

O aumento da casca implica em diminuição do cerne e alburno sob influência do fogo?

ALINA VAN DIJK^{1,4}

ANDRÉ GILES²

MARIA GABRIELA KISS³

¹Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

²Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.

³Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.

⁴alinavdijk@gmail.com

Resumo: (O aumento da casca implica em diminuição do cerne e alburno sob influência do fogo?) Parte da variação intraespecífica que se observa se deve a demandas conflitantes em que investir numa determinada estrutura ou função implica em menor investimento em outra. Em plantas essa demanda pode se refletir no balanço de alocação de recurso em um mesmo órgão. Perturbações ambientais, como fogo, podem influenciar uma possível demanda conflitante entre investir em casca contra às altas temperaturas ou em tecidos vasculares e fibras. O objetivo foi averiguar se a frequência do fogo ocasiona a existência de uma relação entre casca e cerne + alburno. Realizamos o estudo em três áreas de cerrado sensu stricto no município de Itirapina (SP) com diferentes frequências de ocorrência de fogo (de anuais a nenhuma ocorrência de fogo). Foram amostrados 158 indivíduos arbóreos de três espécies que eram comuns às três áreas, com perímetro na altura do solo (PAS) ≥ 10 cm através do método de quadrantes. De cada indivíduo foi medido o PAS, a espessura da casca e estimada a altura. Para estimar o investimento em cerne e alburno calculamos o índice de esbelteza (altura/diâmetro). Realizamos regressões lineares entre espessura da casca e esbelteza. A frequência do fogo não ocasionou o aumento da casca em decorrência da diminuição do cerne e alburno em nenhuma área, com exceção de *Pouteria ramiflora* que apresentou aumento da casca em detrimento da esbelteza. Concluímos que o aumento da casca não implica na diminuição do cerne e alburno sob maior frequência do fogo.

Palavras-chave cerrado, demandas conflitantes, espessura da casca, fogo.

Introdução

Características morfológicas e funcionais variam entre os indivíduos da mesma espécie e podem estar relacionadas a mecanismos evolutivos e ecológicos (Bolnick et al. 2011). Parte dessa variação nas populações se deve a investimentos diferenciais entre estruturas morfológicas no nível dos indivíduos que são regulados por demandas conflitantes. Demanda conflitante define-se por deslocar investimentos para uma determinada função ou estrutura em detrimento de outra (Kneitel & Chase 2004, Matyssek et al. 2005). Em determinadas situações, configura-se mais vantajoso para a sobrevivência dos indivíduos deslocarem maior investimento em defesa contra predação do que em crescimento (Fine et al 2006, Herms & Mattson 1992) ou mais em reprodução do que em defesa (Morgeout 2000). Em outros casos esse conflito pode consistir em investir em maior tamanho do que em quantidade das estruturas (Haper et al. 1970).

Plantas distribuem os recursos adquiridos entre seus órgãos de modo que, investir mais recursos em determinado órgão implica em investir menos recursos em outros (Bazzaz & Grace 1997 *apud* McCarthy & Enquist 2007). Por exemplo, o conflito existente entre investir em estoque de carbono no tronco e raízes ou em defesa física contra parasitas (Stitt & Schulze 1994 *apud* Maccarthy & Enquist 2007). Essa demanda conflitante pode ocorrer não apenas entre diferentes órgãos, mas também entre características da mesma estrutura no mesmo indivíduo (Rudgers et al. 2004).

A ocorrência de perturbações ambientais pode influenciar o balanço de investimento energético entre estruturas relacionadas a proteção contra perturbação e as demais estruturas do organismo (McCarthy & Enquist 2007). Esse balanço depende do tipo, frequência e intensidade da perturbação (McCarthy & Enquist 2007). No caso de ocorrência de fogo, a planta possui estruturas de proteção dos tecidos contra as altas

temperaturas, como o espessamento do súber na periderme dos troncos (Hoffmann 2005). Isso poderia implicar em menor investimento nas demais estruturas e funções do organismo no mesmo órgão, como estoque de carbono e formação de tecido funcional do caule. Além disso, determinada estrutura adaptada a resistir a uma dada perturbação pode servir ao mesmo tempo como proteção a outros fatores abióticos e bióticos. Desse modo, o maior espessamento da casca serviria de proteção também contra patógenos, herbívoros, geadas e seca (Pérez-Harguindeguy 2013).

Dado que plantas realocam recursos entre seus órgãos e que isso pode ser mediado pela ocorrência de perturbações do ambiente, como o fogo, neste trabalho pretendemos verificar se a frequência do fogo ocasiona uma possível demanda conflitante no caule entre investimento em casca e investimento em alburno e cerne. Em vista disso, nossa hipótese é que, em condições de alta frequência de fogo há mais investimento em casca e menos em alburno e cerne.

Material e Métodos

Área de estudo - Realizamos o estudo na vegetação de cerrado localizada na Estação Ecológica e Experimental no Município de Itirapina-SP. O clima da região é do tipo Cwa “Mesotérmico” (Koeppen 1945) com uma estação seca pronunciada entre abril e setembro com pluviosidade média de 265 mm. Já a estação chuvosa ocorre entre outubro e março com média de 1248 mm (Tannus & Assis 2004). A área apresenta fisionomias abertas de cerrado, pertencentes a campos sujo, campos cerrado e porções menores de cerrado *sensu stricto*. As fisionomias configuram fragmentos com diferentes frequências de incêndio. Definimos a área com perturbação mais frequente, Graúna (22°15'52”S, 47°47'56”W), com regime de perturbação anual pelo fogo. Definimos área com perturbação intermediária, Estrela (22°12'03”S, 47°48'33”W) com menor e frequência de incêndio irregular. Por fim, definimos área protegida, Braga (22°13'14”S,

47°54'33"W, área pertencente à estação ecológica com ausência de perturbação pelo fogo há 37 anos (Instituto Florestal, dados não publicados). Todos os fragmentos possuem Neossolos Quartzarênicos, composto por 90% de areia, possuindo alta drenagem e baixa quantidade de nutrientes (Tannus & Assis 2004).

Coleta de dados - Amostramos a vegetação pelo método de pontos quadrantes. Distribuimos 10 pontos, distantes 10 metros entre si, ao longo de 10 transecções paralelas em cada uma das três áreas (Graúna, Braga, Estrela). Amostramos todos os indivíduos lenhosos com perímetro a altura do solo (PAS) maior ou igual a 10 cm. Medimos a espessura da casca (cm), perímetro a altura do solo e estimamos visualmente a altura total em metros de cada um dos indivíduos amostrados.

Para testar nossa hipótese selecionamos as espécies *Pouteria ramiflora* (Mart.) Radlk., *Pouteria torta* (Mart.) Radlk. e *Erythroxylum suberosum* A.St.-Hil. A escolha dessas espécies justifica-se por ocorrerem nas três áreas amostradas, com pelo menos 10 indivíduos em cada área. Obtivemos 45 indivíduos de *P. ramiflora*, 72 indivíduos de *P. torta* e 41 indivíduos de *E. suberosum*. Utilizamos como medida de investimento em cerne e alburno no caule o índice de esbelteza, definido pela razão entre altura e diâmetro do cerne e alburno. A esbelteza indica maior altura por menor secção transversal do tronco. O diâmetro do cerne e alburno foi obtido através do perímetro da planta, deste obtivemos o raio do corte transversal do tronco. O raio menos a espessura da casca (cm) configura o raio do cerne e alburno e assim multiplicamos por dois para conseguirmos o valor do diâmetro. Altos valores da razão altura/diâmetro (esbelteza) indicam que plantas podem atingir determinadas alturas com maior economia de energia em estruturas para sustentação e transporte, enquanto que baixos valores de esbelteza indicam maior gasto energético em cerne e alburno para atingir determinada altura.

Se ser esbelto indica maior economia de energia, o aumento da esbelteza proporcionaria maior disponibilidade de recurso para investimento em espessura de casca. Desse modo, esperamos que a frequência de incêndios ocasione uma relação positiva entre espessura da casca e esbelteza nas três áreas, indicando uma demanda conflitante entre investimento em cerne e alburno e proteção pela casca. Quando encontrado alguma relação positiva ou negativa nesses atributos, usamos a área com perturbação intermediária pelo fogo para verificar se o padrão encontrado não poderia ser influenciado pela estrutura da vegetação. Isso poderia ocorrer devido à área protegida (Braga) assemelhar a um campo cerrado, enquanto que as áreas frequentemente perturbadas (Graúna) e de perturbação intermediária (Estrela) possuem visualmente estrutura similar a cerrado sentido restrito.

Análise dos dados - Para avaliar o efeito da frequência da perturbação pelo fogo fizemos regressões lineares entre esbelteza e espessura da casca para cada espécie nas áreas de fogo frequente (Graúna) e protegida (Braga) e quando encontrada alguma relação, realizamos uma nova regressão linear considerando a área de perturbação intermediária (Estrela).

Resultados

E. suberosum e *P. ramiflora* não apresentaram variação na espessura da casca nas três áreas estudadas ($F_{(1,39)} = 0,40$, $P = 0,60$; $F_{(1,43)} = 0,41$, $P = 0,66$, respectivamente). Apenas *P. torta* variou a espessura da casca ($F =_{(1,71)} = 5,06$, $P < 0,01$). Para essa espécie a espessura média da casca foi menor no Estrela do que as áreas de Graúna e Braga (Braga e Estrela – $P = 0,03$, Graúna e Estrela – $P < 0,01$).

A esbelteza de *E. suberosum* não aumentou com a espessura da casca na área de alta frequência de incêndio ($F_{(1,7)}=2.614$, $R^2=0.30$, $p=0.15$, Figura 2A) e tampouco na área protegida ($F_{(1,17)}=0.0011$, $R^2=0.006$, $p=0.92$, Figura 3A). A espécie *P. torta* apresentou resultado similar a *E. suberosum* na área de alta frequência de incêndio ($F_{(1,31)}=0.29$, $R^2=-0.009$, $p=0.6$, Figura 2B) e na área protegida ($F_{(1,26)}=0.065$, $R^2=0.024$, $p=0.42$, Figura 3B).

A espécie *P. ramiflora*, na área de alta frequência de incêndio a esbelteza diminuiu com aumento da espessura da casca ($F_{(1,8)}=14.56$, $R^2=0.64$, $p<0.01$, Figura 2C), no qual 64% da variação na esbelteza pode ser explicada pelo aumento na espessura da casca. Quando analisamos essa relação para área protegida encontramos relação positiva, ou seja, aumento da esbelteza com aumento da casca ($F_{(1,21)}=12.8$, $R^2=0.3746$, $p<0.01$; Figura 3C). Nesse último caso, pelo menos 37% da variação na esbelteza pode ser explicada pelo aumento na espessura da casca. Na área com perturbação intermediária (Estrela) a esbelteza não aumentou com o aumento da espessura da casca ($F_{(1,10)}=0.48$, $R^2=0.046$, $p=0.5$, Figura 3D). Isso sugere que a relação encontrada não poderia ser influenciada pela estrutura da vegetação.

Discussão

A maior frequência do fogo não ocasionou o aumento da esbelteza com a aumento da espessura da casca, ou seja, o investimento em casca não diminui o investimento em cerne e alburno do caule. Entretanto, a alta frequência de fogo ocasionou uma diminuição da esbelteza com o aumento da casca em *P. ramiflora*. Isso pode ser explicado pelo possível efeito que o fogo exerce no crescimento e fisiologia dos indivíduos. Desse modo, a relação de investimento em casca ou em cerne e alburno

parece depender mais de atributos das espécies do que ser uma resposta comum da comunidade perante a ocorrência de fogo.

O aumento da espessura de casca em áreas com alta frequência de fogo pode ser proporcional ao aumento do diâmetro do caule (Hoffman et al. 2003, Brando et al. 2012). Isso se deve ao aumento do diâmetro produzir mais casca e ser vantajoso por isolar o tecido cambial e vascular (Brando et al. 2012). Somando a isso, a alta incidência de incêndios pode ocasionar a morte da parte aérea induzindo a rebrota basal e acima do solo (Hoffman et al. 2009), que causa uma diminuição do crescimento dos indivíduos (Armando 1994 apud Miranda & Sato 2005). Assim, a alta frequência de incêndios e a *P. ramiflora* teria a perda da dominância apical e conseqüentemente isso limita seu crescimento em altura. Do mesmo modo, o fogo ocasiona maior investimento em diâmetro pela ativação das gemas laterais proporcionando maior proteção contra o fogo (Hoffman et al. 2009). Esses fatores agindo sinergicamente ocasionam a relação entre menor esbelteza e aumento da casca em *P. ramiflora*.

A relação encontrada entre aumento da esbelteza e aumento da espessura da casca registrada na ausência do fogo para *P. ramiflora* pode ser causada por outro fator que não seja o fogo. Uma vez que a casca pode servir de proteção mecânica contra patógenos, herbívoros e eventos de geadas (Pérez-Harguindeguy 2013). O possível aumento na frequência desses eventos poderia levar ao aumento da casca com aumento da esbelteza.

A relação entre espessura e esbelteza não parece ser um padrão recorrente para toda comunidade e provavelmente depende de determinadas características das espécies, como tempo evolutivo sob pressão para determinada perturbação ou a capacidade de realocar seus recursos para outras estruturas que não estão no eixo caulinar. Assim

sendo, o aumento da casca não implica em diminuição do cerne e alburno sob presença a alta frequência do fogo e esta demanda conflitante não existiria.

Referências

Brando PM . 2012. Fire-induced tree mortality in a neotropical forest: the roles of bark traits, tree size, wood density and fire behavior. *Global Change Biology* 18: 630–641.

Bolnick DI, Amarasekare P, Araújo MS, Burger R, Levine JM, Novak M, Rudolf VHW, Schreiber SJ, Urban MC, Vasseur D.A. 2011. Why intraspecific trait variation matters in community ecology. *Trends in Ecology and Evolution* 26: 184-192.

Dun E.A, Ferguson B.J, Beveridge C.A. 2006. “Apical dominance and shoot branching. Divergent opinions or divergent mechanisms? *Plant physiology* 142: 812-819.

Farrar JF, Pollock CJ, Gallagher JA. 2000. Sucrose and the integration of metabolism in vascular plants. *Plant Science* 154:1-11.

Fine PVA, Miller ZJ, Mesones I, Irazuzta S, Appel HM, Stevens MHH, Saaksjarvi I, Schultz JC, Coley PD. 2006. The growth–defense trade-off and habitat specialization by plants in amazonian forests. *Ecology* 87(7): 150–162.

Haper JL, Lovell PH, Moore KG. 1970. The shapes and sizes of seeds. *Annual Review of Ecology and Systematics* 1: 327-356

Herns DA, Mattson WJ. 1992. The dilemma of plants: to grow or defend. *The Quarterly Review of Biology* 67: 283-335.

Hoffmann WA, Adasme R, Haridasan M, Carvalho T, Geiger MEL, Pereira MAB, Gotsch SG, Franco AC. 2009. Tree topkill, not mortality, governs the dynamics of savanna-forest boundaries under frequent fire in central Brazil. *Ecology* 90: 1326-1337.

Hoffmann W.A, Orthen B, Nascimento P.K.V.N. 2003. Comparative fire ecology of tropical savanna and forest trees. *Functional Ecology*. 17, 720–726

Hoffmann WA, Orthen B, Nascimento PKV. 2003. Comparative fire ecology of tropical savanna and forest trees. *Functional Ecology* 17:720–726.

Kneitel JM, Chase JM. 2004. Trade-offs in community ecology: linking spatial scales and species coexistence. *Ecology Letters* 7: 69-80.

Koeppen, W. 1948. *Climatología*. Fondo de Cultura Economica, MX.

Matyssek R, Agerer R, Ernst D, Munch J-C, Obwald W, Pretzsch H, Priesack E, Schnyder H, Treutter D. 2005. The plant's capacity anregulating resource demand. *Plant Biology* 7: 560-580.

McCarthy MC, Enquist BJ. 2007. Consistency between an allometric approach and optimal partitioning theory in global patterns of plant biomass allocation. *Functional Ecology* 21: 713-720.

Miranda HS, SATO MN. 2005. Efeitos do fogo na vegetação lenhosa do Cerrado. In *Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação* (A. Scarlot, J. C. Souza-Silva, J. M. Felfili, eds.). Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p. 93-105.

Mougeot F. 2000. Predation as a cost of sexual communication in nocturnal seabirds: an experimental approach using acoustic signals. *Animal Behaviour* 60: 647–656.

Pérez-Harguindeguy et al. 2013. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany* 61: 167–234.

Rudgers JA. 2004. Trade-offs among anti-herbivore resistance traits: insights from *Gossypieae* (Malvaceae). *American Journal of Botany* 91: 871-880.

Simon M.F, Gretherc R, Queiroz L.P, Skemae C., Pennington R.T, Hughess C.E. 2009. Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. PNAS. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0903410106Blackwell Science, Ltd

Tannus, J.L.S. & Assis, M.A. 2004. Composição de espécies vasculares de campo sujo e campo úmido em área de cerrado, Itirapina-SP, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 27: 489–506.

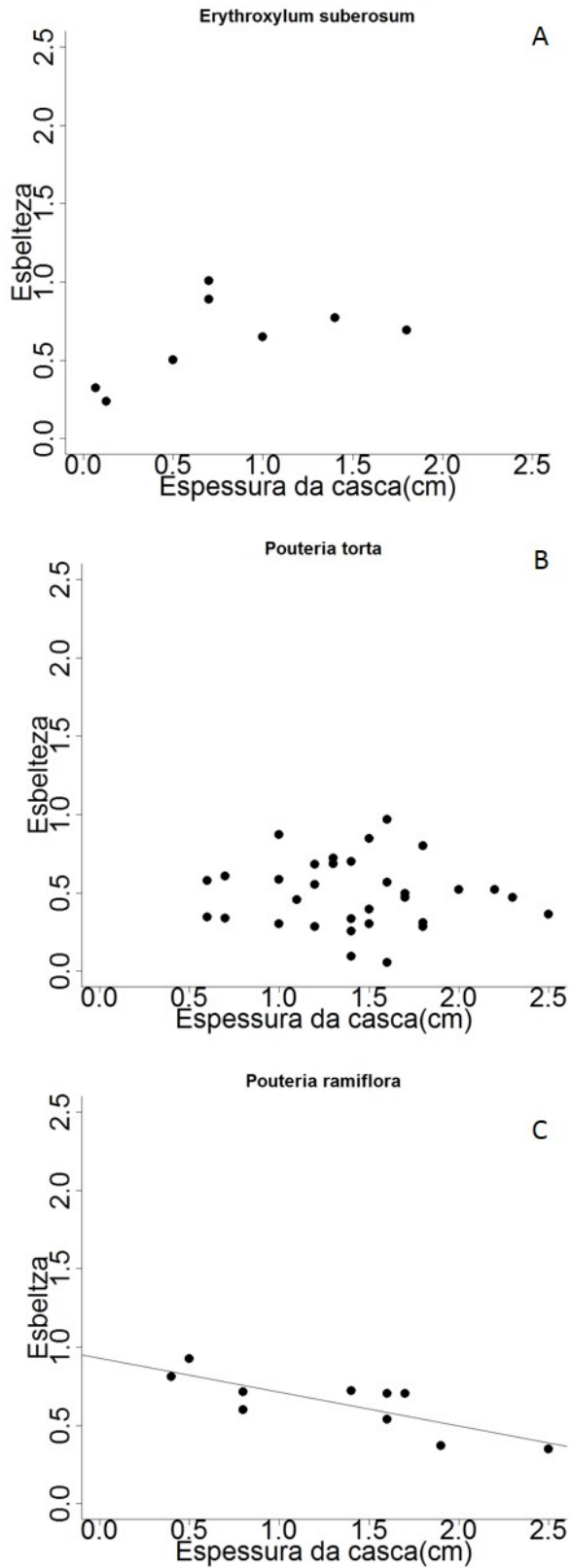
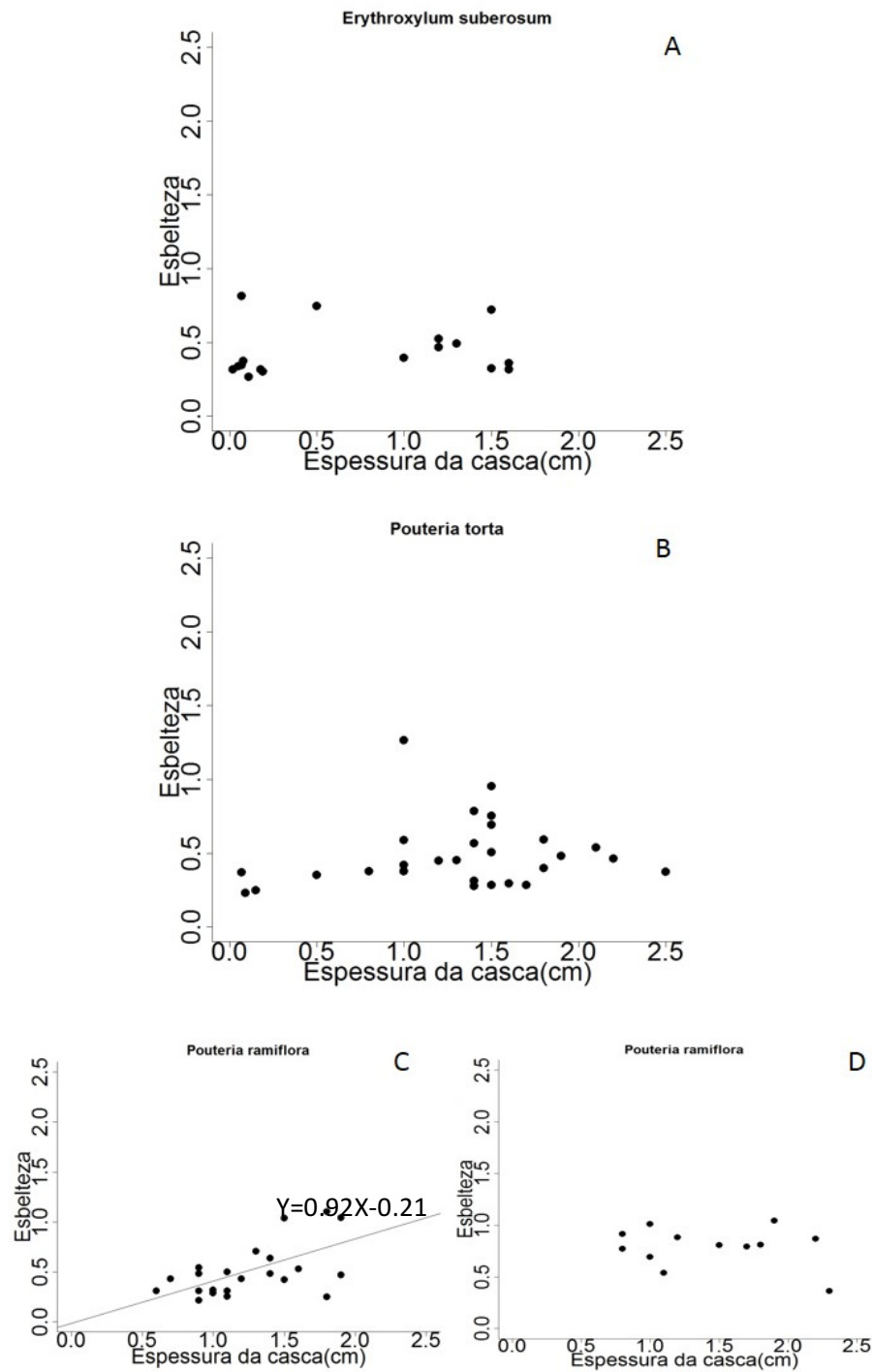


Figura 1. Relação espessura da casca (cm) com esbelteza (altura/diâmetro cerne+alburno) na área de alta frequência de perturbação (Graúna) na estação ecológica e experimental no município de Itirapina, São Paulo, Brasil. Os pontos representam os

indivíduos amostrados. A= *Erythroxylum suberosum*, B= *Pouteria torta*, C= *Pouteria*



ramiflora.

Figura 3. Relação espessura da casca (cm) com esbelteza (altura/diâmetro cerne+alburno) na área protegida (A-C=Braga) e na área de perturbação intermediária (D=Estrela) na estação ecológica e experimental no município de Itirapina, São Paulo,

Brasil. Os pontos representam os indivíduos amostrados A= *Erythroxylum suberosum*,
B= *Pouteria torta*, C= *Pouteria ramiflora*, D= *Pouteria ramiflora*.