



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Departamento de Botânica

Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal



Aryane Évelyn Barbosa Nunes

ANATOMIA DA MADEIRA E DENDROCRONOLOGIA DE *Pterodon emarginatus*
Vogel (FABACEAE) NA SERRA DO CIPÓ, MG-BRASIL

Belo Horizonte

2019

Fernando Henrique Aguiar Vale

**ANATOMIA DA MADEIRA E DENDROCRONOLOGIA DE *Pterodon emarginatus*
Vogel (FABACEAE) NA SERRA DO CIPÓ, MG-BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biológica Vegetal do Departamento de Botânica do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal.

Área de concentração: Morfologia Vegetal

Orientador: Prof. Dr. Fernando Henrique Aguiar Vale

Belo Horizonte

2019

043 Nunes, Aryane Évelyn Barbosa.
Anatomia da madeira e dendrocronologia de *Pterodon emarginatus* Vogel
(Fabaceae) na Serra do Cipó, MG-Brasil [manuscrito] / Aryane Évelyn Barbosa
Nunes. - 2019.
61 f. : il. ; 29,5 cm.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Henrique Aguiar Vale.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de
Ciências Biológicas. Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal.

1. Morfologia Vegetal. 2. Sucupira branca - Anatomia. I. Vale, Fernando
Henrique Aguiar. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de
Ciências Biológicas. III. Título.

CDU: 581



UFMG

Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO - Mestrado
(Defesa MS nº 176)

Aryane Evelyn Barbosa Nunes

Data: 29/07/2019

Entrada: 2017/2

Mat.: 2017716132

CPF: 07889842686

As 9 horas do dia 29 de julho de dois mil e dezenove, reuniu-se na Universidade Federal de Minas Gerais, a Comissão Examinadora de Dissertação indicada pelo Colegiado do Programa para julgar, em exame final, o trabalho intitulado **"Anatomia da madeira de Pterodon emarginatus (Fabaceae) como ferramenta para estudos dendrocronológicos na Serra do Cipó- MG"**, requisito final para obtenção do grau de Mestre em Biologia Vegetal, área de concentração em **Morfologia, Sistemática e Diversidade Vegetal**, pela aluna **Aryane Evelyn Barbosa Nunes**. Aberto a sessão, o Presidente da Comissão, professor Fernando Henrique Aguiar Vale, após dar conhecimento aos presentes do teor das Normas regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra à candidata para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa da candidata. Logo após, a comissão reuniu-se, sem a presença da candidata e do público, para julgamento e expedição do resultado final. Foram atribuídas as seguintes indicações:

Membro da Comissão Examinadora	Instituição	Resultado
Dr. Fernando Henrique Aguiar Vale (orientador)	UFMG	APROVADA
Dr. Marcel Giovanni Costa França	UFMG	APROVADA
Dra. Claudia França Barros	Jardim Botânico do Rio de Janeiro	APROVADA

Peças indicações, a candidata foi considerada: APROVADA

O resultado final foi comunicado publicamente à candidata pelo Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar, o Presidente encerrou a reunião, e lavrou-se presente esta, que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora.

Belo Horizonte, 29 de julho de 2019.

Dr. Fernando Henrique Aguiar Vale	<i>Fernando Vale</i>
Dr. Marcel Giovanni Costa França	<i>Marcel França</i>
Dra. Claudia França Barros	<i>Claudia Barros</i>

*Aos pequenos, futuros grandes cientistas,
dedico.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, o primeiro e o principal que acreditou em mim e me deu capacidade para exercer o que Ele mesmo plantou em meu coração. Te amo mais do que tudo, meu melhor Amigo.

Ao meu esposo Jefferson Junior por ser incrível, e me dar todo o apoio necessário para exercer meu trabalho da melhor forma possível. Suas palavras, conselhos e incentivo foram essenciais. Obrigada por sempre tornar meus dias melhores, mais alegres e mais felizes. Você foi, é e sempre será minha melhor escolha. Te amo tanto.

À minha família por todo apoio e motivação. Ao meu pai, sempre fazendo nossos dias serem mais animados. Aos meus irmãos que eu não poderia desejar melhores parceiros no universo inteiro. E à minha mãe em especial, por ser essa guerreira que sempre nos incentiva a seguir adiante e não mede esforços para nos ajudar. Amo vocês.

À família do meu esposo por compreender, apoiar e auxiliar nos momentos mais difíceis. Ao meu sogro e sogra que se tornaram meus segundos pais. À minha cunhada que se tornou minha irmãzinha caçula. Ao Tio Vitão e à Dindinha por sempre acreditarem no meu potencial.

Aos meus anjinhos de quatro patas Apollo, Ana Catarina, Pequetita Natasha Romanoff, Marie e Chuvisco que tornaram meus dias mais suaves e alegres.

Ao Prof. Dr. Fernando Henrique Aguiar Vale pela orientação, conselhos e ensinamentos. Obrigada pelo apoio tanto no campo quanto no laboratório.

Aos professores do departamento de Botânica por cada auxílio e ensinamentos.

Ao Herbário BHCB por disponibilizar os equipamentos para que o projeto pudesse seguir em frente. Em especial, ao Gustavo pela disposição e ajuda. Muito obrigada, Gu.

Ao Prof. Mário Tomazello Filho, Prof. Fidel Roig e aos alunos da disciplina Dendrocronologia (turma 2018) ofertada na ESALQ-USP. Muito obrigada por me receberem muito bem e por todo conteúdo ensinado.

À República Bangalô por me acolher e fazer as três semanas em Piracicaba-SP serem simplesmente incríveis. Vocês são demais!

Aos companheiros de laboratório pelo auxílio que nunca faltou. Obrigada, Wagner, por ser o primeiro a me receber e me ensinar, tornando um grande amigo. Às meninas da madeira, Michelle e Gabriella, pelo auxílio em campo e em laboratório. À Nina e à Camila pela grande ajuda no campo e em outras ocasiões. À Graci e à Laine que qualquer palavra dita não seria o suficiente para agradecer. Vocês são pedras preciosas.

Aos meus companheiros fisiologistas do PPGBV-UFGM, com os quais passei muitas tardes agradáveis e frutíferas. Obrigada pela companhia e conselhos. Alunos do PPGBV-UFGM, meu muito obrigada.

Aos funcionários do Departamento de Botânica que, para mim, são os melhores dos melhores.

Aos meus amigos(as). Em especial, Fabrício e Filipe. Obrigada por todo incentivo e por sempre acreditarem em mim. AFF forever. À minha amiga Dayzinha por sempre ouvir meus desabafos, minhas vitórias e derrotas, por sempre estar ao meu lado. Por entender quando o devocional atrasa e por ser essa incrível amiga que Deus me deu.

Ao mestre Vânio e aos parceiros do Tai Chi e Kung Fu pela orientação, amizade e por tornar essa jornada mais leve.

A todos que direta ou indiretamente me auxiliaram nessa caminhada.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal.

Ao ICMBio por autorizar meu trabalho na Serra do Cipó.

A CAPES pelo apoio financeiro.

“De qualquer forma, viu-se mais tarde que a árvore guardava magia em sua madeira.”

O Sobrinho do Mago - C.S. Lewis

RESUMO

A sensibilidade cambial promove a formação de anéis de crescimento em muitas plantas lenhosas devido a alterações sazonais e a fatores genéticos. No Parque Nacional da Serra do Cipó-MG ocorrem estações bem marcadas por períodos de chuva e seca, com precipitações abaixo de 60 mm nos meses mais secos. *Pterodon emarginatus* Vogel é encontrada em matas de galeria e florestas estacionais, e a disponibilidade hídrica em relação aos diferentes *microhabitats* e ao macroclima podem ser fatores causadores de variações intraespecíficas no lenho dessa espécie e registros anuais no crescimento. Objetivou-se analisar anatomicamente e através da datação cruzada o lenho da espécie nativa *P. emarginatus* com a finalidade de avaliar seu potencial dendrocronológico, uma vez que é possível identificar anéis marcados por parênquima marginal associado a zonas fibrosas. Foram selecionados indivíduos (n = 5 por localidade) próximos ao ribeirão Farofa, local com fonte hídrica permanente, e indivíduos próximos ao Mirante do Bem, região onde não há curso d'água permanente. Foram analisadas características quantitativas e qualitativas, segundo a IAWA *Committee*. Cortes histológicos e dissociados do lenho foram processados, medidos e analisados. Análises físicas e químicas do solo foram feitas. Para o potencial dendrocronológico, discos (n = 5) foram coletados, polidos e submetidos à contagem e medições de seus anéis, cruzando os dados através do COFECHA. Os valores resultantes da largura dos anéis foram transformados em índices de crescimento pelo ARSTAN gerando uma única série mestra no período de 1795 a 2017, e comparados com dados climáticos da Estação Meteorológica de Diamantina – INMET. Não foram encontradas diferenças significativas entre as características quantitativas. Houve semelhanças nas análises qualitativas e do solo entre as duas áreas avaliadas, com maiores quantidade dos minerais K, Mg²⁺, B, Fe e Mn encontrados na área Mirante do Bem em relação a Ribeirão Farofa. Esse aumento pode ser explicado pelo escoamento de água da chuva proveniente de regiões adjacentes mais altas para a região mais plana onde estão localizados os indivíduos de *P. emarginatus*. Apesar do solo da Mirante do Bem ter proporções abaixo de 35% de argila e acima de 45% de areia, pode ser enquadrado como arenoso e classificado como tendo textura média devido as proporções equivalentes de areia, silte e argila. Esses dados indicam que, além de bem adaptados, os indivíduos possuem um padrão anatômico comum. Dos discos analisados, quatro apresentaram melhor correlação com a série mestra (0,395), altos valores de sensibilidade média (0,396) e desvio padrão (0,437). Estes foram considerados valores satisfatórios em vista da dificuldade de localizar anéis falsos ou fundidos. Os anéis correspondem aos que podem ser encontrados em espécies decíduais e/ou semidecíduais com

fortes indícios de serem anuais. Não foi possível confirmar a influência da precipitação na formação dos anéis de crescimento, provavelmente como consequência do número limitado de coletas devido a questões legais ligadas à ocorrência da espécie dentro de um parque nacional. Os resultados mostram que *P. emarginatus* tem potencial dendrocronológico devido à presença de anéis anuais, sendo indicada como espécie-modelo para estudos que mostrem a relação crescimento-clima. (CAPES, PPGBV-UFMG, ICMBio).

Palavras-chave: Anatomia ecológica. Dendrocronologia. Dendroclimatologia. Monjolo. Sucupira branca.

ABSTRACT

The sensitivity of vascular cambium to seasonal changes and genetic factors promotes the formation of growth rings in many woody plants. In the “Serra de Cipó-MG” National Park, seasons well marked by periods of rain and drought occur with rainfall below 60 mm in the driest months. *Pterodon emarginatus* is found in gallery forests and seasonal forests, and water availability in relation to different micro-habitats and macroclimate can be factors that cause intraspecific variations in the wood of this species and annual growth records. Current objective was to analyze the wood the native species *Pterodon emarginatus* Vogel from anatomical and cross-dating perspectives with the purpose of evaluating its dendrochronological potential, since this plant species has rings marked by marginal parenchyma associated to fibrous zones. Individuals (n = 5 per locality) were selected near the “Ribeirão Farofa”, considered the location with permanent water source, and individuals near “Mirante do Bem”, region where there is no permanent watercourse. Quantitative and qualitative characteristics were analyzed according to the IAWA *Committee*. Histological sections and dissociation of wood samples were processed, measured and analyzed. Physical and chemical soil analyzes were also carried out. For the dendrochronological potential, wood discs (n = 5) were collected, polished and submitted to counting and measurements of their rings. COFECHA software was used to assess the quality of cross-dating and measurement accuracy of tree -ring series. The resulting values of the ring width were transformed into growth index by the ARSTAN software generating a single master series from 1795 to 2017 and compared with climatic data from “Estação Meteorológica de Diamantina” – “Instituto Nacional de Meteorologia” (INMET). No significant differences were found between the quantitative characteristics. There were similarities in qualitative and soil analyzes between two evaluated areas, with higher amounts of minerals K, Mg²⁺, B, Fe and Mn found in “Mirante do Bem” area in relation to “Ribeirão Farofa”. This increase can be explained by the flow of rainwater from higher adjacent regions to the flatter region where *P. emarginatus* individuals are located. Although the soil in “Mirante do Bem” has proportions below 35% clay and above 45% sand, it can be enflamed as sandy and classified as having medium texture due to the equivalent proportions of sand, silt and clay. These data indicate that, in addition to being well adapted, individuals have a common anatomical pattern. Four of the analyzed discs had a better correlation with the master series (0.395), high values of mean sensitivity (0.396) and standard deviation (0.437). These values were satisfactory due to the difficulties in locating false or fused rings. The rings corresponded to those of deciduous

and/or semideciduous species with strong indications of being annual. It was not possible to confirm the influence of precipitation on the formation of growth rings, due to the limited number of collections, and legal implications of collecting in a national park. Current results indicated that *P. emarginatus* can be a model species for climate-growth relationships due to presence annual rings. (CAPES, PPGBV-UFGM, ICMBio).

Keywords: Ecological anatomy. Dendrochronology. Dendroclimatology. Monjolo. Sucupira branca.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. MATERIAL E MÉTODOS	17
2.1. Área de estudo	17
2.2. Procedimentos de coleta	17
2.3. Anatomia	18
2.4. Análises qualitativas e quantitativas	19
2.5. Análises Dendrocronológicas	19
3. RESULTADOS	27
3.1. Anatomia ecológica	27
3.1.1. Características anatômicas	27
3.1.2. Análises estatísticas	28
3.2. Dendrocronologia	28
3.2.1. Análises estatísticas	28
3.3. Solo	29
4. DISCUSSÃO	45
4.1. Anatomia ecológica	45
4.2. Dendrocronologia	46
4.3. Solo	49
5. CONCLUSÃO	51
REFERÊNCIAS	52

1. INTRODUÇÃO

As plantas mantêm uma relação estrita com o ambiente no qual vivem, e este molda o fenótipo de acordo com as condições encontradas (Schlichting, 1986). Os fatores abióticos e a influência que estes causam na vegetação são abordados desde o século passado (Douglass, 1920) a fim de compreender o desenvolvimento e estabelecimento de espécies vegetais (Venegas-González et al., 2018). Além disso, estudos com foco econômico também são feitos de forma a melhorar as condições de cultivo (Vidaurre et al., 2011; Corrêa & Bellote, 2011). Atualmente, com o surgimento de políticas de preservação de áreas remanescentes de grandes biomas, estudos priorizando a importância ecológica e sua recuperação vem sendo realizados (Albuquerque et al., 2019). Em ampliação ao conhecimento das alterações causadas nas plantas devido condições ambientais, novas ferramentas de estudos são propostas. Uma dessas com grande potencial de utilização em várias áreas é a dendrocronologia. Esta é responsável pelo estudo de espécies lenhosas capazes de formar anéis de crescimento, sendo uma ótima ferramenta para reconstruções climáticas ao longo do tempo por conter informações de mudanças do clima (Cook, 1985), assim como na utilização de biomarcadores para estudos de monitoramento ambiental (Vasconcellos et al., 2019).

A madeira contém informações importantes correspondentes às oscilações nas condições abióticas sob as quais as plantas estão se desenvolvendo (Ngoma et al. 2017). Estas diferentes condições podem ser um fator causador de alterações na arquitetura xilemática (Fichtler & Worbes, 2012). Estudos comparativos intra e interespecíficos da anatomia do lenho mostram que características quantitativas e qualitativas, estas com menor frequência, diferem em populações de diferentes fisionomias, regiões e condições ambientais (Marcati et al., 2001; Marques et al., 2012; Sonsin et al., 2012; Melo Júnior et al., 2016). Exemplos de fatores que influenciam na anatomia da madeira são: disponibilidade hídrica (Luchi, 2004; Fonti & García-González, 2008; Giantomasi et al., 2012), componentes do solo (Rigatto et al. 2004; Melo Júnior et al., 2011, 2018), temperatura (Hadad & Roig-Juñent, 2012; Giantomasi et al., 2012), e muitas outras (Schweingruber et al., 2006). As alterações são possíveis devido à sensibilidade do câmbio que responde às condições intrínsecas e extrínsecas de plantas lenhosas (Pumijumnong & Wanyaphet, 2006), permitindo certa plasticidade em características da madeira e ajudando a compreender as relações evolutivas de grupos taxonômicos, como por exemplo em Oleaceae (Baas et al., 1988).

O ambiente influencia na densidade de elementos de vaso, conforme interpretado por Villagra & Roig-Juñent (1997), de forma a ajustar o sistema de condução de acordo com a disponibilidade hídrica (Abrantes, 2013). Elementos de vaso com maiores diâmetros e em menor quantidade comumente são relacionados a espécies de regiões tropicais (Barros et al., 2006). Em contrapartida, em regiões que apresentam áreas mais secas, os vasos tendem a ter menor diâmetro (Luchi, 2004). Os parênquimas axial e radial, além das fibras, também mostram adaptações mediante diferentes condições (Alves & Angyalossy-Alfonso, 2002). Em ambientes mais secos, o parênquima axial pode apresentar-se mais abundante (Denardi & Marchiori, 2005), além de menor comprimento das fibras. As diferentes condições edáficas nas quais as plantas se encontram também podem ser um fator causador de alterações na arquitetura xilemática (Melo Júnior et al., 2016). Melo Júnior et al. (2011) observaram em *Copaifera langsdorffii* Desf. (Fabaceae) diferenças estatisticamente significativas entre diâmetro dos vasos e comprimento das fibras pertencentes à tipos distintos de substratos mediante as suas capacidades de retenção, drenagem e disponibilidade de água.

Ao desconsiderar as respostas pontuais de cada indivíduo de uma mesma espécie e focar apenas nos sinais climáticos de ocorrência sazonal que incidem sobre uma população, o histórico de eventos climáticos regionais pode ser observado a partir dos anéis de crescimento (Douglass, 1920). Dessa forma, os padrões anatômicos são encontrados nesses indivíduos influenciados por fatores ambientais limitantes do crescimento e que afetam todas as árvores de uma mesma região de forma semelhante (Lisi et al., 2008).

Alguns gêneros já eram usados para interpretações dendrocronológicas, como por exemplo, *Araucaria*, *Artemesia*, *Fagus*, *Juniperus*, *Libocedrus*, *Abies*, *Picea*, *Pinus*, *Pseudotsuga*, *Quercus*, *Sequoia*, *Tsuga* (Fritts, 1971). A localização de muitas espécies desses gêneros concentra-se em regiões temperadas, nas quais as estações do ano são bem marcadas e promovem a formação de anéis anuais nítidos. Em regiões de florestas tropicais e subtropicais, os anéis formados podem não ser anuais devido aos períodos de chuva e seca, inundações ou a queda das folhas ocorrerem mais de uma vez ao ano (Botosso & Mattos, 2002), mostrando ser um grande obstáculo e desafio para a dendrocronologia. Entretanto, pesquisadores têm se dedicado a encontrar, e com êxito, espécies em regiões tropicais e subtropicais com potencial dendrocronológico (Worbes, 1999; Roig et al., 2001; Lisi et al., 2008; Ferrero et al., 2014; Brandes et al., 2016; Reis-Avila & Oliveira, 2017; Granato-Souza et al., 2019). Maria (2002) confirmou a existência de anéis marcadores distintos em algumas espécies de clima tropical em resposta à sazonalidade da atividade cambial, da fenologia e

variação das condições climáticas. A existência de anéis de crescimento em espécies de regiões tropicais pode ser uma resposta do câmbio diante períodos de baixa pluviosidade. De acordo com Worbes (1995), precipitações abaixo de 60 mm que persistem de 2 a 3 meses na estação seca indica a formação de anéis anuais em espécies tropicais. Segundo Gardoni et al. (2007), dados climatológicos indicam que a região do Parque Nacional da Serra do Cipó possui estação seca marcante com menor precipitação média de 7,7 mm em junho e, na estação mais chuvosa, a precipitação média é de 307 mm em janeiro.

A região Sudeste apresenta de forma mais marcante a marcha estacional da precipitação, com uma estação muito chuvosa e outra seca (Nimer, 1989), concordando com as informações descritas para a região do Cerrado nas quais as chuvas estão concentradas nos meses de outubro a março (estação chuvosa) e temperatura média está acima de 18°C no mês mais frio (Ribeiro & Walter, 2008). Ainda segundo Ribeiro & Walter (2008), o Cerrado apresenta uma vegetação que engloba formações florestais, savânicas e campestres, contendo áreas florestais nas quais predominam espécies arbóreas com formação de dossel contínuo ou descontínuo. Além disso, a distribuição da flora é condicionada pela latitude, frequências de queimadas, profundidade de lençóis freáticos, entre outros fatores, como por exemplo, clima e solo. As florestas do Cerrado ligadas aos cursos d'água podem ter continuidade com outros biomas, sendo que nas regiões centro e sul estão mais conectadas às florestas semidecíduas montanas do sudeste brasileiro (Oliveira-Filho et al., 1990).

Madeira (2009) observa que nas matas semidecíduais do Parque Nacional da Serra do Cipó, dentro do domínio Mata Atlântica e áreas do Cerrado há escassez de água na estação seca variando somente a amplitude. Na vertente oeste, inserida no bioma Cerrado (Ribeiro & Figueira, 2011), a umidade é menor devido às massas de ar vindas à leste, do litoral, que são barradas pelas serras do Parque. É nesta porção, mais a sudoeste, que são encontradas, sobre quartzito, populações abundantes de *P. emarginatus* (Ribeiro & Figueira, 2011). Essa espécie nativa está presente no Cerrado (*lato sensu*), Floresta Ciliar ou de Galeria e Floresta Estacional Semidecidual (Carvalho, 2019), sendo largamente distribuída desde Goiás a Minas Gerais até Piauí, florescendo em setembro-outubro com flores roxo-forte (Rizzini, 1978). Os frutos amadurecem a partir de julho (Lorenzi, 2002). São poucos os estudos que envolvem o gênero e, mais raros, os que envolvem anatomia da madeira da espécie. Santos et al. (2010) analisaram a composição química e utilização do óleo de *P. emarginatus* para fins farmacêuticos, mas sem foco na madeira. Paula & Cardoso (1995) descreveram as características anatômicas da madeira de *P. polygalaeiflorus* (Benth.) Benth. e *P. pubescens*

(Benth) Benth., tanto do caule quanto da raiz, além de analisarem a taxa de crescimento para ambas as espécies. Pedersoli (1970) propôs a existência de uma nova espécie na Serra do Cipó, *P. apparicioi*, de acordo com características anatômicas da folha e tamanho dos frutos. Porém, o presente estudo abordará a população da Serra do Cipó como *P. emarginatus*, sendo heterotípico de *P. polygalaeiflorus* (Carvalho, 2019).

A partir de observações de campo e bibliográficas surgiram questões que nortearam o presente trabalho, tais como:

1. As condições ambientais observadas no Parque Nacional da Serra do Cipó – MG são capazes de gerar alterações na arquitetura xilemática de *P. emarginatus*?
2. A resposta dos indivíduos aos sinais climáticos que estão submetidos pode ser observada em seus anéis de crescimento?

A fim de respondê-las, propôs-se como objetivo da pesquisa

1. Analisar anatomicamente e através da datação cruzada o lenho da espécie nativa *P. emarginatus*, de acordo com as seguintes hipóteses:
 - i. Há variação intraespecífica no lenho de *P. emarginatus* devido à diferença nas condições hídricas de duas áreas na Serra do Cipó;
 - ii. *P. emarginatus* é uma espécie com potencial para estudos dendrocronológicos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O estudo foi realizado no Parque Nacional da Serra do Cipó, localizado em Minas Gerais nos municípios de Jaboticatubas, Santana do Riacho, Morro do Pilar e Itambé do Mato Dentro, predominando o bioma Cerrado. As áreas de coleta encontram-se na região de Jaboticatubas (figura 1), na qual estão os indivíduos de *P. emarginatus* (figura 2) às margens do ribeirão Farofa (19°22'58,8"S / 43°34'47,8"W; 813 m) e próximo ao Mirante do Bem (S 19° 35' 68,1"; W 43° 60' 99,2"; 845 m). Nesse último local não foi encontrada nenhuma fonte hídrica permanente.

O clima local é considerado predominantemente tropical de altitude, do tipo Cwb no sistema de Köppen, com precipitação anual entre 1300 e 1600 mm concentrando nos meses de novembro a março (Madeira, 2009), sendo os meses de maio a setembro com precipitação abaixo de 60 mm. Os dados climáticos foram levantados da Estação Meteorológica de Diamantina - MG (INMET, 2019) (figura 3) por estar na mesma região climática da área de coleta (Nimer, 1989). Os dados foram obtidos em 2018, abrangendo o período de 1990 a 2017 para precipitação e 1995 a 2012 para temperatura média mensal. As coletas foram realizadas no ano de 2018.

2.2. Procedimentos de coleta

Para a anatomia comparada da madeira (n = 10) (tabela 1) foram extraídas baquetas em indivíduos vivos à altura do peito (DAP) utilizando Sonda de Pressler com comprimento de 50 cm, diâmetro 4,0 mm e 3 roscas (figura 4A). Cada baqueta foi colocada em haste de ferro e enrolada com papel filme para transporte até o seu processamento em laboratório. Dois discos também foram utilizados para a anatomia comparada.

A coleta das amostras de solo das áreas Ribeirão Farofa e Mirante do Bem (figura 4B) seguiram as recomendações da EMBRAPA (2018), amostrando até 20cm de profundidade em 10 pontos por área. As amostras compostas foram destinadas ao Laboratório de Análise de Solo, Tecido Vegetal e Fertilizante, no Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa – MG, para análises química e física do solo. A classificação textural foi feita segundo a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS), e o macrolevantamento litológico foi determinado de acordo com as normas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (SPA/MAPA 02/2008).

Para o estudo dendrocronológico foram obtidos discos ($n = 5$) (tabela 2) com autorização do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), sendo quatro mortos (figuras 4C e D) e um indivíduo vivo, suprimido em 2017 para ser utilizado como parâmetro para estimar a idade dos outros (figura 4E). Todos os discos foram retirados com motosserra por agente autorizado, transportados até o Laboratório de Anatomia Vegetal do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais (ICB/UFMG), secos em temperatura ambiente, polidos com lixadeira de cinta Stanley 720W STGS7221 e limpos com aspirador de pó Schulz Elektro 800W para desobstrução dos elementos de vaso.

Ramos reprodutivos foram coletados para montagem das exsicatas e tombamento no Herbário BHCB (n° 188388 e n° 188414, coletados em 31/10/2017).

2.3. Anatomia

Corpos de prova com cerca de 8cm^3 foram retirados da região mais externa dos discos amostrados, orientados nos planos transversal e longitudinais tangencial e radial. As amostras foram amolecidas por imersão em glicerina 50% (em água destilada) por um mês em estufa a 60°C . Os indivíduos coletados foram analisados microscopicamente, seguindo as normas estabelecidas pela *The International Association of Wood Anatomists (IAWA Committee, 1989)*. Para as demais amostras obtidas com Sonda de Pressler, três fragmentos de cada baqueta por indivíduo foram retirados da região mais externa, próximo à casca, orientados nos três planos anatômicos e colados com Araldite Professional[®] em blocos de madeira. Para o amolecimento, cada fragmento foi umedecido com Glicerina 50% (em água destilada) antes e durante a secção das amostras. Todas as amostras foram submetidas à microtomia em micrótomo de deslize (Spencer) adquirindo cortes de aproximadamente $20\ \mu\text{m}$ de espessura.

Os cortes foram clarificados em hipoclorito de sódio 50% (em água destilada), lavados em água destilada e corados com Safranina (1% hidroalcoólica). Em seguida, os cortes foram desidratados em série etílica e conservados em Acetado de Butila PA. As lâminas histológicas foram montadas utilizando Verniz Vitral[®] e/ou Entelan[®] (Kraus & Arduin, 1997), para visualização e registro em Fotomicroscópio Leica[®] DFC 7000T.

O dissociado do lenho foi feito seguindo a técnica de Jeffrey *apud* Johansen (Kraus & Arduin, 1997). Fragmentos de cada indivíduo, com cerca de 3mm, foram colocados separadamente em frasco contendo ácido crômico 10% e ácido nítrico 10% (1:1). Após obter as células isoladas, o material foi lavado e corado com Safranina (1% hidroalcoólica),

submetido à série etílica para desidratação e conservado em Acetado de Butila PA. Foram montadas dez lâminas por indivíduo para obtenção de fotomicrografias em Fotomicroscópio Leica® DFC 7000T.

2.4. Análises qualitativas e quantitativas

Cinco indivíduos da área Ribeirão Farofa, sendo dois discos e três baquetas, e cinco da área Mirante do Bem, sendo cinco baquetas, foram utilizados para a anatomia comparada da madeira. Foram selecionadas as seguintes características para análises qualitativas, feitas a partir da observação direta no microscópio ou das fotomicrografias obtidas: porosidade, arranjo e agrupamento dos vasos, pontuações intervasculares, placas de perfuração, parênquima axial, composição celular dos raios, estruturas estratificadas, inclusões minerais e camada de crescimento. As características quantitativas foram: frequência, comprimento e diâmetro do elemento de vaso, comprimento, diâmetro, espessura da parede e lúmen das fibras, área ocupada pelo parênquima axial e raios por mm². As medidas lineares foram calculadas a partir de 30 medições por variável para cada indivíduo das duas áreas. Para as variáveis de frequência/mm² foram mensuradas 12 áreas dos cortes histológicos para cada área de coleta. Todas as medições foram feitas no programa AxionVision®. A partir das medidas de cada variável, médias foram geradas para as comparações estatísticas entre os dois grupos a fim de verificar se as diferenças encontradas são significativas. O Teste T foi utilizado para testar a normalidade, homocedacidade e a significância das médias, considerando $p \leq 0.05$, a partir do programa Sigma Stat®. Os gráficos foram construídos utilizando o programa GraphPad Prism®.

2.5. Análises dendrocronológicas

Em cada disco ($n = 5$) foram escolhidos quatro raios nos quais foram marcados os anéis de crescimento com grafite para contagem, medição da largura (mm) e datação, utilizando lupa conta-fios 10x. A marcação dos anéis foi orientada pela presença do parênquima marginal. Em seguida, cada raio foi fotografado com câmera Nikon D5200 e os anéis mensurados através do programa ImagePro-Plus®. Para alguns raios, o processo de datação foi dificultado devido algumas regiões estarem danificadas pela ação do tempo ou ação de agentes xilófagos, ou pela fusão de anéis. Por esse motivo, dois raios por indivíduo foram selecionados de acordo com a correlação individual entre as séries.

Para datar os quatro discos mortos, SC1 ($\varnothing = 26$ cm), SC7d ($\varnothing = 65$ cm), SC9d ($\varnothing = 57$ cm) e SC11 ($\varnothing = 34$ cm), dados brutos da largura dos anéis de crescimento das duas séries de cada indivíduo foram comparados com dados brutos da largura dos anéis de crescimento do indivíduo suprimido em 2017, SC10 ($\varnothing = 46$ cm), através dos gráficos de dispersão de linhas até alcançar melhores valores de correlação a partir da datação cruzada efetuada pelo programa COFECHA (Holmes, 1983). Em relação aos discos mortos, o processo de datação foi testado através do COFECHA utilizando o indivíduo vivo como parâmetro, porém não foi possível datá-los dessa forma. Os valores da largura dos anéis de crescimento foram padronizados, transformando-os em índices de crescimento (valores brutos divididos pela estimativa da curva de crescimento por ano t , dada pela função de ajuste) pelo programa ARSTAN (Cook & Holmes, 1986) para maximizar a porcentagem de variância comum entre as diferentes séries cronológicas. Dessa forma, foi gerada uma única série mestra abrangendo o período de 1795 a 2017, utilizando a curva de ajuste exponencial negativa modificada devido as idades das amostras serem variadas (Cook, 1985). Valores de precipitação anual e a média mensal por estação (seca e chuvosa) do período de 1990 a 2017 foram correlacionados com dados residuais dos índices da largura dos anéis de crescimento da série mestra. Também foi feita a correlação de Pearson entre os índices de crescimento e a precipitação mensal de anos equivalentes para verificar a influência da chuva na formação do anel de crescimento mensalmente. Os programas GraphPad Prism[®] e Excel[®] foram utilizados para as análises estatísticas e na confecção de gráficos.

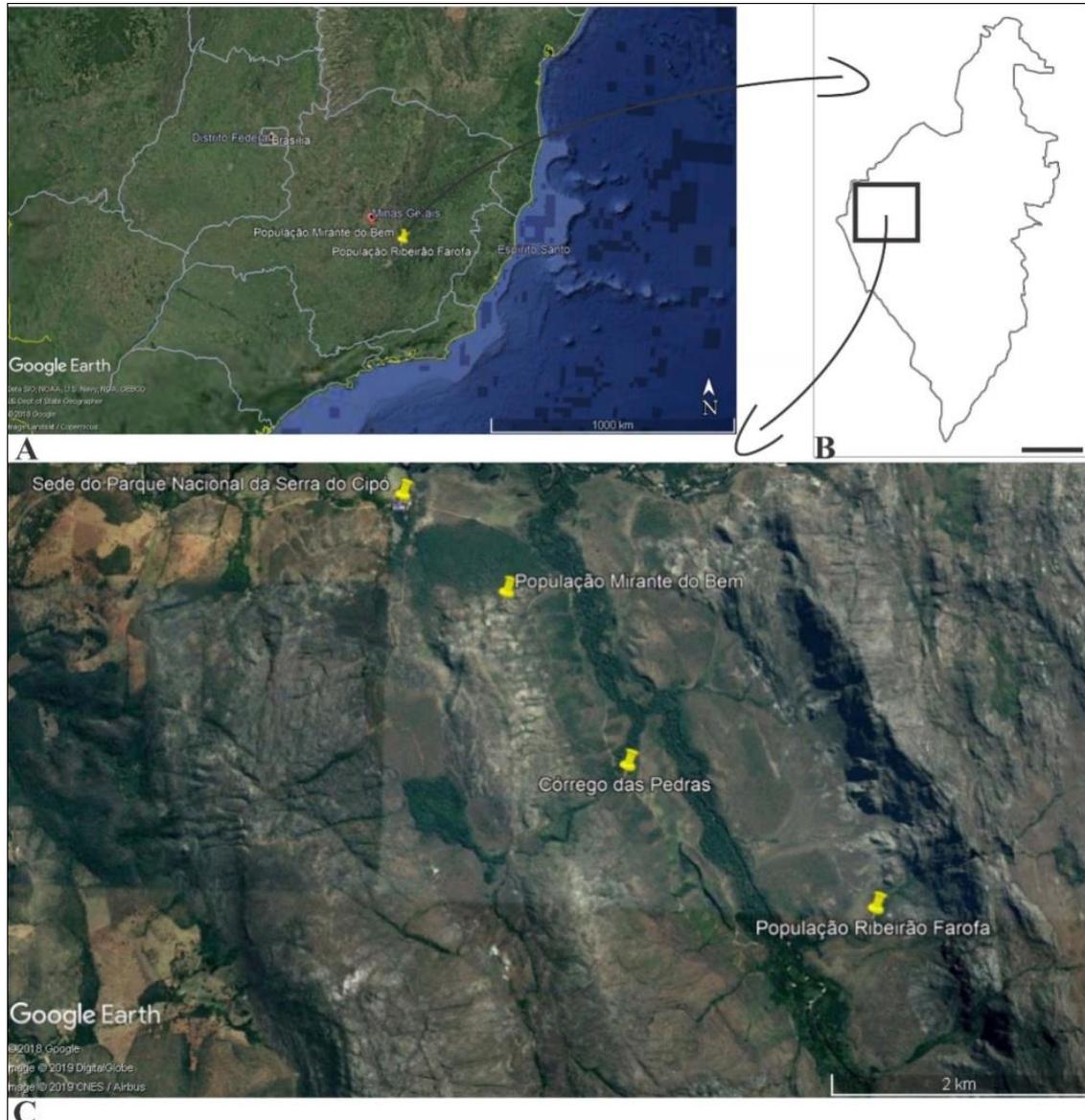


Figura 1. Áreas de coleta de *Pterodon emarginatus* Vogel no Parque Nacional da Serra do Cipó. **A:** localização do Parque Nacional da Serra do Cipó no estado de Minas Gerais. **B:** localização da área de coleta dentro dos limites do parque. **C:** detalhe dos pontos de coleta Mirante do Bem e Ribeirão Farofa. Barras: A = 1000 km; B = 5 km; C = 2 km.

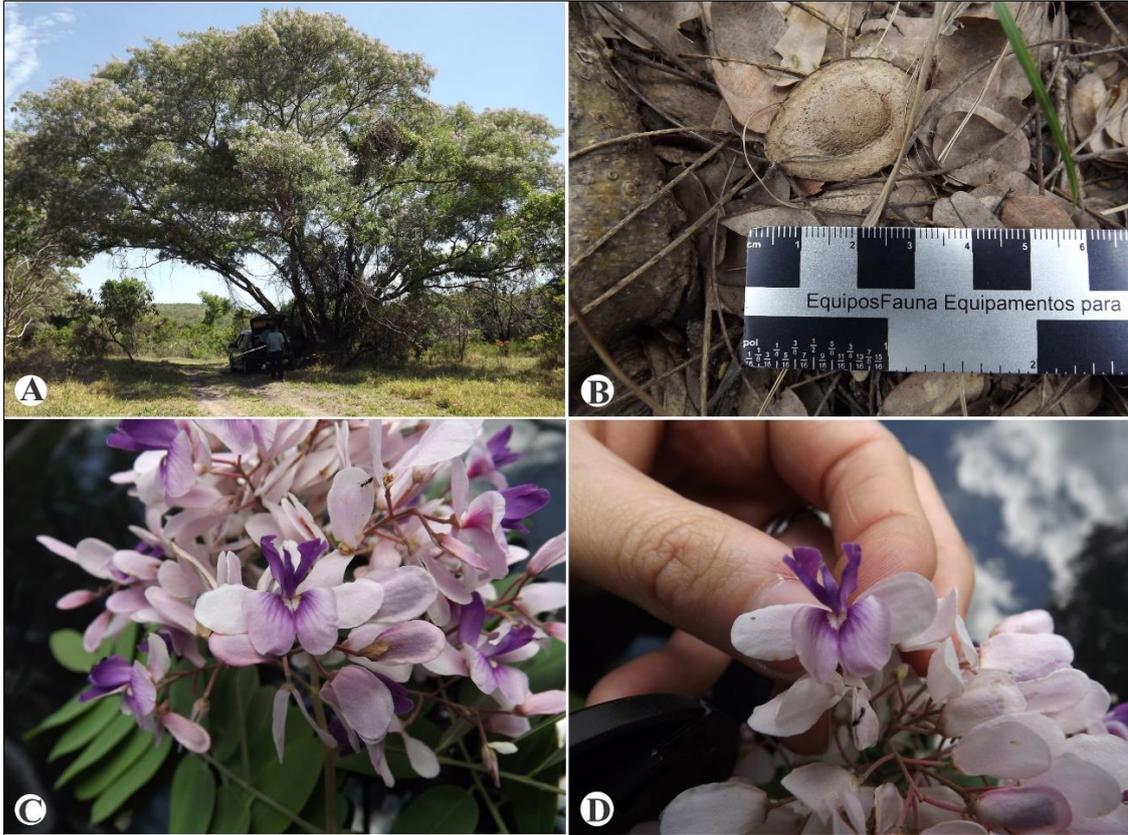


Figura 2. *Pterodon emarginatus* no Parque Nacional da Serra do Cipó – MG. **A:** indivíduo com aproximadamente 15m de altura. **B:** detalhe do fruto no solo. **C, D:** flor roxa característica da população.

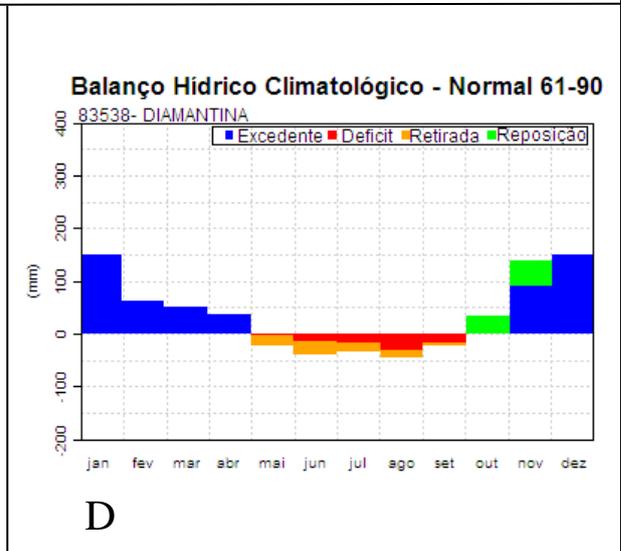
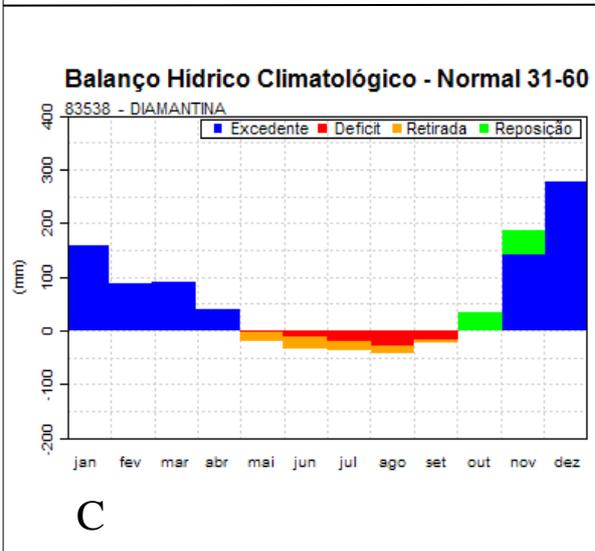
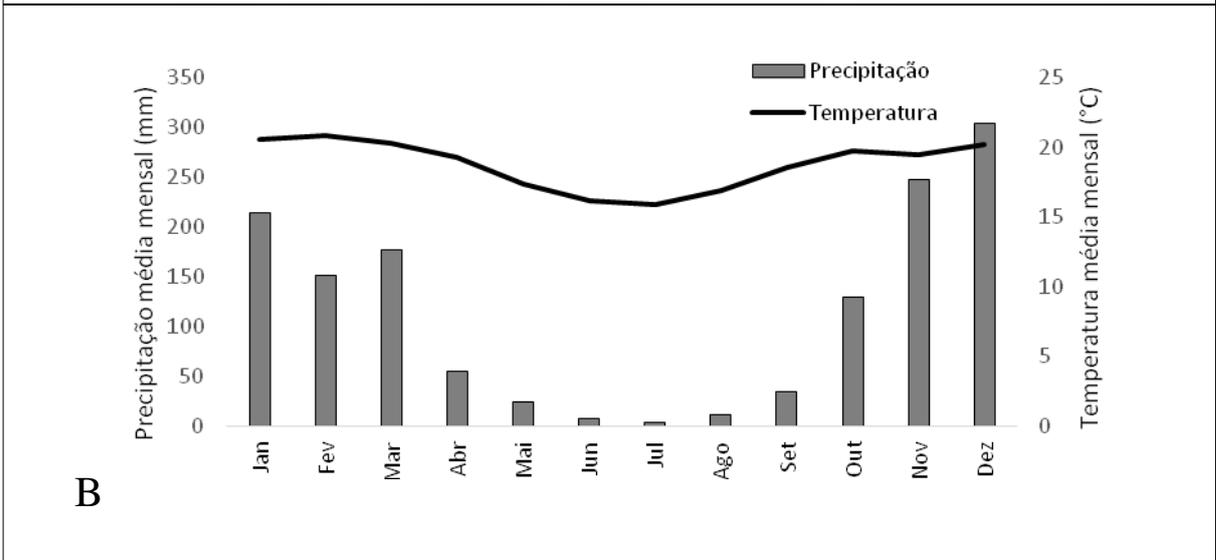
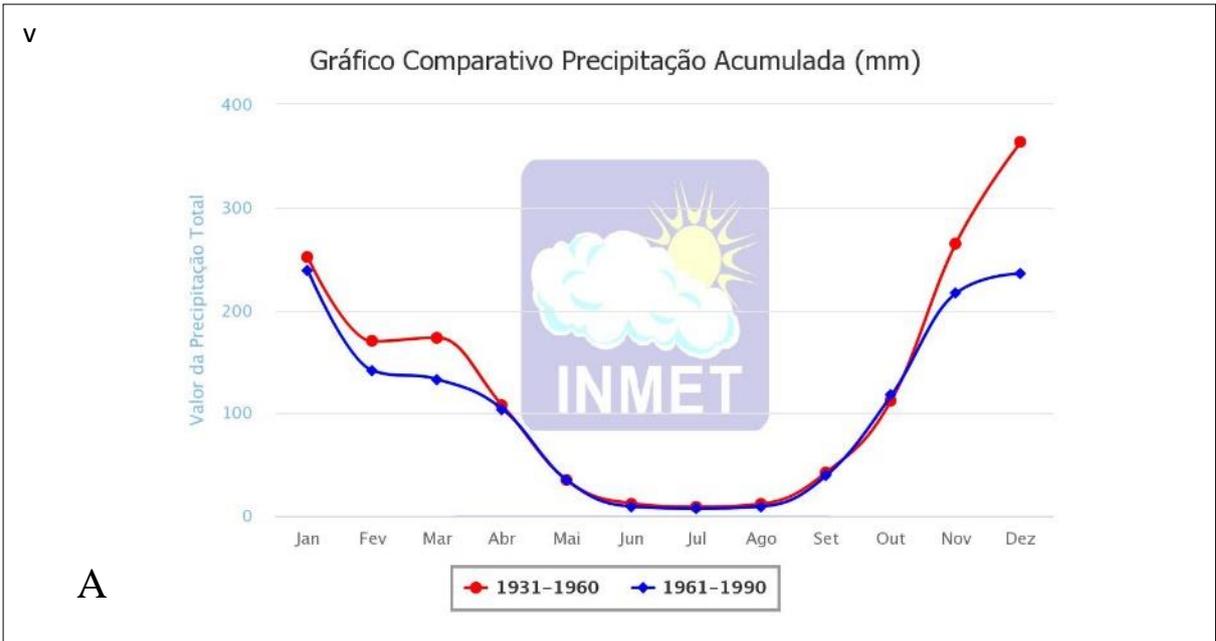


Figura 3. Dados climatológicos da Estação Meteorológica de Diamantina – MG, obtidos no INMET (2019). **A:** normais climatológicas dos períodos de 1930 a 1960, e 1961 a 1990. **B:** precipitação média mensal e da temperatura média compensada, referente ao período de 1995 a 2012 (dados completos). **C e D:** Balanço hídrico climatológico referente a Normal 31-60 e a Normal 61-90, respectivamente.



Figura 4. Coletas nas três áreas de estudo. **A:** amostra da madeira sendo coletada com a Sonda de Pressler. **B:** coleta de solo. **C, D:** discos de indivíduos já mortos. **E:** único indivíduo suprimido (SC10) já polido.

Tabela 1. Amostras coletadas nas duas áreas de estudo para anatomia comparada da madeira.

AMOSTRAS	ÁREA RIBEIRÃO FAROFA	AMOSTRAS	ÁREA MIRANTE DO BEM
SC6		SC20	
Circunferência (cm)	263	Circunferência (cm)	212
Diâmetro (cm)	83	Diâmetro (cm)	60
Tipo de amostra	baqueta	Tipo de amostra	baqueta
DAP	1,30	DAP	1,30
SC7d		SC21	
Circunferência (cm)	204	Circunferência (cm)	226
Diâmetro (cm)	65	Diâmetro (cm)	80
Tipo de amostra	disco	Tipo de amostra	baqueta
DAP	-	DAP	1,30
SC8		SC22	
Circunferência (cm)	268	Circunferência (cm)	095
Diâmetro (cm)	85	Diâmetro (cm)	34
Tipo de amostra	baqueta	Tipo de amostra	baqueta
DAP	1,30	DAP	1,30
SC10		SC23	
Circunferência (cm)	141	Circunferência (cm)	093
Diâmetro (cm)	45	Diâmetro (cm)	30
Tipo de amostra	disco	Tipo de amostra	baqueta
DAP	-	DAP	1,30
SC25		SC24	
Circunferência (cm)	231	Circunferência (cm)	263
Diâmetro (cm)	70	Diâmetro (cm)	84
Tipo de amostra	baqueta	Tipo de amostra	baqueta
DAP	1,30	DAP	1,30

Tabela 2. Amostras utilizadas para análises dendrocronológicas.

AMOSTRAS			
	Circunferência (cm)	Diâmetro (cm)	Tipo de amostra
SC1	82	26	disco
SC7d	204	65	disco
SC9d	179	57	disco
SC10	144	46	disco
SC11	110	35	disco

3. RESULTADOS

3.1. Anatomia ecológica

3.1.1. Características anatômicas

Os indivíduos das duas áreas estudadas na Serra do Cipó apresentaram similaridades nas características anatômicas analisadas.

Camada de crescimento. A espécie apresentou anéis de crescimento marcados por parênquima marginal associado à zona fibrosa, sendo esta mais evidente no lenho juvenil (figura 5). O parênquima marginal apresenta de 1-2 camadas de células, raramente três, marcando o final do lenho inicial e início do lenho tardio (figura 6A).

Elementos de vasos. Porosidade difusa, solitários e múltiplos em séries radiais, apresentando cadeias de 2 - 5 células nos indivíduos da área Ribeirão Farofa, e 2 - 9 células nos indivíduos da área Mirante do Bem. Também foram encontrados raros vasos dispostos em cachos (figura 6A). Possuem placa de perfuração simples e alguns apresentam apêndices (Figura 6B). As paredes contêm pontuações alternas areoladas (figura 6C). O diâmetro tangencial do lúmen dos vasos manteve-se entre 30,7 – 278,4 μm para Ribeirão Farofa e 41,7 – 266,1 μm para Mirante do Bem, e o comprimento foi de 102,2 – 308,6 μm e 150,4 - 331,4 μm , respectivamente (tabela 3). O número de elementos de vaso por mm^2 foi de 5 - 9,5 vasos para Ribeirão Farofa e 2 - 8,5 vasos para Mirante do Bem.

Fibras. Libriformes e presença de fibrotraqueídes (figura 6C). Parede espessa, sendo de 2,3 – 8,2 μm para Ribeirão Farofa e de 3,2 – 9,4 para Mirante do Bem. O comprimento variou entre 646,1 – 1290,2 μm e 497,4 – 1209,3 μm , o diâmetro entre 5,4 – 19,7 μm e 7,7 – 21,6, e largura do lúmen entre 0,6 – 3,4 μm e 0,6 – 4,6 μm , respectivamente (tabela 3).

Parênquima axial. Paratraqueal aliforme e confluyente (figura 7A), apresentando em secção transversal mínimo de 7% e máximo de 36% de área ocupada no lenho das plantas na Ribeirão Farofa, e mínimo de 8% e máximo de 45% nas plantas da Mirante do Bem (tabela 3). Foram visualizados cristais prismáticos em células subdivididas do parênquima axial na maioria dos indivíduos da área Ribeirão Farofa (figura 7B), porém nos indivíduos da área Mirante do Bem não foram encontrados.

Raios. A maioria é unisseriado (figura 7C), podendo também ser encontrados raios com duas células e, raramente, com três células, todas procumbentes (figura 7D). Área da

secção longitudinal tangencial ocupada por 10 - 30 raios por mm² na Ribeirão Farofa e por 14 - 27 raios por mm² na Mirante do Bem (tabela 3).

Estratificação. Elemento de vaso, fibra, parênquima axial e parênquima radial apresentam estratificação (figuras 7F e G).

3.1.2. Análises estatísticas

Não houve diferenças significativas em nenhuma das características quantitativas analisadas entre os indivíduos das áreas Ribeirão Farofa e Mirante do Bem: frequência, comprimento e diâmetro do elemento de vaso, comprimento, diâmetro, espessura da parede e lúmen das fibras, área ocupada pelo parênquima axial e raios por mm² (figura 8 e 9).

3.2. Dendrocronologia

3.2.1. Análises estatísticas

Dos discos analisados, quatro apresentaram melhor correlação com a série mestra (0,395), dos quais 8 séries foram consideradas para a intercorrelação pelo COFECHA (tabela 4). e para padronização da largura dos anéis pelo ARSTAN ($r_{\text{bar residual}} = 0,2019 \pm 0,2122$) (figura 10). Valores de sensibilidade média (0,396) e desvio padrão (0,437) foram relativamente altos, e houve baixa autocorrelação das séries (-0,031), sendo considerados resultados satisfatórios. O indivíduo SC10, suprimido em 2017, apresentou aproximadamente 136 anos datando-o de 1881. Para identificar os períodos dos três discos mortos, a datação visual foi realizada através de gráficos devido à dificuldade de datá-los pelo COFECHA. Dessa forma, o indivíduo SC1 viveu aproximadamente 130 anos (1823 a 1953), o SC7d 146 anos (1825 a 1971) e o mais velho, SC9d, 159 anos (1795 a 1954).

Ao correlacionar os índices de crescimento com dados anuais de precipitação referente ao período de 1990 a 2017, o resultado encontrado para o coeficiente de correlação (r) foi positivo (0,345), o nível de significância (α) foi de 0,373, coeficiente de determinação (r^2) foi de 12% e o valor de $p = 0,07$ (figura 11). Além disso, o comportamento dos anéis de crescimento mediante à média da precipitação por estação apresentou baixos valores. Para a estação seca, o r foi de 0,23, r^2 de 0,05 e p -valor = 0,50 (figuras 12A e 13A). Para a estação chuvosa, r de 0,14, r^2 de 0,019 e p -valor = 0,66 (figuras 12B e 13B).

Em uma correlação de Pearson entre dados mensais de precipitação e índices de crescimento de anos equivalentes (1990 a 2017), o r foi positivo e significativo para o mês de dezembro (p -valor = 0,004, r de 0.53 e r^2 de 0,28) (figura 14).

3.3. Solo

Os resultados das análises químicas do solo mantiveram-se similares para as duas áreas estudadas, exceto pelas concentrações de K, Mg^{2+} , B, Fe e Mn. Os elementos K, Mg^{2+} , B e Fe encontram-se aproximadamente duas vezes mais concentrados na área Mirante do Bem em relação à Ribeirão Farofa, enquanto Mn foi aproximadamente quatro vezes mais concentrado (tabela 5). As análises físicas do solo (tabela 5) também apresentaram valores similares em ambas as áreas. Os solos foram identificados como arenoso na Ribeirão Farofa e de textura média na Mirante do Bem. A porosidade total pode ser calculada a partir dos valores de DP e DS (Kiehl, 1979), apresentando cerca de 56% na Ribeirão Farofa e 57% na Mirante do Bem.

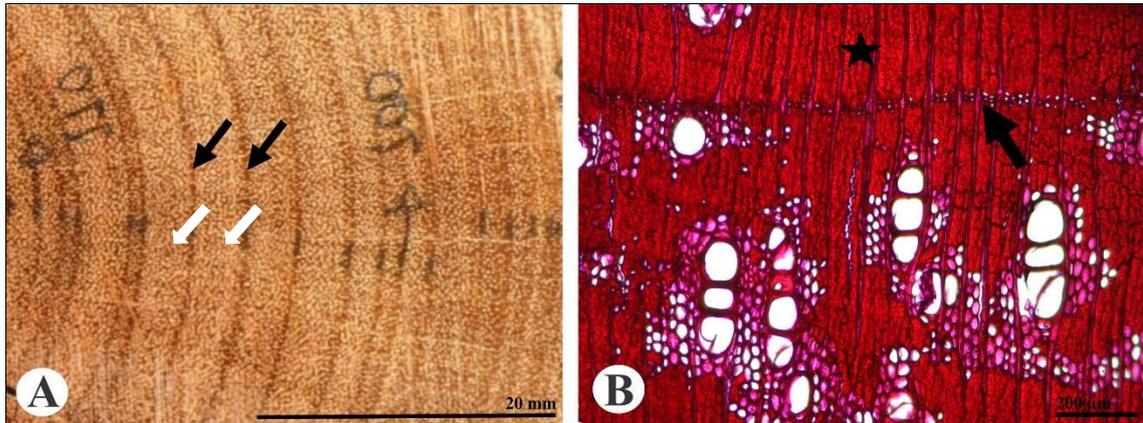


Figura 5. Secção transversal do lenho *Pterodon emarginatus* evidenciando os anéis de crescimento. **A:** lenho polido destacando o lenho inicial ou primaveril representado pela região mais clara da madeira (setas brancas), e o lenho tardio ou estival, região mais escura, a zona fibrosa (setas pretas). As marcações em grafite referem-se à técnica de datação. **B:** evidência da presença do parênquima marginal (seta) e da zona fibrosa (estrela) em visão microscópica.

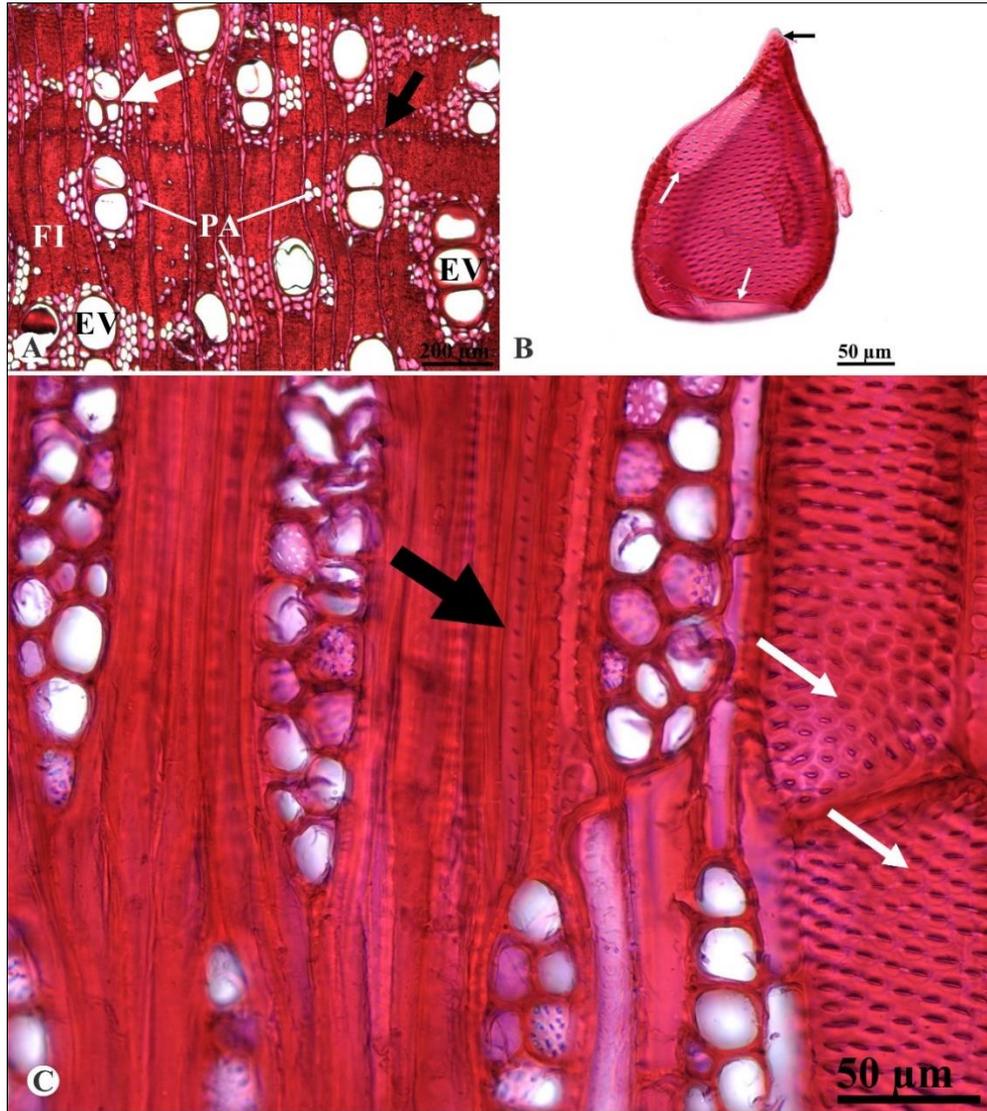


Figura 6. Lenho de *P. emarginatus*. **A:** seção transversal com elementos de vaso (EV) solitários e múltiplos radiais em distribuição difusa, com alguns agrupamentos em cachos (seta branca). Parênquima marginal apresentando de 1-2 camadas de células (seta preta). **B:** elemento de vaso dissociado com placa de perfuração simples (seta branca) e apêndice (seta preta). **C:** seção longitudinal tangencial evidenciando elementos de vaso com pontuações alternas areoladas (setas brancas) e presença de fibrotraqueíde (seta preta).

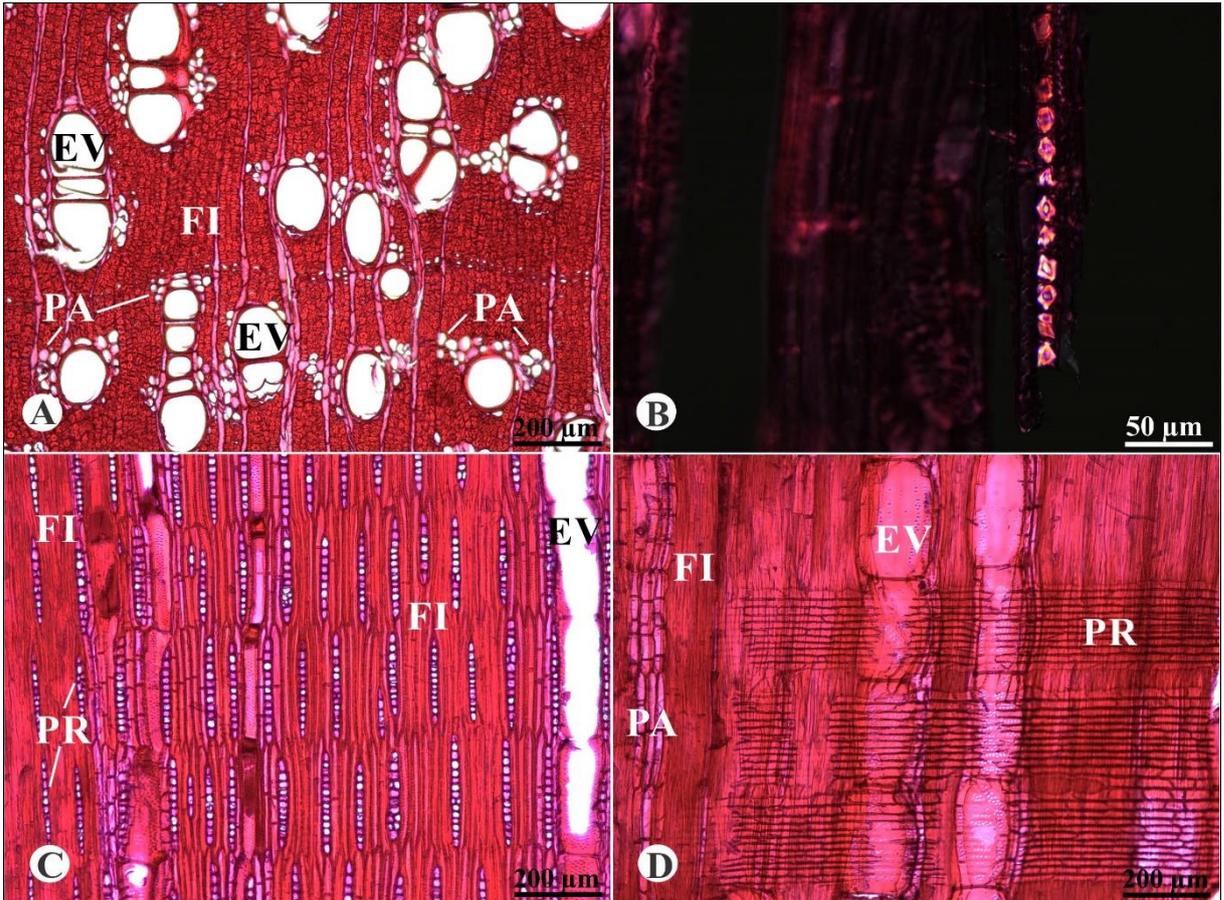


Figura 7. Lenho de *P. emarginatus*. **A:** parênquima axial (PA) paratraqueal aliforme e confluyente. **B:** secção longitudinal em luz polarizada evidenciando a presença de séries cristalíferas subdivididas do parênquima axial. **C:** secção longitudinal tangencial mostrando raios unisseriados (PR), fibras (FI) e elementos de vaso estratificados (EV). **D:** secção longitudinal radial evidenciando células procumbentes dos raios, elementos de vasos (EV) e parênquima axial estratificados (PA).

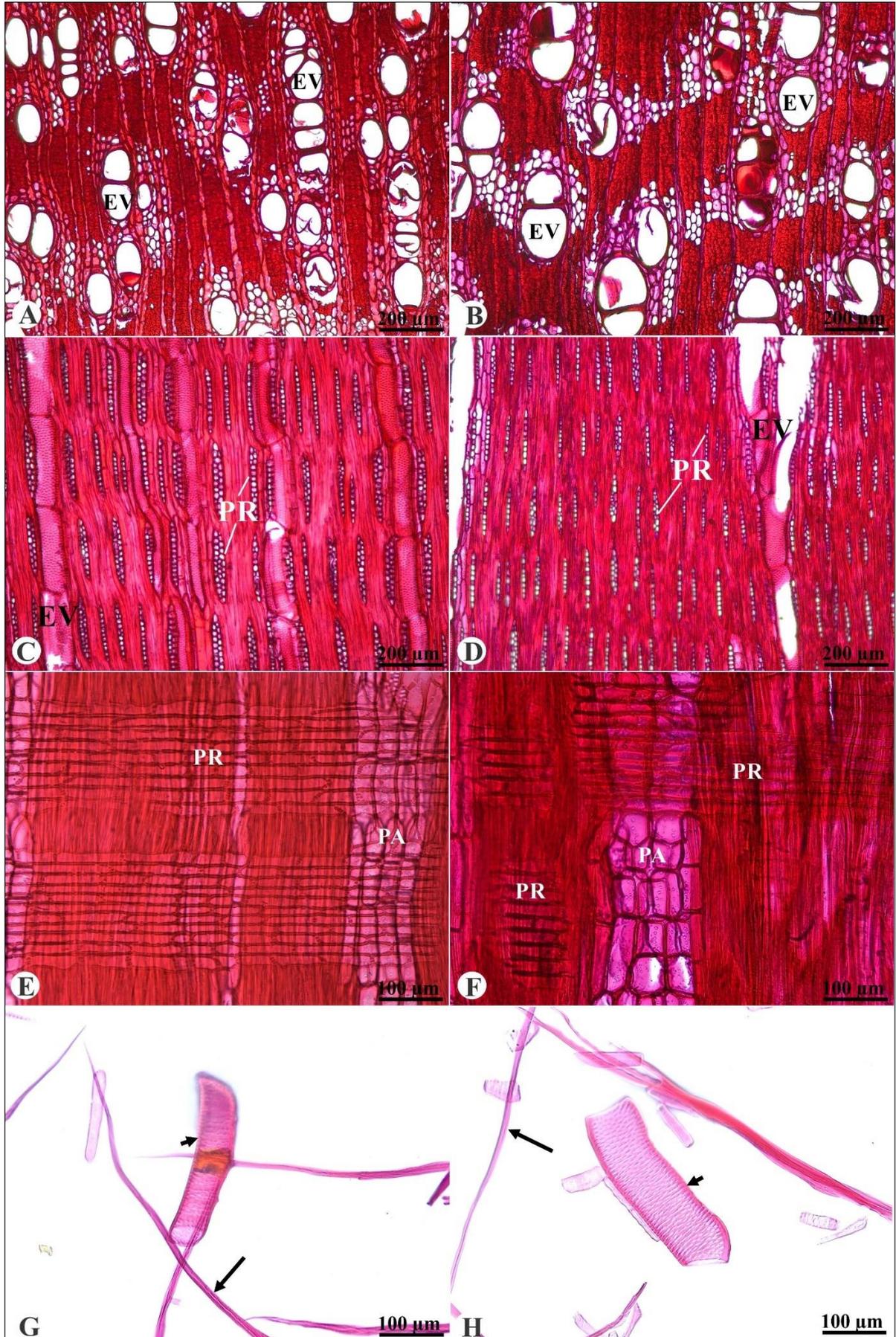


Figura 8. Secções comparativas do lenho de *P. emarginatus* nas duas áreas de estudo, Ribeirão Farofa (A, C, E e G) e Mirante do Bem (B, D, F e H). **A e B:** secção transversal evidenciando elementos de vaso (EV) por área. **C e D:** secção longitudinal tangencial evidenciando raios uni-bisseriados (PR). **E e F:** secção longitudinal radial com células procumbentes (PR) e parênquima axial (PA) vistos longitudinalmente. **G e H:** Dissociado do lenho apresentando elemento de vaso em destaque (seta curta) e fibras (seta longa).

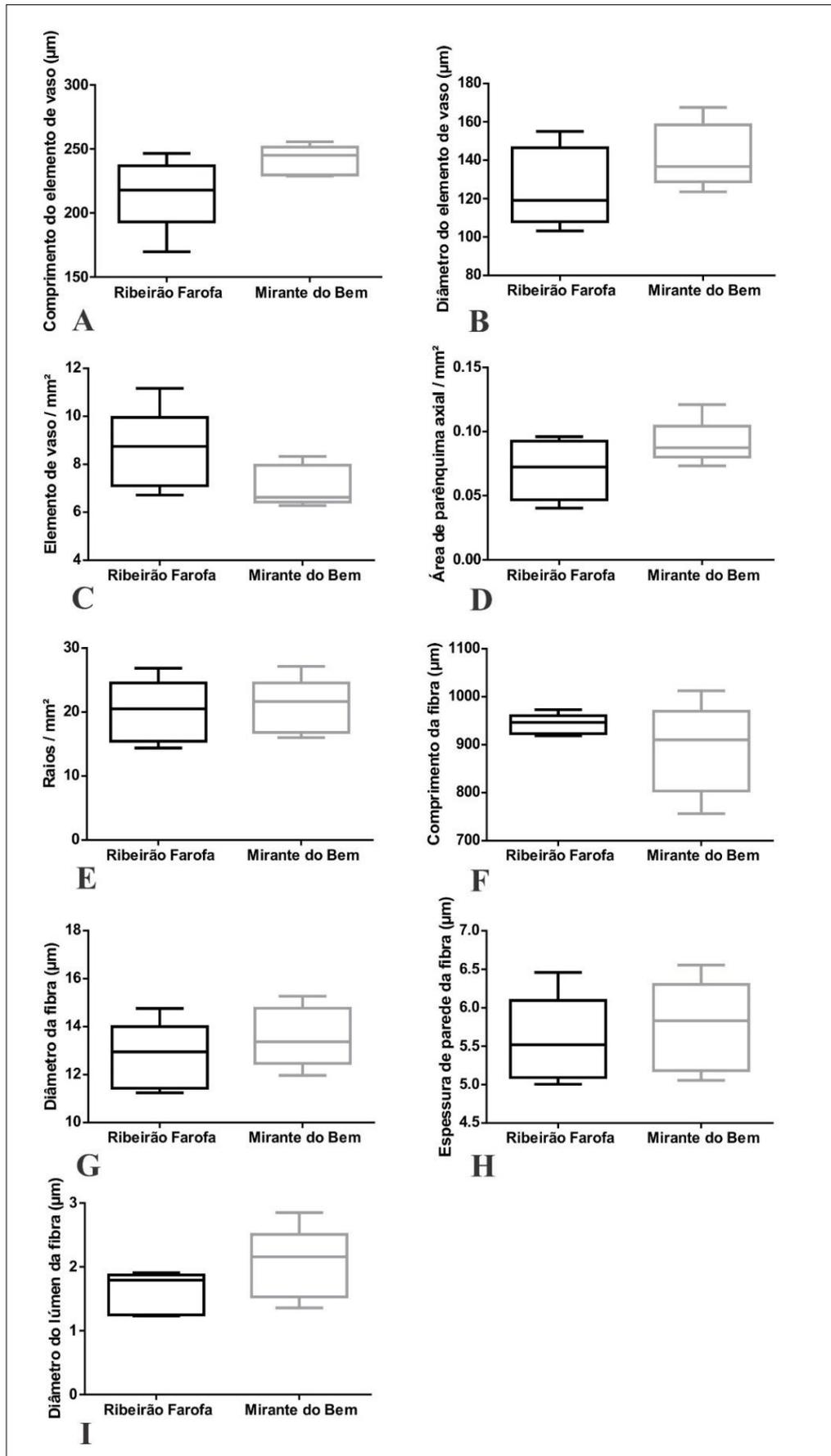


Figura 9. Análise citométrica e histométrica do lenho de *Pterodon emarginatus* Vogel nas áreas Ribeirão Farofa e Mirante do Bem, na Serra do Cipó-MG. **A:** comprimento do elemento de vaso; **B:** diâmetro tangencial do lúmen dos vasos; **C:** elementos de vaso por mm²; **D:** área ocupada pelo parênquima axial na secção transversal; **E:** raios por mm² em secção longitudinal tangencial; **F:** comprimento da fibra; **G:** diâmetro da fibra; **H:** espessura de parede; **I:** diâmetro do lúmen da fibra. As barras indicam médias e desvio padrão. Não houve diferença estatística significativa entre os dados analisados (Teste T. $p > 0,05$).

Tabela 3. Análise citométrica e histométrica do lenho de *Pterodon emarginatus* nas áreas Ribeirão Farofa e Mirante do Bem, na Serra do Cipó-MG (média \pm desvio padrão).

ITENS	ÁREA RIBEIRÃO FAROFA	ÁREA MIRANTE DO BEM
Elementos de vaso		
Comprimento (μm)	215,6 \pm 28,3	241,5 \pm 11,4
Diâmetro (μm)	125,6 \pm 20,7	142,2 \pm 16,8
Frequência/mm ²	8,5 \pm 1,6	7,0 \pm 0,8
Fibras		
Comprimento (μm)	942,7 \pm 20,8	891,2 \pm 95,2
Diâmetro (μm)	12,7 \pm 1,4	13,5 \pm 1,2
Espessura da parede (μm)	5,5 \pm 0,5	5,7 \pm 0,6
Diâmetro do lúmen (μm)	1,6 \pm 0,3	2,0 \pm 0,5
Parênquima axial		
Área ocupada/mm ² (%)	20 \pm 0,02	26 \pm 0,02
Raios		
Frequência/mm ²	20,1 \pm 4,9	20,8 \pm 4,3

Não houve diferença estatística significativa entre os dados analisados (Teste T. $p > 0,05$).

Tabela 4. Descrição estatística da intercorrelação apresentada pelo COFECHA.

INDIVÍDUO (SÉRIE)	INTERVALO	Nº DE ANOS	CORR. COM SÉRIE MESTRA
SC9d (SC9dA)	1795 – 1953	159	0,556
SC9d (SC9dB)	1795 – 1953	159	0,509
SC1 (SC1C)	1823 – 1932	110*	0,263
SC1 (SC1D)	1823 – 1953	131*	0,331
SC7d (SC7dB)	1825 – 1967	143*	0,290
SC7d (SC7dA)	1825 – 1971	147*	0,338
SC10 (SC10B)	1881 – 2017	137	0,428
SC10 (SC10C)	1881 – 2017	137	0,381
MÉDIA:			0,395

*Os números de anos de séries individuais de discos antigos tiveram variações devido exposição ao ambiente e degradação da região do alburno.

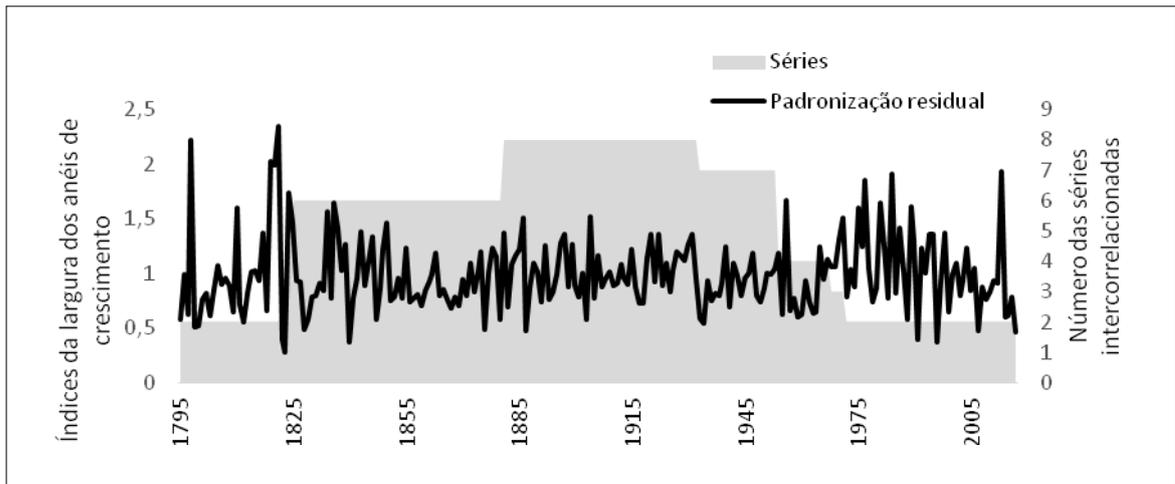


Figura 10. Série mestra em relação ao número das séries utilizadas para a datação cruzada, mostrando a representatividade dos indivíduos em cada período datado.

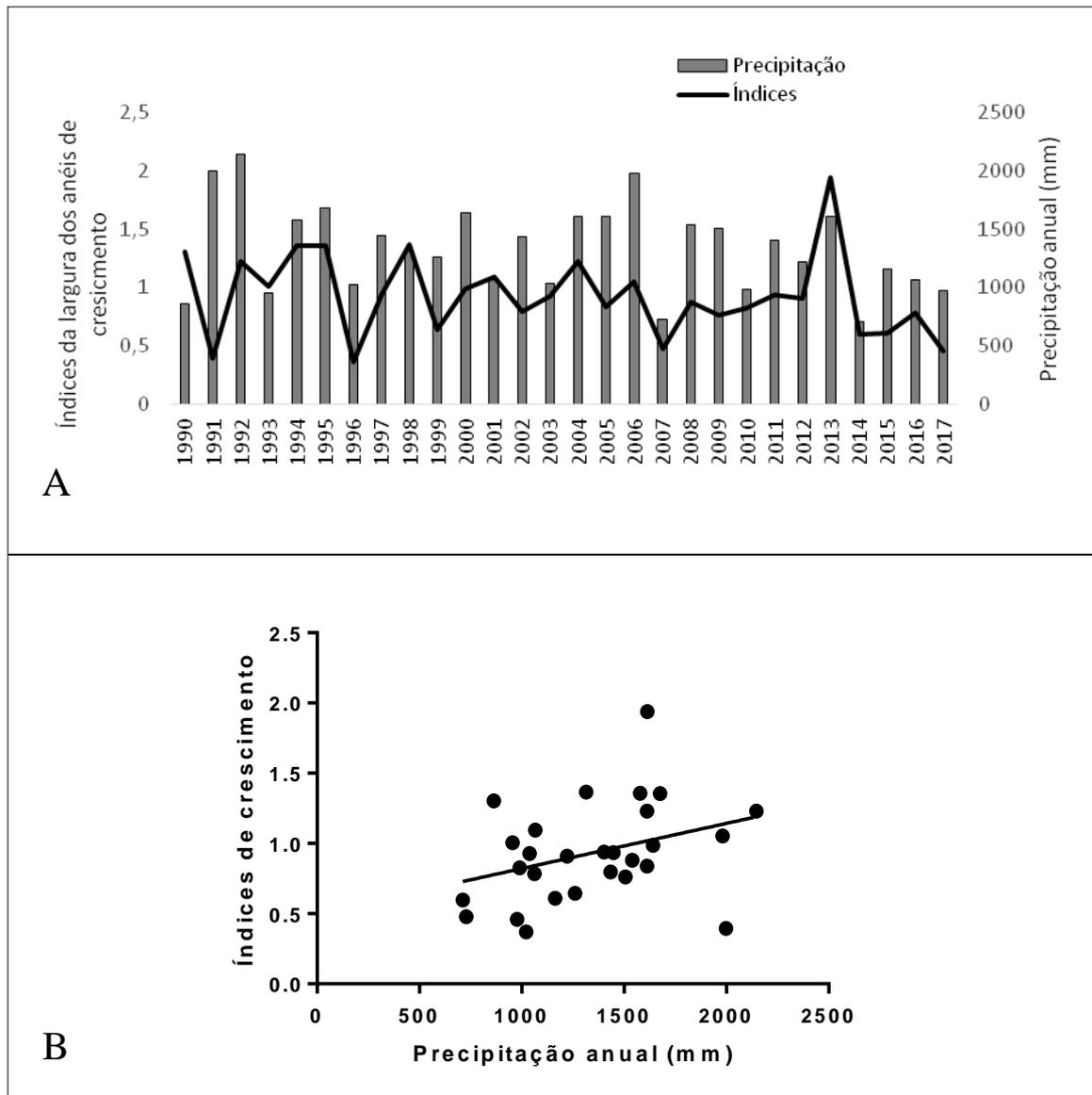


Figura 11. Índices da largura dos anéis de crescimento e a precipitação anual. **A:** índices de crescimento em relação à quantidade de chuva anual, no período de 1990 a 2017. **B:** correlação de Pearson evidenciando uma tendência positiva em relação ao quanto a precipitação influencia na largura dos anéis de crescimento.

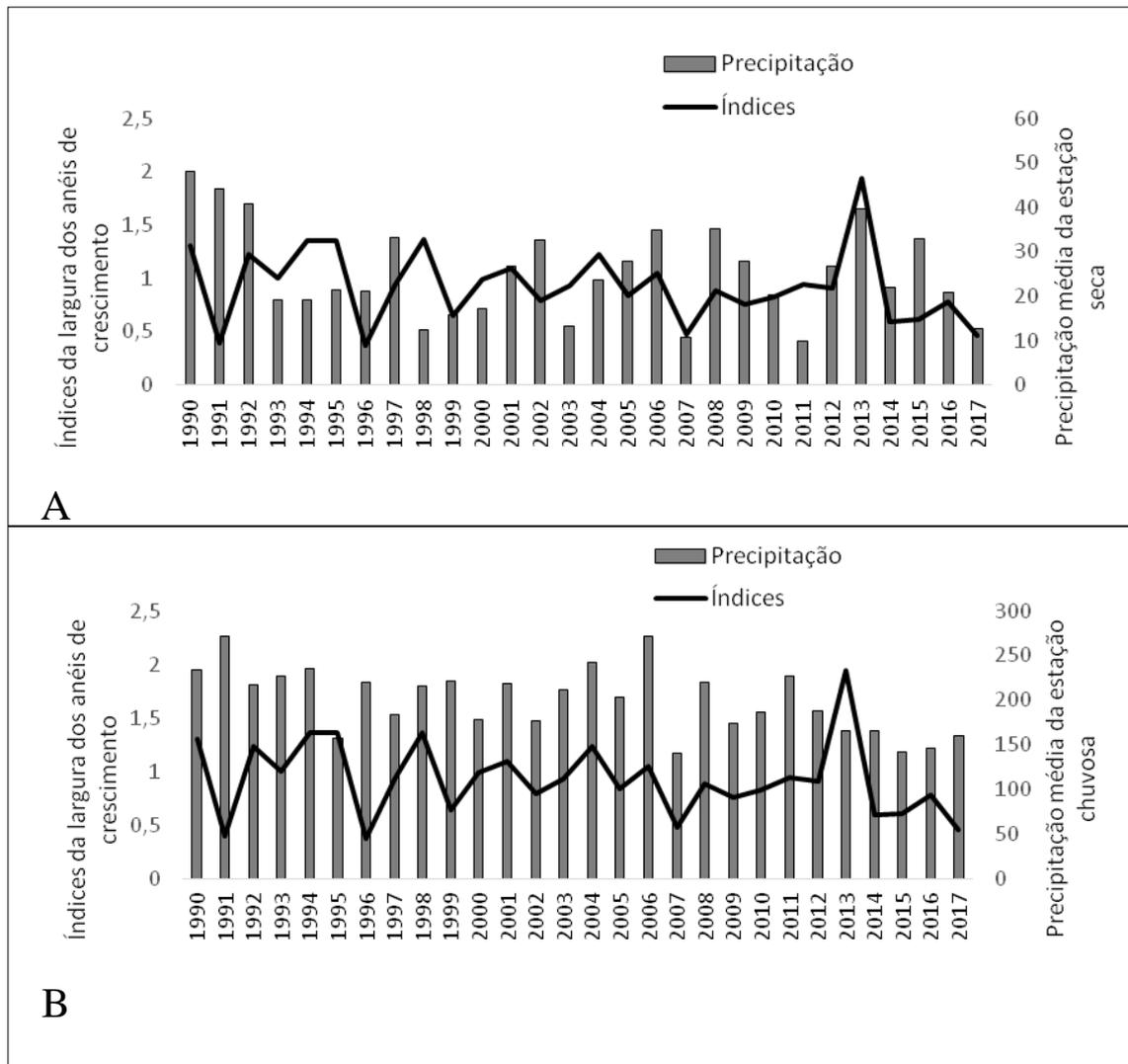


Figura 12. Índices da largura dos anéis de crescimento em relação à sazonalidade ao longo do tempo. **A:** crescimento dos indivíduos amostrados comparados aos dados de precipitação média mensal na estação seca (abril a setembro). **B:** dados de precipitação média na estação chuvosa (outubro a março).

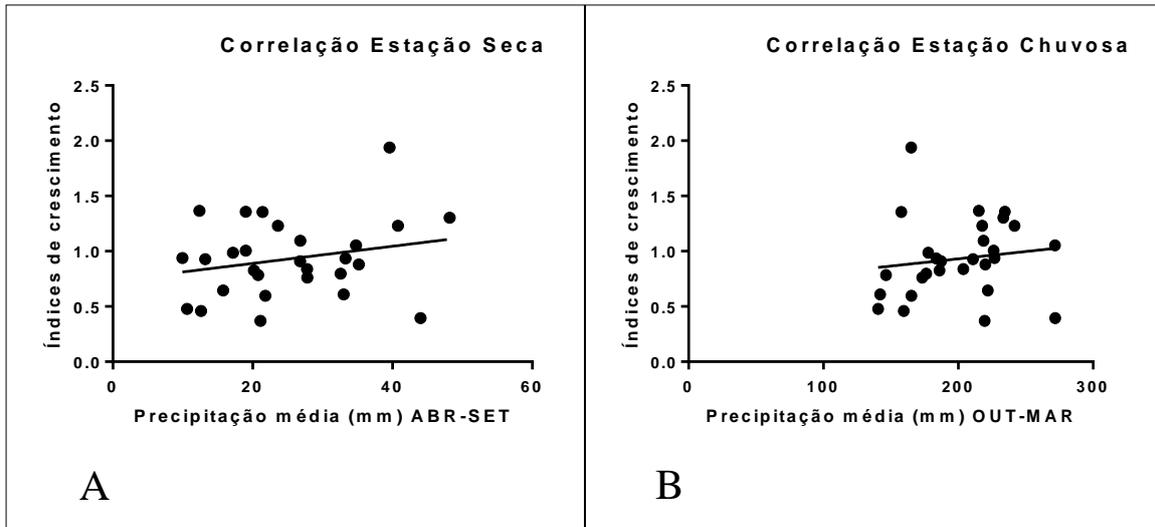


Figura 13. Correlação dos dados de precipitação média mensal da estação seca (A) e chuvosa (B) mostrando uma tendência positiva, mas não significativa.

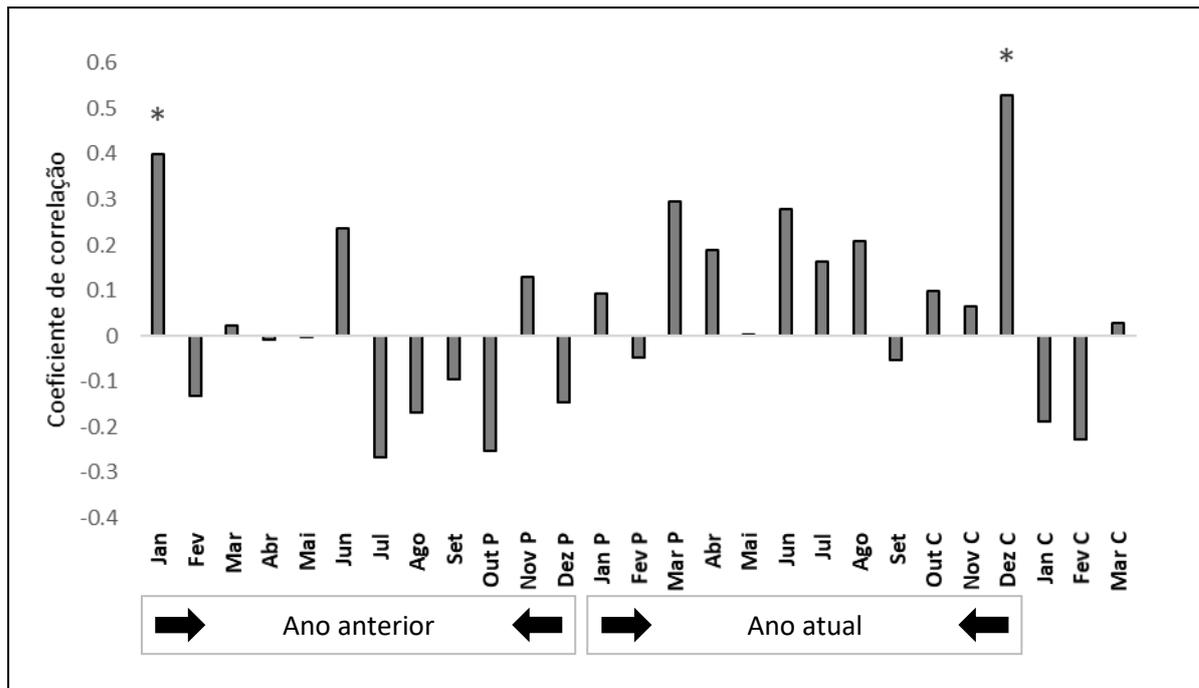


Figura 14. Correlação de Pearson entre os índices de crescimento e precipitações mensais do ano prévio (ano anterior) e ano corrente (ano atual), mostrando a influência mensal da chuva na formação dos anéis de crescimento. * = relação positiva significativa; P = início da estação de crescimento referente ao ano anterior; C = início da estação de crescimento referente ao ano corrente (ano atual).

Tabela 5. Análises físico-químicas do solo: granulometria, classificação textural, tipos de solo, densidade de partículas e do solo, pH, macro e micronutrientes, soma de bases trocáveis, capacidade de troca catiônica total e efetiva, índice de saturação por bases e por alumínio, fósforo remanescente e matéria orgânica.

ITENS	ÁREA RIBEIRÃO FAROFA	ÁREA MIRANTE DO BEM
Profundidade	20 cm	20 cm
Areia grossa (kg/kg)	0,19	0,26
Areia fina (kg/kg)	0,47	0,33
Silte (kg/kg)	0,24	0,23
Argila (kg/kg)	0,10	0,18
Classificação textural	Franco-Arenosa	Franco-Arenosa
Tipo de solo	1 (arenoso)	2 (textura média)
Dp	2,72	2,64
Ds	1,21	1,15
pH H ₂ O	4,58	4,74
P (mg/dm ³)	2,30	2,90
K (mg/dm ³)	30,00	63,00
Ca ²⁺ (cmol _c /dm ³)	0,36	0,19
Mg ²⁺ (cmol _c /dm ³)	0,05	0,12
Al ³⁺ (cmol _c /dm ³)	1,66	1,95
H + Al (cmol _c /dm ³)	7,40	8,00
SB (cmol _c /dm ³)	0,49	0,47
t (cmol _c /dm ³)	2,15	2,42
T (cmol _c /dm ³)	7,89	8,47
V (%)	6,20	5,50
m (%)	77,20	80,60
MO (dag/kg)	3,72	4,92
P-Rem (mg/L)	35,30	27,90
S (mg/dm ³)	14,90	12,60
B (mg/dm ³)	0,34	0,59
Cu (mg/dm ³)	0,62	0,92
Mn (mg/dm ³)	5,60	21,90
Fe (mg/dm ³)	107,60	210,20
Zn (mg/dm ³)	0,76	1,25

DP - Densidade de Partículas (densidade real); DS - Densidade de Solo (densidade aparente). pH em água - Relação 1:2,5; Ca²⁺ - Mg²⁺ - Al³⁺ - Extrator: KCl - 1 mol/L; P - K - Fe - Zn - Mn - Cu - Extrator Mehlich-1; H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L - pH 7,0; T - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; t - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; SB = Soma de Bases Trocáveis; V = Índice de Saturação por Bases; m = Índice de Saturação por Alumínio; MO (Mat. Orgânica) = C.Org x 1,724 - Walkley-Black; P-rem = Fósforo Remanescente; S - Extrator - Fosfato monocálcico em ácido acético; B - Extrator água quente.

4. DISCUSSÃO

4.1. Anatomia ecológica

Como não foi identificado nenhum estudo fenológico da espécie associado ao crescimento em espessura, as observações de campo apontam para o processo de queda foliar ocorrendo no final da estação de crescimento e o florescimento logo no início, por volta do mês de outubro. Dessa forma, a formação de parênquima marginal, que marca o limite entre o lenho inicial e tardio em *P. emarginatus*, tem possível associação com a queda foliar. Anéis de crescimento marcados por zonas fibrosas associadas ao parênquima marginal são observados em Fabaceae (Carlquist, 2001; Callado et al. 2001). Callado et al. (2001) propõem que o limite dos anéis nas espécies *Alchornea sidifolia* Müll. Arg. e *A. triplinervia* (Spreng.) Müll. Arg. (Euphorbiaceae) estão relacionados à um regime de inundações sazonais e queda foliar.

A ausência de cristais prismáticos nas plantas amostradas na área Mirante do Bem pode estar relacionada à diferença nas propriedades físico-químicas do solo. A maior concentração de Ca^{2+} no solo da população Ribeirão Farofa e presença de cristais de oxalato de cálcio no parênquima axial de seus indivíduos corrobora Paiva (2019), que aponta para uma relação existente entre estocagem de Ca^{2+} em plantas e formação de cristais de oxalato de cálcio. Os cristais podem ser encontrados ocupando células do parênquima axial e radial (Carlquist, 2001), sendo mais abundantes em espécies de ambientes mais secos, conforme observados por Barajas-Morales (1985). Séries cristalíferas foram encontradas em *Copaifera langsdorffii* na floresta e cerrado por Marcati et al. (2001). Melo Júnior et al. (2011) mostraram a presença de séries cristalíferas na mesma espécie nos diferentes tipos de substratos estudados. Porém, no estudo de Melo Júnior et al. (2016) foi observado a presença de cristais prismáticos no parênquima radial de *Rudgea viburnoides* (Cham.) Benth. (Rubiaceae) apenas nos indivíduos de campo rupestre quando comparado aos do campo cerrado, situação comparável à aqui encontrada.

As características qualitativas do lenho podem não apresentar diferenças intraespecíficas, sendo mais comum de ocorrer em características quantitativas (Ribeiro & Barros, 2006). No entanto, com relação às duas áreas analisadas, não foram encontradas diferenças significativas nas características quantitativas. Segundo Baas et al. (1983), um menor diâmetro e maior quantidade de elementos de vaso estão relacionados a áreas com menor disponibilidade hídrica. Mesmo não havendo diferenças significativas entre as médias

do diâmetro, altura e número por mm² dos elementos de vaso entre os indivíduos das duas áreas estudadas, observa-se menor diâmetro e altura dos vasos, e maior número de vasos por mm² nos indivíduos da área próxima ao ribeirão Farofa, mostrando uma tendência a aspectos relacionados a um maior déficit hídrico nessas plantas.

O tipo de solo foi um fator dentre um conjunto de causas observado por Marques et al. (2012) que influenciou na frequência dos elementos de vaso ao comparar duas regiões distintas nas quais os indivíduos de *Eugenia uniflora* L. estavam localizados. Melo Júnior et al. (2011) concluíram que as diferenças encontradas em *Copaifera langsdorffii* podem estar relacionadas ao solo mais inclinado e poroso, com escoamento rápido da água, mesmo que os indivíduos acessem o lençol freático. Esta conclusão está de acordo com o observado no solo da área Ribeirão Farofa, especialmente com relação ao tipo de solo, contribuindo para entender a tendência nas quantificações das características.

Na área Mirante do Bem, os indivíduos apresentaram maior diâmetro e altura dos vasos, e menor quantidade de vasos por mm², apontando para a possibilidade de um solo mais úmido. Essas observações podem indicar que a água retida no solo com textura média e pedregoso na Mirante do Bem pode ter um escoamento mais lento devido a uma maior retenção da pluviosidade e de águas que escoam de locais com relevo mais alto para uma região plana, além de um maior teor de argila. Ao observar a foto de satélite das áreas de coleta, a mancha vegetacional na área Mirante do Bem é muito mais extensa, densa e com porte maior, fato confirmado em campo. O valor da sensibilidade média aponta para períodos de menor disponibilidade de água no solo para as plantas da Ribeirão Farofa em relação às plantas na Mirante do Bem, sugerindo que o regime de precipitação e as características do solo sejam mais importantes que a proximidade das plantas em relação ao ribeirão Farofa.

4.2. Dendrocronologia

Pterodon pubescens e *Pterodon polygalaeflorus*, este como heterotípico de *P. emarginatus* (Carvalho, 2019), possuem madeira pesada, duríssima e resistente à putrefação (Rizzini, 1978). Essas características são também evidenciadas na população da Serra do Cipó, uma vez que na madeira dos indivíduos estudados de *P. emarginatus*, a penetração da Sonda de Pressler é muito difícil e os exemplares encontrados mortos têm seus troncos quase intactos. Um dos exemplares foi datado de 1795 e apresentou boas condições de conservação, considerando o fato de estar no ambiente por pouco mais de 200 anos. Algumas espécies arbóreas da Floresta Amazônica pertencentes à Fabaceae, segundo Mozeto et al. (1988),

apresentaram idade superior a 130 anos, datadas por radiocarbono, evidenciando a longevidade existente na família.

P. emarginatus é encontrada no domínio Cerrado sendo considerada uma espécie semidecídua (Lorenzi, 2002). Oliveira-Filho & Scolforo (2008) acrescentam que a espécie também está presente no domínio Atlântico e domínio do Semi-árido, representada nas fisionomias floresta semidecídua de sub a inferomontana, floresta semidecídua e de galeria, floresta e nanofloresta semidecídua superomontanas e floresta decídua (mata seca).

Os anéis de crescimento são marcados por parênquima marginal e zona fibrosa. Há evidências de serem anéis anuais por corresponderem aos que podem ser encontrados em espécies decíduas e/ou semidecíduas (Callado et al., 2001; Tomazello-Filho et. al., 2004; Marcati et al, 2008). Conforme sugeriram Lisi et al. (2008), espécies de floresta semidecíduas de São Paulo possuem ciclo anual de formação de madeira e que a seca é o fator que promove a queda foliar. O fato de *P. emarginatus* ser também encontrada nessa fisionomia (Oliveira Filho & Scolforo, 2008; Carvalho, 2019), ter queda foliar (Lorenzi, 2002) e estar sujeita a um clima com precipitação abaixo de 60mm na estação seca, que segundo Worbes (1995) leva a formação de anéis anuais, corrobora o fato de *P. emarginatus* apresentar ciclos anuais de crescimento em espessura devido à sazonalidade. A visualização dos anéis foi dificultada em algumas secções devido à fusão destes por uma organização excêntrica do lenho ou pelo lenho encontrar-se rachado e lesionado pela ação do tempo e de microrganismos, sendo necessário excluir metade dos raios averiguados.

Os valores de intercorrelação com a série mestra (0,395), sensibilidade média (0,396), desvio padrão (0,437) e autocorrelação (-0,031) foram considerados satisfatórios em vista da dificuldade de localizar anéis falsos ou fundidos, e pelo parênquima marginal ser de difícil visualização. Entretanto, mesmo com baixo número amostral (4 discos e 8 séries) e pela diferença temporal entre as idades dos indivíduos que pôde ter ocasionado uma supervalorização do valor resultante pela interferência das correlações de uma série com a outra de um mesmo indivíduo, é suficiente para apontar a potencialidade dessa espécie para estudos dendrocronológicos. Alvarado (2009) conseguiu valores similares de intercorrelação para *Swietenia macrophylla* King. (Meliaceae) para um número amostral de 5 árvores (8 séries) da população A e 8 árvores (8 séries) da população B, equivalente ao número de séries de *P. emarginatus*. Os valores de intercorrelação foram de 0,467 para a população A e 0,413 para a população B.

Dados da correlação entre os índices e precipitação anual mostraram que alguns anos apresentaram aumento ou diminuição do crescimento em relação à disponibilidade hídrica. No entanto, não foi possível confirmar a influência do macroclima na formação dos anéis de crescimento de *P. emarginatus*. O fato do coeficiente de correlação entre os índices de crescimento e dados de precipitação ser baixo pode estar relacionado a permanente disponibilidade hídrica para a maioria dos indivíduos utilizados na datação cruzada. Porém, com as análises das características anatômicas e do solo somadas ao valor de sensibilidade média, que se encontra acima de 0,30, pode indicar que a largura dos anéis de crescimento é suficientemente variável e os anéis sensíveis às condições macroclimáticas (Grissino-Mayer, 2001). Roig et al. (2001) encontrou sensibilidade média relativamente alta (0,30) para indivíduos de *Polylepis pepeii* B.B. Simpson indicando que a variabilidade do crescimento no eixo radial do tronco estaria vinculada às variações climáticas, podendo ter o mesmo significado para *P. emarginatus*.

A correlação por estação pode indicar que a precipitação é o principal fator limitante do crescimento, pois quando os valores se encontram abaixo de 60 mm (Worbes, 1995), o crescimento é afetado. Essa afirmativa explica o fato de ter uma tendência maior de correlação na estação seca, mesmo não sendo significativo. A planta reduz o crescimento de acordo com a disponibilidade hídrica, sendo o câmbio sensível às suas oscilações. A estação chuvosa apresenta distribuição irregular da pluviosidade ao longo dos meses na região não havendo um padrão de crescimento homogêneo durante a estação de crescimento, sendo esta afirmativa justificada pelo menor valor de correlação. Já na estação seca ocorre a distribuição da pluviosidade de forma mais regular devido ao maior valor de correlação em relação à estação chuvosa.

Os coeficientes de correlação positivos e significativos na correção de Pearson entre os índices da largura dos anéis de crescimento e a precipitação mensal do ano prévio e corrente pode indicar a influência da precipitação de janeiro e dezembro, respectivamente, no crescimento de *P. emarginatus*. Em dezembro do ano corrente à estação de crescimento, a água depositada no solo permite o crescimento imediato da planta. Giantomasi et al. (2012) ao analisarem a atividade cambial da espécie *Prosopis flexuosa* DC. da região árida do centro-oeste argentino viram que a espécie também apresenta rápida resposta às condições hídricas na estação de crescimento. Dessa forma, o incremento em espessura ocorre mais significativamente nos meses de maior precipitação.

O mês de dezembro pode ser o que mais fornece condições para formação do anel em *P. emarginatus* por possuir alta precipitação média, corroborando Kanieski et al. (2017) quando relataram uma relação positiva do crescimento de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & Downs com a precipitação no mês de janeiro. Entretanto, mesmo dezembro sendo um dos meses com maior precipitação na estação chuvosa da região estudada (Vieira et. al., 2010) e promovendo uma maior influência no incremento da espécie, um único indivíduo está representando o período de precipitação utilizado (1990 a 2017), consequência da dificuldade de suprimir árvores dentro de um parque nacional e da dureza da madeira, dificultando a penetração da Sonda de Pressler. Para dados mais consistentes que visam observar o comportamento da planta em respostas às condições climáticas da região seria necessário aumentar a representatividade da população para diminuir a interferência dos ruídos individuais, maximizando o sinal climático de interesse. No entanto, os dados observados apontam para um comportamento da espécie muito interessante e merecedor de estudos mais aprofundados para entender os padrões de respostas e crescimento frente às condições climáticas da região, especialmente por se tratar historicamente da principal espécie nativa da região fornecedora de madeira construtiva.

4.3. Solo

Ao comparar o solo das duas áreas, os teores de Al^{3+} e H^+ foram altos indicando maior ocupação das cargas negativas nos dois solos, tornando-os pobres (Kiehl, 1979). Informação já destacada por Haridasan (2000) quando se refere aos solos nutricionalmente pobres encontrados no Cerrado. É fato que a baixa capacidade para reter cátions em forma trocável está relacionado à solos com baixo pH, comuns em áreas tropicais, possuindo baixas concentrações de Ca^{2+} e Mg^{2+} , fixação de K^+ e altos valores de H^+ e Al^3 (Ronquim, 2010).

Valores de V (%) encontrados estão abaixo de 50% e o m(%) superiores a 50%, classificando-os como solos álicos (muito pobres nutricionalmente). Isso implica em uma menor capacidade de troca catiônica efetiva (t), atingindo valores abaixo de 40% da capacidade total do solo, com cerca de 27% na Ribeirão Farofa e 29% na Mirante do Bem. Os macro e micronutrientes analisados estão abaixo do conteúdo médio dos elementos minerais no solo e na fitomassa de plantas terrestres (g/kg), segundo tabela apresentada por Ronquim (2010), exceto pelos minerais Mn, Fe e Zn, que estão dentro dos limites de concentração. As maiores quantidades dos minerais K, Mg^{2+} , B, Fe e Mn encontrados na área Mirante do Bem em relação a Ribeirão Farofa podem ser explicados pelo escoamento de água da chuva

proveniente de regiões adjacentes mais altas para a região mais plana (Haridasan, 2000) onde estão localizados os indivíduos de *P. emarginatus*. Apesar do solo da área Mirante do Bem ter proporções abaixo de 35% de argila e acima de 45% de areia, pode ser enquadrado como arenoso e classificado como tendo textura média. Este fato pode estar relacionado às proporções equivalentes de areia, silte e argila que foram encontradas. Em contrapartida, o solo da Ribeirão Farofa é arenoso e está mais vulnerável a lavagens pelo aumento do nível de água do ribeirão (Melo Júnior et al., 2011), explicando o fato da diferença nos valores encontrados de K, Mg²⁺, B, Fe e Mn nas duas áreas.

Os indivíduos de *P. emarginatus* na Serra do Cipó estão adaptados à solos nutricionalmente mais pobres, com baixa capacidade de troca catiônica efetiva e mais ácidos devido à altas quantidades encontradas de Al³⁺ e H⁺. Apesar disso, *P. emarginatus* sendo uma espécie nativa de clima tropical está bem adaptada às condições encontradas e as concentrações altas de Al³⁺ provavelmente não interferem no desenvolvimento normal dos indivíduos. Alvim et al. (2017) apontaram para o efeito benéfico do acúmulo de alumínio na espécie endêmica *Qualea cordata* (Mart.) Spreng., encontrada em campos rupestres. Houve partição diferencial de biomassa e maiores níveis de carotenoides, concluindo que a resiliência dessa espécie a condições naturais e muito ácidas do solo indica necessidade e efeito benéfico do acúmulo de alumínio. Outros estudos relatam que algumas espécies nativas do Cerrado são acumuladoras de alumínio (Haridasan, 2000).

5. CONCLUSÃO

O regime pluviométrico associado ao relevo e granulometria do solo são os principais fatores que promovem as características do crescimento em espessura nos indivíduos de *P. emarginatus* nas áreas Ribeirão Farofa e Mirante do Bem. Este fato pode ser confirmado quando foram associados aos tipos de solo e disponibilidade hídrica nas análises da madeira. As áreas estudadas são equivalentes, no entanto apresentam tendências distintas em relação às condições analisadas. Essas condições não são suficientes para gerarem diferenças significativas nas características anatômicas da madeira, mas permitiu observar detalhes como a sensibilidade média que comprova que a influência maior pode estar relacionada à precipitação.

Os resultados indicam que os indivíduos da população de *P. emarginatus* na Serra do Cipó estão bem adaptados às condições da região, sejam elas climáticas ou edáficas, seguindo um padrão de crescimento homogêneo. O fato de ser encontrado um indivíduo datado de 1795 estando este no ambiente por aproximadamente 200 anos, indica que as plantas dessa espécie são longevas, apresentando boa resistência da madeira a agentes xilófagos. Dessa forma, a precipitação, o relevo e as condições de solo parecem ser propícias para o desenvolvimento dos indivíduos de *P. emarginatus* no local.

O macroclima da região do Parque Nacional da Serra do Cipó mostra um ciclo de estações seca e chuvosa bem definido, o que implicou em um padrão de respostas em *P. emarginatus* formando anéis de crescimento anuais. Além disso, por ser possível datar os indivíduos antigos e alcançar bons valores de correlação, *P. emarginatus* se mostrou eficaz para estudos relacionados ao histórico climático na Serra do Cipó, podendo ampliar para outras regiões onde essa espécie é encontrada.

REFERÊNCIAS

- Abrantes, J, Campelo, F, García-González, I, Nabais, C. Environmental control of vessel traits in *Quercus ilex* under Mediterranean climate: relating xylem anatomy to function. *Trees* 2013; 27:655–662;
- Albuquerque, RP, Brandes, AFN, Lisi, CS, Moraes, LFDd, Barros, CF. Tree-ring formation, radial increment and climate–growth relationship: assessing two potential tree species used in Brazilian Atlantic forest restoration projects. *Trees* 2019 jun.; vol. 33 (3), pp. 877-892;
- Alvarado, JR. Dendrocronologia de árvores de mogno, *Swietenia macrophylla* King., Meliaceae, ocorrentes na floresta tropical Amazônica do Departamento de Madre de Dios, Peru [dissertação]. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo; 2009;
- Alves, ES, Angyalossy-Alfonso, V. Ecological Trends in the Wood Anatomy of some Brazilian Species. 2. Axial Parenchyma, Rays and Fibres. *IAWA Journal* 2002; Vol. 23 (4): 391– 418;
- Alvim, MN, França, MGC, Ramos, FT, Zonta, E, Nascentes, CC. Slight Soil Deacidification Compromise the Growth and the Aluminum Accumulation in *Qualea cordata* Plantas. *Applied Ecology and Environmental Research* 2017; 15(4):2023-2034;
- Baas, P, Esser, PM, Van der Westen, MET, Zandee, M. Wood Anatomy of the Oleaceae. *IAWA Bulletin* 1988; n.s., Vol. 9 (2),103-182;
- Baas, P, Werker, E, Fahn, A. Some Ecological Trends in vessel characters. *IAWA Bulletin* 1983; n.s. vol. 4 (2-3), p. 141-159;
- Barajas-Morales, J. Wood Structural Differences Between Trees of Two Tropical Forests In Mexico. *IAWA Bulletin* 1985; n.s. vol. 6 (4), p. 355-364;
- Barros, CF, Marcon-Ferreira, ML, Callado, CH, Lima, HRP, Cunha, Md, Marquete, O et al. Tendências Ecológicas na Anatomia da Madeira de espécies da Comunidade Arbórea da Reserva Biológica de Poços das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. *Rodriguésia* 2006; 57 (3): 443-460;
- Botosso, PC, Mattos, PP. Conhecer a Idade das Árvores: Importância e Aplicação. 1rd ed. Conhecer a Idade das Árvores: Importância e Aplicação. Colombo, PR: Embrapa Florestas; 2002;
- Brandes, AFdN, Albuquerque, RP, Moraes, LFDd, Barros, CF. Annual tree rings in *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F.Macbr. in a restoration experiment in the Atlantic Forest: potential for dendroecological research. *Acta Botanica Brasilica* 2016 July-September; 30(3): 383-388;
- Callado, CH, Silva-Neto, SJd, Scarano, FR, Barros, CF, Costa, CG. Anatomical features of Growth Rings in Flood-prone Trees of the Atlantic Rain Forest in the Rio de Janeiro, Brazil. *IAWA Journal* 2001; Vol. 22 (1), 29– 42;
- Carlquist, S. Comparative Wood Anatomy: Systematic, Ecological, and Evolutionary Aspects of Dicotyledon Wood. 2rd ed. Springer series in wood science; 2001;

- Carvalho, C.S. *Pterodon* in Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. [cited 2019 jun. 2]. Available from: <http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/>;
- Cook, ER. A Time Series Analysis Approach to Tree Ring Standardization [dissertation]. The University of Arizona, Graduate College, 1985;
- Cook, ER, Holmes, RL. Program ARSTAN: Guide for computer program ARSTAN. Adapted from Users Manual for Program ARSTAN, in Tree-Ring Chronologies of Western North America: California, eastern Oregon and northern Great Basin, by R. L. Holmes, R. K. Adams and H. C. Fritts, Laboratory of Tree-Ring Research, The University of Arizona 1986; pages 50-65;
- Corrêa, RS, Bellote, AFJ. Influência do solo na dimensão dos traqueídeos e densidade da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Pesquisa Florestal Brasileira 2011 abr./jun.; Colombo, v. 31, n. 66, p. 93-102;
- Denardi, L, Marchiori, JNC. Anatomia Ecológica da Madeira de *Blepharocalyx salicifolius* (H. B. K.) Berg. Ciência Florestal, Santa Maria, 2005; v. 15, n. 2, p. 119-127;
- Douglass, AE. Evidence of Climatic Effects in the Annual Rings of Trees. Ecological Society of America 1920 Jan.; Ecology, Vol. 1, No. 1, pp. 24-32;
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Solos. [cited 2018 ago.6]. Available from: <https://www.embrapa.br/solos/analises>;
- Ferrero, ME, Villalba, R, Rivera, SM. An assessment of growth ring identification in subtropical forests from northwestern Argentina. Dendrochronologia 2014; 32, 113–119;
- Fichtler, E, Worbes, M. Wood anatomical variables in tropical trees and their relation to site conditions and individual tree morphology. IAWA Journal 2012; Vol. 33 (2): 119–140;
- Fonti, P, García-González, I. Earlywood vessel size of oak as a potential proxy for spring precipitation in mesic sites. Journal of Biogeography (J. Biogeogr.) 2008; 35, 2249–2257;
- Fritts, HC. Dendroclimatology and Dendroecology. Quaternary Research 1971; 1, 419-449;
- Gardoni, LCdP, Isaias, RMdS, Vale, FHA. Morfologia e anatomia foliar de três morfotipos de *Marcetia taxifolia* (A. St.-Hil.) DC. (Melastomataceae) na Serra do Cipó, MG. Revista Brasil. Bot. 2007 jul.-set.; V.30, n.3, p.487-500;
- Giantomasi, MA, Roig-Juñent, F, Patón-Domínguez, D, Massaccesi, G. Environmental modulation of the seasonal cambial activity in *Prosopis flexuosa* DC trees from the Monte woodlands of Argentina. Journal of Arid Environments 2012; 76, 17-22;
- Granato-Souza, D, Adenesky-Filho, E, Esemann-Quadros, K. Dendrochronology and climatic signals in the wood of *Nectandra oppositifolia* from a dense rain forest in southern Brazil. Journal of forestry research 2019; v.30, no.2, pp. 545-553;
- Grissino-Mayer, HD. Evaluating Crossdating Accuracy: A Manual and Tutorial for the Computer Program COFECHA. Tree-Ring Research 2001; vol. 57(2), pp. 205-221;
- Hadad, MA, Amoroso, MM, Roig-Juñent, FA. Frost ring distribution in *Araucaria araucana* trees from the xeric forests of Patagonia, Argentina. BOSQUE 2012; 33(3): 309-312;

- Haridasan, M. Nutrição Mineral de Plantas Nativas do Cerrado. *Revista Bras. Fisiol. Veg.* 2000; 12 (1): 54-65;
- Holmes, RL. Computer-Assisted Quality Control in Tree-Ring Dating and Measurement. *Tree-Ring Bulletin* 1983; vol. 43, p. 69-78;
- IAWA *Committee*. IAWA List of Microscopic Features for Hardwood Identification. *IAWA Bulletin* 1989; n.s., vol. 10 (2), p. 219-332;
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. [cited 2019 abr.17]. Available from: <http://www.inmet.gov.br/portal/>;
- Kanieski, MR, Galvão, F, Roig, FA, Botosso, PC. Dendroecologia de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & Downs E *Hovenia dulcis* Thunb. em uma Área Degradada na Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Sul do Brasil. *Ciência Florestal*, Santa Maria 2017 out.-dez.; v. 27, n. 4, p. 1201-1215;
- Kiehl, EJ. Manual de Edafologia: Relação solo-planta. São Paulo: Jubileu de Prata Editora Agronômica “CERES” Ltda; 1979;
- Kraus, JE, Arduin, M. Manual básico de métodos em morfologia vegetal. Seropédica: EDUR; 1997;
- Lisi, CS, Tomazello-Filho, M, Botosso, PC, Roig, FA, Maria, VRB, Ferreira-Fedele, L et al. Tree-Ring Formation, Radial Increment Periodicity, and Phenology of Tree Species from a Seasonal Semi-Deciduous Forest in Southeast Brazil. *IAWA Journal* 2008; Vol. 29 (2): 189–207;
- Lorenzi, H. Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil. 2nd ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum; 2002;
- Luchi, AE. Anatomia do lenho de *Croton urucurana* Baill. (Euphorbiaceae) de solos com diferentes níveis de umidade. *Revista Brasil. Bot.* 2004 abr.-jun.; V.27, n.2, p.271-280;
- Madeira, JA. Plano de Manejo Parque Nacional da Serra do Cipó e Área de Proteção Ambiental Morro da Pedreira. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação – ICMBio; 2009 março;
- Marcati, CR, Angyalossy-Alfonso, V, Benetati, L. Anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinioideae) de floresta e cerradão. *Revta brasil. Bot.*, São Paulo, 2001 set.; V.24, n.3, p.311-320;
- Marcati, CR, Milanez, CRD, Machado, SR. Seasonal development of secondary xylem and phloem in *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake (Leguminosae: Caesalpinioideae). *Trees* 2008; 22:3–12;
- Maria, VRB. Estudo da periodicidade do crescimento, fenologia e relação com a atividade cambial de espécies arbóreas tropicais de Florestas Estacionais Semidecíduais [dissertação]. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo; 2002;
- Marques, PA, Callado, CH, Barros, CF, Costa, CG. Variação Intraespecífica do Lenho de *Eugenia uniflora* L. em Duas Diferentes Fitofisionomias do Complexo Vegetacional Atlântico. *Floresta e Ambiente* 2012 out./dez.; 19(4):483-496;

- Melo Júnior, JCF, Amorim, MW, Soffiatti, P. Comparative wood anatomy of *Ficus cestrifolia* (Moraceae) in two distinct soil conditions. *Rodriguésia* 2018; 69(4): 2109-2118;
- Melo Júnior, JCFd, Ceccantini, G, Bona, C. Anatomia ecológica do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (*Leguminosae*) distribuída em diferentes condições edáficas do cerrado sul-brasileiro. *IHERINGIA, Sér. Bot.*, Porto Alegre, 2011 dez.; v. 66, n.2, p. 189-200;
- Melo Júnior, JCFd, Silva, MMd, Soffiatti, P. Anatomia Ecológica da Madeira de *Rudgea viburnoides* (Cham.) Benth. Em Campo Cerrado e Rupestre. *Balduinia* 2016; n. 54, p. 22-31;
- Mozeto, AA, Fritz, P, Moreira, MZ, Vetter, E, Aravena, R, Salati, E, Drimmie, RJ. Growth rates of natural Amazonian Forest trees based on radiocarbon measurements. *Radiocarbon*, 1988. Vol 30, Nº 1, P 1-6;
- Ngoma, J, Speer, JH, Vinya, R, Kruijt, B, Moors, E, Leemans, R. The dendrochronological potential of *Baikiaea plurijuga* in Zambia. *Dendrochronologia*, 2017 January; Volume 41, Pages 65-77;
- Nimer, E. *Climatologia do Brasil*. 2nd ed. Rio de Janeiro: IBGE; 1989;
- Oliveira-Filho, ATd, Scolforo, JR. *Inventário Florestal de Minas Gerais*. Lavras: Editora UFLA; 2008;
- Oliveira-Filho, AT; Ratter, JA; Shepherd, GJ. Floristic Composition and Community Structure of a Central Brazilian Gallery Forest. *Flora* (1990) 184:103-117;
- Paiva, EAS. Are calcium oxalate crystals a dynamic calcium store in plants? *New Phytologist*. 2019.
- Paula, JEd, Cardoso, EN. Anatomia e Dendrometria da Madeira de *Pterodon polygalaeflorus* e *P. pubescens*. *Pesq. Agropec. Bras.* 1995 jan.; Brasília, v.30, n.1, p.15-29;
- Pedersoli, JL. Contribuição ao Conhecimento do Gênero *Pterodon* Benth. *Pterodon apparicioi* Pedersoli, n. sp. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 1970; v.42 (suplemento), p.391-395;
- Pumijumng, N, Wanyaphet, T. Seasonal cambial activity and tree-ring formation of *Pinus merkusii* and *Pinus kesiya* in Northern Thailand in dependence on climate. *Forest Ecology and Management* 2006; 226, 279–289;
- Reis-Avila, G, Oliveira, JM. Lauraceae: A promising family for the advance of neotropical dendrochronology. *Dendrochronologia* 2017; 44, 103–116;
- Ribeiro, MLRdC, Barros, CF. Variação intraspecífica do lenho de *Pseudopiptadenia contorta* (DC.) G.P. Lewis & M.P. Lima (*Leguminosae* - *Mimosoideae*) de populações ocorrentes em dois remanescentes de Floresta Atlântica. *Acta bot. bras.* 2006; 20(4): 839-844;
- Ribeiro, MC, Figueira, JEC. Uma Abordagem Histórica do Fogo no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais – Brasil. *Biodiversidade Brasileira* 2011; Ano I, Nº 2, 212-227;
- Ribeiro, JF; Walter, BMT. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado IN: Sano, SM; Almeida, SP; Ribeiro, JF. *Cerrado: Ecologia e Flora*. 1st ed. Volume 1. Capítulo 6 (152-212). Editora Embrapa. 2008.

- Rigatto, PA, Dedecek, RA, Matos, JLMd. Influência dos Atributos do Solo sobre a Qualidade da Madeira de *Pinus taeda* para Produção de Celulose Kraft. Revista Árvore, Viçosa-MG 2004; v.28, n.2, p.267-273;
- Rizzini, CT. Árvores e Madeiras Úteis do Brasil: Manual de Dendrologia Brasileira. 2nd ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda; 1978;
- Roig, F, Fernandez, M, Gareca, E, Altamirano, S, Monge, S. Estudios Dendrocronológicos en los Ambientes Húmedos de la Puna Boliviana. Rev. Bol. Ecol. 2001; 9: 3 – 13;
- Ronquim, CC. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite; 2010;
- Santos, AP, Zatta, DT, Moraes, WF, Bara, MTE, Ferri, PH, Silva, MdRR et al. Composição química, atividade antimicrobiana do óleo essencial e ocorrência de esteróides nas folhas de *Pterodon emarginatus* Vogel, Fabaceae. Revista Brasileira de Farmacognosia 2010 dez.; 20(6): 891-896;
- Schlichting, CD. The Evolution of Phenotypic Plasticity in Plants. Ann. Rev. Ecol. Syst. 1986; 17:667-93;
- Schweingruber, FH, Börner, A, Schulze, E.-D. Atlas of Woody Plants Stems: Evolution, Structure, and Environmental Modifications. Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2006;
- Sonsin, JO, Gasson, PEFLS, Barros, CF, Marcati, CR. A comparison of the wood anatomy of 11 species from two cerrado habitats (cerrado *s.s.* and adjacent gallery forest). Botanical Journal of the Linnean Society 2012 October; Volume 170, Issue 2, Pages 257-276;
- Tomazello-Filho, M. Lisi, CS, Hansen, N, Cury, G. Anatomical features of incremente zones in different trees species in the State of São Paulo, Brazil. Scientia Forestalis 2004; n. 66, p. 46-55;
- Vasconcellos, TJD, Tomazello-Filho, M, Callado, CH. Dendrochronology and dendroclimatology of *Ceiba speciosa* (A. St.-Hil.) Ravenna (Malvaceae) exposed to urban pollution in Rio de Janeiro city, Brazil. Dendrochronologia, 2019; 53, 104–113;
- Venegas-González, A, Roig-Juñent, F, Gutiérrez, AG, Peña-Rojas, K, Tomazello-Filho, M. Efecto de la variabilidad climática sobre los patrones de crecimiento y establecimiento de *Nothofagus macrocarpa* in central Chile. Bosque 2018; 39(1): 81-93;
- Vidaurre, G, Lombardi, LR, Oliveira, JTS, Arantes, MDC. Lenho Juvenil e Adulto e as Propriedades da Madeira. Floresta e Ambiente 2011 out./dez.; 18(4):469-480;
- Vieira, JPG, Souza, MJHd, Teixeira, JM, Carvalho, FPd. Estudo da precipitação mensal durante a estação chuvosa em Diamantina, Minas Gerais. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 2010; v.14, n.7, p.762–767;
- Villagra, PE, Roig-Juñent, FA. Wood Structure of *Prosopis alpataco* and *P. argentina* Growing Under Different Edaphic Conditions. IAWA Journal 1997; Vol. 18(1), 37-51;
- Worbes, M. How to measure growth dynamics in tropical trees: a review. IAWA Journal 1995; Vol. 16 (4), 337-351;

Worbes, M. Annual growth rings, rainfall-dependent growth and long-term growth patterns of tropical trees from the Caparo Forest Reserve in Venezuela. *Journal of Ecology* 1999; 87, 391-403.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Departamento de Botânica

Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal



Aryane Évelyn Barbosa Nunes

**ANATOMIA DA MADEIRA E DENDROCRONOLOGIA DE *Pterodon emarginatus*
Vogel (FABACEAE) NA SERRA DO CIPÓ, MG-BRASIL**

Belo Horizonte

2019