

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Projeto de Pesquisa:

Anatomia ecológica do xilema secundário de espécies arbóreas do Cerrado

Alessandra Regina Aguilar Voigt
Orientador: Dr. Mário Tomasiello Filho

Piracicaba, fevereiro de 2019

Sumário

I. Título.....	1
II. Resumo	1
1. Introdução	2
1.1. Anatomia da madeira e condições ambientais.....	4
2. Justificativa	5
3. Objetivos.....	6
4. Material e métodos	7
4.1. Ecorregiões de estudo.....	7
a) Cerrado – Caatinga	7
b) Cerrado – Mata Atlântica	8
c) Cerrado – Pantanal	8
d) Cerrado – Amazônia	9
e) Cerrado – Região Central	9
4.2. Espécies potenciais	11
4.3. Coleta e preparo das amostras do lenho	13
4.3.1. Extrator motorizado	14
4.4. Coleta das amostras de solo	17
4.5. Obtenção de dados climáticos	17
4.6. Cronograma de Execução.....	18
5. Custos do Projeto	19
6. Bibliografia.....	20

I. Título

Anatomia ecológica do xilema secundário de espécies arbóreas do Cerrado.

II. Resumo

A anatomia ecológica do xilema secundário se refere ao estudo das correlações entre as preferências ecológicas e florísticas dos diversos taxa e os vários atributos anatômicos relacionados à função. Os estudos ecológicos do lenho têm demonstrado que muito da diversidade estrutural encontrada neste tecido possui uma explicação funcional e adaptativa, podendo ser diretamente relacionada ao hábito das plantas e às condições ambientais. O Cerrado brasileiro compreende ecossistemas cujas fisionomias englobam formações florestais, savânicas e campestres em uma vasta extensão territorial distribuída em 20 graus de latitude e 10 graus de longitude. A acelerada destruição e fragmentação de habitats consistem na maior ameaça à integridade deste bioma, que abriga a savana mais rica do mundo em diversidade biológica e contém três das maiores bacias hidrográficas da América do Sul. Levando-se em consideração a importância do Cerrado, do número reduzido de estudos anatômicos geograficamente abrangentes realizados com suas espécies e da necessidade de se ampliar a pesquisa em anatomia ecológica com espécies brasileiras, este trabalho propõe estudar a anatomia do xilema secundário de espécies arbóreas em sua região central e em ecorregiões de transição com outros biomas (Amazônia, Caatinga, Mata Atlântica e Pantanal). Busca-se, através deste estudo, verificar tendências ecológicas e possíveis mecanismos adaptativos relacionados à estrutura do lenho, proporcionando uma maior compreensão da dinâmica do crescimento e desenvolvimento das plantas no referido bioma.

Palavras-chave: anatomia comparada, anatomia da madeira, savana.

1. Introdução

O Cerrado brasileiro é reconhecido como a savana mais rica do mundo em diversidade biológica, compreende diversos ecossistemas e contém uma das mais ricas floras dentre as savanas mundiais, com 6.429 espécies já catalogadas (MENDONÇA *et al.* 1998). Abrange uma vasta extensão territorial, ocupando mais de 20 graus de latitude e dez graus de longitude e contém as três maiores bacias hidrográficas sul-americanas (FELFILI; SILVA JÚNIOR, 2005).

O bioma Cerrado apresenta vegetação cujas fisionomias englobam formações florestais, savânicas e campestres. Em sentido fisionômico, floresta é a área com predominância de espécies arbóreas, onde há formação de dossel contínuo ou descontínuo. As formações florestais são representadas por mata ciliar, mata de galeria, mata seca e cerradão. Savana é a área com árvores e arbustos espalhados sobre um estrato graminoso onde não há formação de dossel contínuo. As formações savânicas são representadas por (i) cerrado: denso, típico, ralo e rupestre; (ii) vereda, parque de cerrado e palmeiral. O termo “campo” designa áreas com predomínio de espécies herbáceas e algumas arbustivas, observando-se a inexistência de árvores na paisagem. As formações campestres são representadas por campo: sujo, limpo e rupestre (RIBEIRO; WALTER, 1998).

O relevo no qual se insere o bioma é, de modo geral, plano ou suavemente ondulado, estendendo-se por imensos planaltos ou chapadões. Cerca de 50% de sua área situa-se entre altitudes de 300 a 600m acima do nível do mar, sendo que apenas 5,5% da área encontra-se em altitudes superiores a 900m, não ultrapassando, em geral, os 1.100m (COUTINHO, 2013).

O Cerrado apresenta características climáticas próprias, com precipitações anuais variando de 600 a 800mm no limite com a Caatinga e de 2.000 a 2.200mm na interface com a Amazônia (REATTO; MARTINS, 2005). Com essa particularidade, existe uma grande

variabilidade de solos, bem como diferentes níveis de intemperização. A definição do clima estacional do bioma decorre da influência de dois fatores: (i) precipitação média anual entre 1.200 a 1.800mm e (ii) duração do período seco, que pode ser de cinco a seis meses. Essas características inserem o Cerrado em uma posição intermediária entre a Amazônia, com déficit hídrico inferior a três meses, e a Caatinga, com períodos de seca que duram de sete a oito meses (ADÁMOLI *et al.*, 1986; ASSAD; EVANGELISTA, 1994).

Os primeiros estudos que relacionaram as características dos solos com a vegetação do Cerrado datam da década de 1950 (ALVIM; ARAÚJO, 1952; *apud* GOODLAND; FERRI, 1979). Anteriormente a esse período, alguns trabalhos já indicavam que as características xeromórficas das plantas de cerrado não se relacionavam exclusivamente com a disponibilidade hídrica (RAWITSCHER; FERRI, 1942 *apud* GOODLAND e FERRI, 1979). Verificou-se, em estudos subsequentes, que plantas de cerrado apresentavam padrões de transpiração claramente distintos dos observados em plantas de vegetação xerofítica, como no caso da Caatinga no semiárido brasileiro (FERRI; LABORIAU, 1952; FERRI, 1953a e 1953b; *apud* GOODLAND; FERRI, 1979). Em relação às plantas do Cerrado, as plantas da Caatinga apresentavam índices de transpiração inferiores, com períodos reduzidos de abertura dos estômatos e rápido controle de resposta dos mesmos após estímulo ambiental. Essas observações foram sintetizadas e originaram a teoria de que os aspectos xeromórficos das plantas do Cerrado deviam-se a uma superprodução de esclerênquima, por sua vez decorrente da ausência dos nutrientes minerais essenciais ao crescimento, cujo processo foi denominado “escleromorfismo oligotrófico” (ARENS; FERRI; COUTINHO, 1958; ARENS, 1963; *apud* GOODLAND; FERRI, 1979).

1.1. Anatomia da madeira e condições ambientais

As relações entre a estrutura da madeira e as características climáticas têm sido amplamente estudadas, sendo Baas (1973) e Carlquist (1975) os pioneiros nesta abordagem. Trabalhos posteriores, desenvolvidos em espécies tanto de regiões temperadas quanto tropicais, constataram que as variações ambientais se refletem na estrutura do lenho (BAAS; WERKER; FAHN, 1983; BAAS; CARLQUIST, 1985; CARLQUIST; HOEKMAN, 1985; BARAJAS-MORALES, 1985; GÓMEZ E MUÑIZ, 1986; BAAS; SCHWEINGRUBER, 1987).

Dentro da estrutura do lenho, os vários elementos celulares podem sofrer influência do ambiente e apresentar variações. Neste contexto, pode-se citar (i) Carlquist (1977); Baas, Werker e Fahn (1983); Barajas-Morales (1985); Marcati, Angyalossy-Alfonso e Benetati (2001); e Luchi (2004), que demonstram variações relacionadas ao diâmetro, comprimento e frequência de vasos; (ii) Villagra e Roig Juñent (1997) com relação à distribuição e arranjo do parênquima axial; (iii) Barajas-Morales (1985); Ceccantini (1996); Luchi (2004) com relação ao comprimento e espessura da parede das fibras; (iv) Den Outer e Van Veenendaal (1976); Luchi (2004); Luchi, Silva e Moraes (2005) com relação à altura e à largura dos raios, ou ainda, com relação à presença de camadas de crescimento (Luchi, 2004).

Algumas tendências ecológicas foram estabelecidas quanto aos tipos celulares que compõem o xilema secundário, principalmente em relação aos elementos de vaso, cujos aspectos são os mais estudados e apresentam maior variação ambiental. No geral, indivíduos de áreas mais secas possuem elementos de vaso de menor diâmetro (BAAS; WERKER; FAHN, 1983; BAAS; CARLQUIST, 1985; LUCHI, 2004) e em maior frequência, como forma de garantir o fluxo hídrico (BAAS; WERKER; FAHN, 1983; BAAS; CARLQUIST, 1985; BARAJAS-MORALES, 1985; ALVES; ANGYALOSSY-ALFONSO, 2000).

Com relação ao parênquima axial, trabalhos relacionam uma maior abundância em ambientes mais secos (ALVES; ANGYALOSSY-ALFONSO, 2002; LUCHI; SILVA; MORAES, 2005). A largura dos raios não demonstrou possuir uma correlação direta com a latitude (BAAS, 1973), bem como com outros parâmetros ambientais (ALVES; ANGYALOSSY-ALFONSO, 2002). Observa-se que fibras com paredes mais finas são mais frequentes em ambientes úmidos, enquanto fibras com paredes mais espessas são encontradas em ambientes mais secos (ALVES; ANGYALOSSY-ALFONSO, 2002; LUCHI, 2004; LUCHI; SILVA; MORAES, 2005). Barajas-Morales (1985) encontrou fibras mais curtas em plantas de ambiente mais xérico, reforçando o afirmado por Chalk (1989) de que as fibras de espécies de ambientes xéricos tendem a ser mais curtas do que as de ambientes méxicos.

A existência de camadas de crescimento é relatada para espécies tropicais em clima sazonal com períodos de seca bem definidos (BAAS, 1973). Worbes (1995) confirma que espécies de regiões tropicais apresentam camadas de crescimento distintas em locais com flutuações na disponibilidade hídrica. Vários estudos demonstram uma estreita relação entre estresse hídrico, fenologia e atividade cambial (BOTOSSO; TOMAZELLO FILHO, 2001; LISI *et al.*, 2008). A presença de anéis de crescimento em 48% das espécies estudadas por Alves e Angyalossy-Alfonso (2000) revela que as madeiras de muitas espécies tropicais possuem anéis de crescimento anatomicamente bem demarcados.

2. Justificativa

A proposição desta pesquisa fundamenta-se na importância da realização de estudos anatômicos geograficamente abrangentes que tenham como objetivo analisar as variações existentes na estrutura anatômica do xilema secundário em espécies do Cerrado e, com isso, contribuir para uma maior compreensão da dinâmica do crescimento e do desenvolvimento

das espécies neste bioma. Para tal, serão utilizadas árvores procedentes de diferentes ecorregiões geográficas e fitofisionomias, verificando-se a presença de tendências ecológicas e possíveis mecanismos adaptativos relacionados à estrutura do lenho - com destaque ao transporte hídrico - fornecendo ainda subsídios para a correta identificação das espécies. Os resultados obtidos também poderão auxiliar nas previsões relativas à sobrevivência e distribuição das espécies em cenários prováveis de alterações climáticas e ambientais, sendo de grande importância no contexto atual de mudanças no uso e ocupação da terra e crescente expansão das fronteiras agrícolas, particularmente neste bioma. Estabelece-se como público-alvo pesquisadores de diversas áreas do conhecimento, bem como gestores e formuladores de políticas públicas voltadas à conservação ambiental, ao uso racional dos recursos naturais e à mitigação dos impactos decorrentes da utilização destes recursos.

3. Objetivos

Objetivo geral

Verificar a influência das condições ambientais na estrutura anatômica do xilema secundário e avaliar possíveis tendências ecológicas no lenho de espécies presentes na região central do bioma Cerrado, bem como em áreas limítrofes com os biomas da Amazônia, Caatinga, Mata Atlântica e Pantanal.

Objetivos específicos

1. Descrever macro e microscopicamente a estrutura anatômica do xilema secundário das espécies selecionadas nas áreas de estudo;
2. Analisar a presença de marcadores periódicos do crescimento do xilema secundário (camadas de crescimento) e descrevê-los anatomicamente quando presentes.

3. Comparar qualitativa e quantitativamente a estrutura anatômica do xilema secundário das espécies dentro e entre áreas de estudo;

4. Relacionar as diferenças anatômicas do xilema secundário com as variações ambientais e localização geográfica;

5. Verificar a presença tendências ecológicas dentro e entre áreas de estudo;

6. Identificar e reconhecer possíveis mecanismos adaptativos das espécies relacionados à estrutura do xilema secundário.

4. Material e métodos

As áreas de estudo potenciais foram selecionadas de modo a abranger locais representativos do bioma Cerrado em sua região central de ocorrência e em ecorregiões de contato com outros biomas brasileiros. As regiões selecionadas encontram-se brevemente descritas no item 4.1. e ilustradas na figura 1.

4.1. Ecorregiões de estudo

a) Cerrado – Caatinga

Para esta área de transição foi selecionada a ecorregião do Alto Parnaíba, que abrange os estados do Maranhão e Piauí e ocupa 9,18% do Cerrado. As altitudes variam de 200m a 600m, com tipos de solos associados às posições topomorfológicas, ocorrendo desde Latossolos Vermelho-Amarelo, Neossolos Quartzarênicos e Litólicos, bem como solos concrecionários (ARRUDA *et al.*, 2008). Nesta região estão programadas coletas nas seguintes Unidades de Conservação: Parque Nacional Nascentes do Rio Parnaíba (MA - ICMBio) e Parque Estadual do Mirador (MA - SEMA).

b) Cerrado – Mata Atlântica

Para representar esta localidade selecionou-se a ecorregião Paranapanema Grande, abrangendo os estados de Minas Gerais, São Paulo e Paraná e ocupando 7,14% do bioma. As altitudes variam de 400m a 1000m, com solos predominantes do tipo Latossolo (Vermelho e Vermelho-Amarelo) e, em menor escala, Neossolos Quartzarênicos (ARRUDA *et al.*, 2008). Nesta região pretende-se realizar coletas no Parque Estadual (P.E.) do Cerrado (PR - IAP), Parque Estadual Furnas do Bom Jesus (SP – IFSP), Parque Estadual da Vassununga (SP – IFSP), Estação Ecológica de Assis (SP – IFSP).

Já foram realizadas coletas em propriedade particular no município de Itirapina-SP, localidade em que se encontra instalado experimento de acompanhamento da fenologia e incremento do tronco com o uso de dendrômetros, parte integrante e complementar do presente projeto de pesquisa.

c) Cerrado – Pantanal

Nesta área de transição selecionou-se a ecorregião Paraná Guimarães, distribuída pelos estados de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás, representando 18,87% do bioma. As altitudes variam de 300m na calha do Rio Paraná a 1000m nas bordas do planalto. A variabilidade de solos é muito grande, predominando os tipos com horizonte B latossólico, tais como Latossolo Vermelho e Vermelho-Amarelo nas regiões de relevo mais suave e afloramento de rochas basálticas. Há também solos menos profundos ou pouco desenvolvidos associados às condições de relevos mais acidentados ou em áreas de afloramentos rochosos de termos fortemente arenosos (ARRUDA *et al.*, 2008). Nesta região estão programadas

coletas nas seguintes Unidades de Conservação: Parque Nacional (P.N.) Chapada dos Guimarães (MT – ICMBio) e Parque Nacional Pantanal Matogrossense (MT – ICMBio).

d) Cerrado – Amazônia

Para representar esta localidade selecionou-se a ecorregião Parecis, presente nos estados de Mato Grosso e Rondônia e correspondente a 7,60% do Cerrado. Esta região configura-se como uma unidade contínua alongada no sentido leste/oeste, atingindo altitudes de até 800m. Os solos variam conforme a litologia, ocorrendo Latossolos Vermelhos com textura argilo-arenosa, Neossolos Quartzarênicos e Argissolos. Abriga a Estação Ecológica de Iquê, bem como um Território Indígena, que perfaz 25% de sua área total (ARRUDA *et al.*, 2008).

e) Cerrado – Região Central

Na área de distribuição central selecionou-se a ecorregião do Planalto Central Goiano, que corresponde a 7,84% do bioma. A variação topográfica é bastante intensa, atingindo altitudes de 350m nas calhas dos principais rios e alcançando altitudes de 1200m no compartimento denominado Planalto do Distrito Federal. Devido à variabilidade de relevos e materiais rochosos, há uma grande variedade de solos, predominando os tipos latossólicos (Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos), com presença de Cambissolos e Neossolos Litólicos (ARRUDA *et al.*, 2008). Nesta região estão programadas coletas no Parque Nacional de Brasília (DF – ICMBio).

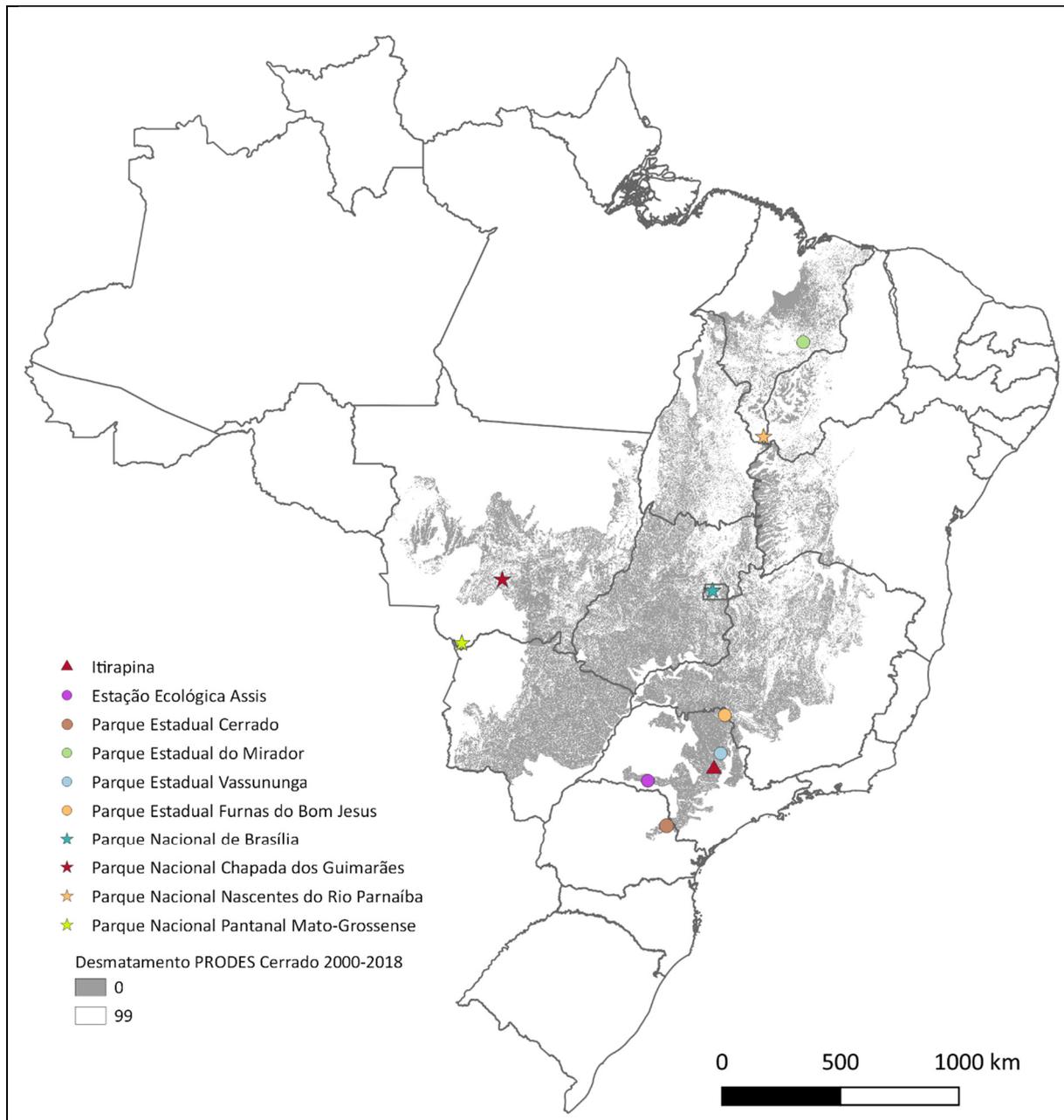


Figura 1. Localização das áreas de estudo e desmatamento no bioma Cerrado (PRODES Cerrado, 2000-2018). **Fonte:** <http://www.obt.inpe.br/cerrado/downloads.html>.

4.2. Espécies potenciais

Elaborou-se uma lista de espécies arbóreas potenciais para o estudo (Tabela 1), segundo os critérios:

- a) Ocorrência no bioma Cerrado;
- b) Espécies características do bioma, presentes em todas as ecorregiões de estudo (ALMEIDA *et al.*, 1998).

A intensidade amostral para estudos desta natureza é estabelecida em 6 a 10 árvores por espécie em cada área de estudo. Para que sejam amostrados representantes de pelo menos 4 tipos funcionais principais (definidos em função da fenologia foliar e densidade da madeira), pretende-se selecionar 4 espécies dentre as elencadas na lista preliminar, coletando-se entre 24 a 40 árvores em cada localidade. A tabela 2 apresenta a lista das espécies com informações resumidas sobre suas características de interesse.

Por se tratar de uma amostragem fundamentada na abrangência do bioma e tendo-se em vista que as espécies apresentam desenvolvimento e morfologia diferenciados em cada localidade, serão coletadas apenas espécies que possuam árvores com dimensões mínimas (diâmetro mínimo do tronco entre 12 e 15cm) e forma adequada (presença de região do tronco com pouca tortuosidade).

Devido à natureza comparativa do estudo, do custo elevado de se realizar uma amostragem abrangente, da falta de garantias em encontrar a mesma espécie em todas as áreas experimentais - ou ainda de que suas árvores possuirão características necessárias à coleta - não é possível afirmar com precisão quantas espécies presentes na lista serão efetivamente coletadas em cada localidade. Prevê-se que em condições extremamente favoráveis será possível encontrar ao menos 6 espécies para representar minimamente os

principais tipos funcionais, mas sabe-se que esse número poderá ser maior ou menor de acordo com a localidade.

Tabela 1. Lista preliminar de espécies potenciais e suas respectivas ecorregiões e estados de ocorrência (ALMEIDA *et al.*, 1998).

Família	Espécie	Alto Parnaíba		Paraná-Guimarães			Paranapanema-Grande			Parecis		Planalto Central		
		MA	PI	MS	MT	GO	MG	SP	PR	MT	RO	GO	DF	TO
Anacardiaceae	<i>Astronium fraxinifolium</i>	x	x	x	x	x	x	x		x		x	x	x
	<i>Myracrodruon urundeuva</i>	x	x	x	x	x	x	x		x		x	x	x
	<i>Tapirira guianensis</i>	x		x	x	x	x	x		x		x	x	x
Bignoniaceae	<i>Tabebuia aurea</i>	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x
Bombacaceae	<i>Pseudobombax longiflorum</i>	x		x	x	x	x	x		x		x	x	x
Caryocaraceae	<i>Caryocar brasiliense</i>	x	x	x	x	x	x	x		x		x	x	x
Fabaceae	<i>Amburana cearensis</i>	x	x	x	x	x	x	x		x		x		x
	<i>Bowdichia virgilioides</i>		x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x
	<i>Copaifera langsdorffii</i>	x		x	x	x	x	x	x	x		x	x	x
	<i>Dalbergia miscolobium</i>	x		x	x	x	x	x		x		x	x	
	<i>Dipteryx alata</i>	x		x	x	x	x	x		x		x	x	
	<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	x	x	x	x	x	x	x		x		x	x	x
	<i>Machaerium acutifolium</i>		x	x	x	x	x	x		x		x	x	x
	<i>Platypodium elegans</i>	x	x	x	x	x	x			x		x	x	
	<i>Pterodon emarginatus</i>	x	x	x	x	x	x	x		x		x	x	x
	<i>Tachigali vulgaris</i>	x	x	x	x	x	x			x		x	x	x
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Vochysiaceae	<i>Qualea grandiflora</i>	x	x	x	x	x	x	x		x		x	x	x
	<i>Salvertia convallariodora</i>	x	x	x	x		x	x	x	x			x	x

Tabela 2. Espécies potenciais e resumo das características consideradas na seleção.

Família	Espécie	Nome comum	Tipo funcional ¹		Categoria de ameaça (Reflora) ²
			Fen foliar ^A	Dens madeira ^B	
Anacardiaceae	<i>Astronium fraxinifolium</i>	gonçalo-alves, aroeira-d'água	D	hard	LC
	<i>Myracrodruon urundeuva</i>	Aroeira	D	hard	LC
	<i>Tapirira guianensis</i>	pau-pombo	SV	soft	NE
Bignoniaceae	<i>Tabebuia aurea</i>	ipê-amarelo, caraíba	D	soft	NE
Bombacaceae	<i>Pseudobombax longiflorum</i>	imbiuruçu, paineira	D	light	NE
Caryocaraceae	<i>Caryocar brasiliense</i>	Pequi	BDC	hard	LC
Fabaceae	<i>Amburana cearensis</i>	amburana-de-cheiro, cerejeira, cumaru	D	soft	NT
	<i>Bowdichia virgilioides</i>	sucupira, angelim-amargoso	D	hard	NT
	<i>Copaifera langsdorffii</i>	copaíba, bálsamo	SV	soft	NE
	<i>Dalbergia miscolobium</i>	caviúna, jacarandá-do-cerrado	SV	hard	NE
	<i>Dipteryx alata</i>	baru, castanha-de-ferro	SV	hard	LC
	<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	Jatobá	BDC	hard	NE
	<i>Machaerium acutifolium</i>	jacarandá-do-campo	SD	hard	NE
	<i>Platypodium elegans</i>	amendoim-do-campo	SD	soft	NE
	<i>Pterodon emarginatus</i>	faveira, sucupira	D	soft	NE
	<i>Tachigali vulgaris</i>	(Ex. <i>Sclerolobium paniculatum</i>) carvoeiro, taxi branco	SV	soft	NE
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i>	cedro, cedro-rosa	Ninf	light/soft	VU
Vochysiaceae	<i>Qualea grandiflora</i>	pau-terra, pau-terra-grande	D	hard	NE
	<i>Salvertia convallariodora</i>	bananeira-do-campo, folha-larga	D	soft	NE

¹ **Tipo funcional:** definido em função da combinação das variáveis (a) Fenologia foliar e (b) Densidade da madeira.

^A **Fenologia foliar:** (D) Decídua; (SD) Semidecídua; (SV) Sempre-verde.

^B **Densidade da madeira:** (hard) alta densidade => 0,8g/cm³; (soft) média densidade = 0,5 a 0,8g/cm³; (light) baixa densidade =< 0,5g/cm³.

² **Categoria de ameaça** (consulta Reflora julho/2018): (NE) não avaliada; (LC) pouco preocupante; (NT) quase ameaçada; (VU) vulnerável.

4.3. Coleta e preparo das amostras do lenho

Para o estudo anatômico do lenho das espécies selecionadas será utilizado o método de coleta não destrutivo através do uso extrator motorizado, como detalhado no item 4.3.1. As caracterizações macro e microscópicas do lenho, bem como as análises qualitativas e quantitativas, serão realizadas segundo métodos e critérios estabelecidos pelo IAWA - "List of Microscopic Feature for Hardwood Identification" (IAWA-Committee, 1989) e IBAMA –

“Normas e Procedimentos em Estudos da Anatomia da Madeira” (IBAMA, 1992). O material coletado será encaminhado e depositado no Laboratório de Anatomia e Identificação de Madeiras do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP.

A opção pelo método não destrutivo fundamenta-se em aspectos como (i) redução dos danos ambientais, uma vez que não implica no abate da árvore; (ii) promoção de danos mecânicos reduzidos, avaliando-se sempre a capacidade de recuperação da árvore em função do seu porte e diâmetro do tronco; (iii) recuperação da árvore em tempo reduzido, tendo-se constatado uma rápida cicatrização em estudos anteriormente realizados; e (iv) obtenção de amostras de boa qualidade inclusive em espécies que apresentam madeira de maior densidade, podendo ser utilizadas tanto para estudos anatômicos quanto para estudos dendrocronológicos.

4.3.1. Extrator motorizado

O extrator motorizado é composto por um mandril, acoplado na sua extremidade uma sonda metálica com estrias em espiral de 15 x 2,5 cm (comprimento x diâmetro). Com a rotação do motor a sonda é introduzida no tronco da árvore, obtendo-se uma amostra cilíndrica de 10 x 2,0 cm (comprimento x diâmetro). O extrator metálico é retirado do tronco, com a amostra do lenho permanecendo presa à árvore, sendo cortada com uma pequena lâmina presa à extremidade de uma haste metálica. O procedimento de coleta encontra-se ilustrado na figura 2.

Deve-se ressaltar que os danos ocasionados às árvores pela coleta de amostras através de métodos não-destrutivos são localizados e pouco significativos, uma vez tomados os devidos cuidados após a extração (preenchimento e vedação adequada do orifício). Outro aspecto positivo consiste na rápida cicatrização do tronco em um intervalo de tempo reduzido,

quando comparado aos danos causados por métodos mais agressivos (extração de cunha com motosserra).

Os orifícios deixados pela coleta são preenchidos com pedaços de madeira de mesmo diâmetro tratados com substâncias preservantes atóxicas para a árvore (tinta antifúngica) e vedados com cera de abelha ou massa de vidraceiro, conferindo resistência à madeira e dificultando o acesso de microorganismos e insetos xilófagos.

Ressalta-se que serão selecionadas apenas árvores com diâmetro mínimo de 12-15cm (dependendo da espessura da casca) e coletado apenas 1 raio por árvore (região casca – medula). Na sequência será apresentada figura ilustrativa do procedimento de coleta (Figura 2).

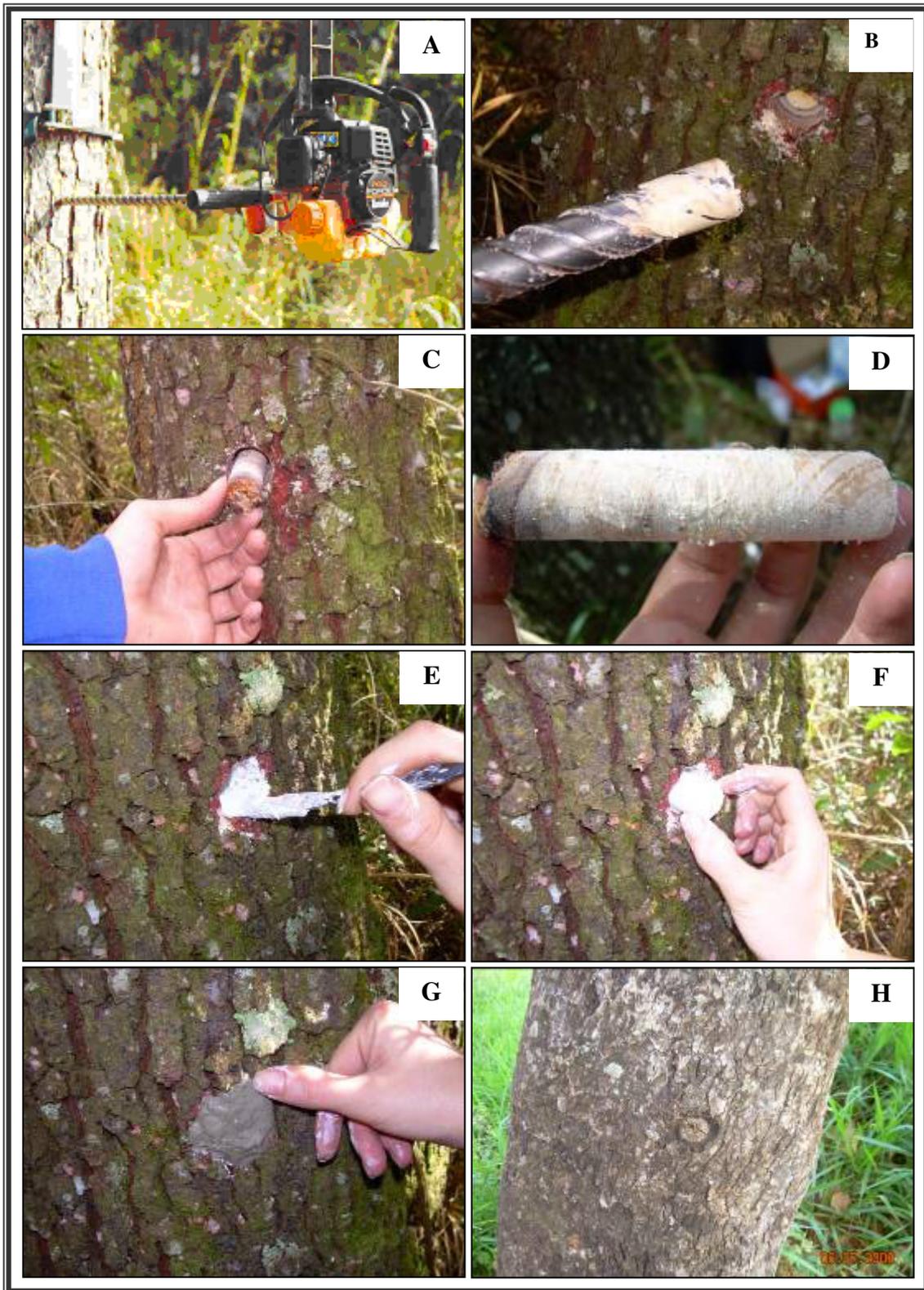


Figura 2. Procedimento de coleta de amostras do lenho. (A) Extrator motorizado – na foto preso à árvore e com sonda de maior comprimento para facilitar a visualização do equipamento; (B) Detalhe da sonda e da amostra presa à árvore; (C) Retirada da amostra; (D) Detalhe da amostra obtida; (E) Tratamento do orifício com tinta antifúngica; (F) Preenchimento do orifício com madeira tratada; (G) Vedação com massa de vidraceiro; (H) Cicatrização observada 1 ano após a coleta em árvore de *Caryocar brasiliense* em área de cerrado no município de Formosa-GO.

4.4. Coleta das amostras de solo

Amostras de solo serão coletadas em todas as áreas para verificar a existência de correlações entre a estrutura anatômica do xilema secundário e as condições ambientais nas quais as árvores se desenvolvem (ex. química e fertilidade do solo). Sempre que possível, serão coletadas amostras em quatro profundidades, a saber: 0-5cm, 5-25cm, 40-60cm e 80-100cm. Em áreas inferiores a 10ha, com baixa variabilidade quanto ao tipo de solo e relevo, serão coletadas 10 amostras simples que serão devidamente homogeneizadas, possibilitando a extração de 1 amostra composta representativa de cada profundidade e em cada região. O material coletado será devidamente acondicionado em sacos plásticos identificados e encaminhado ao laboratório designado para a realização das análises química e física dos solos.

4.5. Obtenção de dados climáticos

A caracterização climática dos locais de estudo será baseada em dados secundários, obtidos através de consultas a bases de dados preexistentes, tais como os elaborados por Rolim, Sentelhas e Barbieri (2014). Por abranger áreas distantes entre si e por não se tratar de um trabalho de acompanhamento periódico, serão realizadas apenas visitas pontuais aos locais de estudo, fato que inviabilizará a coleta de dados primários. Entretanto, a caracterização baseada em dados secundários possibilitará a obtenção de séries temporais mais longas e significativas, representando de forma mais confiável os ambientes estudados.

4.6. Cronograma de Execução

O plano de trabalho geral do projeto, com seus respectivos períodos de execução, encontra-se exposto nas tabelas 3 a 5. A tabela 6 contém o cronograma das atividades diárias que serão realizadas no P.E. do Cerrado.

Tabela 3. Planejamento mensal das atividades referente ao primeiro ano de execução do trabalho.

Descrição das atividades	Meses (Ano 1)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Coleta das amostras	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Preparo das amostras para descrição da estrutura anatômica macroscópica e microscópica da madeira.		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Determinação da estrutura anatômica e mensuração dos elementos.		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Análise química dos solos		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Tabela 4. Planejamento mensal das atividades referente ao segundo ano de execução do trabalho.

Descrição das atividades	Meses (Ano 2)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Preparo das amostras para descrição da estrutura anatômica macroscópica e microscópica da madeira.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Determinação da estrutura anatômica e mensuração dos elementos.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Análise resultados.											x	x

Tabela 5. Planejamento mensal das atividades referente ao terceiro ano de execução do trabalho.

Descrição das atividades	Meses (Ano 3)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Preparo das amostras para descrição da estrutura anatômica macroscópica e microscópica da madeira.	x	x	x	x	x							
Determinação da estrutura anatômica e mensuração dos elementos.	x	x	x	x	x							

Tabela 6. Planejamento diário das atividades a serem executadas no P.E do Cerrado.

Descrição das atividades	Dias									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Reconhecimento da área e seleção das espécies	x	x								
Demarcação das árvores com DAP \geq 12cm			x	x						
Coleta das amostras do lenho das árvores demarcadas					x	x	x	x	x	x

5. Custos do Projeto

A estimativa dos custos referentes à etapa que será executada no P.E. Cerrado encontra-se indicada na tabela 7. Os valores referentes às viagens de deslocamento encontram-se detalhados nas tabelas 8 e 9.

Tabela 7. Custos estimados para o trabalho a ser executado no P.E. Cerrado.

Tipo	Descrição	Valor	Quantidade	Total (R\$)
		Unitário (R\$)		
Deslocamento	Combustível	138,73	2	277,46
Trecho Piracicaba \rightleftharpoons Jaguariaíva	Pedágio	46,20	2	92,40
Apoio e alimentação	Alimentação própria (dia)	40,00	10	400,00
	Alimentação auxiliar de campo (dia)	50,00	10	500,00
	Diária auxiliar de campo	90,00	10	900,00
Insumos	Combustível (extrator motorizado) (L)	4,30	7	30,10
	Óleo 2T (extrator motorizado) (L)	35,80	0,3	10,74
	Tinta antifúngica (L)	38,80	0,6	23,28
	Massa vidraceiro (kg)	18,00	0,5	9,00
Total				2.242,98

Tabela 8. Custo estimado com combustível (por trecho e total) para o deslocamento de Piracicaba (SP) à Jaguariaíva (PR).

A. Combustível	
Distância (km)	378,0
Rendimento (km/L)	10,0
Valor combustível (R\$/L)	4,00
Custo trecho (R\$)	138,73
Custo viagem (R\$)	277,46

Tabela 9. Custo estimado com pedágio (por trecho e total) para o deslocamento de Piracicaba (SP) à Jaguariaíva (PR).

B. Pedágio	R\$
Praça 1 (SP 127, km58)	9,60
Praça 2 (SP 127, km133)	10,50
Praça 3 (SP 127, km192)	9,40
Praça 4 (SP 258, km250)	10,20
Praça 5 (SP 258, km326)	6,50
Custo trecho	46,20
Total	92,40

6. Bibliografia

ADÂMOLI, J. *et al.* Caracterização da região dos cerrados. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Solos dos cerrados**: tecnologias e estratégias de manejo. São Paulo: Nobel, 1986.

ALMEIDA, S.P. *et al.* **Cerrado**: espécies vegetais úteis. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998.

ALVES, E. S.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V. Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species. 1. Growth rings and vessels. **IAWA Journal**, Leiden, v. 20, n. 1, p. 3-30, 2000.

ALVES, E. S.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V. Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species. 2. Axial parenchyma, rays and fibres. **IAWA Journal**, Leiden, v. 23, n. 4, p. 391–418, 2002.

ARRUDA *et al.* Ecorregiões, Unidades de Conservação e Representatividade Ecológica do Bioma Cerrado. In: SANO, S.; ALMEIDA, S.; RIBEIRO, J.F. (Ed.). **Cerrado: Ecologia e Flora**. Brasília, DF: EMBRAPA Cerrados. p. 229-272. 2008.

ASSAD, E.D.; EVANGELISTA, B.A. Análise freqüencial da precipitação pluviométrica. In: ASSAD, E.D. (Coord.). **Chuvas nos cerrados**: análise e espacialização. Brasília: EMBRAPA-CPAC, 1994. p.25-42.

AYRES, M.; AYRES JR., M. **Manual BioEstat**: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas. Belém, 2007. 380p.

BAAS, P. The wood anatomical range in *Ilex* (Aquifoliaceae) and its ecological and phylogenetic significance. **Blumea**, Leiden, v. 21, p. 193-258, 1973.

BAAS, P.; CARLQUIST, S. A comparison of the ecological wood anatomy of the floras of Southern California and Israel. **IAWA Bulletin New Series**, Utrecht, v. 6, n. 4, p. 141-159, 1985.

BAAS, P.; SCHWEINGRUBER, F.H. Ecological trends in the wood anatomy of trees, shrubs and climbers from Europe. **IAWA Bulletin New Series**, Utrecht, v.8, p.245-274, 1987.

BAAS, P.; WERKER, E.E.; FAHN, A. Some ecological trends in vessel characters. **IAWA Bulletin New Series**, Utrecht, v. 4, p. 141-159, 1983.

BARAJAS-MORALES, J. Wood structural differences between trees of two tropical forests in Mexico. **IAWA Bulletin New Series**, Utrecht, v.6, n.4, p.355-364, 1985.

BOTOSSO, P.C.; TOMAZELLO, FILHO, M. Aplicação de faixas dendrométricas na dendrocronologia: avaliação da taxa e do ritmo de crescimento do tronco de árvores tropicais e subtropicais. In: MAIA, N.B.; MARTOS, H.L.; BARRELA, W. **Indicadores ambientais: Conceitos e aplicações**. São Paulo: EDUC, 2001. p.145-171.

CARLQUIST, S. **Ecological strategies in xylem evolution**. Berkeley: University of California Press, 1975.

CARLQUIST, S. Ecological factors in wood evolution: a floristic approach. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 64, n. 7, p. 887–896, 1977.

CARLQUIST, S.; HOEKMAN, D.A. Ecological wood anatomy of woody Southern Californian flora. **IAWA Bulletin New Series**, Utrecht, v.6, n. 4, p.319-347, 1985.

CECCANTINI, G.C.T. **Anatomia ecológica do lenho de espécies de cerrado e mata: *Casearia sylvestris* Sw. e *Machaerium villosum* Vog.** 117f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

CHALK, L. The effect of ecology conditions on wood anatomy. In: METCALFE, C.R.; CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons**. Oxford: Oxford Science, 1989. v 2: Wood structural and conclusion of the general introduction. p. 126-152.

CORADIN, V.T.R. **Formação de anéis de crescimento e sazonalidade da atividade cambial de dez espécies lenhosas do cerrado**. 125f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2000.

COUTINHO, L.M. [**Cerrado**]. Disponível em <<http://eco.ib.usp.br/cerrado/>> Acesso em 20/10/2013.

DEN OUTER, R. W.; VAN VEENENDAAL, W. L. H. Variation in wood anatomy of species with a distribution covering both rain forest and savanna areas of the Ivory Coast, West-Africa. In: BAAS, P.; BOLTON, A. J.; CATLING, D. M. (Ed.) **Wood structure in biological and technological research**. Leiden: Leiden University Press, 1976.

FELFILI, J.M.; SILVA JÚNIOR, M.C. Diversidade alfa e beta no cerrado sensu strictu, Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais e Bahia. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J.C.; FELFILI, J.M. (Org.) **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. cap. 07, p.141-154.

GOMEZ, A.V.; MUÑIZ, G.I.B. Wood structure and ultrastructure of *Prosopis caldenia*, *P. chilensis* and *P. juliflora* and influence of ecological factors. In: FAO International Conference on *Prosopis*, 2nd, 1986, Recife. **Annals...** Recife, 1986, p.195-216.

GOODLAND, R.; FERRI, M.G. **Ecologia do cerrado**. Belo Horizonte: Itatiaia/EDUSP, 1979.

IAWA COMMITTEE. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin New Series**, Utrecht, v. 10, n 3, p. 219-332, 1989.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. **LPF – Série técnica n. 15**: Normas de procedimentos em estudos de anatomia da madeira: I Angiospermae. II Gimnospermae. Brasília: Diretoria de incentivo à pesquisa e divulgação/Laboratório de Produtos Florestais, 1991.

LISI, C.S. *et al.* Tree-ring formation, radial increment periodicity, and phenology of tree species from a seasonal semi-deciduous forest in southeast Brazil. **IAWA Journal**, Leiden, v. 29, n. 2, p. 189-207, 2008.

LUCHI, A.E. Anatomia do lenho de *Croton urucurana* Baill. (Euphorbiaceae) de solos com diferentes níveis de umidade. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 27, n.2, p.271-280, abr.-jun. 2004.

LUCHI, A.E.; SILVA, L.C.P.; MORAES, M.A. Anatomia comparada do lenho de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. em áreas de cerrado e de plantação de *Pinus elliottii* Engelm. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.28, n.4, p. 809-820, out.-dez., 2005.

MACHADO, S.R. *et al.* Structural variations in root and stemwood of *Styrax* (Styracaceae) from Brazilian forest and cerrado. **IAWA Journal**, Leiden, v. 28, n.2, p. 173-188, 2007.

MARCATI, C.R.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V.; BENETATI, L. Anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinioideae) de floresta e cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 311–320, 2001.

MARCATI, C.R.; OLIVEIRA, J.S.; MACHADO, S.R. Growth rings in cerrado Woody species: occurrence and anatomical markers. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 6, n. 3. 2006.

MENDONÇA, R. *et al.* Flora vascular do cerrado. In: SANO, S.; ALMEIDA, S. (Ed.). Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: EMBRAPA-CPAC. 1998. p. 287-556.

MINA-RODRIGUES, E.M.C. **Estudo morfo-anatômico dos órgãos vegetativos de *Pera glabrata* Baill. (Euphorbiaceae), em material procedente de mata mesófila semidecídua e de cerrado**. 103f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1986.

PEREIRA, B.A.S. **Estudo morfo-anatômico da madeira, casca e folha de duas variedades vicariantes de *Sclerolobium paniculatum* de mata e cerrado**. 209f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

REATTO, A.; MARTINS, E.S. Classes de solo em relação aos controles da paisagem do bioma Cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J.C.; FELFILI, J.M. (Org.) **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. cap.01, p. 47-60.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Sano, S.M.; Almeida, S.P. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. p. 89-152.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. **Planilhas em ambiente Excel: Normais Climatológicas**. Disponível em < <http://www.lce.esalq.usp.br/sentelhas.html>> Acesso em 20/10/2013.

VILLAGRA, P.E.; ROIG JUÑENT, F.A. Wood structure of *Prosopis alpataco* and *P.argentina* growing under different edaphic conditions. **IAWA Journal**, Leiden, v.18, n.1, p. 37-51, 1997.

WORBES, M. How to measure growth dynamics in tropical trees: a review. **IAWA Journal**, Leiden, v. 16, n. 4, p. 337–351, 1995.

WORLD WILDLIFE FUND - WWF BRASIL. [Cerrado]. Disponível em < http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/biomas/bioma_cerrado/ /.> Acesso em 29/01/2014.