves (C) no aumento de 50x.



Fonte: Elaborado pelos autores.

De acordo com a Tabela 2, o amargoso e amburana apresentaram valores médios de diâmetro tangencial e frequência de poros pequenos e poucos numerosos, respectivamente. O diâmetro médio tangencial observado para o gonçalo-alves foi classificado como pequeno, com frequência de poros numerosos. Os valores apresentaram um destaque para a amburana com maior diâmetro de poros, e ao gonçalo-alves com a maior frequência. A classificação foi conforme parâmetros definidos na norma IAWA (1989).

Tabela 2. Valores médios das características dos vasos das três espécies avaliadas.

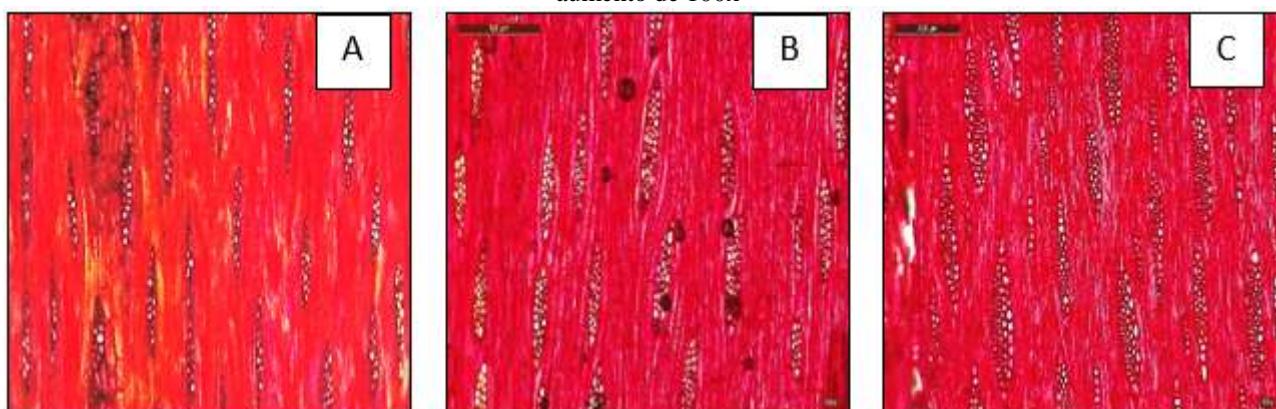
Espécie		Diâmetro dos poros (μm)	Frequência poros (N.mm^{-2})
amargoso	Média	124,233b	3,145b
	Desvio padrão	41,920	0,971
amburana	Média	152,692a	2,061b
	Desvio padrão	42,007	0,459
gonçalo-alves	Média	124,189b	8,242a
	Desvio padrão	32,169	0,873

Letras minúscula iguais na coluna não diferem a 5% de significância entre espécie.

Fonte: Elaborado pelos autores

Na Figura 4 encontram-se fotomicrografias da seção longitudinal tangencial das espécies avaliadas. Observou-se que o amargoso apresenta raios multisseriados de duas células e predominância de bisseriados (Figura 4A). O arranjo dos raios da amburana em sua composição é classificado como multisseriado (Figura 4B). Os raios do gonçalo-alves apresentam o tipo unisseriados e multisseriados, sendo o último em sua maior predominância (Figura 4C).

Figura 4: Fotomicrografias da seção tangencial das espécies de amargoso (A), amburana (B) e gonçalo-alves (C), no aumento de 100x



Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Tabela 3 encontram-se os valores médios das características dos raios para as espécies avaliadas. Observou-se que o parâmetro de largura foi estatisticamente diferente entre as espécies avaliadas, sendo maior para o gonçalo-aves, seguida pela amburana e amargoso.

A altura dos raios foi estatisticamente igual para o amargoso e gonçalo-alves. A frequência de raio foi igual e elevada para o amargoso e gonçalo-alves e estatisticamente diferente da amburana. Para o amargoso as células do raio por largura foram menores e estatisticamente diferentes das demais espécies. As células do raio por altura foram iguais e mais elevadas para o amargoso e amburana e estatisticamente diferente do gonçalo-alves.

Tabela 3. Valores médios das características dos raios das três espécies avaliadas.

Espécie		Largura (μm)	Altura (μm)	Frequência (N.mm^{-1})	Células por largura (n)	Células por altura (n)
Amargoso	Média	30,383c	226,391b	16,650a	2,200b	12,500a
	Desvio padrão	9,929	79,111	5,991	0,571	3,424
Amburana	Média	48,423b	334,967a	8,050b	3,800a	12,660a
	Desvio padrão	15,875	98,711	2,114	0,833	2,752
Gonçalo-alves	Média	52,531a	261,369b	19,800a	3,320a	11,700b
	Desvio padrão	11,099	80,919	2,741	1,504	3,835

Letras minúsculas iguais na coluna, não diferem a 5% de significância entre espécie.

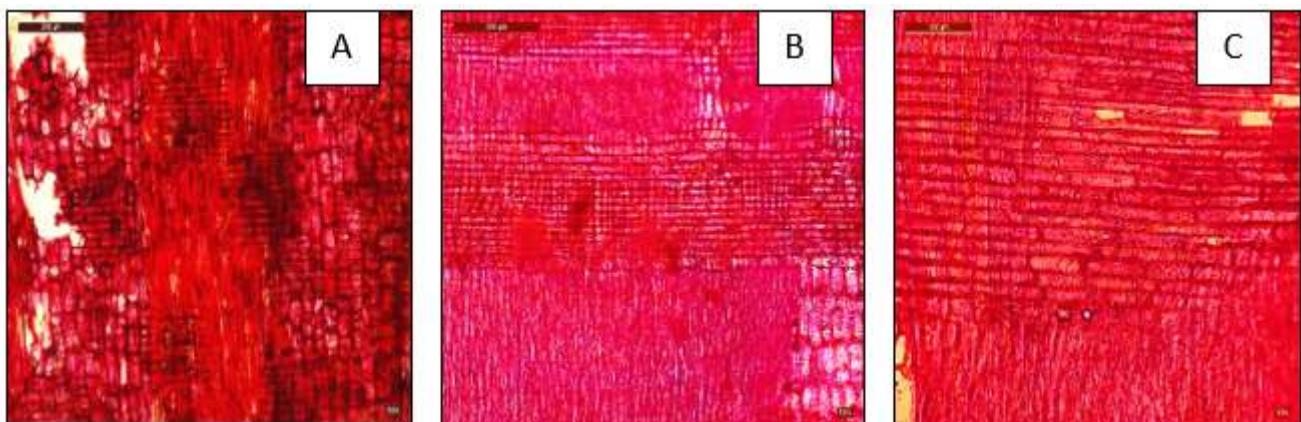
Fonte: Elaborado pelos autores.

De acordo com Floriam (2013) os xilófagos atacam inicialmente os materiais de reserva das células do raio e posteriormente as células do parênquima radial (raio). De acordo com a Tabela 3 os valores médios obtidos para a caracterização do raio foram considerados elevados quando comparados ao estudo de Tomazello Filho (1998), o qual encontrou valores para o *Eucalyptus grandis* com frequência de raio de 8 N.mm^{-1} e altura média de raio de 16 μm . A altura elevada dos raios aumenta

consideravelmente a presença de células do raio, o que contribui para maior incidência de ataque de organismos xilófagos.

Na Figura 5, encontram-se fotomicrografias da seção longitudinal radial. Observou-se que o amargoso possui raio homogêneo (Figura 5A), o arranjo dos raios da amburana é heterogêneo - compostos por diferentes tipos de células (Figura 5B) e o raio do gonçalo-alves é heterogêneo (Figura 5C), segundo a classificação de IAWA (1989).

Figura 5: Fotomicrografias da seção radial das espécies de amargoso (A), amburana (B) e gonçalo-alves (C), no aumento de 100x



Fonte: Elaborado pelos autores

Caracterização Química

Na Tabela 4 encontra-se a análise de variância para as variáveis químicas avaliadas. Os efeitos de espécie e posição foram significativos para todos os fatores analisados. Pois a composição das espécies nativas brasileiras é considerada escassa na literatura, visto que essas pesquisas estão mais destinadas a florestas plantadas, não tendo a mesma ênfase para as florestas nativas (Franzen *et al*, 2018). Estudos sobre espécies madeireiras nativas são considerados significativos para a comunidade científica, e neste caso é de grande importância ao que se diz respeito sobre a sua durabilidade natural aos organismos xilófagos.

Tabela 4. Resumo da análise de variância do quadrado médio na caracterização química das espécies avaliadas

FV	GL	Quadrado Médio							
		EAF	EAQ	EXT	LIGSO	LIGIN	LIGTO	HOLO	INO
Espécie	2	11,737*	13,822*	74,245*	1,560 *	16,325*	14,192*	97,037*	0,838*
Posição	1	35,191*	107,202*	145,394*	0,456 *	53,636*	44,237*	347,656*	0,004*
Espécie x Posição	2	23,985*	6,965*	4,791 *	5,700 *	100,637*	63,332*	40,371*	0,180*
Erro	6	0,014	0,058	0,109	0,019	0,276	0,245	0,114	0,001
TOTAL	11								
MÉDIA GERAL		10,99	14,62	12,07	2,81	24,69	27,50	59,31	1,12
CV (%)		1,11	1,65	2,73	4,88	2,13	1,80	0,57	2,32

FV= Fonte de Variação; GL= Grau de Liberdade; EAF =Teor de Extrativos em Água Fria; EAQ = Teor de extrativos em Água Quente; EXT= Teor de Extrativos totais; LIGSO= Teor de Lignina Solúvel; LIGIN= Teor de Lignina Insolúvel; LIGTO= Teor de Lignina Total; HOLO= Teor de Holoceluloses; INO= Teor de Inorgânicos; (*) significativo à 5% no teste Tukey.

Fonte: Elaborado pelos autores

A interação indica a existência de dependência entre os fatores. Realizou-se o desdobramento da interação da posição na madeira (alburno e cerne) dentro das espécies (amargoso, amburana e gonçalo-alves). Os dados da Tabela 5 referem-se ao desdobramento da interação e avaliação do efeito da posição dentro da espécie para as variáveis de caracterizações químicas avaliadas, que o efeito da posição foi significativo para a maioria das variáveis analisadas, exceto a lignina total para espécie amargoso e a lignina insolúvel para amburana. Silveira *et al.* (2013), apud Oliveira (1986), diz ser um processo natural o material ser deteriorado por organismos que consomem os polímeros naturais da parede celular como uma fonte de nutrição ou para metabolizar.

Tabela 5. Resumo da análise de variância do quadrado médio para o desdobramento da interação da posição dentro da espécie para a caracterização química

FV	GL	Quadrado Médio							
		EAF	EAQ	EXT	LIGSO	LIGIN	LIGTO	HOLO	INO
Posição/Amargoso	1	82,446*	79,477*	49,703*	4,000*	4,995*	0,053 ^{NS}	39,753*	0,260*
Posição/Amburana	1	0,403*	14,516*	82,901*	0,156*	0748 ^{NS} ,	1,588*	63,203*	0,010*
Posição/Gonçalo-alves	1	0,313*	27,040*	22,373*	7,701*	259,166*	169,260*	325,442*	0,093*
Erro	6	0,014	0,058	0,109	0,019	0,276	0,245	0,114	0,001

FV= Fonte de Variação; GL= Grau de Liberdade; EAF =Teor de Extrativos em Água Fria; EAQ = Teor de extrativos em Água Quente; EXT= Teor de Extrativos totais; LIGSO= Teor de Lignina Solúvel; LIGIN= Teor de Lignina Insolúvel; LIGTO= Teor de Lignina Total; HOLO= Teor de Holoceluloses; INO= Teor de Inorgânicos; (*) significativo a 5% e (NS) não significativo à 5% no teste Tukey.

Fonte: Elaborado pelos autores

Na Tabela 6 encontram-se os valores médios das características químicas das espécies de madeira avaliadas, por espécie e posição. Para a composição dos extrativos avaliados, independente da metodologia e solventes utilizados, os maiores valores foram encontrados no cerne das espécies avaliadas. Segundo Colodette & Gomes (2015) no cerne encontram-se materiais fenólicos, enquanto que no alburno estão em maior composição as substâncias nutritivas na seiva que são solúveis em água, como amido e gorduras. LOPES 2008 apud (Hills, 1962) relatam que esses materiais nutritivos na madeira (carboidratos e amido), são os responsáveis pelo ataque de organismos xilófagos, ainda mais

quando as condições ambientais estiverem favoráveis, fato no qual justifica as espécies abordadas neste presente trabalho serem atacadas.

De acordo com a Tabela 6 as espécies avaliadas possuem elevados valores de extrativos totais, com destaque para a Amburana (16,99%), quando comparado ao gênero *Eucalyptus* spp. que apresenta valores próximos de 4,10 e 5,76% no alburno e cerne, respectivamente (Paes, *et al*, 2013).

O extrativo presente na madeira é considerado uma grande variável ao comportamento dos organismos xilófagos, sendo esses os responsáveis por uma maior, ou menor suscetibilidade da madeira a esses agentes deterioradores, ou agindo como um sentido oposto, caracterizado pela sua “resistência natural” desses materiais (Bahia, 2015).

Tabela 6. Valores médios da caracterização química da interação posição dentro da espécie

Espécies	Posição	Caracterização Química (%)						
		EAF	EAQ	EXT	LIGSO	LIGIN	LIGTO	HOLO
Amargoso	Alburno	7,26b	8,67b	5,45b	2,19a	27,22a	29,17a	64,21a
	Cerne	16,34a	17,58a	12,50a	4,19b	24,98b	29,40a	57,91b
	Média	12,15C	13,12C	8,97C	3,19A	26,10A	29,29A	61,06B
Amburana	Alburno	11,83b	14,80b	12,44b	2,29a	26,01a	28,30a	57,72a
	Cerne	12,47a	18,61a	21,54a	1,895b	25,15a	27,04b	49,77b
	Média	11,80B	16,70a	16,99A	2,09B	25,58A	27,67B	53,74C
Gonçalo-alves	Alburno	8,74b	11,44b	7,88b	4,54a	14,48b	19,03a	72,13a
	Cerne	9,30a	16,64a	12,615a	1,77b	30,26a	32,04b	54,09b
	Média	9,02A	14,04B	10,25B	3,15A	22,37B	25,53C	63,11^a

EAF = Teor de Extrativos em Água Fria; EAQ = Teor de extrativos em Água Quente; EXT= Teor de Extrativos totais; LIGSO= Teor de Lignina Solúvel; LIGIN= Teor de Lignina Insolúvel; LIGTO= Teor de Lignina Total; HOLO= Teor de Holocelulose e INO= Teor de Inorgânicos. Letras maiúsculas iguais não diferem a 5% de significância entre espécies.

Letras minúsculas iguais, na coluna, não diferem a 5% de significância entre posição.

Fonte: Elaborado pelos autores

O teor de lignina total das espécies e posições avaliadas variou de 19,03%-32,04 %. O maior teor de lignina total foi encontrado para o gonçalo-alves na posição do cerne, sendo esta espécie e posição a única que houve pouca incidência de ataque pelos xilófagos, quando comparada às demais. Segundo Santos (2008) apud (PHILIP, 1988) a lignina confere resistência e rigidez às paredes das células, é considerado um agente de ligação entre as células, e confere resistência ao ataque de organismos xilófagos.

Na variável analisada de teor de cinzas (Tabela 6) mostram dados interdependentes entre as espécies, e entre posição, porém os estudos de Paes, *et al*, 2013, comprovaram a relação dos teores de cinzas e os ataques de coleópteras, indicando que conforme aumenta a composição de cinzas, ocorre uma redução do ataque, tendo como justificativa a dificuldade dos coleópteros em escarificar as madeiras com elevados teores de cinzas, sendo substâncias abrasivas para as suas mandíbulas, danificando-as e reduzindo o seu potencial de ataque. As espécies amostrais possuem elevados valores quando comparados ao *E. Camaldulensis* e *E. saligna* (0,5%), *E. grandis* (0,6%), e *E. urophylla* (0,9%) (Santos,

et al., 2013). O amargoso apresentou menores valores de teores de cinzas, sendo o mais atacado visualmente dentre as demais.

Na Tabela 7 é apresentado o desdobramento do efeito da espécie dentro da posição. Observa-se que para todas as análises o efeito da espécie afetou significativamente as posições avaliadas.

Tabela 7. Resumo da análise de variância do quadrado médio para o desdobramento da interação das espécies dentro das posições para a caracterização química

FV	GL	Quadrado Médio							
		EAF	EAQ	EXT	LIGSO	LIGIN	LIGTO	HOLO	INO
Espécie/Alburno	2	10,894*	18,846*	25,179*	3,547*	98,939*	64,959*	104,235*	0,238*
Espécie/Cerne	2	24,828*	1,942*	53,857*	3,713*	18,023*	12,565*	33,173*	0,779*
Erro	6	0,014	0,058	0,109	0,019	0,276	0,245	0,114	0,001

FV= Fonte de Variação; GL= Grau de Liberdade; EAF =Teor de Extrativos em Água Fria; EAQ = Teor de extrativos em Água Quente; EXT= Teor de Extrativos totais; LIGSO= Teor de Lignina Solúvel; LIGIN= Teor de Lignina Insolúvel; LIGTO= Teor de Lignina Total; HOLO= Teor de Holoceluloses; INO= Teor de Inorgânicos; (*) significativo à 5% no teste Tukey.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Tabela 8 encontram-se os valores médios das características químicas das espécies avaliadas por posição. Todas as variáveis foram estatisticamente diferentes em relação à posição nas espécies avaliadas. O menor valor encontrado para extrativos, independente da espécie avaliada, foi para a posição do alburno (9,28%) e o menor para o cerne (15,55%). Segundo Lopes, 2008 apud Silva (2005), o cerne apresenta maiores quantidades de extrativos, quando comparadas ao alburno de espécies florestais. Os valores de lignina insolúvel, lignina total foram maiores na região do cerne, enquanto para a lignina solúvel, holoceluloses e os componentes inorgânicos foram mais elevados na região do alburno.

Tabela 8. Valores médios da caracterização química das espécies por posição

Posição	Caracterização Química (%)							
	EAF	EAQ	EXT	LIGSO	LIGIN	LIGTO	HOLO	INO
Alburno	9,28B	11,63B	8,59B	3,00A	22,57B	25,58B	64,69A	1,13A
Cerne	12,70A	17,61A	15,55A	2,61B	26,80a	29,42A	53,92B	1,10B

EAF =Teor de Extrativos em Água Fria; EAQ = Teor de extrativos em Água Quente; EXT= Teor de Extrativos totais; LIGSO= Teor de Lignina Solúvel; LIGIN= Teor de Lignina Insolúvel; LIGTO= Teor de Lignina Total; HOLO= Teor de holoceluloses e INO= Teor de Inorgânicos. Letras maiúsculas iguais não diferem a 5% de significância entre espécies.

Letras minúsculas iguais na coluna não diferem a 5% de significância entre posição.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Iwata *et al.*, (1985) descreve que o alimento necessário para o *Lyctus* sp. é o amido, sendo este o ingrediente mais vital na madeira para este inseto, seguindo pelas proteínas e/ou aminoácidos. Algumas espécies apresentam os extrativos ricos em amido e/ou açúcares, que por sua vez, favorece a deterioração deste material, devido ao fornecimento de fonte de energia a esses agentes xilófagos, sendo o amido, um polissacarídeo principal de reserva na madeira (Moreschi, 2013).

Os carboidratos, em partes, são compostos por polímeros de celulose, hemiceluloses e em menor quantidade os açúcares, chamados de holoceluloses; e as hemiceluloses são compostas em sua grande parte por unidades de açúcares, definida como classes de polímeros específicos (Santos, 2008).

Bahia (2015), cita que dentre todas as propriedades da madeira, o teor de umidade se destaca como o principal fator de influência para os ataques de organismos xilófagos, e que além de favorecer a biodeterioração, também está relacionado com a deterioração por agente abiótico. Na tabela 9, encontra-se a umidade do alburno e cerne das espécies de amargoso, amburana e gonçalo-alves, amostradas no trabalho.

Tabela 9. Valores de umidade do alburno e cerne do amargoso, amburana e gonçalo-alves.

Espécies	Posição	TU (%)
Amargoso	Alburno	7,02
	Cerne	5,94
Amburana	Alburno	9,62
	Cerne	7,93
Gonçalo-alves	Alburno	8,65
	Cerne	9,75

Fonte: Elaborado pelos autores.

Moreschi (2013), cita que uma das características de ataque do inseto identificado (*Lyctus brunneus*) é restrito as madeiras secas, preferencialmente na madeira de lenho inicial, e que suas larvas são capazes de se aprofundar na madeira com teores de umidade entre 8 à 30%. Como pode-se observar na tabela acima, os valores de umidade são característicos de uma madeira seca, sendo as mesmas abaixo de 10% de umidade, justificando um dos motivos ao ataque desse xilófago nas madeiras.

CONCLUSÃO

De acordo com o estudo realizado, pôde-se concluir que para a caracterização anatômica, as espécies que sofreram maior incidência de ataque (amargoso e amburana), apresentaram baixa frequência de vasos, porém diâmetros elevados, o que possivelmente contribuiu para a entrada dos insetos na madeira.

O amargoso e amburana apresentaram maior frequência de parênquima axial quando comparado ao gonçalo-alves. Este fato possivelmente contribui para a menor incidência de ataque na espécie do gonçalo-alves.

Os valores de largura e altura de raios, frequência, e células por altura e largura foram elevados, sendo que os valores encontrados podem ter sido um dos contribuintes para a penetração e ataque dos insetos na madeira.

Para a caracterização química, a elevada variabilidade entre os componentes químicos da região cerne e alburno, independente da espécie avaliada, estão relacionados à maior afinidade do inseto *Lyctus brunneus* na região do alburno.

O *Lyctus brunneus* é considerado atualmente um dos insetos xilófagos mais alarmantes, devido ao nível de dano causado nas madeiras. Quando o inseto é a fonte de degradação, uma alta infestação pode levar a uma degradação geral das estruturas e características de madeiras. Neste caso as informações científicas sobre o inseto em questão, são de grande significância, devido a extrema gravidade e segurança no momento do uso dessas espécies madeireiras para suas diversas finalidades.

A GRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Ministério Público do Mato Grosso do Sul, na pessoa da Promotora de Justiça de Aquidauana, Dra. Angélica de Arruda Andrade pela concessão do recurso financeiro para compra dos equipamentos necessários para a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Madeira – Determinação do teor de cavacos – Método por secagem em estufa.** NBR 14929. 2003. 17p.

BAHIA, M. S. **Biodeterioração e a durabilidade da madeira: estudo de aspectos construtivos em Campo Mourão – PR.** Universidade de Tecnologia Federal do Paraná – UTFPR, Campo Mourão, PR, Trabalho de Conclusão de Curso, 2015.

COLODETTE, J. L, GOMES, F. J. B. **Branqueamento de Polpa Celulósica – da Produção da Polpa Marrom ao Produto Acabado.** Ed. UFV, 816p. Viçosa, MG, 2015.

COMMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS – COPANT. **Descripción de características generales, macroscópicas de las maderas angiospermas dicotiledoneas.** v.30. p.1-19. 1974.

CORADIN, L., LEITE, L. L. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro.** Ministério do Meio Ambiente – MMA, 934p (17-24p), Brasília, DF, 2011.

GOLDSCHIMID (1971), A. Biodeterioração de madeira. Universidade de Brasília – UNB. **Revista da Madeira**, ed. nº 134, Brasília, DF. 2013

FRANZEN, D. C. MENONZA, Z. M. S. H., BORGES, P. H. M., MADI, J. P. S., BORGES, D. S. **Estudo das Propriedades Físicas e Químicas de Madeiras Provenientes de Espécies Nativas da Amazônia Legal.** UFMT – Cuiabá. Centro Científico Conhecer v. 15, n. 27, p.498. Goiânia, GO. 2018.

GOLDSCHIMID, O. **Ultraviolet spectra. In: Lignins: Occurrence, formation, structure and reactions** (Ed: K. V. Sarkanen, and C. H. Ludwig). John Wiley and Sons, New York, USA, p. 241-266, 1971.

GOMIDE, J. L.; DEMUNER, B. J. **Determinação do teor de lignina em material lenhoso: Método Klason modificado.** Revista O Papel, v. 47, n.8, p.36-38, 1986.

HILLIS, W. E. Wood extractives and their significance to the pulp and paper industries. New York: Academic Press, 1962.

IAWA COMMITTEE. **List of microscopic features for hardwood identification, with an appendix on non-anatomical information.** IAWA Bulletin, Leiden, v.10, n.3, p. 219-332. 1989.

IWATA, R., AZUMA, J., NISHIMOTO, K. **Studies on the Autecology of Lyctus brunneus (Stephens) (Coleoptera, Lyctidae).** VII Chemical Investigations of the Nutrient Composition of Foods. University Kyoto, Kyoto, Japan, 1985.

KLOCK, U., MUÑIZ, G. I. B., HERNANDEZ, J. A., ANDRADE, A. S. **Química da madeira.** UPFR, 3^a edição, Curitiba, PR, 2005.

LOPES, O. R. **Influência dos Extrativos e da Relação Cerne/Alburno nas Análises da Madeira por Espectroscopia de Infravermelho Próximo para Produção de Celulose.** Dissertação de mestrado. UFV – Voçosa/ MG. 2008.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras – Manual de Identificação e Cultivo de Planta Arbóreas do Brasil.** Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda. Vol. 2, 2^a ed., Nova Odessa, SP, 2000.x p

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras – Manual de Identificação e Cultivo de Planta Arbóreas do Brasil.** Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda. Vol. 1, 4^a ed., Nova Odessa, SP, 1992. x p.

MENDES, A. S., ALVES, M. V. da S. **A degradação da madeira e sua preservação.** Brasília, IBDF/DPq-LPF, 1988.

MORESCHI, J. C. **Biodegradação e Preservação da Madeira.** Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR. 4^a ed. 2013.

MOTTA, J. P., OLIVEIRA, J. S., PAES, J. B., ALVES, R. C., BAMBROZ, G. B. V. Resistência Natural da Madeira de *Tectona grandis* em ensaio de Laboratório. **Ciência Rural.** Santa Maria, RS, v. 43, n.8, p. 1393-1398, 2013.

OLIVEIRA, A., OLIVEIRA, T. A. **Elementos da estatística descritiva.** Universidade Aberta – UAB, Lisboa, Portugal, 2011.

OLIVEIRA, A.M.F.; LELIS, A.T. de; LEPAGE, E.S.; CARBALLEIRA LOPEZ, G.A.; OLIVEIRA, L.C. de S.; CAÑEDO, M.D.; MILANO, S. **Agentes destruidores da madeira. Manual de preservação de madeiras.** São Paulo: IPT – Divisão de Madeiras, V.1, p.99- 278, 1986.

PAES, J. B., NETO, P. N. M., LIMA, C. R., FREITAS, M. F., DINIZ, C. E. F. **Efeitos dos Extrativos e Cinzas na Resistência Natural de Quatro Madeiras a Cupins Xilófagos.** Cerne, v. 19, n.3, p.399-405, Lavras, MG, 2013.

PHILIP, P., D'ALMEIDA, M. L. O. **Celulose e Papel – Tecnologia de Fabricação da Pasta Celulósica.** Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Vol. 1 ed. 2. São Paulo, SP, 1988.

SANTOS, F., COLODETTE, J., QUEIROZ, J. H. **Bioenergia & Biorrefinaria – cana-de-açúcar & Espécies Florestais.** Os Editores, Ed. 1^a, p. 551 (297-319), Viçosa, MG, 2013.

SANTOS, I. R. **Influência dos teores de Lignina, Holoceluloses e Extrativos na Densidade Básica e Contração da Madeira e nos Rendimentos e Densidade do Carvão Vegetal de Cinco Espécies Lenhosas do Cerrado.** Dissertação de mestrado em Ciências Florestais, UnB, xv + 92p., Brasília, 2008.

SILVA, J. C. **Anatomia da madeira e suas implicações tecnológicas.** Viçosa, 2005.

SILVEIRA, A. G., TREVESIAN, A. J., SANTINI, E. J., CARDOSO, G. V. **Levantamento de organismos xilófagos presentes em dois ambientes de apodrecimento.** I Congresso Brasileiro de Tecnologia da Madeira (CBCM), Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, 2013.

TAPPI T 264 cm-97. **Preparation of wood for chemical analysis.** Atlanta: Tappi Press, 1997.

TAPPI T-257 om- 92, **Technical Association of the Pulp and Paper Industry.** Sampling and preparing wood for analysis. Atlanta; 1992.

TAPPI T 211 om 93. **Ash In Wood, Pulp, Paper And Paperboard: Combustion at 525°C.** Atlanta, 1994.

TOMAZELLO FILHO, M. **Estrutura Anatômica da Madeira de oito espécies de eucalipto cultivadas no Brasil.** IPEF n. 29, p. 25-36, Piracicaba, SP, 1998.