

Variações alométricas em espécies lenhosas de um fragmento de cerrado *sensu stricto* em Itirapina, SP

FLÁVIA T. COLPAS^{1,6}, EMÍLIO GARCIA^{2,5}, MARCUS V. CIANCIARUSO,^{3,7}

VALÉRIA M. M. GIMENEZ^{4,8} & ZEFA V. PEREIRA^{1,9}

RESUMO - Este trabalho objetivou verificar a variação das relações alométricas entre sete espécies do componente arbustivo-arbóreo de um fragmento de cerrado *sensu stricto* (22°13' S e 47°53' W), em Itirapina, SP, bem como variações entre indivíduos de diferentes classes de tamanho em cada uma delas. Utilizou-se uma parcela de 0,16 ha sendo selecionadas as espécies *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg, *Bauhinia rufa* (Bong.) Steud, *Miconia albicans* (Sw.) Triana, *Dalbergia miscolobium* Benth, *Roupala montana* Aubl., *Vochysia tucanorum* Mart. e *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. das quais foram obtidos dados referentes ao diâmetro na altura do solo (DAS) e a altura. Três classes de tamanho (altura) foram determinadas até 25 cm (pequenos), 25 cm a 1 m (médios) e maiores que 1 m (grandes). Foram estabelecidas as relações entre altura e diâmetro para cada espécie e classe de tamanho, ajustando-se curvas para cada conjunto de dados. O modelo de potência foi o que melhor explicou a relação entre altura e diâmetro para todas as espécies. A comparação dos coeficientes das regressões mostrou que os coeficientes alométricos de todas as espécies variaram entre 1,0 e 1,5, não diferindo entre si. A relação altura-d/dmin diminuiu significativamente com o aumento da altura, aproximando-se do limite de segurança para a maioria das espécies, exceto *A. falcata*, *M. albicans* e *X. aromatica*. Quando consideradas as diferentes classes de tamanho dentro de cada uma das espécies não se encontrou um modelo único que explicasse a relação entre altura e diâmetro. Deste modo, foram encontrados diferentes padrões quando se consideram as espécies como um todo ou suas classes de tamanho. Assim, ajustam-se a diferentes modelos refletindo vários requerimentos ecológicos.

Palavras-chave: alometria, populações, classes de tamanho.

¹ Curso de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Departamento de Botânica, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Caixa Postal 6109, 13081-970, Campinas, SP.

² Curso de Pós-Graduação em Ecologia, Departamento de Ecologia, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Caixa Postal 6109, 13081-970, Campinas, SP.

³ Curso de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Departamento de Botânica, Universidade Federal de São Carlos, Caixa Postal 676, 13560-090, São Carlos, SP.

⁴ Curso de Pós-Graduação em Biologia Comparada, Departamento de Botânica, Universidade de São Paulo, Av. Bandeirantes 3900, Ribeirão Preto, SP.

⁵ emiliogar@uol.com.br, ⁶ fcolpas@hotmail.com, ⁷ mcianciaruso@email.com, ⁸ vgimenez@bol.com.br, ⁹ zefap@bol.com.br

Introdução

Populações são grupos de organismos da mesma espécie que ocupam um espaço particular em um tempo determinado (Pinto-Coelho 2000). Muitos fatores podem influenciar a variação no tamanho das plantas em populações, como o tamanho das sementes, que não é constante dentro de uma espécie, o tamanho das plântulas, geralmente relacionado ao tamanho das sementes a partir das quais emergem, assim como o tempo de germinação em relação a plantas vizinhas, um dos principais determinantes do crescimento futuro (Hutchings 1997). Em monoculturas, plantas com a mesma idade podem apresentar uma distribuição segundo a qual existem alguns poucos indivíduos grandes e muitos indivíduos pequenos suprimidos; essas desigualdades de tamanho em uma população podem surgir em decorrência da variação entre as taxas de crescimento dos indivíduos em função da competição (Bonan 1988).

Em populações naturais, uma vez que a luz aumenta exponencialmente à medida que se aproxima do dossel e, dado que o crescimento em altura não aumenta tão rapidamente, plantas mais altas são forçadas a alocar proporcionalmente mais recursos para tecidos de sustentação (Waller 1986). Estudos realizados em uma região savânica mostraram que a baixa luminosidade limita mais os processos de crescimento no interior de uma formação arbórea do que a fertilidade do solo, influenciando assim o crescimento e recrutamento das espécies (Kellman *et al* 1998 *apud* Ribeiro *et al* 2001). Desta forma, um indicador simples da capacidade das plantas em competir por luz seria sua altura na maturidade (Givnish 1982 *apud* Tilman 1986).

No entanto, mesmo apresentando grande flexibilidade adaptativa em ambientes variáveis, as plantas têm seu crescimento restringido tanto por seu potencial genético quanto por sua estrutura física (Waller 1986). Restrições estruturais envolvem as pressões do ambiente, como a força da gravidade, vento e até mesmo epífitas, que forçam os ramos para baixo, levando ao investimento de uma fração crescente de biomassa na sustentação à medida que as plantas crescem. Relações alométricas podem refletir essas restrições, sendo indicações de mudanças na forma ou alguma outra característica a uma razão não simplesmente proporcional a seu tamanho. Uma das relações mais estudadas é aquela existente entre altura e diâmetro (Sposito & Santos 2001, Alves & Santos 2002).

Três modelos básicos foram propostos na literatura para descrever tal relação: (1) o modelo de similaridade elástica, que considera os troncos das árvores como colunas auto-sustentáveis, nas quais o diâmetro basal deve ser proporcional à altura elevada a $3/2$ para evitar que os indivíduos cedam ao seu próprio peso (McMahon 1973 *apud* Sposito & Santos 2001); (2) o modelo de estresse constante, baseado na pressuposição de que os troncos aumentam em diâmetro proporcionalmente em relação à altura elevada ao quadrado para que o estresse produzido pelo vento sobre o caule seja igualado (Dean & Long 1986

apud Sposito & Santos 2001); e (3) o modelo de similaridade geométrica, que assume que o expoente é igual a 1,0 ou que o diâmetro do tronco aumenta de maneira diretamente proporcional à altura (Norberg 1988 *apud* Sposito & Santos 2001).

Com base nestes modelos e dada a escassez de informações a respeito das relações alométricas das espécies de cerrado, este trabalho teve como objetivos verificar a variação das relações alométricas entre sete espécies do componente arbustivo-arbóreo de um fragmento de cerrado *sensu stricto*, bem como variações entre os indivíduos de diferentes classes de tamanho em cada uma delas. Pretende-se responder às seguintes perguntas: como crescem as espécies do cerrado quando se considera a relação altura e diâmetro? Essa relação se altera nas diferentes classes de tamanho dentro de uma mesma espécie? Uma vez que as plantas do cerrado estão sujeitas a diferentes perturbações (fogo, vento), essas espécies se aproximariam do modelo de estresse constante?

Material e Métodos

O estudo foi realizado em um fragmento de cerrado *sensu stricto* de 260 ha no município de Itirapina, SP, localizado a 22°13' S e 47°53' W, com altitude média de 769m. O clima da região segundo a classificação de Köppen é Cwa (mesotérmico úmido, com invernos secos e verões chuvosos), sendo a precipitação média anual de 1.501 mm e a temperatura média de 22 °C (Setizer 1996).

Foram amostradas 64 parcelas de 5 x 5 m (25m²) distribuídas sistematicamente, totalizando 0,16 ha, sendo selecionadas as espécies *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg, *Bauhinia rufa* (Bong.) Steud, *Miconia albicans* (Sw.) Triana, *Dalbergia miscolobium* Benth, *Roupala montana* Aubl., *Vochysia tucanorum* Mart. e *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart..

Para todos os indivíduos, foram medidos o diâmetro na altura do solo (DAS) e a altura. Para cada espécie, foram estabelecidas classes de tamanho baseado na altura dos indivíduos: até 25 cm (pequenos), 25 cm a 1 m (médios) e maiores que 1 m (grandes).

Foram estabelecidas as relações entre altura e diâmetro para cada espécie e classe de tamanho, ajustando-se curvas para cada conjunto de dados (Programa Excel). A altura foi também comparada à relação diâmetro-diâmetro mínimo (d/d_{min}). Os dados foram então linearizados pela transformação em logaritmo, sendo comparados através dos coeficientes de suas respectivas regressões lineares ($P > 0,05$) (Programa Systat 10.2).

Resultados

O modelo de potência foi o que melhor explicou a relação entre altura e diâmetro para todas as espécies, embora para *D. miscolobium* o modelo de regressão linear também tenha se ajustado aos dados. O coeficiente de determinação (R^2) variou de 64,81% em *M. albicans* a 89,77% em *D. miscolobium* (tabela 1). Os coeficientes alométricos de todas as espécies variaram entre 1,0 e 1,5, não diferindo entre si. (figura 1). A relação altura-d/dmin diminuiu significativamente com o aumento da altura, aproximando-se do limite de segurança para a maioria das espécies, exceto em *A. falcata*, *M. albicans* e *X. aromatica* (figuras 2, 3 e 4).

Modelos variados explicaram a relação entre altura e diâmetro quando se consideraram as diferentes classes de tamanho dentro de cada uma das espécies (tabela 1). Segundo o critério de separação em classes de tamanho, não foram observados indivíduos pequenos na população de *A. falcata*. Os indivíduos das demais classes mostraram relações distintas, sendo que indivíduos médios ($R^2 = 42,86\%$) tiveram sua relação altura-diâmetro melhor explicada pelo modelo exponencial, ao passo que os indivíduos grandes ($R^2 = 50,41\%$) ajustaram-se melhor ao modelo potencial.

Para *B. rufa*, quando se consideraram as classes de tamanho isoladamente, tanto indivíduos pequenos quanto médios ajustaram-se ao modelo logarítmico. A comparação dos coeficientes das regressões revelou que os indivíduos pequenos aproximam-se de 1,5, enquanto os médios têm coeficiente ao redor de 2,0 (figura 5). Já nos indivíduos grandes, não se pôde encontrar qualquer padrão, sendo a relação altura-diâmetro completamente aleatória.

Nas populações de *D. miscolobium* e *M. albicans*, indivíduos pequenos diferiram dos demais: os primeiros cresceram segundo o modelo logarítmico, enquanto indivíduos médios e grandes comportaram-se segundo o modelo potencial. A comparação destas classes em *D. miscolobium* mostrou que os indivíduos têm relação altura-diâmetro significativamente diferente, com indivíduos médios apresentando coeficiente próximo de 2,0 e indivíduos grandes, próximo de 1,0 (figura 5). Os indivíduos médios e grandes de *M. albicans* também diferiram, porém verificaram-se coeficientes entre 1,5 e 2,0 para a classe média e próximo de 2,0 para a classe grande (figura 5).

Em *R. montana*, tanto os indivíduos médios como grandes ajustaram-se ao modelo de potência. A comparação dos coeficientes das regressões revelou que ambas as classes apresentaram coeficientes muito maiores que 2,0 (figura 6).

Na população de *V. tucanorum*, observou-se que diferentes modelos ajustaram-se à cada uma das classes de tamanho. Os modelos que melhor explicaram a relação altura-diâmetro de indivíduos pequenos, médios e grandes foram logarítmico, potencial e linear, respectivamente. A população de *X. aromatica*, por

sua vez, teve todas as classes de tamanho seguindo uma distribuição potencial. Os coeficientes mostraram três padrões distintos: pequenas com coeficiente maior que 2,0, médias com coeficiente próximo de 2,0 e grandes, próximo a 1,5 (figura 5).

Discussão

Apesar do modelo escolhido para *D. miscolobium* ter sido o de potência, o que melhor se ajustaria seria o de regressão linear. Entretanto, devido ao fato dos valores de R^2 obtidos para ambos os modelos serem muito semelhantes, optou-se pelo de potência, o que possibilitou a comparação entre as espécies. O modelo de potência também foi utilizado para explicar a relação altura-diâmetro em algumas espécies florestais, tais como espécies do gênero *Cecropia* (Sposito & Santos 2001). No entanto, os valores de R^2 observados para as espécies de cerrado, apesar de relativamente altos, foram menores do que os encontrados para as espécies de *Cecropia*.

Quando se consideraram os coeficientes das regressões ajustadas (log x log), verificou-se que todas as espécies comportavam-se em uma posição intermediária entre os modelos de similaridade geométrica e de similaridade elástica, refutando a hipótese inicial de que estas espécies poderiam estar se aproximando mais do modelo de estresse constante. Uma forma de explicar esse comportamento seria considerar a hipótese de que as espécies estudadas podem ter se originado e diversificado na floresta para depois invadir o cerrado (Rizzini 1971, Ratter *et al.* 2000), apresentando, desta forma, características de espécies florestais. Uma outra possibilidade seria a de que a fisionomia estudada é relativamente fechada e, portanto, a competição por luz mais acirrada; assim um maior investimento no crescimento em altura pode ser mais vantajoso.

Para *B. rufa* e *M. albicans*, observaram-se coeficientes próximos de 1,5 e 2,0 para os indivíduos pequenos e médios e para médios e grandes, respectivamente. Tais coeficientes refletem as diferentes respostas às pressões que o ambiente estaria exercendo: um grupo (pequenos em *B. rufa* e médios em *M. albicans*) comporta-se segundo o modelo elástico, enquanto o segundo grupo (indivíduos médios de *B. rufa* e grandes de *M. albicans*), de acordo com o modelo de estresse. Assim, indivíduos mais jovens estariam investindo proporcionalmente menos em diâmetro em relação à altura quando comparado com indivíduos mais velhos, indicando que os primeiros podem estar investindo mais em altura em função da competição por luz. Por sua vez, há maior incremento em diâmetro nos indivíduos maiores bem estabelecidos.

Situação inversa foi observada para *D. miscolobium* e *X. aromatica*. Indivíduos pequenos e médios apresentaram coeficientes próximos de 2,0, ao passo que em indivíduos grandes a relação mudou: em *D.*

miscolobium, os indivíduos grandes apresentaram coeficientes próximos de 1,0 e *X. aromatica*, próximo de 1,5. Portanto, indivíduos pequenos e médios investiriam muito mais no crescimento em diâmetro nas fases iniciais de suas vidas, como observado para duas espécies de *Cecropia* (Sposito.& Santos 2001). Por outro lado, muitos indivíduos amostrados eram rebrotas, possuindo diâmetros maiores do que o esperado para sua altura. Já os indivíduos grandes passariam a investir menos no crescimento em diâmetro, quando comparado aos indivíduos mais jovens. Em *D. miscolobium*, este crescimento altura-diâmetro passa a ser geométrico e, em *X. aromatica*, elástico.

No caso de *Xilopia aromática*, vale ressaltar que esta é uma espécie de crescimento muito lento e que apresenta frutificação muito irregular, produzindo grandes quantidades de sementes viáveis apenas a cada 2 ou 3 anos (Lorenzi 1992). Dado que a entrada de novos indivíduos na população parece limitada por esta característica da espécie, o maior investimento em diâmetro nas fases iniciais do desenvolvimento poderia ser vantajoso para garantir o seu estabelecimento. Já em *R. montana* as classes de tamanho pequena e média apresentaram valores acima do modelo de estresse constante, indicando que indivíduos jovens desta espécie poderiam estar sob alguma forma de pressão ambiental, resultando em um maior investimento e diâmetro.

Deste modo, foram encontrados diferentes padrões quando se consideram as espécies como um todo ou suas classes de tamanho, refletindo requerimentos ecológicos variados.

Referências Bibliográficas

- ALVES, L.F. & SANTOS, F.A.M. 2002. Tree allometry and crown shape of four tree species in Atlantic rain forest, south-east Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 18: 245-260.
- BONAN, G.D. 1988. The size structure of theoretical plant population: special patterns and neighborhood effects. *Ecology* 69: 1721-1730.
- HUTCHINGS, M.J. 1997. The structure of plant population. *In* *Plant Ecology* (M.J. Crawley, ed.). Blackwell Scientific Publications, Oxford, p.97-136.
- LORENZI, H. 1992. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Editora Plantarum, Nova Odessa. 352p.
- PINTO-COELHO, R.M. 2000. Fundamentos em Ecologia. Editora Artes Médicas Sul, Porto Alegre.
- RATTER, J.A., BRIDGEWATE, S. RIBEIRO, J.F. DIAS, T.A.B. & SILVA, M.R.B 2000. Estudo preliminar da distribuição das espécies lenhosas da fitofisionomia cerrado sentido restrito nos estados compreendidos pelo bioma cerrado. *Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer* 5:5-43.

- RIBEIRO, J.F., FONSECA, C.E.L. & SOUZA-SILVA, J.C. 2001. Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria. Embrapa, Planaltina.
- RIZZINI, C.T. 1971. A flora do cerrado. *In* Anais- Simpósio sobre o cerrado (M.G. Ferri, ed.). Ed. Universidade de São Paulo, São Paulo. p.9-35.
- SETIZER, J. 1996. Atlas climático e ecológico do estado de São Paulo. Comissão Interestadual da Bacia do Paraná-Uruguaí, São Paulo.
- SPOSITO, T.C. & SANTOS, F.A.M. 2001. Scaling of stem and crown in eight *Cecropia* (Cecropiaceae) species of Brazil. *American Journal of Botany* 88: 939-949.
- TILMAN, D. 1986. Resources competition and the dynamics of plant communities. *In* Plant Ecology (M.J. Crawley, ed.). Blackwell Scientific Publications, Oxford. p.51-76.
- WALLER, D.M. 1986. The dynamics of growth and form. *In* Plant Ecology (M.J. Crawley, ed.). Blackwell Scientific Publications, Oxford. p.291-320.

Tabela 1 – Modelos utilizados no ajuste das relações altura-diâmetro entre as diferentes espécies (total) e suas classes de tamanho (pequena, média e grande).

Espécie	Total	R ² (%)	Pequena	Média	Grande
<i>A. falcata</i>	Potência	85,10	*	Exponencial	Potência
<i>B. rufa</i>	Potência	74,28	Logaritmica	Logaritmica	**
<i>D. miscolobium</i>	Linear/Potência	89,77	Logaritmica	Potência	Potência
<i>M. albicans</i>	Potência	64,81	Logaritmica	Potência	Potência
<i>R. montana</i>	Potência	68,64	Logaritmica	Potência	Potência
<i>V. tucanorum</i>	Potência	85,57	Logaritmica	Potência	Linear
<i>X. aromatica</i>	Potência	69,17	Potência	Potência	Potência

* a espécie não apresentou indivíduos na classe de tamanho pequena.

** nenhuma curva se ajustou significativamente a essa classe de tamanho.

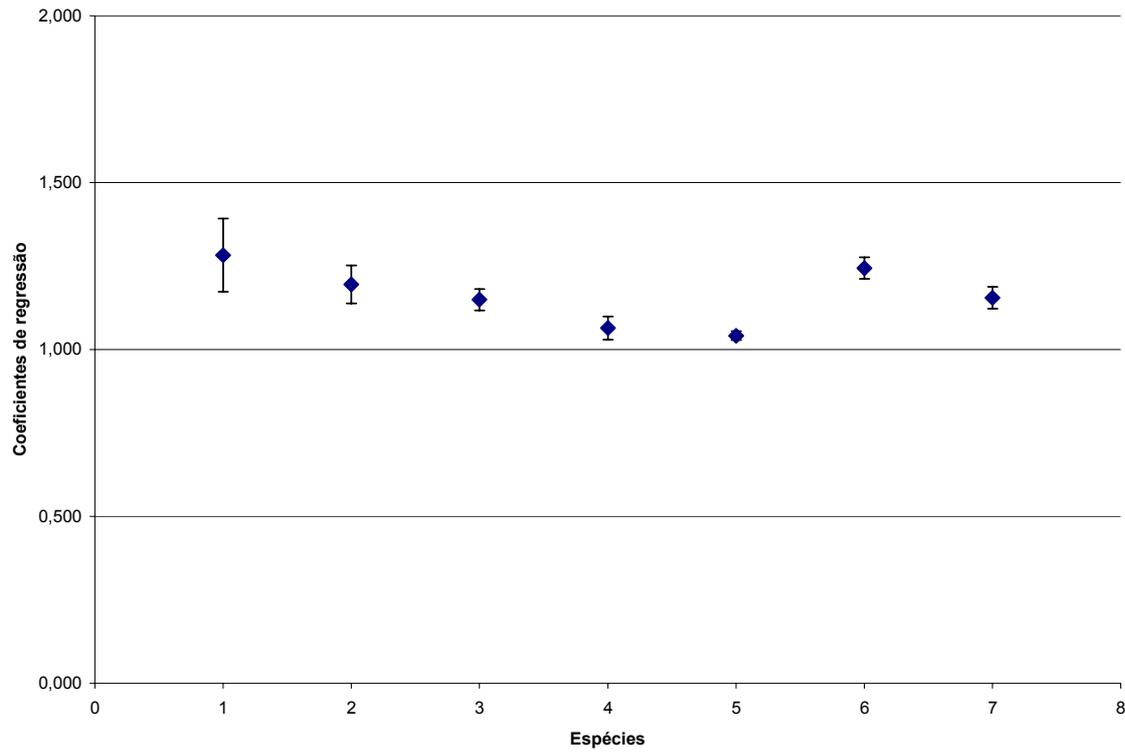


Figura 1 - Coeficientes da regressão linear entre as diferentes espécies, referente à relação altura e diâmetro. 1 - *A. falcata*, 2 - *B. rufa*, 3 - *D. miscolobium*, 4 - *M. albicans*, 5 - *R. Montana* 6 - *V. tucanorum* 7 - *X. aromática*.

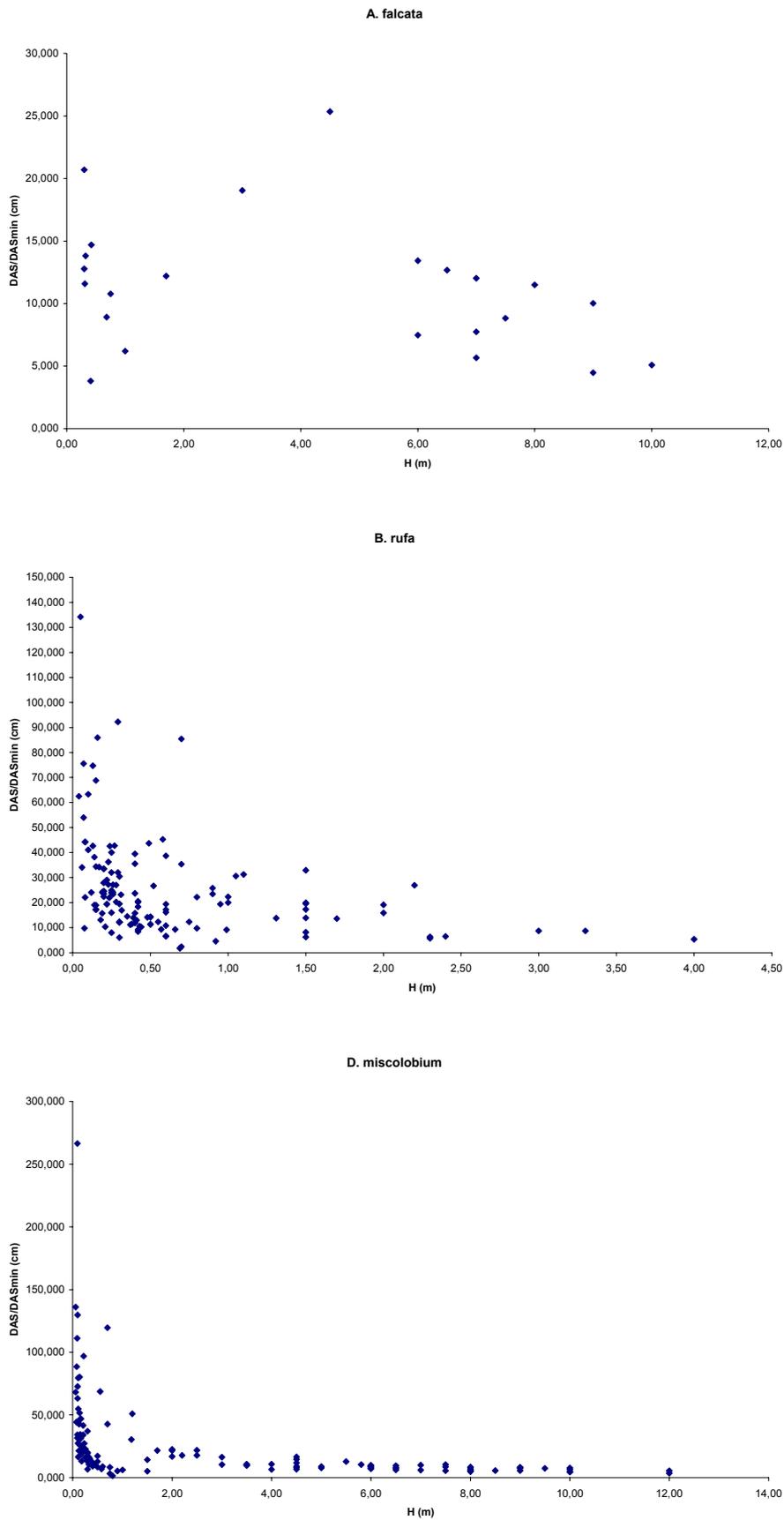


Figura 2 - Limite de segurança do diâmetro do caule (d/d_{min}) em função a altura (H).

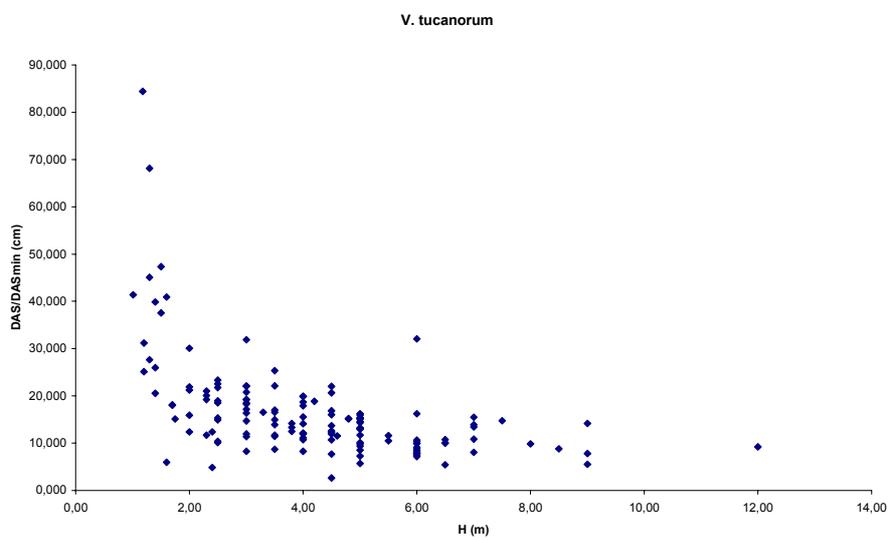
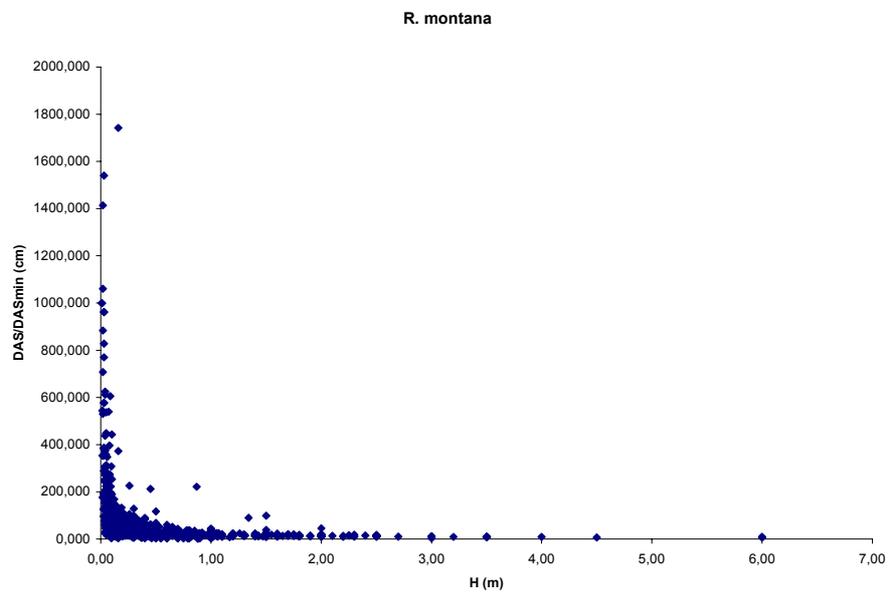
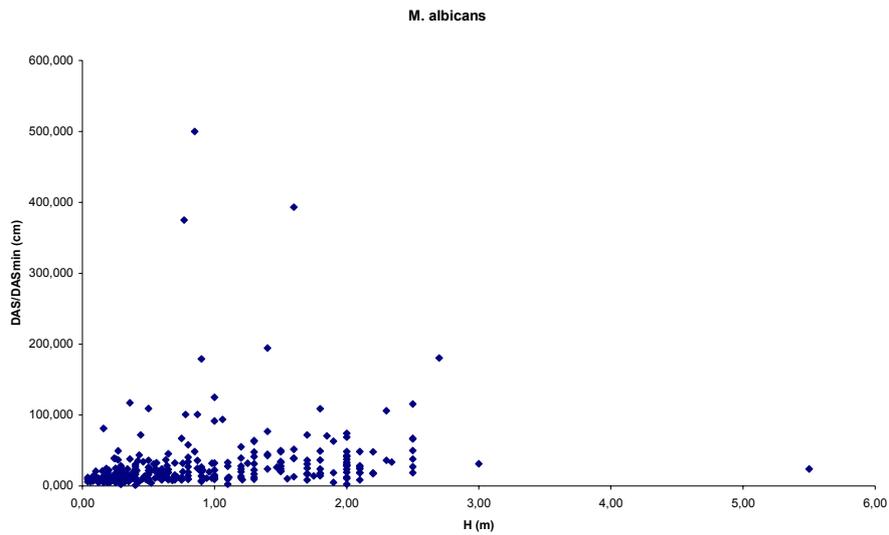


Figura 3 - Limite de segurança do diâmetro do caule (d/d_{min}) em função a altura (H).

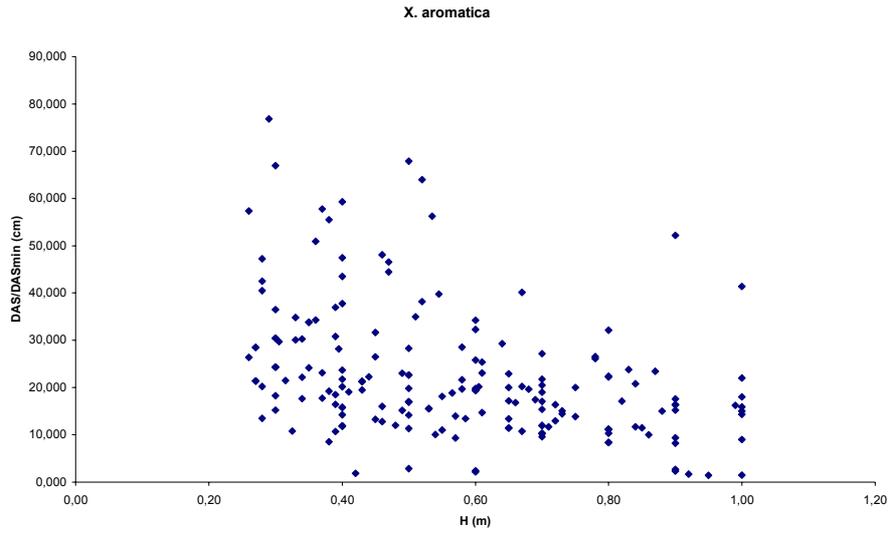


Figura 4 - Limite de segurança do diâmetro do caule (d/d_{min}) em função a altura (H).

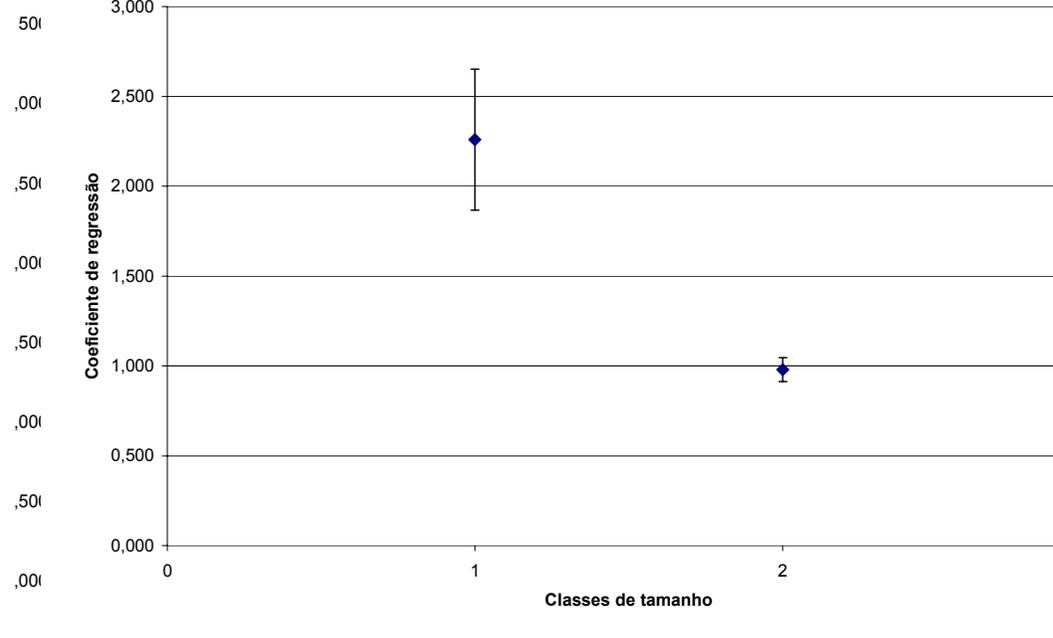
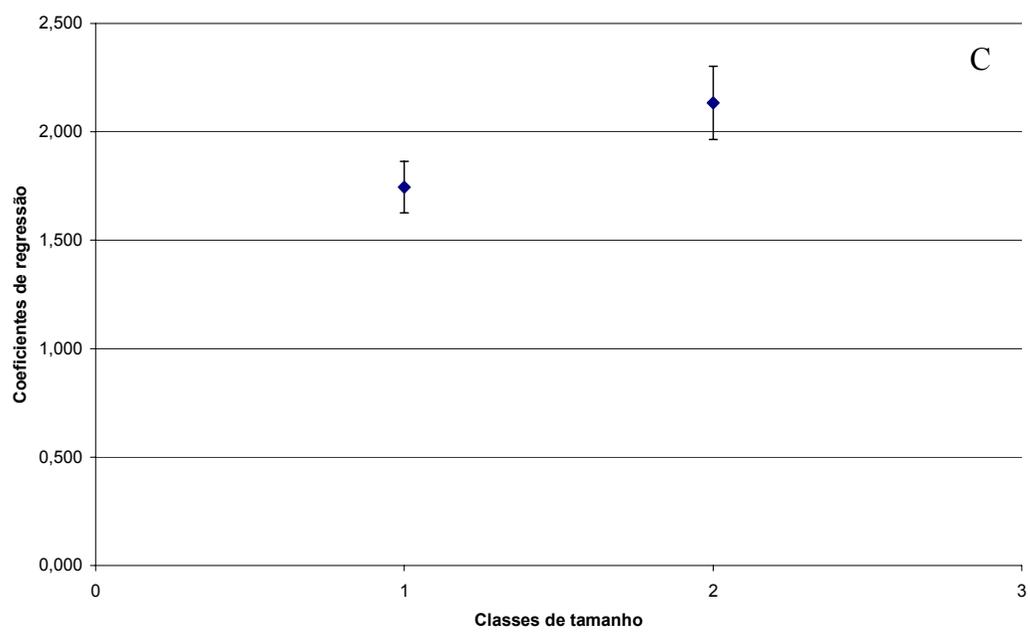
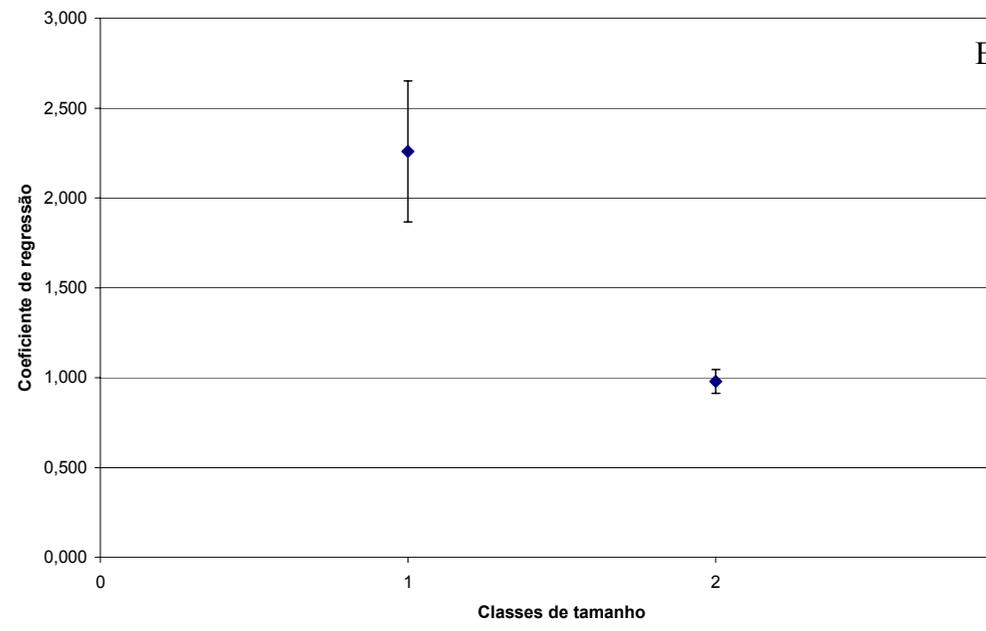
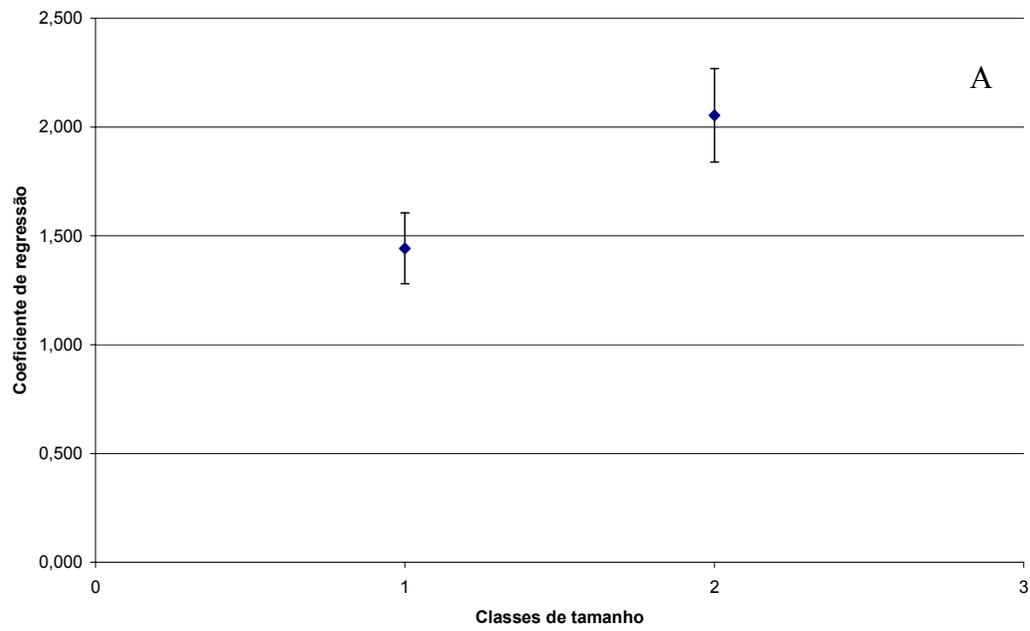


Figura 5 – Coeficientes da regressão linear entre as classes de tamanho: Legenda: A - *Bauhinia rufa*, B - *Dalbergia miscolobium*, C - *Miconia albicans*, D - *Xylopia aromática*.
 indivíduos pequenos, 2 – Médios e 3 –Grandes .

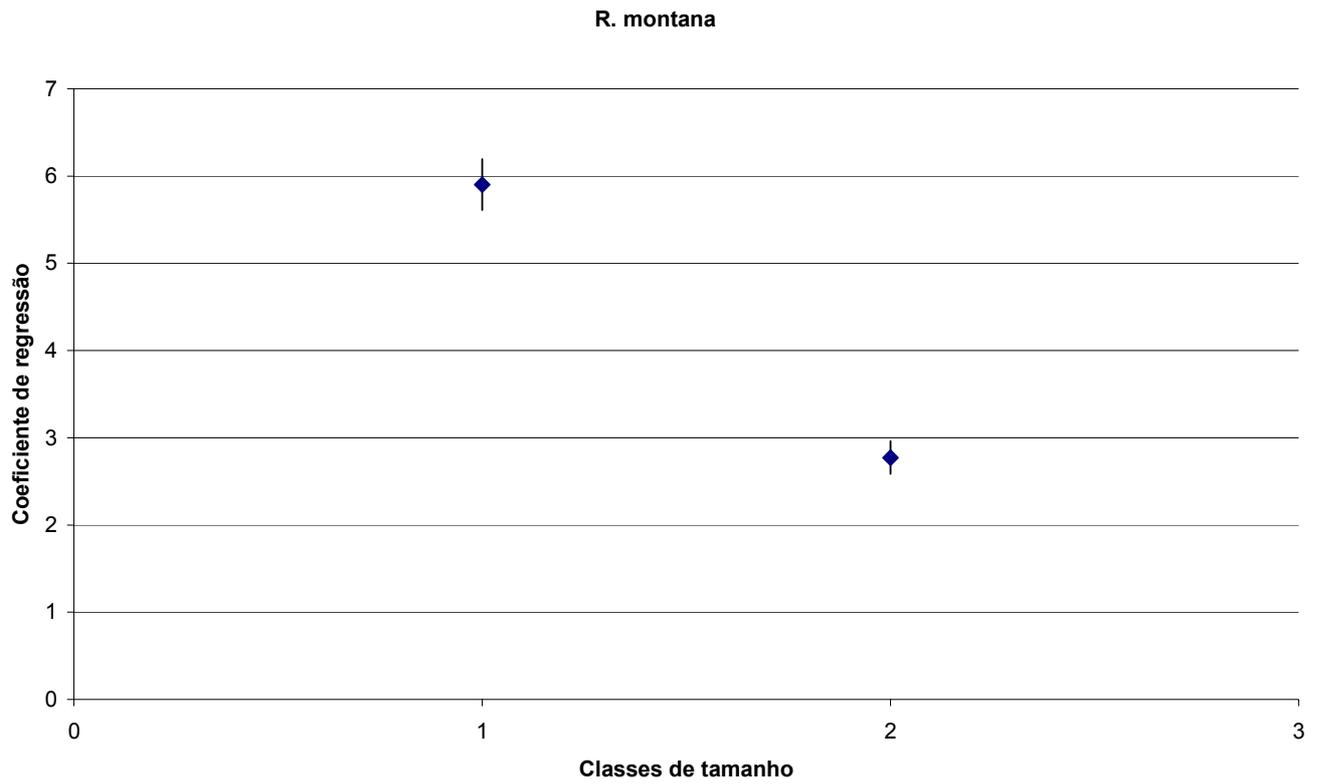


Figura 6 – Coeficientes da regressão linear entre as classes de tamanho para *Roupala montana*. Legenda: 1- médios e 2-grandes.