

Investigando o efeito da frequência do fogo na espessura da casca de espécies do cerrado

GABRIEL PIASSA¹

JOÃO MARCELO ROBAZZI BIGNELLI VALENTE AGUIAR^{2,3}

NATALIA DANTAS PAES²

Título corrente: O fogo e a espessura da casca no cerrado

¹Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Instituto de Biologia,
Universidade Estadual de Campinas, C.P 6109, Campinas, SP 13083-862, Brasil.

²Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Biologia, Universidade
Estadual de Campinas, C.P 6109, Campinas, SP 13083-862, Brasil.

³jmrobazzi@gmail.com

Resumo O fogo é um dos distúrbios mais impactantes no cerrado, podendo moldar a estrutura da comunidade. Assim, é importante entender como as plantas respondem a esse distúrbio. A espessura da casca é uma das características que reflete a perturbação do fogo, de modo que espécies que ocorrem sob esse distúrbio possuem espessura de casca maior, evitando a morte do indivíduo. Analisando quatro fragmentos do Cerrado de Itirapina – SP, investigamos se a frequência do fogo tem influência na espessura da casca das espécies de plantas, uma vez que é esperado que em locais onde o fogo é mais frequente a espessura da casca seria maior. Verificamos se existe variação na espessura da casca em três espécies que ocorrem em áreas com diferentes perturbações pelo fogo (*Aspidosperma tomentosum*, *Miconia albicans* e *Pouteria torta*). Além disso, foi realizada uma análise temporal para avaliar se num período de dez anos houve aumento na frequência de indivíduos com espessura de casca maior nas comunidades. Quando analisadas apenas as espécies que ocorrem em todas as áreas, não foi encontrada relação entre a presença ou ausência de fogo com a espessura da casca, de modo que uma espessura maior ou menor independe da frequência de fogo. A análise temporal revelou uma diminuição na frequência de indivíduos com espessura fina ao longo dos anos, porém também não foi possível obter uma relação com a frequência de fogo, uma vez que esse padrão foi encontrado para todas áreas. Apesar de muitos trabalhos mostrarem uma relação entre a presença de fogo e a espessura da casca em ambientes savânicos, nosso estudo não pode corroborar essa afirmação, sugerindo que as plantas analisadas já atingiram o limiar de resistência ao fogo, possuindo uma espessura de casca que confere proteção suficiente.

Palavras-chave: populações – Itirapina – *Aspidosperma tomentosum* – *Miconia albicans* – *Pouteria torta*

Introdução

O fogo é um agente determinante na vegetação do cerrado com intensidades e efeitos variados em suas fitofisionomias, assim como em outras formações savânicas (Guedes 1993, Gignoux et al. 1997, Miranda et al. 2002) e existem registros da ocorrência de fogo em vegetações savânicas datadas há mais de 32 mil anos (Vicentini 1993 apud Oliveira & Marquis, 2002). A vegetação do cerrado evoluiu sob a pressão exercida pelo fogo, e as espécies de plantas possuem estratégias para evitar os danos causados por esse distúrbio (Simon 2009).

A capacidade das plantas do cerrado em sobreviver ao fogo está relacionada a diversos fatores: o escape no tempo, a evitação no espaço, a capacidade de recobrimento das estruturas responsáveis pelo crescimento da planta, a germinação de sementes e a resistência ao fogo (Frost 1984 apud Guedes 1993). A capacidade de resistência ao fogo ainda depende da intensidade do fogo e grau de resistência e proteção dos tecidos da planta (Frost 1984 apud Guedes 1993). Um dos atributos que conferem resistência ao fogo em plantas lenhosas de cerrado é a casca. Tal atributo funciona como um isolante térmico evitando que o calor excessivo chegue ao câmbio (Guedes 1993, Gignoux 1997, Souchie 2015).

O câmbio é responsável pelo crescimento secundário do indivíduo e o dano causado a essa estrutura quando submetida a elevadas temperaturas ocasiona a morte (Byram 1958, Hare 1961, Kayll 1963, Uhl & Kauffman 1990, Guedes 1993). Estudos evidenciam que quanto maior a espessura da casca maior a resistência a fatores que podem causar danos aos tecidos internos em plantas de fisionomias savânicas (Guedes 1993, Gignoux 1997, Simon 2009, Pellegrini et al. 2017).

Assim, compreender determinados atributos relacionados a como as plantas lidam com o fogo é de fundamental importância para determinar a vulnerabilidade

desses ecossistemas e a proposição de manejo (Guedes 1993, Miranda et al. 2002, Pellegrini et al. 2017).

Nossa hipótese é de que a espessura da casca de plantas do cerrado varia comparando áreas com diferentes frequências de fogo. Esperamos observar que indivíduos da mesma espécie, apresentem uma espessura da casca maior em locais com maior frequência de fogo, quando comparados a indivíduos localizados em áreas com menor perturbação. Além disso, esperamos que ao longo dos anos exista um aumento na espessura da casca em comunidades de plantas com maior frequência de fogo devido ao efeito cumulativo desse distúrbio.

Material e métodos

Área de estudo - Os fragmentos de cerrado do município de Itirapina-SP (22°00' - 22°15'S e 47°45' - 48°00'W) que estudamos foram classificados em três fitofisionomias bem definidas: cerrado sensu stricto – Graúna (22°15'S, 47°47'W) e Estrela (22°12'S, 47°48'W); campo sujo – Estação Ecológica de Itirapina (Braga) (22°13'S, 47°54'W) e cerrado denso – Valério (22°13'S, 47°51'W). O clima da região é classificado como Cwa, segundo o sistema de Köppen, caracterizado por chuvas concentradas nos meses de verão e inverno seco (Alvares et al. 2014). A precipitação média anual da região é de 1.459 mm e temperatura média anual de 22,5 °C (Delgado et al. 2004). Segundo Prado (2003) e Reatto et al. (1998), o solo dos fragmentos estudados pode ser classificado como Neossolo Quartzarênico, caracterizado pela textura arenosa, com um máximo de 15% de argila, alta porosidade e com baixa disponibilidade de nutrientes.

Os quatro fragmentos apresentados acima foram classificados de acordo com o grau de perturbação pelo fogo em não perturbado, representado pelo Valério que não

apresenta ocorrências de fogo desde 1957; pouco perturbado, representado pelo cerrado de Braga que não apresenta perturbação pelo fogo desde 1984 e; muito perturbado, representado pelos fragmentos de Graúna e Estrela que apresentam registros de fogo quase anualmente (F.R. Martins, F.A.M. Santos, com. pess.).

Coleta de dados - A comunidade de cada área foi amostrada pelo método dos quadrantes proposto por Mueller-Dombois & Ellenberg (1974), sendo que para a área de Graúna os caracteres foram aferidos do ramo mais próximo do ponto que se localizava a uma altura de 1,30 m (PAP), e nas demais áreas foi medido os caracteres a partir do indivíduo mais próximo do ponto central do quadrante que apresentasse no mínimo 10 cm de perímetro na altura do solo (PAS). Em cada fragmento, 400 indivíduos foram amostrados, com exceção de Braga, onde 399 indivíduos foram amostrados, devido à perda de informação de um indivíduo.

Para testar nossa hipótese coletamos dados dos descritores morfológicos de perímetro como uma estimativa do tamanho do indivíduo e espessura da casca. O perímetro (cm) foi medido com uma trena (Brasfort ®), os dados referentes à espessura da casca (mm) foram medidos mediante um corte do córtex até o câmbio, com o auxílio de uma faca nos anos de 2008 e 2009 e nos anos de 2015 e 2017 com um medidor de casca (Soilcontrol ®), introduzido em direção perpendicular ao caule da planta com intensidade de força máxima aplicada pelo aferidor. Para todos os indivíduos amostrados, um ramo foi coletado para identificação posterior.

Análise dos dados de comunidade - Para avaliar se a espessura da casca varia de acordo com o perímetro da árvore de todas as espécies amostradas, foram realizadas

regressões lineares entre essas características para todas as áreas no ano de 2017 buscando entender se o perímetro explica significadamente a espessura da casca.

Espécies de estudo - Para testar se a alta frequência de fogo aumenta a espessura da casca, foram selecionadas três espécies em comum que possuíam pelo menos cinco indivíduos em cada área para análises: *Aspidosperma tomentosum* Mart.

(Apocynaceae) ($N_{\text{Braga}}=73$; $N_{\text{Estrela}}=14$ $N_{\text{Valério}}=11$; $N_{\text{Graúna}}=9$), *Miconia albicans* (Sw.) Triana (Melastomataceae) ($N_{\text{Braga}}=6$; $N_{\text{Estrela}}=11$ $N_{\text{Valério}}=9$; $N_{\text{Graúna}}=10$) e *Pouteria torta* (Mart.) Radlk. (Sapotaceae) ($N_{\text{Braga}}=31$; $N_{\text{Estrela}}=12$ $N_{\text{Valério}}=30$; $N_{\text{Graúna}}=35$).

Análise dos dados das espécies que ocorrem simultaneamente em todas as áreas -

Para cada espécie foram realizadas inicialmente regressões lineares para verificar uma possível relação entre espessura e perímetro, investigando se existe uma dependência nas medidas de espessura de casca com o tamanho da planta (estimado pelo perímetro).

A fim de verificar se a espessura da casca é maior em áreas com mais frequência de fogo nas áreas amostradas em 2017, foi realizado primeiramente o teste de Bartlett, que testa se as variâncias das amostras são homogêneas. Posteriormente, foi realizado o teste de análise de variância (ANOVA) comparando as espessuras de uma mesma espécie entre as áreas que ocorre. Como o teste ANOVA apresentou resultado significativo, foi realizado o teste de Tukey a posteriori, a fim de identificar quais áreas são diferentes entre si, em relação à espessura da casca.

Análise temporal da espessura de casca - A partir de um intervalo de tempo de 10 anos, foi realizada uma análise que buscou avaliar se houve variação na proporção de

indivíduos nos anos de 2008, 2009, 2015 e 2017 com espessura da casca fina ($e < 2$ mm), grossa ($2 \leq e \leq 10$ mm) e suberosa ($e > 10$ mm), utilizando o teste de Qui-quadrado (χ^2), ao longo dos anos nas áreas. Os intervalos de espessura da casca foram adotados seguindo as recomendações dos anos anteriores.

Considerações e análises estatísticas - Todas as análises estatísticas e gráficos foram realizados utilizando o software R 3.2.2. Para as regressões lineares, além do valor de p, foi utilizado o critério de $r^2 > 0,30$, como um limite arbitrário para considerar significativa a relação entre espessura de casca e perímetro. O script utilizado no R para as análises estatísticas e construção dos gráficos estão no Apêndice 1.

Resultados

Relação entre espessura da casca e perímetro para todas as espécies em cada área -

Em todas as áreas a espessura da casca esteve relacionada com o tamanho das plantas, aumentando com o perímetro (Braga: $F_{1,393}=178.4$, $r^2=0.31$, $p<0.001$; Estrela: $F_{1,398}=152.1$, $r^2=0.27$, $p<0.001$; Graúna: $F_{1,393}=81.4$, $r^2=0.17$, $p<0.001$; Valério: $F_{1,398}=126.6$, $r^2=0.24$, $p<0.001$). No entanto, levando em consideração o critério de $r^2 > 0.30$, observamos que apenas para o fragmento Braga essa relação é significativa (Figura1).

Relação entre espessura da casca e perímetro para as espécies selecionadas por

área - Apenas para *A. tomentosum* na área Estrela foi constatada uma relação significativa entre espessura da casca e perímetro ($F_{1,12}=6.13$, $r^2=0.28$, $p<0.01$), no entanto nenhum valor de r^2 foi maior que 0.30, indicando que para nenhuma das espécies em nenhuma das áreas o tamanho do perímetro explica significativamente a

espessura da casca, de acordo com o critério adotado (Figuras 2 a 4). Desta forma, como não há relação entre espessura de casca e o perímetro, para as outras análises foi utilizado diretamente o valor de espessura da casca.

Relação entre a espessura da casca e a área de ocorrência das espécies - As

variâncias dos dados de espessura da casca de todas as espécies em todas as áreas são homogêneas (teste de Bartlett, $p > 0,05$). Existe variação na espessura da casca entre as áreas apenas para *A. tomentosum* (ANOVA, $F_{3;104} = 3,523$, $p = 0,024$) e *P. torta* (ANOVA, $F_{3;104} = 4,548$, $p = 0,004$). Para *P. torta*, em Graúna e Estrela os indivíduos possuem maior espessura das cascas (Tukey, $p=0.012$), assim como em Valério e Estrela (Tukey, $p=0.002$) (Figura 5). Para *A. tomentosum*, no entanto, o Teste de Tukey apoia a ausência de diferença nas espessuras de casca entre as áreas (Figura 5).

Análise temporal da espessura de casca - Para todas as áreas houve variação na proporção de indivíduos de cada categoria de espessura de casca ao longo dos anos (Braga: $\chi^2 = 278.98$, $p < 0.001$, $df=6$; Graúna: $\chi^2 = 196.55$, $p < 0.001$, $df=6$; Estrela: $\chi^2 = 251.91$, $p < 0.001$, $df=6$; Valério: $\chi^2 = 287.2$, $p < 0.001$, $df=6$). Notamos que para todas as áreas houve uma diminuição no número de indivíduos na categoria relativa à espessura fina ($x < 2$ mm) (Tabela 1).

Discussão

Nossos resultados indicam que o tamanho da árvore e espessura da casca não estão relacionados. Isso indica que outros fatores podem estar afetando a espessura da casca nas áreas amostradas e era esperado que a presença de fogo fosse um

importante fator influenciando essa característica (Guedes 1993; Gignoux 1997; Souchie 2015).

Ao analisarmos apenas espécies que ocorrem simultaneamente em áreas com e sem fogo, , reduzindo o efeito de especificidades nos atributos de espécies diferentes (i.e. efeito filogenético) na comparação, não foi encontrada uma relação de aumento na espessura da casca em áreas onde o fogo é mais frequente (Graúna e Estrela; F.R. Martins, F.A.M. Santos, com. pess.). É possível observar que, pelos nossos resultados, nas três espécies, a variação na espessura independe da frequência do fogo nas áreas de ocorrência.. No entanto, é valido ressaltar que no futuro é importante a análise de outras espécies do cerrado de Itirapina, SP, que podem se comportar de forma diferente na presença do fogo, em relação à espessura da casca.

Em um estudo em escala global, Pellegrini et al. (2017) comparam a espessura da casca espécies de árvores entre regiões de floresta e regiões savânicas e mostram que o investimento na espessura da casca é mais intenso em áreas que sofrem perturbação frequente pelo fogo, especialmente as savanas. Analisando a espessura da casca entre espécies do mesmo gênero que ocorrem em áreas de savana ou de floresta, os autores mostraram que as espécies de savana possuem espessura da casca maior que seus congêneres que ocorrem em áreas florestais. Dentre as espécies analisadas, foram comparadas espécies dos gêneros *Aspidosperma*, *Miconia* e *Pouteria*, mesmos gêneros das espécies analisadas no presente estudo, e no trabalho de Pellegrini et al. (2017) o padrão para esses gêneros foi o mesmo encontrado para todas as outras espécies.

Neste estudo mostramos que para as espécies e áreas analisadas, o padrão encontrado por Pellegrini et al. (2017) não se repetiu. Isso pode indicar que a variação encontrada pode estar relacionada à características das espécies analisadas no

gradiente de fitofisionomias do cerrado em que ocorrem. Como foram analisadas apenas três espécies de diferentes gêneros, os resultados encontrados podem ser dependentes de diferentes genótipos e fenótipos encontrados nas populações analisadas, que não necessariamente dependem das condições do ambiente em que a espécie está inserida.

Em um estudo com escala local, Oliveira (2013) encontrou que a densidade do súber de *A. tomentosum* e *P. torta* não apresentou variação em áreas com ocorrência ou ausência do fogo, um padrão semelhante ao encontrado aqui para a espessura da casca. Desta forma, a escala de estudo também parece ser um fator importante a se considerar quando buscamos por padrões na interação fogo e espessura da casca.

Hoffmann et al. (2012) sugeriram dois limiares de tolerância ao fogo para árvores no cerrado brasileiro, que atuam em estratégias diferentes das plantas. Um desses limiares é relativo à cobertura de dossel. Quanto mais denso o dossel menor a quantidade de gramíneas no solo, que podem ser catalisadoras do fogo quando secas. O outro limiar diz respeito à resistência do fogo, e é atingido quando os indivíduos já acumularam espessura de casca suficiente para evitar a morte do câmbio. O segundo limiar pode nos fornecer uma explicação para não terem sido encontradas diferenças na espessura da casca das espécies que ocorrem em locais com e sem fogo. Em locais com a presença frequente de fogo, pode ser que essas espécies já atingiram uma espessura de casca que as protege desse distúrbio, mesmo que essa espessura não seja maior do que em locais onde o fogo está ausente. No entanto, estudos mais aprofundados são necessários para sustentar essa afirmação.

A análise temporal dos dados mostrou uma diminuição na frequência de árvores de espessura fina ao longo dos anos, enquanto que houve uma flutuação na frequência de indivíduos de espessuras grossas e suberosas. A diminuição na

frequência de indivíduos de casca fina era esperada para as áreas com alta incidência de fogo. Porém o mesmo padrão foi encontrado em áreas com fogo controlado, independentemente da sua fitofisionomia. Assim, com os dados analisados, não podemos estabelecer uma relação temporal da presença de fogo com a diminuição de indivíduos de casca fina.

Alguns autores sugerem que fatores como o clima (Rosell 2016), disponibilidade de nutrientes (Hoffmann et al. 2012), estabilidade mecânica (Paine et al. 2010) e até mesmo defesa contra patógenos (Rosell et al. 2014) poderiam ser explicações relevantes para entender o aumento na espessura da casca. Além disso, alguns autores sugerem outras estratégias de resistência ao fogo empregadas por plantas como, por exemplo o rápido rebrotamento de indivíduos em áreas perturbadas pelo fogo (Ondei et al. 2015). Assim, os resultados deste trabalho, por não corroborarem a hipótese de que o fogo atua na espessura da casca, abrem possibilidades para novos estudos entenderem como essa perturbação influencia as populações de plantas no cerrado de Itirapina, SP.

Referências bibliográficas

Byram GM. 1958. Some basic thermal processes controlling the effects of fire on living vegetation. USDA Forest Service Southeast Forest Experiment Station, Res. Note, n.114, p.2.

Frost PGH. 1984. The response and survive of organisms in fire prone environment. *In: Ecological effects of fire in South African Ecosystems* (Booyesen PV, Tainton NM eds.). Berlim: Springer-Verlag, p.273-309 apud Guedes DM. 1993. Resistência das

Árvores do Cerrado ao Fogo: Papel da Casca como Isolante Térmico. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília.

Gignoux J, Clobert J, Menaut JC. 1997. Alternative fire resistance strategies in savana trees. *Oecologia*, 110:576-583.

Guedes DM. 1993. Resistência das Árvores do Cerrado ao Fogo: Papel da Casca como Isolante Térmico. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília.

Hare RC. Heat effects on living plants. USDA Forest Service Southeast Forest Experiment Station, Occasional Paper, n.183. p.32.

Hoffmann WA, Geiger EL, Gotsch SG, Rossatto DR, Silva LCR, Lau OL, Haridasan M, Franco AC. 2012. Ecological thresholds at the savanna-forest boundary: how plant traits, resources and fire govern the distribution of tropical biomes, *Ecology Letters*, 15: 759–768.

Kayll AJ. A technique for studying the fire tolerance of living trunks. Canada: Department of Forestry, 1963. p.22. apud Vale AT, Elias PS. 2014. Nível de proteção térmica da casca de quatro espécies lenhosas e a relação da arquitetura da casca com a transferência de calor, *Ciência Florestal*, Santa Maria, 24:4. p. 979-987.

Miranda HS, Bustamante M, Miranda AC. 2002. The fire factor. *In: The cerrados of Brazil* (Oliveira OS, Marquis RJ. eds.). Columbia University Press, New York, p. 51–68.

Muller-Dombois D., Elleberg H. 1974 Aims and methods of vegetation ecology. Wiley International Ed., New York, p.547.

Oliveira OS, Marquis RJ. 2002. The cerrados of Brazil (Oliveira OS, Marquis RJ. eds.). Columbia University Press, New York, p. 1–11.

Oliveira RMC. 2013. Atributos ecológicos relacionados ao fogo de espécies lenhosas do cerrado sentido restrito. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

Ondei S, Prior LD, Vigilante T, Bowman DM. 2015. Post-fire resprouting strategies of rainforest and savanna saplings along the rainforest–savanna boundary in the Australian monsoon tropics. *Plant Ecology*, 217, p.711–724.

Paine CET, Stahl C, Courtois EA, Patin S, Sarmiento C, Baraloto C. 2010. Functional explanations for variation in bark thickness in tropical rain forest trees. *Functional Ecology*, 24:1202–1210.

Pellegrini AFA, Anderegg WRL, Paine TCE, Hoffmann WA, Kartzinel T, Rabin SS, Sheil D., Franco AC, Pacala SW. 2017. Convergence of bark investment according to fire and climate structures ecosystem vulnerability to future change, *Ecology Letters*, doi: 10.1111/ele.12725.

Prado H. 2003. Solos do Brasil: Gênese, Morfologia, Classificação, Levantamento, Manejo. 3th ed. Piracicaba. p.275.

Reatto A., Correia JR., Spera ST. 1998. Solos do Bioma Cerrado: Aspectos Pedológicos. *In: Cerrado: ambiente e flora* (SM. Sano, SP de Almeida eds.). Embrapa-CPAC. Planaltina, p.47-88.

Ribeiro JF, Walter BMT. 1998. Fitofisionomias do bioma Cerrado. *In. Cerrado: ambiente e flora* (SM Sano, SP de Almeida). EMBRAPA-CPAC, Planaltina, DF, p.89-168.

Rosell J.A. 2016. Bark thickness across the angiosperms: more than just fire. *New Phytologist*, 211:90–102.

Rosell JA, Gleason S, Mendez-Alonzo R., Chang Y, Westoby M. 2014. Bark functional ecology: evidence for tradeoffs, functional coordination, and environment producing bark diversity. *New Phytologist*, 201:486–497.

Simon MF, Grether R, de Queiroz LP, Skema C, Pennington RT, Hughes CE. 2009. Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. *Proceedings of the National Academy Sciences*, 106:20359–20364.

Souchie FF. 2015. Rebrotas de indivíduos lenhosos em área de cerrado sentido restrito como resposta ao fogo. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília.

Uhl C, Kauffman JB. 1990. Deforestation, fire susceptibility, and potential tree responses to fire in the eastern Amazon. *Ecology*, 71:2, p.437-499.

Vale AT, Elias PS. 2014. Nível de proteção térmica da casca de quatro espécies lenhosas e a relação da arquitetura da casca com a transferência de calor, *Ciência Florestal*, Santa Maria, 24:4: p.979-987.

Vicentini KRCF. 1993. Análise Palinológica de uma Vereda em Cromínia, Goiás. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília. apud Oliveira OS, Marquis RJ. 2002. *The cerrados of Brazil*, Columbia University Press, New York.

Agradecimentos

Agradecemos ao Prof. Dr. Fernando R. Martins e Prof. Dr. Flavio M. dos Santos, pela orientação no trabalho de campo e também pelas valiosas contribuições na construção deste trabalho. Agradecemos ainda Benedito Teixeira, tratorista da Estação Ecológica e Experimental de Itirapina (EEEI), às cozinheiras Isabel Franco de Souza e Cleide Ferreira, à Dra. Ingrid Koch pelas valiosas contribuições na identificação das plantas e auxílio de campo, Me. Paulo Bittencourt pelo auxílio com a análise estatística e uso do software R e Paulo Rufino, responsável pela EEEI. Agradecemos aos alunos de graduação do curso de Ciências Biológicas do Instituto de Biologia da UNICAMP, pela triagem do material herborizado. Agradecemos os Programas de Pós-Graduação em Biologia Vegetal e em Ecologia e ao Instituto de Biologia da UNICAMP pelo financiamento e apoio burocrático e logístico para a realização do Curso de Ecologia de Campo II de 2017, além do Instituto Florestal, administrador da EEEI, por permitir a realização do curso.

Tabela 1. Número de indivíduos em cada categoria de espessura de casca (e) para cada área ao longo dos anos. Nota-se que existe uma clara diminuição na frequência de indivíduos de casca fina em todas as áreas.

Braga		2008	2009	2015	2017
Número de indivíduos	Fino ($e < 2\text{mm}$)	108	47	19	10
	Grosso ($2 \leq e \leq 10\text{mm}$)	116	164	316	240
	Suberoso ($e > 10\text{mm}$)	65	86	47	145
Estrela		2008	2009	2015	2017
Número de indivíduos	Fino ($e < 2\text{mm}$)	98	101	23	1
	Grosso ($2 \leq e \leq 10\text{mm}$)	191	186	317	312
	Suberoso ($e > 10\text{mm}$)	93	82	52	85
Graúna		2008	2009	2015	2017
Número de indivíduos	Fino ($e < 2\text{mm}$)	80	94	26	13
	Grosso ($2 \leq e \leq 10\text{mm}$)	150	180	300	220
	Suberoso ($e > 10\text{mm}$)	125	73	69	161
Valério		2008	2009	2015	2017
Número de indivíduos	Fino ($e < 2\text{mm}$)	94	130	20	4
	Grosso ($2 \leq e \leq 10\text{mm}$)	138	134	296	276
	Suberoso ($e > 10\text{mm}$)	103	72	83	120

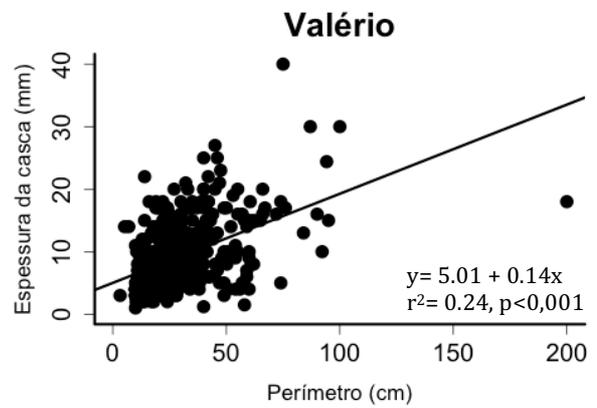
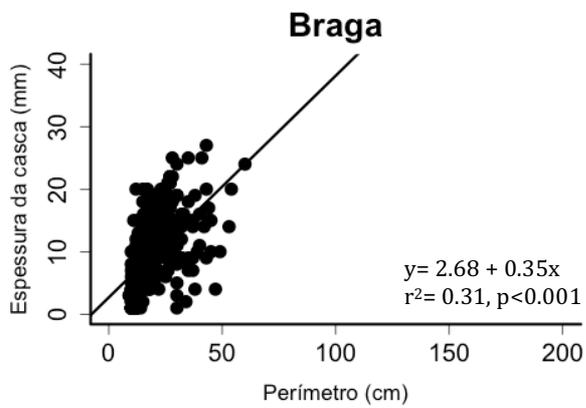
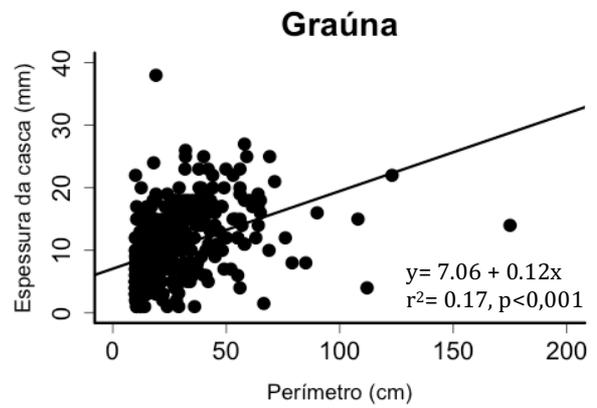
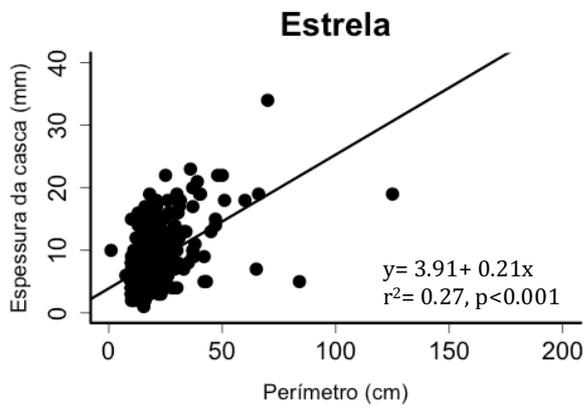


Figura 1. Gráficos de regressão linear para todas espécies amostradas em cada área.

Observa-se que apenas para Braga $p < 0.001$ e $r^2 > 0.30$, indicando uma relação significativa entre espessura da casca e perímetro.

Aspidosperma tomentosum

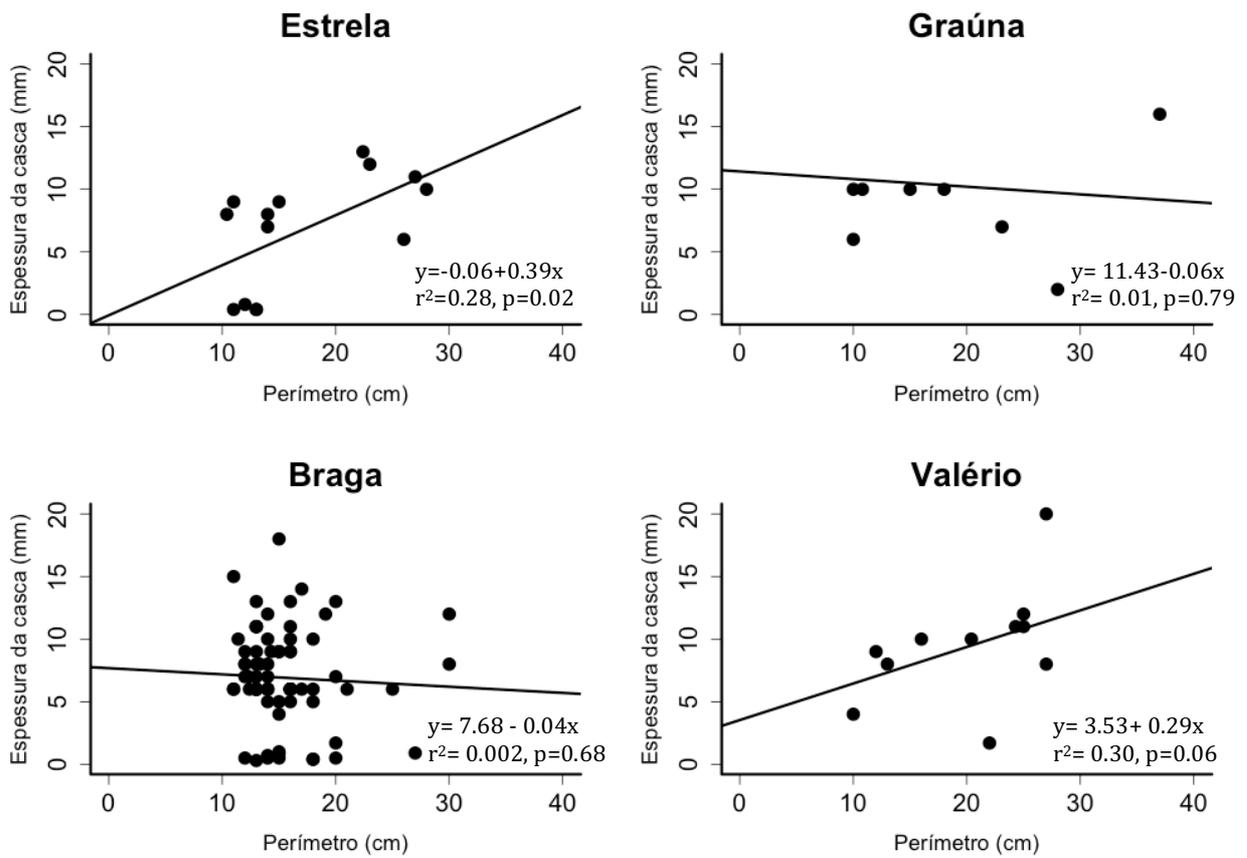


Figura 2. Gráficos de regressão linear para *Aspidosperma tomentosum* em cada área.

Não existe relação significativa entre perímetro e espessura da casca para nenhuma das áreas nessa espécie.

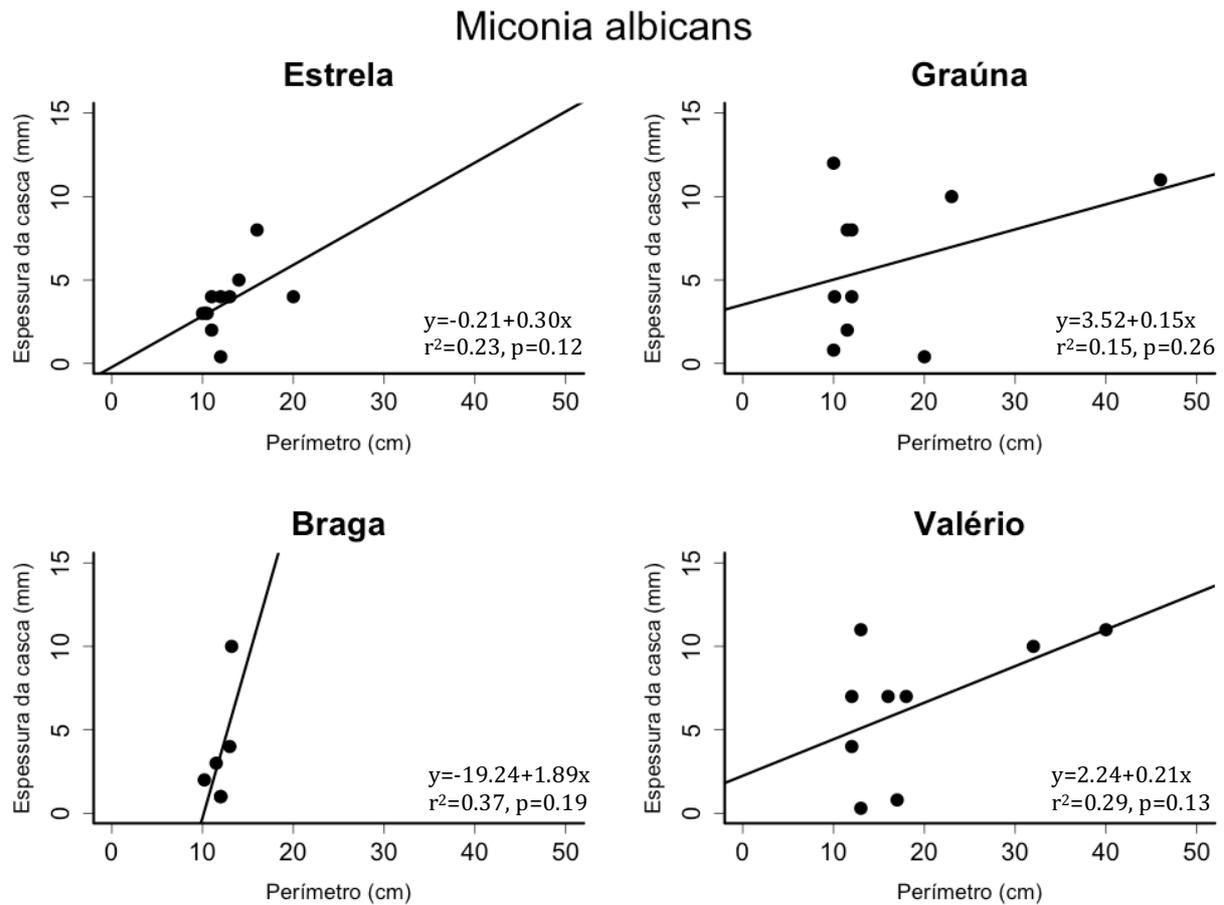


Figura 3. Gráficos de regressão linear para *Miconia albicans* em cada área. Não existe relação significativa entre perímetro e espessura da casca para nenhuma das áreas nessa espécie.

Pouteria torta

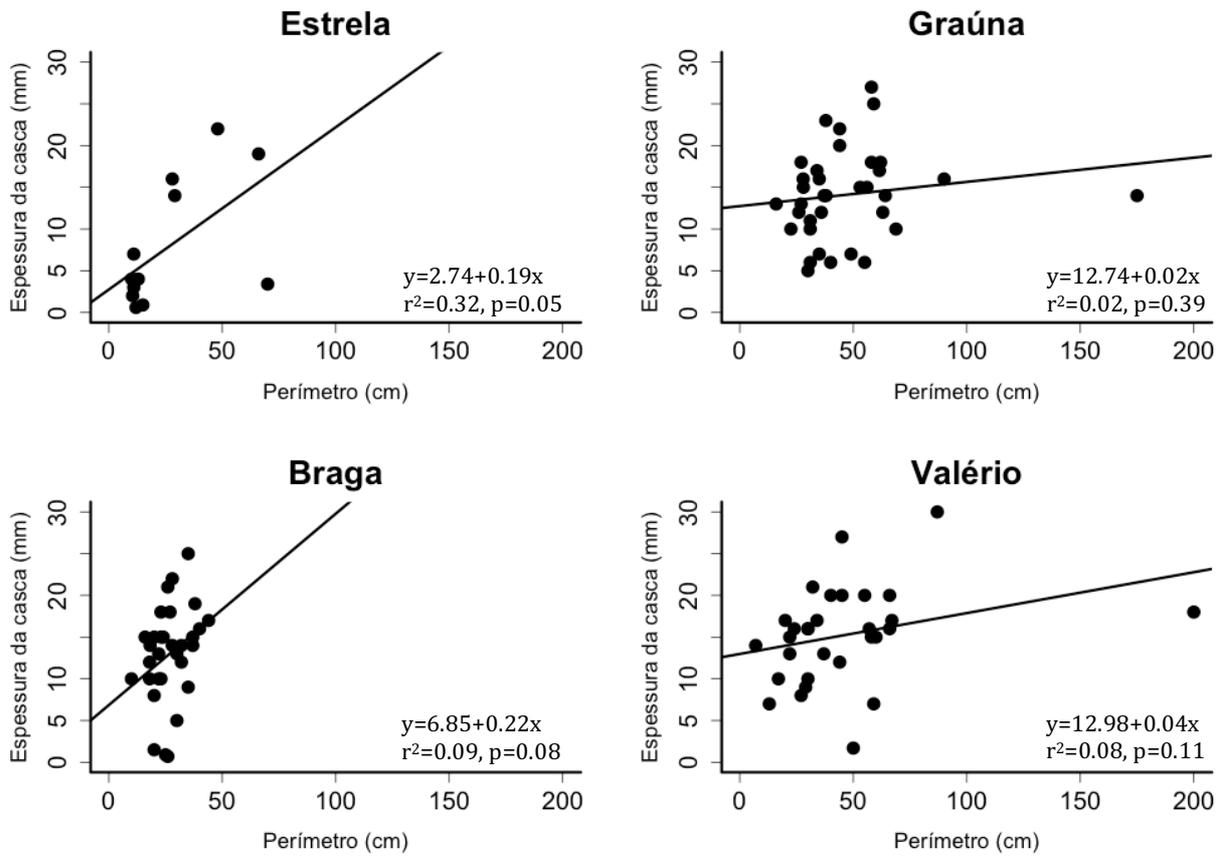


Figura 4. Gráficos de regressão linear para *Pouteria torta* em cada área. Não existe relação significativa entre perímetro e espessura da casca para nenhuma das áreas nessa espécie.

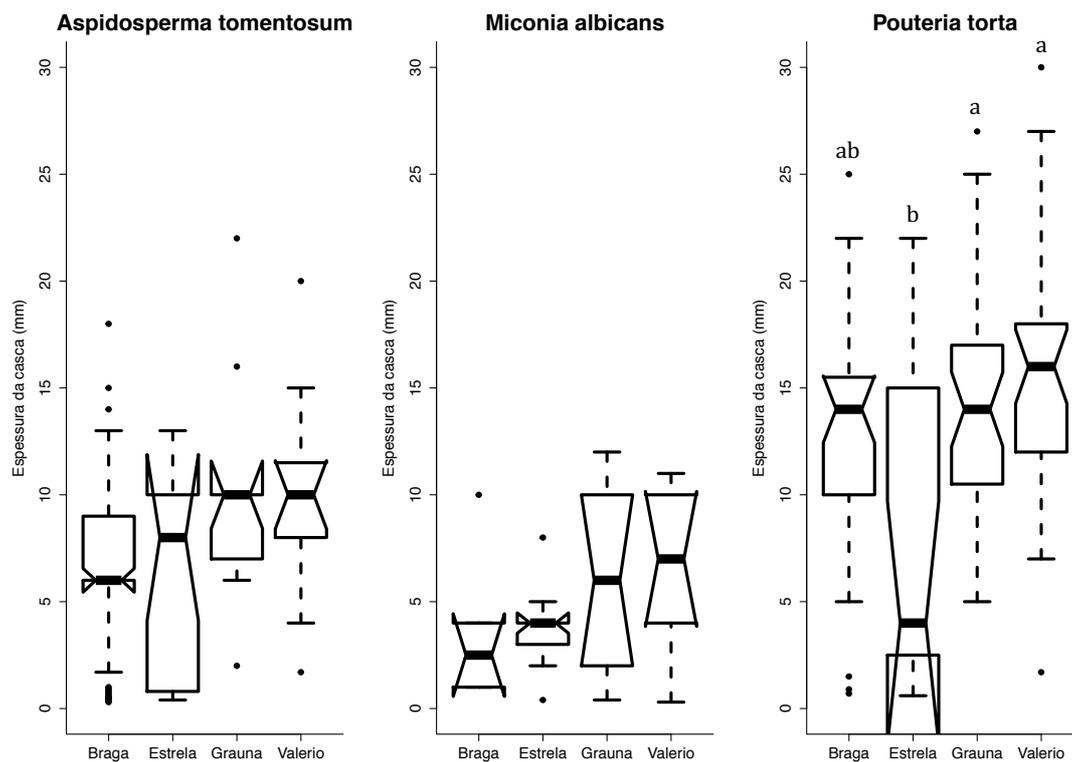


Figura 5. Gráficos boxplot de espessura (mm) por área para cada espécie. Letras diferentes indicam diferença significativa de acordo com o Teste de Tukey a posteriori ($p < 0,05$).

Apêndice 1 – Script utilizado no R

#Neste script serão demonstrados exemplos que explicam como foi realizado:

##1- Regressões lineares para avaliar se existe relação entre espessura e perímetro

para todas as espécies das comunidades das áreas selecionadas

##2- Gráficos das regressões lineares do item ##1

##3- Regressões lineares para avaliar se existe relação entre espessura e perímetro

apenas para as espécies que ocorrem simultaneamente em todas as áreas selecionadas

##4- Gráficos das regressões lineares do item ##3

##5- Teste de Bartlett para avaliar a homogeneidade das variâncias das medidas de

espessura das cascas das espécies que ocorrem simultaneamente em todas as áreas

selecionadas

##6- Análise de variância (ANOVA) para avaliar se existe diferença nas espessuras

das cascas de cada espécie selecionada entre as áreas em que ocorre

##7- Teste de Tukey para identificar quais áreas são diferentes entre si, em relação à

espessura da casca

##8- Gráficos boxplot comparando as espessuras da casca para cada espécie em cada

área

##9- Teste de Qui-quadrado (χ^2) para avaliar se houve variação na frequência de

indivíduos de casca fina, grossa e suberosa, para cada espécie selecionada nas

diferentes áreas que ocorrem

##1- Regressões lineares para avaliar se existe relação entre espessura e perímetro

para todas as espécies das comunidades das áreas selecionadas

#o comando a seguir permite selecionar uma planilha montada previamente com as

colunas local, especie, perimetro e espessura em formato “.csv”

```
> data=read.table(file=file.choose(),header=T,fill=T,sep=";")  
  
#cria o modelo de regressão linear para um local  
  
> fitB=lm(espessura~perimetro, data=data[ data$local=="Braga",])  
  
#retorna o resultado da regressão linear  
  
> summary(fitB)
```

##2- Gráficos das regressões lineares do item ##1

```
#plota o gráfico de regressão linear para um local  
  
> plot(espessura~perimetro, data=data[ data$local=="Braga",])  
  
#plota sobre o gráfico a linha de tendência da regressão linear  
  
> abline(fitB)
```

##3- Regressões lineares para avaliar se existe relação entre espessura e perímetro apenas para as espécies que ocorrem simultaneamente em todas as áreas selecionadas

```
#cria o modelo de regressão linear para uma espécie em um local  
  
> fit.A_tomentosum_Braga=lm(espessura~perimetro, data=data[  
data$local=="Braga"&data$especie=="Aspidosperma tomentosum",])  
  
#retorna o resultado da regressão linear  
  
> summary (fit.A_tomentosum_Braga)
```

##4- Gráficos das regressões lineares do item ##3

```
#plota o gráfico de regressão linear para uma espécie em um local  
  
> plot(espessura~perimetro, data=data[  
data2$local=="Braga"&data$especie=="Aspidosperma tomentosum",])  
  
#plota sobre o gráfico a linha de tendência da regressão linear
```

```
> abline(fit.A_tomentosum_Braga)
```

##5- Teste de Bartlett para avaliar a homogeneidade das variâncias das medidas de espessura das cascas das espécies que ocorrem simultaneamente em todas as áreas selecionadas

```
> bartlett.test(espessura~local, data=data[data$especie=="Aspidosperma tomentosum"])
```

##6- Análise de variância (ANOVA) para avaliar se existe diferença nas espessuras das cascas de cada espécie selecionada entre as áreas em que ocorre

```
> aov_A_tomentosum<-aov(espessura~local,  
data=data[data$especie=="Aspidosperma tomentosum"])
```

```
#retorna o resultado da ANOVA
```

```
> summary(aov_A_tomentosum)
```

##7- Teste de Tukey para identificar quais áreas são diferentes entre si, em relação à espessura da casca

```
> TukeyHSD(aov_A_tomentosum)
```

##8- Gráficos boxplot comparando as espessuras da casca para cada espécie em cada área

```
> boxplot(espessura~local, data=data[data$especie=="Aspidosperma tomentosum"],  
notch=T, main="Aspidosperma tomentosum")
```

##9- Teste de Qui-quadrado (χ^2) para avaliar se houve variação na frequência de indivíduos de casca fina, grossa e suberosa, para cada espécie selecionada nas diferentes áreas que ocorrem

o comando a seguir permite abrir uma planilha montada previamente com as colunas 2008, 2009, 2015 e 2017, e as linhas fino, grosso e suberoso com o número de indivíduos de todas espécies das áreas analisadas em cada categoria por ano, em formato “.txt”

```
> chi<-read.table("chi.txt")
```

```
#teste de Qui-quadrado
```

```
> chisq.test(chi)
```