

## Caracteres vegetativos em diferentes fitofisionomias de Cerrado

Carina Lima da Silveira<sup>1</sup>, Carlos Guilherme Becker<sup>1</sup>, Mônica Frank Kersch<sup>1</sup>, Sebastian Felipe Sendoya Echeverry<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ecologia – Universidade Estadual de Campinas

**Resumo** - Comunidades vegetais respondem de maneira diferente à variação de fatores bióticos e abióticos aos quais estão sujeitas. Estas respostas podem ser observadas em características morfológicas em níveis populacionais e comunitários. Tentando compreender estas respostas morfológicas das plantas, este trabalho tem como objetivo: i) verificar como características morfológicas de plantas lenhosas estão distribuídas em diferentes fitofisionomias de cerrado; ii) associar caracteres morfológicos a diferentes fitofisionomias. Para isto, foram estudadas seis áreas de cerrado com fisionomias de campo sujo, cerrado *sensu stricto* e cerradão. Utilizando o método de ponto-quadrantes foram estimadas e/ou medidas 19 características morfológicas. Nossos resultados mostraram que existem características morfológicas que respondem a diferentes fitofisionomias do cerrado. As características mais associadas aos ambientes de cerrado *sensu stricto* e campo sujo foram as relacionadas à proteção contra herbívoros, à perda de água e a intempéries. As diferenças morfológicas na vegetação entre locais com diferentes condições ecológicas e históricas sugerem que os padrões morfológicos podem estar sendo definidos pelas estratégias vegetais mais eficientes para cada caso.

**Palavras-chave:** Cerrado, Variações Morfológicas, Itirapina, Fitofisionomia.

## Introdução

Comunidades vegetais respondem de maneira diferente às diversas condições ambientais nas quais estão inseridas. Estas respostas podem ser observadas nas características morfológicas em níveis populacionais e comunitários (Townsend *et al* 2006). Existe uma grande variação na estrutura das árvores e arbustos que decorre do nicho de cada espécie na comunidade, estando muitas características arquiteturais relacionadas com a habilidade de assimilação de recursos do indivíduo (Townsend *et al* 2006). Além disso, o genótipo expressado depende, em certo grau, do ambiente no qual o indivíduo está inserido. A mudança fenotípica será uma resposta ambiental chamada de plasticidade fenotípica. Isto poderia levar o indivíduo a se adaptar às condições locais para ter o maior sucesso de desenvolvimento e reprodução (Silvertown & Charlesworth 2005).

Os caracteres morfológicos das plantas, como filotaxia, orientação foliar, padrão de ramificação, gerados por processos de crescimento e desenvolvimento das plantas variam, por exemplo, com o nível de radiação solar ao qual estão submetidas ou com o grau de restrição ecológica (Aiba & Kohyama 1997, Silvertown & Charlesworth 2005). A diversidade de arquitetura das plantas pode refletir diferenças na forma de captação de recursos, tal como luz, o que possibilita a co-existência de espécies (Aiba & Kohyama 1997).

Algumas espécies toleram uma grande amplitude de condições ambientais, enquanto que outras estão limitadas a uma amplitude ambiental restrita. Porém, cada espécie se desenvolve melhor somente em uma parte limitada do gradiente de condições ambientais (Larcher 2000). Tilman (1982) propôs modelos para explicar a diversidade de espécies vegetais em ambientes com recursos limitados. Estes modelos, baseados na seleção por aumento da partição de recursos, sugerem que a disponibilidade de nutrientes no solo, água e luz são fatores críticos na coexistência de várias espécies lenhosas em áreas relativamente pequenas.

Interações entre plantas de diferentes estratos podem influenciar a dinâmica foliar local. Árvores, por exemplo, podem exercer um efeito negativo em gramíneas ao competir por luz, nutrientes e água (Belsky 1994, Hoffman *et al.* 2005), porém alguns estudos encontraram efeitos positivos (Ludwig *et al.* 2003). Em formações savânicas, a estratificação vertical é praticamente inexistente (Sarmiento 1984), por isso existe a necessidade de entender como características morfológicas de plantas respondem a diferentes fisionomias savânicas com diferentes quantidades de estrato graminóide.

O Cerrado brasileiro, também denominado por savana sul-americana, abrange cerca de 2 milhões de km<sup>2</sup>, o que representa 22% do território brasileiro (Oliveira-Filho & Ratter 2002) e apresenta uma ampla

variação fitofisionômica (Coutinho 1978; Batalha & Martins 2004). A fisionomia do Cerrado pode ser considerada um mosaico de formações vegetais que abrange desde formações florestais até formações de um único estrato. Por exemplo, o *Cerradão* apresenta um dossel contínuo com uma cobertura arbórea alta proporcionando condições de luminosidade que favorecem a formação de estratos arbóreo e arbustivo diferenciados, enquanto que no outro extremo existe o *Campo limpo*, vegetação savânica dominada por espécies graminóides (Oliveira-Filho & Ratter 2002).

Este trabalho tem como objetivo: i) verificar como as características morfológicas de plantas lenhosas estão distribuídas nas diferentes fitofisionomias do cerrado; ii) identificar a associação de caracteres morfológicos a diferentes fitofisionomias.

## **Metodologia**

**Área de estudo** - O estudo foi realizado em uma região de cerrado no município de Itirapina, localizado na região central do estado de São Paulo (22°14'S e 47°49'W), com uma altitude média de 760m. O clima é temperado macrotérmico úmido com inverno seco. A precipitação média anual é de 1425 mm, com o período chuvoso de outubro a março (84% da precipitação anual). A temperatura média anual é de 19,7°C, sendo os meses mais quentes janeiro e fevereiro. O balanço hídrico mostra uma deficiência hídrica de 23 mm anuais (Dutra-Lutgens 2000).

Foram estudados seis fragmentos de cerrado com fisionomias de campo sujo, cerrado *sensu stricto* e cerradão. Dentre os seis fragmentos, três deles, denominados de *Pedregulho*, *Valério* e *Estação Ecológica*, pertencem ao Instituto Florestal do Estado de São Paulo; e outros três fragmentos, que são de propriedade particular, foram denominados de *Estrela*, *Presídio* e *Graúna*. O fragmento *Pedregulho* é considerado uma formação florestal mista com cerrado e o solo é Latossolo Vermelho-Escuro, enquanto nos demais fragmentos o solo é Neossolo Quartzarênico. O fragmento *Valério* é considerado um cerrado de fitofisionomia quase florestal, com altura média de 8 m, estrato graminóide ausente e espessa camada de serrapilheira sobre o solo. As áreas denominadas *Presídio*, *Graúna* e *Estrela* são consideradas fragmentos de cerrado *sensu stricto* com altura média de 3 m, estrato graminóide presente, e sujeitas a perturbações devido ao gado, ação antrópica, fogo e invasão de gramíneas exóticas. A *Estação Ecológica* é considerada uma área de campo sujo sujeita à invasão de gramíneas exóticas como, por exemplo, *Brachiaria* e *Melinis*.

**Sistema de Amostragem** - O sistema de amostragem utilizado foi o método de ponto-quadrante adaptado de Cottam & Curtis (1956). A amostragem foi feita a cada dez metros ao longo de uma transecção linear de 120 m. Em cada um dos doze pontos da transecção foram amostradas as quatro plantas mais próximas ao

centro do ponto em seu respectivo quadrante, obedecendo ao critério de que fossem amostrados apenas indivíduos com diâmetro à altura do solo (DAS) maior ou igual a 3 cm. Foram classificados como arbustos os indivíduos com ramificações abaixo de 50 cm e como árvores os indivíduos com ramificações acima de 50 cm do solo.

Foram selecionadas uma série de características morfológicas as quais julgamos ser de grande importância ecológica. De cada indivíduo foi estimada a altura, assim como medido o comprimento e a largura (máximos e mínimos) do limbo foliar utilizados no cálculo da área foliar (largura x comprimento) máxima e mínima de cada espécie. Outras características individuais, tais como espessura do córtex (fino ou outro), tipo de folha (simples ou composta), filotaxia (díctica ou outra), forma do limbo (elíptica ou outra), formato do ápice foliar (agudo ou outro), formato da base foliar (aguda ou outra), margem da folha (inteira ou outra), superfície foliar (lisa ou outra), textura foliar (membranácea ou outra), presença ou ausência de: látex, lenticelas, tricomas nos ramos, pecíolo e folhas, estruturas secretoras, domáceas e catafilos também foram avaliadas.

**Análise de dados** - Cada uma das características foi analisada binariamente e foi calculada a frequência de plantas em cada área que apresentava um dos dois estados de carácter. Estas frequências foram transformadas em proporções para a homogeneização das variações dos tamanhos amostrais. As proporções entre os lugares foram calculadas e comparadas com o esperado, dois a dois, utilizando o teste de  $\chi^2$  (Qui-Quadrado) de independência. Além disso, utilizamos a correção de Bonferroni para minimizar a probabilidade de cometer o erro do tipo I.

Para verificar como os locais de coleta se agrupam em relação às características morfológicas avaliadas, foram gerados dendrogramas de similaridade, usando o índice de distância Euclidiana, para abundância, e de Jaccard, para presença e ausência, com o método de agrupamento de UPGMA (Unweighted Pair-Groups Method Average – Método de agrupamento por médias pareadas), usando programa MVSP. 3.12 (2001). Para detectar se as diferenças nos dados morfológicos seriam causadas por diferenças na composição de espécies dos lugares, foi feito um dendrograma (utilizando a mesma metodologia do dendrograma anterior) com a abundância de cada uma das espécies em cada fragmento. Análises de Componentes Principais (PCA) foram realizadas com a finalidade de detectar características morfológicas mais importantes na diferenciação das estruturas de comunidades de cada área de estudo, utilizando o software MVSP.3.12(2001). A partir de análises como estas é possível inferir quais características ecológicas estão produzindo as diferenças nas características entre as fitofisionomias.

## Resultados

Nas seis áreas de cerrado amostradas foram coletadas informações morfológicas de 2091 indivíduos pertencentes a 44 famílias, 88 gêneros e 133 espécies. As áreas de cerrado com maior e menor riqueza de espécies foram os fragmentos *Pedregulho* e *Estação Ecológica* com respectivamente 68 e 35 espécies arbóreas e arbustivas.

Análises de agrupamento utilizando características morfológicas (Fig. 1a) e abundâncias relativas de espécies (Fig. 1b) produziram resultados bastante similares, formando um grupo com duas áreas de vegetação mais densa e alta (*Valério* e *Pedregulho*) e outro grupo formando um gradiente de cerrados menos densos (*Presídio*, *Graúna*, *Estrela* e *Estação Ecológica*). Entretanto, a análise morfológica e a análise de distribuição de abundâncias podem se assemelhar por ambas serem altamente influenciadas pelas espécies mais abundantes. Por conta disto, foi feita uma terceira análise de agrupamento utilizando os dados de presença e ausência das espécies. Esta análise contrastou a composição das espécies de cada fragmento (Fig. 1c) com as características morfológicas (Fig. 1b), independentemente do efeito das espécies mais abundantes. No dendrograma de composição, ao contrário dos outros dois, houve a separação de apenas um dos fragmentos de vegetação mais densa (*Pedregulho*) das outras áreas (Fig. 1c).

A ordenação de análise de componentes principais (PCA) utilizando 19 caracteres morfológicos indicou os associados com cada fitofisionomia (Fig. 2). Nos dois extremos do eixo que melhor resume as características morfológicas na classificação estão o *Pedregulho* em um extremo e a *Estação Ecológica* no outro. Em direção do fragmento *Pedregulho* há maior proporção de plantas de altura maior de 2m (vide detalhadamente o gradiente de alturas na Fig. 4), ápices agudos nas folhas, maior proporção de plantas com córtex fino e plantas com filotaxia dística. Ao longo do segundo eixo da ordenação estão distribuídos os fragmentos *Estação Ecológica*, *Graúna*, *Presídio* e *Estrela*, os quais formam um grupo evidente nos dendrogramas (Fig. 1a e 1b). Há uma maior proporção de plantas com glândulas e domáceas na direção dos fragmentos *Presídio* e *Estrela* e um crescente aumento na proporção de tricomas nas folhas na direção oposta, aproximando-se do fragmento *Valério*. Igualmente explicadas pelos dois eixos estão a presença de látex, a proporção de plantas com folhas sésseis e a proporção de plantas com folhas de área maior que 45 cm<sup>2</sup>, todas aumentando na direção do fragmento *Estação Ecológica*.

A riqueza e sua variação entre os fragmentos foram maiores para espécies com folhas simples do que para espécies com folhas compostas (Fig 5.) O fragmento *Estação Ecológica* apresentou folhas simples de maior área foliar, enquanto as menores folhas foram registradas no fragmento *Pedregulho*. Os folíolos apresentaram valores medianos de área foliar semelhantes aos das folhas simples apenas nos extremos

do gradiente de altura, nos fragmentos *Estação Ecológica* e *Pedregulho*. Os fragmentos com menor número de espécies apresentam uma variação relativamente alta na área das folhas.

## Discussão

Tamanho e forma variam muito entre os diversos táxons, entre populações e entre indivíduos (Townsend *et al.* 2006). Nossos resultados mostraram que existem caracteres morfológicos que respondem a diferentes fitofisionomias do cerrado. Existiu uma relação entre as fisionomias de cerrado e os caracteres morfológicos somente quando foram retirados os efeitos de abundância das espécies.

Características morfológicas, como córtex fino, ápice foliar agudo e filotaxia dística mostraram-se intimamente associadas a áreas de fisionomia florestal (*Pedregulho* e *Valério*). Em áreas sombreadas as espécies tendem a reter mais umidade, por isto, as plantas não precisam investir em córtex grossos ou suberosos, pois o risco de fogo é menor (Solbrig *et al.* 1996, Angelocci 2002). As folhas nessas fisionomias tendem a possuir ápices agudos talvez como um mecanismo de escoamento de água excessiva, a filotaxia dística pode possibilitar um melhor aproveitamento na captação de luz, e também uma maior proporção de plantas com lenticelas, o que favorece as trocas gasosas (Angelocci 2002).

Plantas com córtex grosso (2 mm-10 mm) ou suberoso (acima de 10 mm) apresentam uma resistência maior ao fogo, mantendo o indivíduo vivo, mesmo após a queima de suas folhas, meristemas e ramos (Miranda *et al.* 2002). Talvez não coincidentemente estas características estejam presentes em áreas abertas com gramíneas que são o principal combustível para o fogo.

As características associadas aos ambientes de cerrado *sensu stricto* (*Estrela*, *Graúna* e *Presídio*) e campo sujo (*Estação Ecológica*) foram a presença de domáceas, estruturas secretoras e de catafilos. Tricomas foliares, presença de exsudato, catafilos, domáceas, e estruturas secretoras são características que podem estar associadas a defesas da planta contra herbivoria. Paleari & Santos (1998), manipulando a presença de tricomas nas folhas de *Miconia albicans* (Melastomataceae), evidenciaram que a retirada de tricomas em folhas jovens aumentava o dano causado por herbívoros. Além disto, estruturas secretoras, como nectários extraflorais, chegam a reduzir significativamente os níveis de herbivoria da planta, pois estas estruturas atraem formigas que protegem as plantas em troca de alimento rico em carboidratos e proteínas (Oliveira *et al.* 2002). Portanto, a presença de características associadas à proteção da planta contra herbivoria pode refletir uma forte pressão por herbívoros. As áreas mais associadas a estas características foram os cerrados *sensu stricto* e campo sujo. Além de as plantas de cerrado com fisionomia aberta se encontrarem expostas à pressão de herbivoria, elas estão também sujeitas ao fogo.

Na área da Estação Ecológica foi observada uma alta proporção de plantas com folhas sésseis e grandes e com filotaxia espiralada ou verticilada. A orientação e a exposição das folhas afetam a transpiração devido à relação com o ângulo de incidência dos raios solares. Como mencionado anteriormente, a Estação Ecológica apresentou uma alta proporção de plantas com folhas apresentando tricomas. Os tricomas, além de servirem para defesa contra herbívoros, podem servir para evitar a dessecação foliar, refletindo os raios solares, quando estes são esbranquiçados.

Os resultados indicaram que a diferenciação morfológica entre as fitofisionomias estudadas de cerrado não é devida somente à composição de espécies locais. As diferenças morfológicas na vegetação entre locais com diferentes condições ecológicas e históricas sugerem que os padrões morfológicos podem estar sendo definidos pelas estratégias vegetais mais eficientes para cada caso.

### **Referências Bibliográficas**

- AIBA, S.I. & KOHYAMA, T. 1997. Crown architecture and life-history traits of 14 tree species in a warm-temperate rain forest: significance of spatial heterogeneity. *Journal of Ecology*, 85 (5) 611-624.
- ANGELOCCI, L.R. 2002. Água na planta e trocas gasosas-energéticas com a atmosfera – Introdução ao tratamento biofísico. Edição do autor, Piracicaba.
- BATALHA, M.A. & MARTINS, F.R. 2004. Floristic, frequency, and vegetation life-form spectra of a cerrado site. *Brazilian Journal of Biology*, 64: 203-209.
- BELSKY, A.J. 1994. Influences of trees on savanna productivity: tests of shade, nutrients, and tree-grass competition. *Ecology* 75: 922-932.
- COTTAM, G. & CURTIS, J.T. 1956. The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology* 37: 451-460.
- COUTINHO, L.M. 1978. O conceito do cerrado. *Revista Brasileira de Botânica* 1:17-23.
- DUTRA-LUTGENS, H. 2000. Caracterização ambiental e subsídios para o manejo da zona de amortecimento da estação experimental e ecológica de Itirapina-SP. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- HOFFMAN, W.A., DA SILVA JR, E.R., MACHADO, G.C., BUCCI, S.J., SCHOLZ, F.G., GOLDSTEIN, G. & MEINZER F.C. 2005. Seasonal leaf dynamics across a tree density gradient in Brazilian savanna. *Oecologia* 145:307-316.
- LARCHER, W. 2000. *Ecofisiologia Vegetal*. Rima, São Carlos.

- LUDWIG, F., DAWSON, T.E., DE KROON H., BERENDSE, F. & PRINS, H.H.T. 2003. Hydraulic lift in *Acacia tortilis* trees on an East African savanna. *Oecologia* 134:293-300.
- MIRANDA, H.S., BUSTAMANTE, M.M.C. & MIRANDA, A.C. 2002. The fire factory. In *The Cerrados of Brazil* (P.S. Oliveira & R.J. Marquis, Editores). Columbia University Press, New York. P 51-68.
- MVSP. 3.12 2001. Kovach computing services. <http://www.kovcomp.com>.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T. & RATTER J.A. 2002. Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado biome. In *The Cerrados of Brazil* (P.S. Oliveira & R.J. Marquis, Editores). Columbia University Press, New York. P 91-120.
- OLIVEIRA, P.S., FREITAS, A.V.L. & DEL-CLARO, K. 2002. Ant foraging on plant foliage: contrasting effects on the behavioral ecology of insects herbivores. In *The Cerrados of Brazil* (P.S. Oliveira & R.J. Marquis, Editores). Columbia University Press, New York. P 287-305.
- PALEARI, L.M. & SANTOS, F.A.M. 1998. Papel do indumento piloso na proteção contra a herbivoria em *Miconia albicans* (Melastomataceae). *Revista Brasileira de Biologia* 58: 151-157
- SARMIENTO, G. 1984. The ecology of neotropical savannas. Harvard University press, Cambridge, p 31.
- SILVERTOWN, J. & CHARLESWORTH, D. 2005. Introduction to plant population biology. Blackwell, Oxford.
- SOLBRIG, O.T., MEDINA, E. & SILVA J.F, 1996. Biodiversity and savanna ecosystem process (editores.). Springer – Verlag, Berlin Heidelberg.
- TILMAN, D.1982. Resource competition and community structure. Princeton University Press, Princeton.
- TOWNSEND, C.R., BEGON, M. & HARPER, J.L. 2006. Fundamentos em ecologia. Artmed, Porto Alegre.



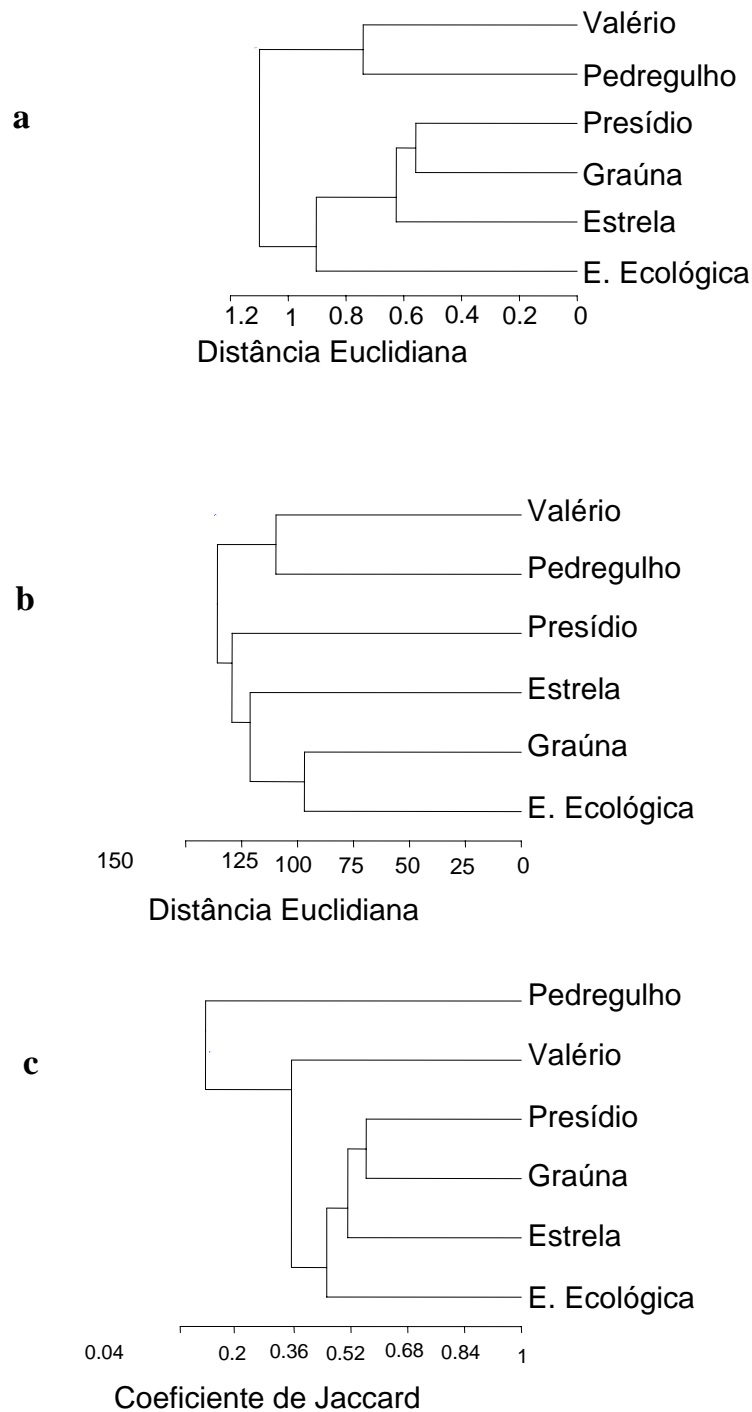


Figura 1. Dendrogramas agrupando os diferentes locais amostrados com base nos (a) caracteres morfológicos, utilizando o índice de similaridade de distância euclidiana, e o método de agrupamento UPGMA; (b) composição – abundância relativa das espécies, utilizando o índice de similaridade de distância euclidiana, e o método de agrupamento UPGMA e (c) Composição - presença e ausência de espécies, utilizando o índice de similaridade de Jaccard e o método de agrupamento UPGMA.

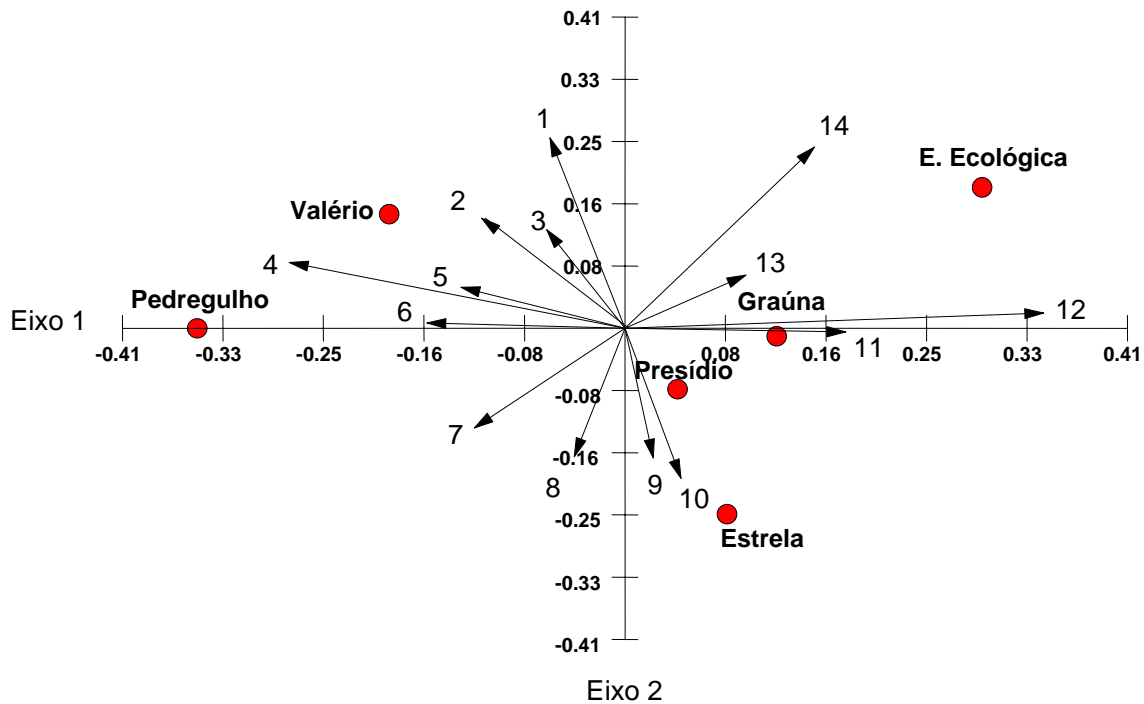
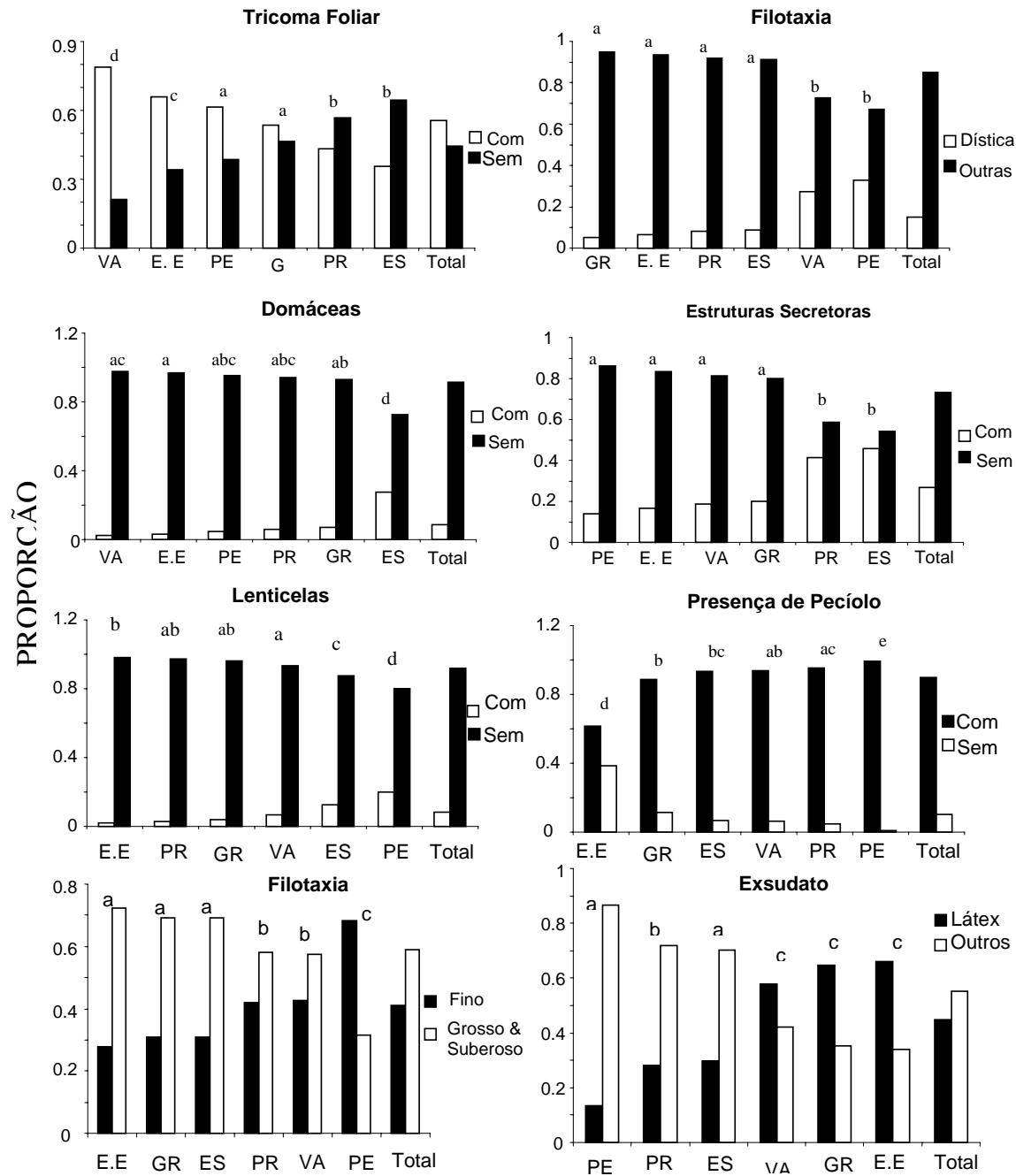


Figura 2. Análise de componentes principais (PCA), com os dois primeiros eixos que resumem as características morfológicas mais importantes através de dados binários em proporções. O eixo 1 explicou 56,28% da variação dos caracteres morfológicos e o eixo 2 explicou 26,08% desta variação. (1) Presença de tricoma foliar, (2) Folha elíptica, (3) Folha simples, (4) Ápice foliar agudo, (5) Filotaxia dística, (6) Córtex fino, (7) Presença de pecíolo, (8) Limbo foliar liso, (9) Presença de domáceas, (10) Presença de estruturas secretoras, (11) Presença de catafilo, (12) Altura menor de 2 m, (13) Área foliar maior que 45 mm<sup>2</sup>, (14) Presença de látex.

Figura 3. Proporções de caracteres morfológicos em cada um dos fragmentos. VA - Valério; E.E – Estação Ecológica, PE – Pedregulho, G – Graúna, PR – Presídio, ES – Estrela.



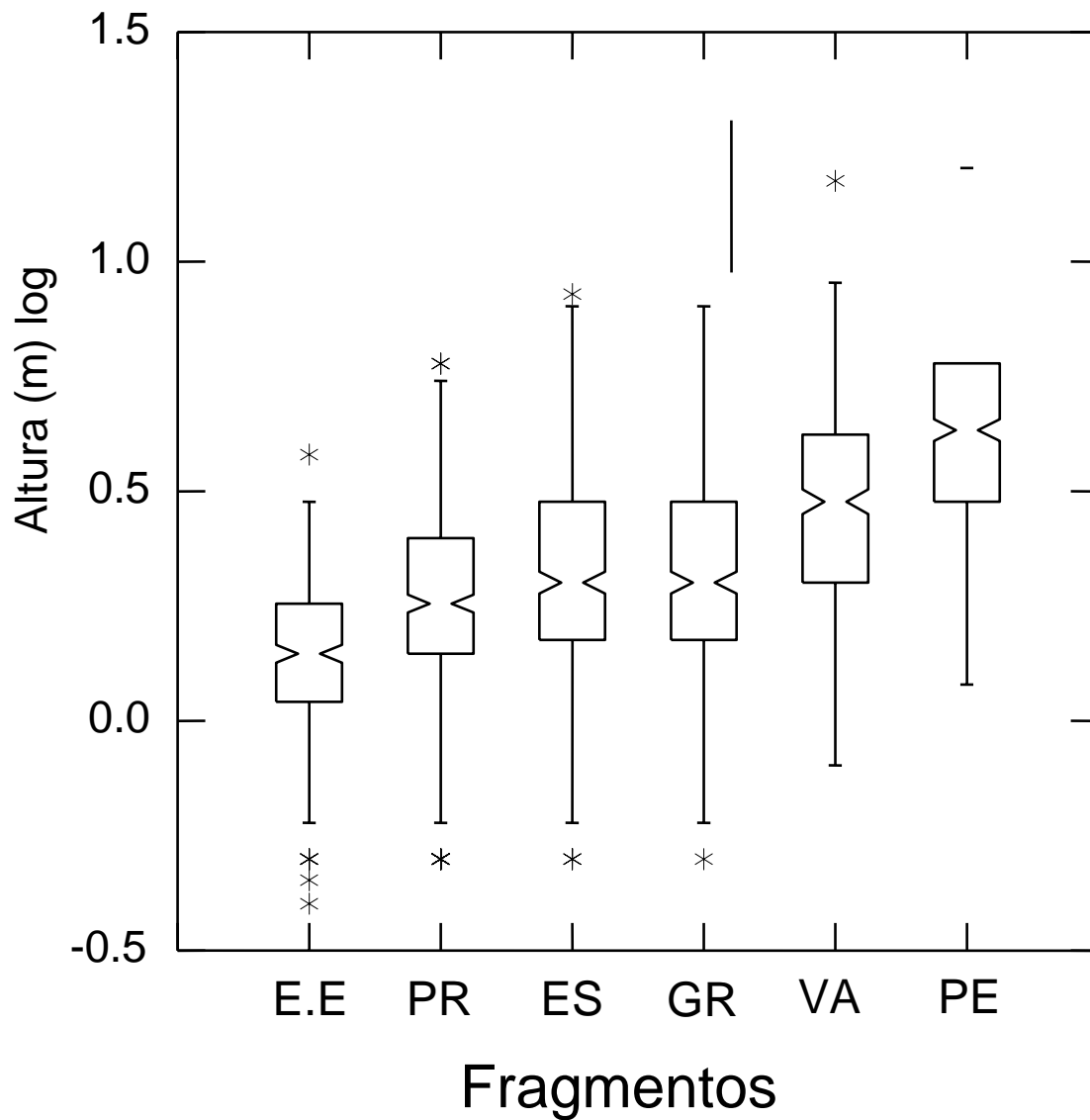


Figura 4. Gradiente de altura das plantas do fragmento mais aberto (E. Ecológica) até o fragmento com vegetação mais densa (Pedregulho). VA - Valério; E.E – Estação Ecológica, PE – Pedregulho, GR – Graúna, PR – Presídio, ES – Estrela.

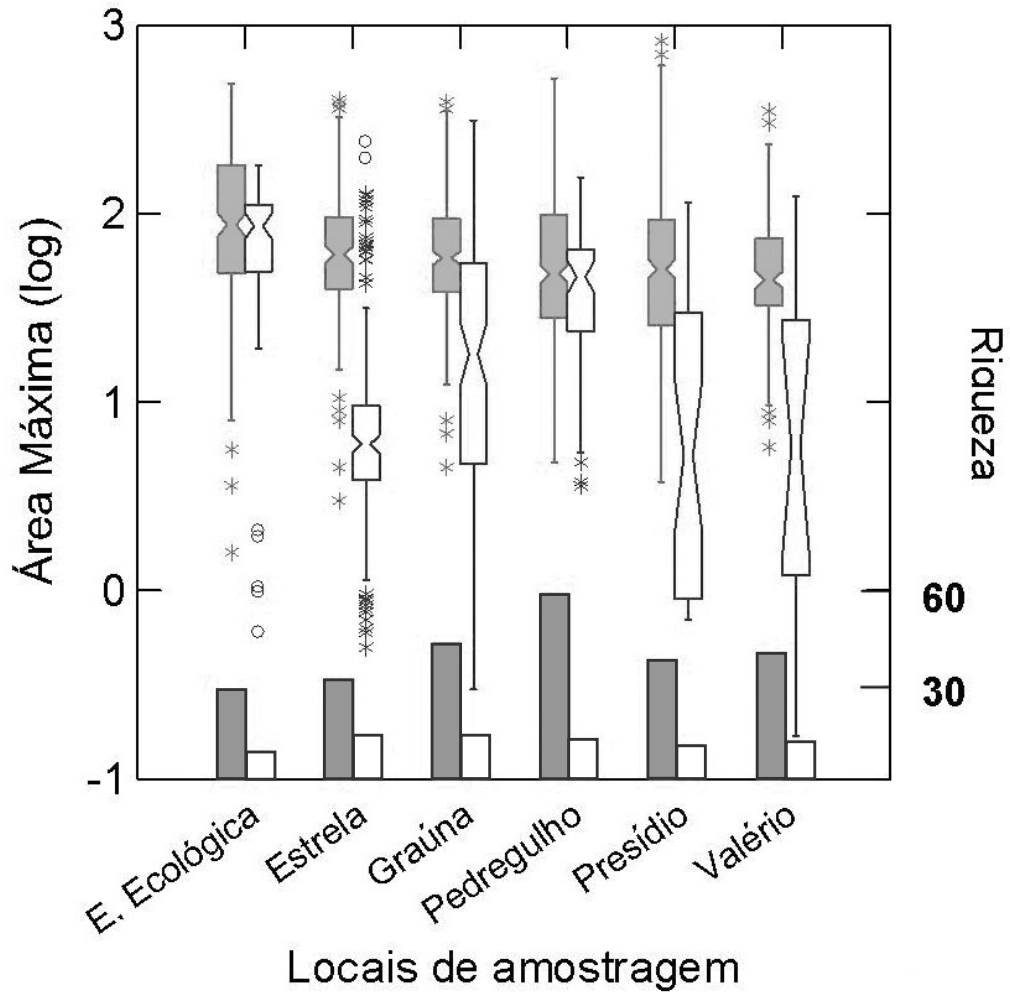


Figura 5. Distribuição dos valores de área foliar máxima por espécie para folhas simples (barras e plots em cinza) e folhas compostas (barras e plots em branco). As barras na parte inferior do gráfico expressam a riqueza de espécies por fragmento.