

Caracteres morfológicos e ocorrência de fogo em fragmentos de Cerrado

ANDRÉ RODRIGO RECH¹, ANNA ABRAHÃO¹, CLEITON BREDER ELLER¹, LUCIANA
FRANCI¹, MARIANA REIS¹

Caracteres morfológicos e fogo no Cerrado

¹Programa de Pós-Graduação em Ecologia, (PPGECO), Instituto de Biologia, Caixa postal 6109, (IB), Universidade Estadual de Campinas – (UNICAMP), Rua Monteiro Lobato 970, 13083-970 Campinas–SP, Brasil.

RESUMO: - (Atributos morfológicos em fragmentos de Cerrado sob diferentes ocorrências de fogo em Itirapina, São Paulo). O fogo é um fator essencial na modulação de características morfológicas e funcionais de plantas do Cerrado. Características como casca e limbo grossos e capacidade de rebrota aumentam a resistência da vegetação contra o fogo, entretanto podem restringir sua capacidade competitiva na ausência de fogo. Nesse contexto, nosso objetivo foi verificar se áreas com incidência de fogo semelhante apresentam caracteres morfológicos similares associados à tolerância ao fogo. Amostramos 1342 indivíduos em quatro fragmentos de Cerrado com diferentes fisionomias e ocorrência de fogo em Itirapina pelo método de quadrantes. O clima nas áreas amostradas era do tipo Cwa e o solo era do tipo Neossolo quartzarênico. Os caracteres morfológicos usados na análise foram porte, altura, perímetro à altura do solo, espessura do córtex, estruturas protetoras de gemas (estípula e catafilo) e textura de limbo. Para avaliar se houve agrupamento entre os locais de acordo com os caracteres morfológicos, realizamos uma Análise de Componentes Principais. As similaridades florística e de caracteres morfológicos foram analisada com uma análise de agrupamento. Conquista e Valério apresentaram menor dissimilaridade florística do que Graúna e Estrela. Quanto aos caracteres morfológicos, Graúna e Conquista foram as mais similares. Graúna, por ser o fragmento com a maior frequência de queimadas, apresentou maior quantidade de plantas com caracteres relacionados à tolerância ao fogo, ao contrário de Valério, o fragmento com menor frequência de queimadas. Nossas evidências indicam que no Cerrado pode ocorrer convergência de caracteres associados à tolerância ao fogo independente de sua frequência. Ademais, nossos resultados não permitem atribuir causalidade isolada ao fogo na determinação da presença dos caracteres analisados nas áreas de Cerrado estudadas.

Palavras-chave - morfologia, perturbação, queimada, savanas Neotropicais

Introdução

O Cerrado é uma província fitogeográfica com vegetação savânica de distribuição descontínua, cuja maior porção ocorre no Brasil central (Coutinho 1990a). A flora é marcada pela dicotomia entre espécies herbáceo-arbustivas e arbóreas, cujas proporções relativas caracterizam, em termos gerais, as várias fitofisionomias encontradas no Cerrado (Scholes & Archer 1997).

A distribuição das fisionomias ocorre em manchas como resultado da combinação de vários fatores, entre eles, o clima estacional com alternância de estação chuvosa e seca. Na estação chuvosa, o excedente hídrico provoca a lixiviação de folhas e dos solos. Esses últimos por estarem sobre relevo antigo e bem drenado, sob condições de clima estacional e de fogo tornam-se latossolizados (Ratter *et al.* 1997). Tais processos levam ao acúmulo de metais tóxicos e ao oligotrofismo dos solos (Motta *et al.* 2002). Na estação seca, ocorre acúmulo de necromassa que se torna combustível para o fogo (Andersen *et al.* 1998). O fogo pode ser interpretado como distúrbio que interfere diretamente na dinâmica das populações de savanas tropicais (Silva 1996). Nesses ecossistemas as queimadas agem como agente regulador, sendo a vegetação tolerante à sua presença (Bond *et al.* 2005). Atualmente a ocorrência de queimadas no Cerrado se dá com intervalos de um a três anos, principalmente devido à ação antrópica para induzir rebrota da pastagem (Coutinho 1990a). Dessa forma, a resistência e a resiliência das espécies de Cerrado ao fogo dependem das estratégias que possam adotar (Cirne 2002). As espécies que possuem caracteres que as permitem enfrentar o fogo são denominadas pirofíticas (Coutinho 1990b).

Nesse sentido, é a interação de muitos fatores que influencia na seleção de diferentes graus de escleromorfia da vegetação atual do Cerrado. Os caracteres relacionados à escleromorfia podem ser estruturas anatômicas e morfológicas e estratégias fisiológicas, todas dependentes do estágio de desenvolvimento da planta (Cirne 2002, Medeiros & Miranda 2005). A presença de casca grossa, por exemplo, se estende até a extremidade dos ramos, propiciando o isolamento térmico dos tecidos vivos (Eiten 1972, Moreira 2000, Hoffmann & Moreira 2002, Miranda *et al.* 2002). O crescimento subterrâneo em detrimento do crescimento aéreo é outro caráter marcante nos cerrados (Castro & Kauffman 1998). Os sistemas subterrâneos acumulam carboidratos em tecidos de reserva, como o

xilopódio ou lignotubérculos, permitindo a rebrota dos indivíduos na estação de crescimento (Hoffmann & Moreira 2002). As folhas escleromórficas, apresentam crescimento lento, sempervivência e abundância de tricomas. A presença de estípulas e catafilos oferece proteção às gemas contra distúrbios como o fogo (Moreira 2000). Além desses caracteres morfológicos, a altura e o diâmetro dos indivíduos influenciam na sua resistência ao fogo. Plantas mais altas são mais protegidas (Hoffmann & Moreira 2002) e a probabilidade de passagem das plantas baixas para os estádios mais tardios do desenvolvimento é limitada pelo regime de queimadas frequentes (Cirne 2002). A casca grossa implica em um aumento do diâmetro basal e, portanto, o diâmetro também está relacionado com a presença de fogo (Hoffmann 1999). O porte dos indivíduos afeta sua sobrevivência, sendo o efeito negativo do fogo mais marcado em árvores que em arbustos (Hoffmann 1999). A reunião desses caracteres seria então considerada o conjunto de caracteres de tolerância às queimadas.

Nosso objetivo foi investigar se fragmentos de cerrado com diferentes frequências de perturbação recente por fogo apresentariam caracteres morfológicos dissimilares. Nossa hipótese é que os fragmentos submetidos à frequência anual ou bienal de queimadas estarão mais associados com os caracteres de proteção contra o fogo do que os fragmentos protegidosas áreas protegidas contra fogo.

Material e Métodos

Áreas de estudo - O estudo foi realizado no município de Itirapina (22°00'-22°15'S e 47°45'-48°00'W), estado de São Paulo, durante o mês de Janeiro de 2011 em quatro fragmentos de Cerrado com diferentes fisionomias. Dois deles, denominados Estrela e Graúna, possuem fisiomia de cerrado *sensu stricto* e estão sujeitos a queimas anuais ou bienais. Estrela possui plantios de laranja em seu entorno (Miranda-Melo 2004), enquanto Graúna sofreu manejo para utilização de pasto e tem histórico de perturbação por fogo há mais tempo em razão de sua proximidade da área urbana. Os outros dois fragmentos, denominados Valério e Conquista, são cerrados densos, Valério não

sofre queimadas desde 1964, não possui estrato graminóide e em seu entorno há plantio de *Pinus* (Miranda-Melo 2004). Conquista não teve registros de queimadas desde 1990, apresenta estrato graminóide pouco desenvolvido, no passado foi utilizado como pasto e sofreu corte seletivo de madeira. Atualmente apresenta em seu entorno áreas com atividade agropecuária (Miranda-Melo 2004).

O clima da região é classificado como macrotérmico com inverno seco não rigoroso, com forte sazonalidade de precipitação, do tipo Cwa segundo a classificação de Köppen. A pluviosidade média varia entre 1400 e 1600 mm e a temperatura média é de 21,5°C. Todos os fragmentos possuem solo do tipo Neossolo Quartzarênico, caracterizado pela textura arenosa e baixo teor de matéria orgânica (Sano *et al.* 2008).

Coleta de dados - Utilizamos o método de ponto-quadrante (Müller-Dombois & Elleberg 1974), com pontos posicionados a uma distância de 10 metros entre si. Coletamos dados de perímetro na altura do solo (PAS) e da altura total dos indivíduos lenhosos com PAS \geq 10 cm de PAS. Coletamos amostras de 1600 indivíduos, as quais foram herborizadas e armazenadas para identificação das espécies e registro dos caracteres morfológicos.

A partir de uma revisão de literatura escolhemos seis caracteres morfológicos descritos como importantes na defesa das plantas contra o fogo (Hoffmann 1998, 1999, Hoffmann & Moreira 2002, Miranda *et al.* 2002, Medeiros & Miranda 2005): porte (arbóreo ou arbustivo), altura (até três metros e maior que três metros), perímetro na altura do solo (até 20 centímetros e maior que 20 centímetros), espessura do córtex (fino – menor ou igual a dois milímetros; grosso e suberoso – maior que dois milímetros), estruturas protetoras de gemas (presença de catafilos e estípulas) e textura de limbo (fina – membranácea; e grossa – cartácea, coriácea, carnosa e rígida).

Análise de dados - Para a análise dos dados, os indivíduos de palmeiras foram excluídos, por isso utilizamos os registros de caracteres morfológicos de 1342 indivíduos.

Visando avaliar se há agrupamento entre os locais de acordo com os caracteres morfológicos, os dados foram transformados (logaritmo de x+1) e submetidos a uma Análise de

Componentes Principais (PCA), usando saída gráfica do tipo biplot com dados normalizados centralizados. Utilizamos o software FITOPAC 2.1.2.85 (Shepherd 2010).

Para comparar a similaridade florística e a presença dos caracteres morfológicos entre as áreas de estudo, construímos matrizes de dissimilaridade com base na distância euclidiana, as quais foram submetidas a uma análise de agrupamento (Cluster Analysis) utilizando o algoritmo UPGMA. O software utilizado foi o PAST 8.9 (Hammer *et al.* 2001).

Resultados

O eixo 1 da PCA explicou 52,27% da variação entre os caracteres morfológicos nas áreas amostradas (figura 1). Os caracteres com maior valor positivo no eixo 1 foram PAS abaixo de 20cm (PAS<20, autovetor dominante: 0,50) e a presença de árvores (Árvores: 0,44). Os de maior valor negativo no mesmo eixo foram a presença de catafilos (Catafilo: -0,47) e indivíduos menores de 3m (<3m: -0,44). Este mesmo eixo indicou a separação de Estrela no lado positivo e Valério no lado negativo.

O eixo 2 explicou 37,14% da variação entre os locais amostrados. Graúna e Conquista foram os fragmentos mais separados por esse eixo, apesar de ambos possuírem escores positivos. A maior frequência de estípulas (Estípulas: 0,60), casca grossa (Cscgros: 0,55) e limbo grosso (Lmgros: 0,46) em Graúna foi o que a separou de Conquista.

Na análise de agrupamento, Conquista e Valério formaram um grupo com estrutura de vegetação mais similar (menor distância euclidiana) do que o grupo formado por Graúna e Estrela. (Fig. 2). Porém, Graúna e Conquista compartilharam o maior número de caracteres morfológicos, agrupados em seguida com Estrela, e Valério apresentou-se como a área que compartilha o menor número de caracteres com as demais (figura 3).

Discussão

Apesar de Graúna e Estrela serem mais similares quanto à ocorrência de fogo, Graúna compartilhou mais caracteres com Conquista do que com Estrela.

Em Graúna, os intervalos entre os eventos de queima são curtos (um a dois anos) e a ocorrência de fogo antrópico é antiga. Logo, essa área apresentou maior quantidade de plantas com caracteres morfológicos de tolerância ao fogo, como cascas e limbos grossos e presença de estípulas protegendo as gemas (Medeiros & Miranda 2005). Além disso, em Graúna houve mais indivíduos com escleromorfia foliar, o que pode ter ocorrido em consequência da oligotrofia do solo, a qual de acordo com Kauffman *et al.* (1994) é acentuada pela queima constante e volatilização dos nutrientes.

Os mesmos caracteres morfológicos ocorrentes em Graúna também estiveram presentes em Conquista, porém, em menor abundância. A semelhança entre essas áreas reforça o papel de outras variáveis não estudadas sobre o contingente de caracteres que ocorrem em uma área. Em Estrela, onde a presença de fogo frequente é um fenômeno mais recente do que em Graúna, ocorreram árvores que em geral não possuíam os mesmos caracteres relacionados à tolerância ao fogo que os registrados em Graúna. A ausência desses caracteres poderia ser atribuída ao tempo insuficiente para o estabelecimento de espécies com tais caracteres e também ao isolamento de áreas que poderiam funcionar como fontes de propágulos. No entanto, também parece plausível atribuir a diferença encontrada em Estrela aos demais fatores não estudados e que exercem pressão modeladora sobre as características das plantas dos cerrados.

Em Valério, como esperado, ocorreram as espécies que em conjunto somaram menor quantidade de caracteres associados ao enfrentamento do fogo. Devido à ausência de fogo nesse sítio desde 1964, o padrão de caracteres em Valério foi associado, embora sem termos avaliado, à uma possível exclusão competitiva das espécies com característica de tolerância ao fogo (Hoffmann 1999). A produção de estruturas de defesa contra o fogo pode gerar demandas conflitivas, uma vez que recursos que seriam investidos em crescimento ou reprodução são alocados para essas defesas (Chapin *et al.* 1990). Além disso, a baixa altura das plantas encontradas em Valério pode ser

associada à prevalência de espécies como *Miconia albicans*, que são arbustivas de baixa estatura, ou ao resultado da mortalidade da parte aérea das plantas adultas causada por eventos de geada no fragmento (Coutinho 1990b, Miranda-Melo 2004),

As análises de dissimilaridade florística e de caracteres mostraram padrões contrastantes de agrupamento, implicando em que floras diferentes podem apresentar conjuntos de caracteres similares. Tais evidências indicam que no Cerrado pode ocorrer convergência de caracteres associados à tolerância ao fogo, independentemente de sua frequência. Nossos resultados não permitem concluir que o fogo tenha papel importante na determinação da variação da frequência de caracteres considerados protetores entre as áreas de Cerrado que investigamos.

Agradecimentos - Agradecemos aos Professores Fernando e Flávio pela ajuda e orientação na elaboração e execução do projeto, ao Prof. Tamashiro pelo auxílio na coleta e identificação do material botânico e ao carinho de D. Isabel e D. Cleide ao preparar nossas refeições tão saborosas, principalmente o bolo das quatro horas.

Referências Bibliográficas

- ANDERSEN, A.N., BRAITHWAITE, R.W., COOK, G.D., CORBETT, L.K., WILLIAMS, R.J., DOUGLAS, M.M., GILL, A.M., SETTERFIELD, S.A. & MULLER, W.J. 1998. Fire research for conservation management in tropical savannas: Introducing the Kapalga fire experiment. *Australian Journal of Ecology* 23:95-110.
- BOND, W.J., WOODWARD, F.I. & MIDGLEY, G.F. 2005. The global distribution of ecosystems in a world without fire. *New Phytologist* 165:525-528.
- CASTRO, E.A. & KAUFFMAN, J.B. 1998. Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire. *Journal of Tropical Ecology* 14:263–283.

- CHAPIN, F.S., SCHULZE, E.D., MOONEY, H.A. 1990. The ecology and economics of storage in plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 21:423-447.
- CIRNE, P. 2002. Efeitos do fogo na regeneração da lenhosa *Kielmeyera coriacea* em áreas de cerrado *sensu stricto*: mecanismos de sobrevivência e época de queima. Tese de doutorado, Universidade de Brasília, Brasília.
- COUTINHO, L. M. 1990a. Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado. *In Fire in the tropical biota: ecosystem processes and global challenges* (J. G. Goldammer, ed.). *Ecological Studies* Vol. 8A. Springer Verlag, Berlin, p.82-105.
- COUTINHO, L.M. 1990b. O cerrado e a ecologia do fogo. *Ciência Hoje*, 12:23-30.
- EITEN, G. 1972. The Cerrado Vegetation of Brazil. *Botanical Review*, 38:201-341.
- HAMMER, O., HARPER, D., RYAN, P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistic Software Package for Education and Data Analyses. *Paleontologia Eletrônica*, 4:9.
- HOFFMANN, W.A. 1998. Post-Burn Reproduction of Woody Plants in a Neotropical Savanna: The Relative Importance of Sexual and Vegetative Reproduction. *Journal of Applied Ecology*, 35:422-433.
- HOFFMANN, W.A. 1999. Fire and population dynamics of woody plants in a neotropical savanna: matrix model projections. *Ecology*, 80:1354-1369.
- HOFFMANN, W.A. 2002. Direct and indirect effects of fire on radial growth of cerrado savanna trees. *Journal of Tropical*, 18:137-142.
- HOFFMANN, W.A., MOREIRA, A.G. 2002. The Role of Fire in Population Dynamics of Woody Plants. *In The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna* (P.S. Oliveira & R.J. Marquis, eds.). Columbia University Press, New York, p.154-177.
- KAUFFMAN, J.B, CUMMINGS, D.L & WARD, D,E. 1994. Relationships of fire,
- MEDEIROS, M.B., MIRANDA, H.S. 2005. Mortalidade pós-fogo em espécies lenhosas de campo sujo submetido a três queimadas prescritas anuais. *Acta bot. bras.*, 19: 493-500.

- MIRANDA, H.S., BUSTAMANTE, M.M.C., MIRANDA, A.C. 2002. The Fire Factor. *In* The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna. Oliveira, P.S., Marquis, R.J. (eds.). Columbia University Press, New York, p.51-68.
- MIRANDA-MELO, A.A. 2004. Estrutura de populações de *Xylopia aromática* (Lam.) Mart. (Annonaceae) e *Roupala Montana* Aubl. (Proteaceae) em quatro fragmentos de cerrado *sensu lato* no município de Itirapina/SP. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo.
- MOREIRA A.G. 1996. Proteção contra o fogo e seu efeito na distribuição e composição de espécies de 5 fisionomias de Cerrado. In: Miranda, H.S. Saito CH, Dias, BFS (Ed) Impacto de queimadas em áreas de Cerrado e Restiga, Brasília: Departamento de Ecologia, UNB. pp.112-121.
- MOREIRA, A.G. 2000. Effects of fire on savanna protection structure in Central Brazil. *Journal of Biogeography*, 27:1021-1029.
- MOTTA P.E.F., CURI, N., FRANZMEIERD.P. 2002. Relation of Soils and Geomorphic Surfaces in the Brazilian Cerrado. *In* The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna (P.S. Oliveira & R.J. Marquis, eds.). Columbia University Press, New York, pp.13-32.
- MÜLLER-DOMBOIS, D. & ELLEMBERG, H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons, New York.
- RATTER, J.A., RIBEIRO, J.F., BRIDGEWATER, S. 1997. The Brazilian Cerrado Vegetation and Threats to its Biodiversity. *Annals of Botany*, 80: 223-230.
- SANO, S.M., ALMEIDA, S.T., RIBEIRO, J.F. 2008. Cerrado: Ecologia & Flora. Volume 1. Embrapa Informação tecnológica. Brasília. DF.
- SCHOLES, R.J., ARCHER, S.R. 1997. Tree-grass interactions in savannas. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 28:517-44.
- SHEPHERD, G.J. 2010. Fitopac 2.1.2.85. Manual do Usuário. Departamento de Botânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

SILVA, J.F. 1996. Biodiversity and Stability in Tropical Savannas. *In* Biodiversity and savanna ecosystem processes: a global perspective (O.T. Solbrig, E. Medina & J.F. Silva, eds). Springer-Verlag, Berlin.

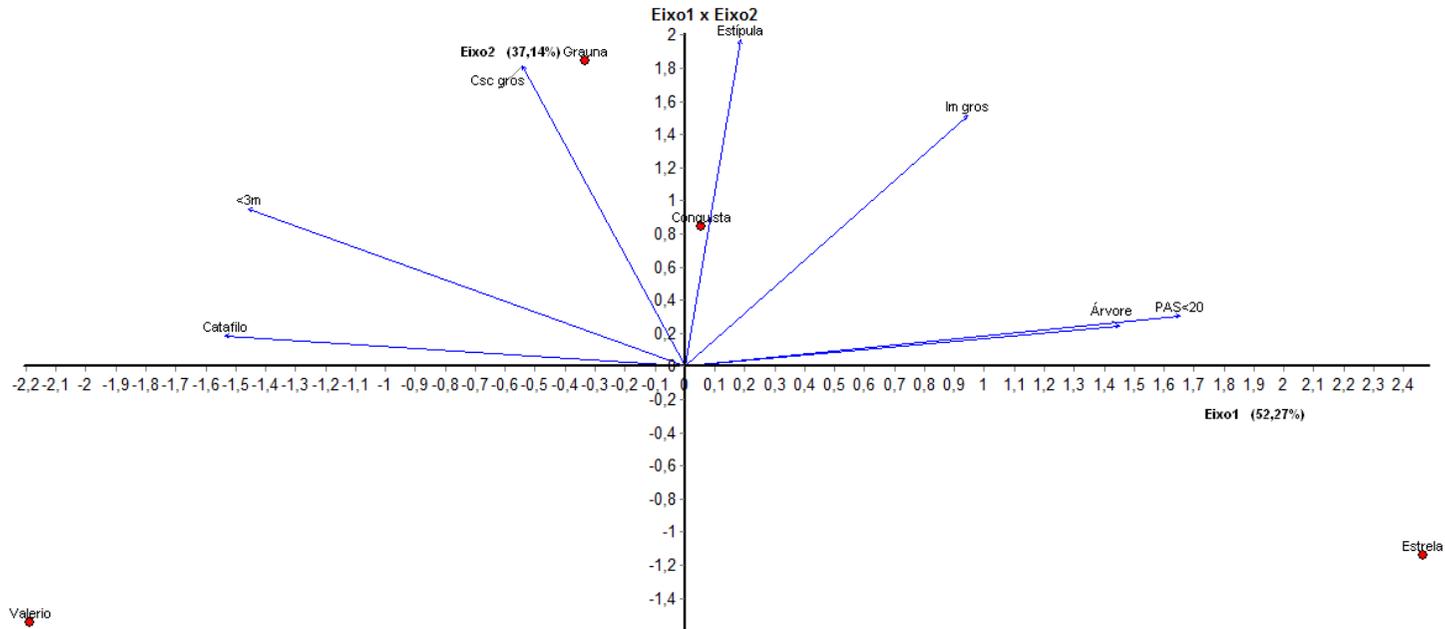


Figura 1. Análise dos componentes principais (PCA) na ordenação das áreas estudadas considerando caracteres morfológicos como vetores. Catafilo (abundância de indivíduos com catafilos), <3m (abundância de indivíduos com menos do que 3 metros), Csc grossa (abundância de indivíduos com casca grossa), Estípula (abundância de indivíduos com estípulas), Imgros (abundância de indivíduos com limbo grosso), PAS<20 (abundância de indivíduos com PAS<20 cm) e Árvore (abundância de indivíduos com porte arbóreo).

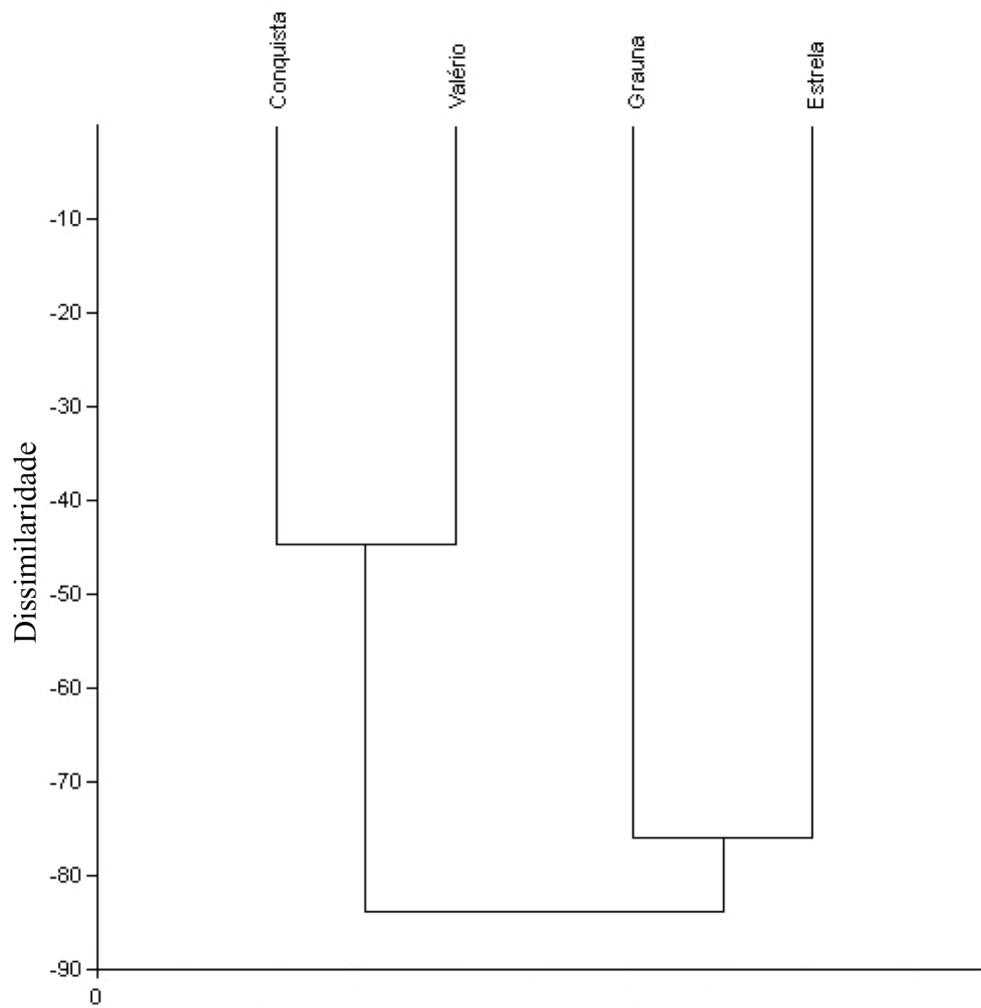


Figura 2. Dendrograma agrupando quatro fragmentos de cerrado em Itirapina, SP, com base na dissimilaridade florística. Foi utilizada a distância euclidiana e o método de agrupamento UPGMA.

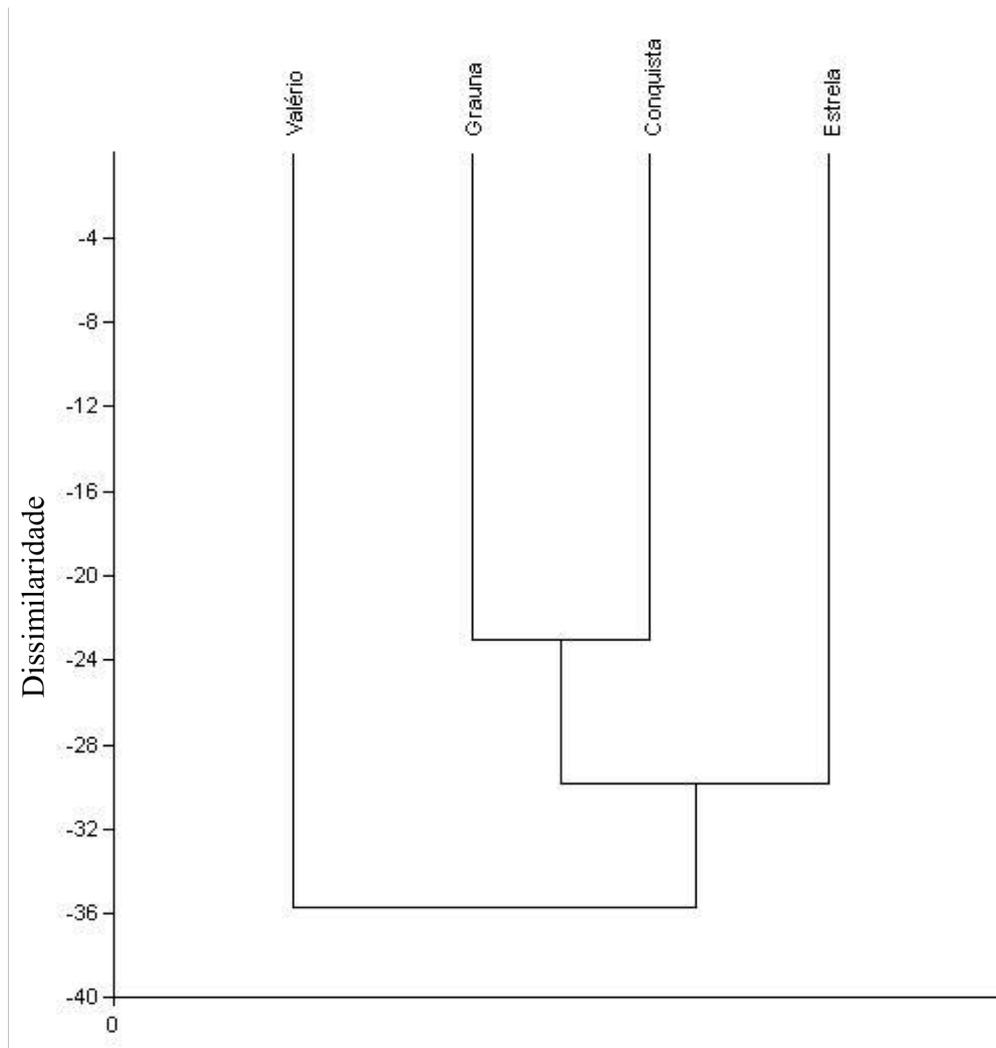


Figura 3. Dendrograma agrupando quatro fragmentos de cerrado em Itirapina, SP, com base na dissimilaridade de caracteres morfológicos. Foi utilizada a distância euclidiana e o método de agrupamento UPGMA.