

Riqueza e abundância de espécies em quatro fragmentos de cerrado do interior paulista ao longo de quatro anos de estudo

M.A.C. SILVA¹, A.V. FLEURI-JARDIM² e M.A. IGUATEMY³

ABSTRACT - Studies that describe and compare communities are important to the knowledge of species organization and recognize distribution patterns. Nowadays, considering the natural communities fragmentation, such works became essential because they may indicate the endemic and priority areas for conservation. In this sense, the purpose of this work was to compare the richness and abundance distribution between protected and unprotected cerrado fragments in a four years period. The fragments did not tend to richness increase or decrease during the study period. Considering richness spatial variation, we found that one of the unprotected areas was the richest during the four years of study, while the others areas changed the remaining positions among each others. This result may indicate an intermediary level of disturbance in the richest fragment.

RESUMO - É possível interpretar, por meio de estudos que descrevem e comparam as comunidades, a organização das espécies e reconhecer padrões. No cenário atual de fragmentação das comunidades naturais, estes estudos apresentam grande importância, já que podem indicar as áreas endêmicas e prioritárias para conservação. Neste contexto, este estudo comparou, durante quatro anos, fragmentos de cerrado desprotegidos e protegidos, com relação à riqueza e à distribuição de abundância das espécies na comunidade. Nenhuma das áreas analisadas apresentou tendência de aumento ou diminuição da riqueza ao longo do período estudado. Em relação à variação espacial da riqueza, constatamos que um dos fragmentos desprotegidos foi o mais rico em todos os anos amostrados e que as outras áreas alternaram-se nas demais posições. Tal fato pode indicar que a perturbação sobre este fragmento tenha uma intensidade tal que permite a manutenção de um número alto de espécies, o que corrobora a hipótese do distúrbio intermediário.

Palavras-chave: cerrado, riqueza, áreas de proteção

¹ Programa de pós-graduação em Ecologia - Universidade Estadual de Campinas

² Programa de pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais - Universidade Federal de São Carlos

³ Programa de pós-graduação em Biologia Vegetal - Universidade Estadual de Campinas

Introdução

O Cerrado brasileiro originalmente cobria cerca de 23% do território nacional, sendo a segunda maior província fitogeográfica do Brasil (Ratter *et al.* 1997). Atualmente, encontra-se fragmentado devido ao seu histórico de ocupação, marcado por formação de áreas de pastagem, cultivo de monoculturas (ex. *Eucalyptus* sp e *Pinus* sp) e a invasão destes remanescentes por algumas espécies exóticas (ex. *Brachiaria decumbens* e *Melinis minutiflora*) (Dutra-Lutgens 2000). Por conseqüência, a cobertura original encontra-se reduzida em cerca de 50% (Ratter *et al.* 1997). Por estes motivos, este bioma é considerado um dos 25 “hotspots” de biodiversidade mundial, devido aos fatores mencionados acima e a sua alta riqueza e alto grau de endemismo (Myers *et al.* 2000).

No Estado de São Paulo, o Cerrado ocupava originalmente cerca de 14% da área de cobertura e, atualmente, encontra-se com apenas 1% desta (Cavalcanti & Joly 2002). Apesar disso, essa área ainda abriga cerca de 34% das espécies típicas desta formação (Coutinho 2000).

Nos estudos das comunidades, têm prevalecido um enfoque descritivo e comparativo, podendo muitas vezes constituir um dos caminhos para se compreender a complexidade destes sistemas (Begon *et al.* 1996). Tais estudos podem permitir ainda o reconhecimento de padrões (Begon *et al.* 1996), proporcionando uma interpretação da organização das espécies nas comunidades e destas nos biomas e ecossistemas. Em face do contínuo processo de fragmentação da paisagem, iniciado desde a chegada do Homem à América (Coutinho 1976), estudos de comunidades apresentam grande importância, já que podem indicar as áreas de endemismo e prioritárias para conservação (Primack & Rodrigues 2001).

Neste contexto, esperamos que ambientes desprotegidos apresentem menor disponibilidade de nichos, o que levaria a uma redução no número de espécies e a uma distribuição de abundâncias menos equitativa. Assim, este estudo apresenta como objetivo verificar se há diferenças de riqueza e distribuição de abundância de espécies entre fragmentos externos a áreas de proteção, considerados "desprotegidos", e um fragmento localizado em uma Estação Experimental do Estado de São Paulo, considerado "protegido".

Material e métodos

A Estação Experimental de Itirapina localiza-se entre os municípios de Itirapina e Brotas, no Estado de São Paulo, entre as coordenadas geográficas 22°00'S e 22°15'S de latitude e 47°45'W e 48°00'W de longitude (IBGE 1969). Apresenta uma área de 3212 hectares, onde são encontradas áreas de reflorestamento de *Pinus* sp. e *Eucaliptus* sp. e alguns fragmentos de cerrado. O clima do bioma é caracterizado pela presença de invernos secos e verões chuvosos classificado como AW de Köppen (Ribeiro & Walter 1998). A precipitação média anual no município é de 1425mm, apresentando 84% desta concentrada nos meses de outubro a março (Dutra-Lutgens 2000), com temperatura média anual permanecendo em torno de 22 - 23° C (Coutinho 2000). Apesar das distintas formações de solo que a região apresenta, os fragmentos estudados apresentam o mesmo tipo de solo, o neossolo quartzarênico (Embrapa 1999). O relevo da região é em geral bastante plano com suaves ondulações (Coutinho 2000).

Nas proximidades da área da Estação Experimental, foram selecionados três fragmentos de cerrado localizados em área particular, considerados desprotegidos por estarem fora da abrangência de proteção da Estação. Dentre as perturbações mais frequentes observadas nestas áreas adjacentes à Estação, consideradas desprotegidas, estão: eventos de fogo, invasão por espécies exóticas (ex. *Brachiaria decumbens* e *Melinis minutiflora*, obs. pessoal), retirada seletiva de espécies de fauna e flora, pastoreio e pisoteio por gado. Um dos fragmentos estudados está situado próximo ao presídio municipal de Itirapina, (22°15'45"S; 47°48'32"W); outro em Graúna (22°15'56"S; 47°48'32"W) e o terceiro na fazenda Estrela (22°12'01"S; 47°48'32"W).

O fragmento localizado na área da Estação Experimental de Itirapina, estado de São Paulo, foi denominado Valério (22° 13' 01" S; 47° 48' 32" W), onde eventos de perturbação citados nas outras áreas não ocorrem ou se apresentam reduzidos (observação pessoal).

Na amostragem da vegetação, utilizamos o método de quadrantes (Müller-Dombois & Ellenberg, 1974). Em cada fragmento, selecionamos um local e traçamos transecções paralelas, distantes 20m entre si, no sentido borda- interior. Ao longo de cada transecção, estabelecemos 10 pontos de amostragem distantes 10m entre si. Em cada ponto, amostramos os quatro indivíduos mais próximos com diâmetro do caule ao nível do solo igual ou superior a 3 cm. Este procedimento foi realizado nos anos de 2002, 2003, 2004 e 2005.

O material coletado foi prensado, seco em estufa e identificado até o nível de espécies quando possível.

A partir dos valores de riqueza, obtidos após a identificação das espécies para as distintas localidades (Presídio, Estrela, Graúna e Valério) nos respectivos anos, foram feitos cálculos de rarefação de espécies com auxílio do programa Ecosim (Gotelli & Entsninger, 2001). Com isso, foram construídas curvas de rarefação relacionando a possível diferença de riqueza entre as localidades, a partir do intervalo de confiança, para cada ano de estudo. Além disso, avaliamos a variação temporal da riqueza, a partir das curvas de rarefação, para cada fragmento.

Com a abundância das espécies na comunidade, foram realizados testes Qui-quadrado com o objetivo de testar a aderência dos dados aos diversos modelos hipotéticos de distribuição de abundância das espécies (geométrico, série logarítmica, lognormal e "vara quebrada") com auxílio do programa Biodap (Thomas & Clay).

Resultados

O fragmento Estrela apresentou em 2003, um número de espécies significativamente maior do que em 2005, por amostras de 140 indivíduos. Já no fragmento Valério, o número de espécies em 2005 diminuiu, comparado aos outros anos, a partir de amostras de 120 indivíduos. Os fragmentos Graúna e Presídio não apresentaram diferenças significativas durante os anos de estudo (figura 1).

Graúna apresentou maiores valores de riqueza durante todos anos, sendo significativamente maior em 2005 quando comparado aos outros fragmentos, a partir de amostras de 140 indivíduos. Também em 2005, Valério apresentou menor riqueza, diferenciando-se de todas as outras localidades, por amostras de 160 indivíduos. Em 2002 a 2004, a riqueza dos fragmentos não se diferenciaram significativamente (figura 2).

Com relação à distribuição de abundância de espécies, Estrela permaneceu no modelo de série logarítmica, onde encontram-se um maior número de indivíduos concentrados em poucas espécies. No entanto, no ano de 2003 houve um ajuste ao modelo lognormal, onde os indivíduos apresentam-se distribuídos de forma mais equitativa quando comparado ao modelo logsérie (figura 3). No modelo lognormal há um número maior de variáveis ambientais atuando na comunidade, o que dificulta a dominância de algumas espécies competitivamente superiores. Em Graúna, a distribuição apresentou-se ajustada ao modelo de série logarítmica nos anos de 2002 e 2003; já em 2004 houve um ajuste ao modelo lognormal; e em 2005 ao de vara quebrada (figura 2). Neste tipo de distribuição os indivíduos encontram-se distribuídos de forma ainda mais

equitativa, quando comparado aos outros modelos, sendo a expressão de uma distribuição uniforme. No Presídio, a distribuição das abundâncias adere-se ao modelo série logarítmica, exceto em 2005, quando se ajusta ao modelo de vara quebrada (figura 3). Valério apresentou as abundâncias distribuindo-se de acordo com o modelo série logarítmica em todo o período amostrado (tabela 1; figura 3).

Logo, comparando espacialmente todos os fragmentos estudados em 2002, estes apresentaram distribuições de abundância logarítmica. Em 2003, a única exceção a este modelo logarítmico de distribuição foi Estrela, que apresentou a distribuição lognormal. No ano de 2004, a exceção foi Graúna, também com distribuição lognormal. Em 2005, a distribuição de abundâncias de espécies dos fragmentos Estrela e Valério ajustou-se ao modelo logarítmico, enquanto Graúna e Presídio ao modelo de vara quebrada (figura 3).

Discussão

A perda significativa de espécies de 2003 a 2005 que ocorreu no fragmento Estrela pode indicar uma tendência à diminuição da riqueza em gradiente temporal, que também ocorreu para o fragmento Valério no ano de 2005. Assim, o monitoramento dessas áreas nos próximos anos pode revelar se este padrão se confirma ou se tais reduções se devem à heterogeneidade espacial da comunidade.

Porém, a diminuição de espécies em 2005 no fragmento protegido (Valério) pode estar relacionada à alteração do método de amostragem realizado neste ano. Foram feitas cinco transecções perpendiculares à borda do fragmento, como feito nos outros fragmentos externos à área de proteção. No entanto, devido a existência de um aceiro, foi possível apenas a amostragem de cinco pontos quadrantes nestas transecções, sendo os cinco pontos restantes estabelecidos em uma segunda transecção, perpendicular à primeira, ou seja paralelos ao aceiro. Assim, a proximidade da segunda transecção à borda do fragmento pode ter favorecido a amostragem de espécies que ocorrem preferencialmente neste ambiente em detrimento das espécies que ocorrem no interior do fragmento.

Os fragmentos Presídio e Graúna não apresentaram variação significativa da riqueza durante os anos de estudo, apesar das perturbações existentes (por exemplo, pastejo, extração seletiva de espécies, fogo, etc.), o que pode indicar que estes distúrbios não ocorrem em frequência suficiente a ponto de gerar uma perda de espécies.

A maior riqueza de espécies observada no Graúna, quando comparado aos demais fragmentos no período estudado, pode ser um indício de que o regime de perturbação neste fragmento desprotegido possa estar de acordo com a hipótese do distúrbio intermediário (Begon, 1996). Segundo esta hipótese, a riqueza de uma comunidade seria maior sob níveis intermediários de distúrbios, enquanto aquelas comunidades que estivessem sob níveis máximos e mínimos de perturbação seriam menos ricas. Assim, o distúrbio intermediário estaria controlando a abundância das espécies dominantes, permitindo a permanência de outras espécies, como as "raras", por exemplo, nessas áreas.

Na variação ao longo dos anos da distribuição de abundância das espécies, o fragmento Estrela apresentou em 2002 distribuição em série-logarítmica e em 2003, lognormal. Este ajuste indica uma melhor distribuição de abundância das espécies neste fragmento para o período. Em 2004, esta distribuição retornou à série-logarítmica assim permanecendo em 2005. Essa redução da equabilidade pode estar relacionada a alguma perturbação como, por exemplo, o fogo, notado através do súber queimado dos indivíduos arbóreos.

Entretanto, algumas considerações relacionadas ao efeito do fogo neste bioma devem ser levantadas. Incêndios naturais, em geral, constituem uma força regenerativa importante, por provocarem um constante câmbio de espécies nas comunidades. Com isso, estes eventos naturais auxiliariam a manter uma maior diversidade por impedir uma conversão destas formações em comunidades permanentemente climáceas (Coutinho, 1976).

Por outro lado, incêndios antrópicos em geral, são mais impactantes por ocorrerem em momentos indevidos como períodos de seca por exemplo, e com maior constância que os incêndios naturais, o que levaria a uma situação de estresse maior nos indivíduos. Assim sendo, supomos que o evento de fogo no fragmento Estrela estaria provavelmente relacionado a causas antrópicas devido suas conseqüências na distribuição de espécies para a comunidade local.

No fragmento Graúna, com relação à distribuição da abundância de espécies, houve uma tendência a uma maior equabilidade, dadas as mudanças nos modelos aos quais as distribuições dos diferentes anos se ajustaram. Nos dois primeiros anos (2002 e 2003), este fragmento apresentou sua distribuição em série logarítmica, apresentando em seguida (2004) um ajuste ao modelo normal. Já em 2005, a curva de distribuição de abundância de espécies se ajustou ao modelo vara quebrada. Isto indica que ao longo dos anos as espécies estariam se distribuindo de forma mais equitativa neste fragmento. Isto, como citado anteriormente, pode estar relacionado a

hipótese de distúrbio intermediário (Begon, 1996). O fragmento Presídio também estaria se adequando a esta hipótese de distúrbio intermediário. Neste, a distribuição de abundâncias que nos anos iniciais de estudo permanecia com uma distribuição logarítmica, apresentou no ano de 2005 uma mudança para vara quebrada. Contudo, como o modelo da vara quebrada está mais relacionado a comunidades estreitamente definidas de organismos taxonomicamente relacionados, o ajuste das comunidades estudadas a este modelo de distribuição de abundância deve-se provavelmente ao tamanho reduzido da amostra (Magurran 1988).

O fragmento Valério, que se encontra na área de proteção, apresentou um modelo de distribuição série logarítmica durante todos os anos de estudo. Isto poderia ser um indicativo de maior estabilidade para este fragmento, já que isto indica uma constância no número de indivíduos por espécies.

Assim, apesar de uma menor riqueza observada no fragmento protegido durante todos os anos de estudo, quando comparado com os outros, este manteve uma constância no padrão de distribuição de abundância das espécies ao longo dos anos, indicando a importância destas áreas de proteção. Porém, a evidência de maiores valores de riqueza, em fragmentos fora dessas áreas protegidas, aliada ao fato de que 40% das espécies ocorrem em apenas um dos fragmentos estudados (Alonso *et al.* 2005), mostra o quão importante é aumentar ou criar novas unidades de conservação.

Referências bibliográficas.

- ALONSO, A.P. de O., ANDREAZZA, N.L., CARAÇA, R.A., CARDOSO, L.C.V., KÜHNE, F., LIMA, A.L., MORITA, V.U., OLIVEIRA, M.S., RIOS, N.M. & SPOLON, M.G. 2005. Chave de identificação baseada em caracteres vegetativos de espécies do cerrado *sensu lato* (*s.l.*) do município de Itirapina, Estado de São Paulo, Brasil. *In* Relatórios de projetos desenvolvidos na disciplina BT791 - Tópicos em Ecologia Vegetal, disciplina eletiva do Curso de Graduação em Ciências Biológicas, IB, UNICAMP. (F.A.M. Santos, F.R. Martins & J.Y. Tamashiro, orgs.). Disponível em <<http://www.ib.unicamp.br/profs/fsantos/ecocampo/bt791/2005/R1-a.pdf>>. [Acesso em 10/02/2005].
- BEGON, M., HARPER, J.L. & TOWNSEND, C.R. 1996. Ecology. Third Edition. Osney Mead, Oxford.

- CAVALCANTI, R.B. & JOLY, C.A. 2002. The conservation of the Cerrados. *In* The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of neotropical savanna (P.S. Oliveira & R.J. Marques, eds). Columbia University Press, New York, p.351-360.
- COUTINHO, L.M. 1976. Contribuição ao conhecimento do papel das queimadas na floração de espécies do cerrado. Tese de Livre-Docência. São Paulo, Universidade de São Paulo.
- COUTINHO, L.M. 2000. O bioma do cerrado. *In* Eugene Warming e o cerrado brasileiro: um século depois (A.L. Klein, ed.) Editora Unesp, São Paulo, p.79-81.
- 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. Rio Claro, Sao Paulo.
- EMBRAPA, 1999. Neossolos. *In* Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro, 412 pp.
- GOTELLI, N.J. & ENTSNINGER, G.L. 2001. Ecosim: Null models software for ecology. Versão 7.0. Ed. Acquired Intelligence Inc. & Kesey-Bear. disponível em: <http://homepages.together.net/~gentsmin/ecosim.htm>. {acesso em 25 de janeiro em 2005}.
- 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 neotropical savanna. (P.S. Oliveira & R.J. Marquis eds.) Columbia University Press, New York, p. 159-177.
- IBGE. 1969. Cartas do Brasil – E 1:50.000 – Cartas Itirapina e São Carlos.
- MAGURRAN, A.E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey.
- MUELLER-DOMBOIS, D. & ELLENBERG, H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons, New York.
- MYERS, N., MITTERMEYER, R.A.; MITTERMEYER, C.G., FONSECA, G.A.B. & KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* (403): 853–858.
- PRIMACK, R.B. & RODRIGUES, E. 2001. *Biologia da Conservação*. Richard B. Primack e Efraim Rodrigues, Londrina.
- RATTER, J. A., RIBEIRO, J. F. & BRIDGEWATER, S. 1997. The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Annual Review of Botany* 80: 223–230.

RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. 1998. Fitofisionomia do bioma Cerrado. In S.M. SANO & S.P. ALMEIDA Cerrado: ambiente e flora. EMBRAPA-CPAC, Planaltina. p. 89-152.

THOMAS, G. & CLAY, D. Biodap- Ecological Diversity and Its Mesuarement. Ed. Resource Conservation - Fundy Nacional Park, New Brunswick,Canada. Disponível em: <http://nhsbig.inhs.uiuc.edu/populations/bio-dap.zip>. {acesso em 25 de janeiro em 2005}.

Tabela 1. Ajuste das distribuições de abundâncias das áreas estudadas em Itirapina - SP (Estrela, Graúna, Presídio e Valério) aos modelos hipotéticos de distribuição de abundância – série logarítmica (“log série”), lognormal e vara quebrada – de 2002 a 2005. Ao lado do modelo que melhor se ajusta à cada área, em cada ano, estão os respectivos graus de liberdade e valores do χ^2 ($\alpha = 0,05$).

	2002	2003	2004	2005
Estrela	log série (g.l. = 23; $\chi^2 = 5,12$)	lognormal (g.l. = 37; $\chi^2 = 5,83$)	log série (g.l. = 24; χ^2 = 4,83)	log série (g.l. = 22; $\chi^2 =$ 1,3)
Graúna	log série (g.l. = 33; $\chi^2 = 3,08$)	log série (g.l. = 37; χ^2 = 1,71)	lognormal (g.l. = 33; $\chi^2 = 2,43$)	vara quebrada (g.l. = 30; $\chi^2 = 1,95$)
Presídio	log série (g.l. = 28; $\chi^2 = 1,19$)	log série (g.l. = 24; χ^2 = 0,63)	log série (g.l. = 31; χ^2 = 8,4)	vara quebrada (g.l. = 24; $\chi^2 = 1,83$)
Valério	log série (g.l. = 30; $\chi^2 = 8,13$)	log série (g.l. = 29; χ^2 = 6,91)	log série (g.l. = 30; χ^2 = 1,12)	log série (g.l. = 18; $\chi^2 =$ 1,11)

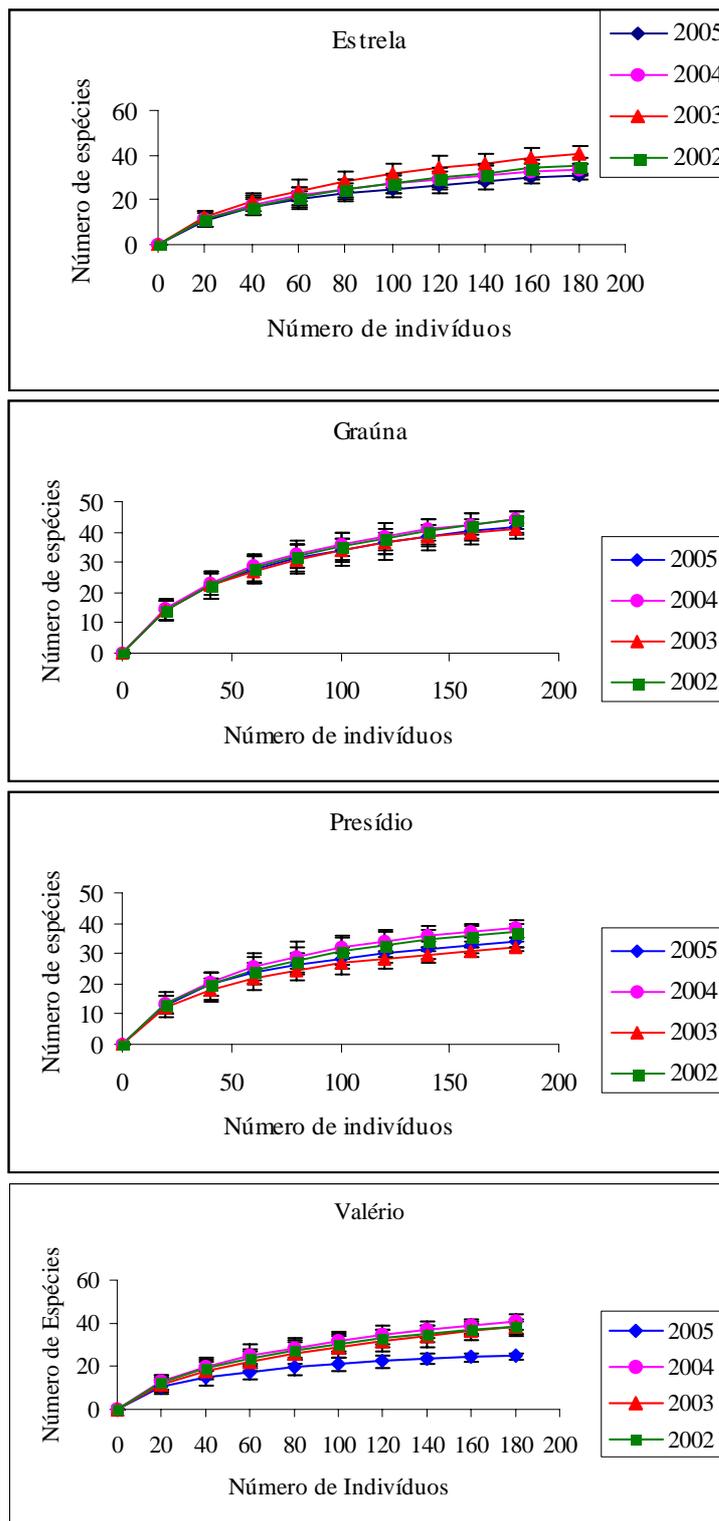


Figura 1: Comparação das curvas de riqueza média acumulada de cada área analisada - Estrela, Graúna, Presídio e Valério - de 2002 a 2005, em Itirapina-SP.

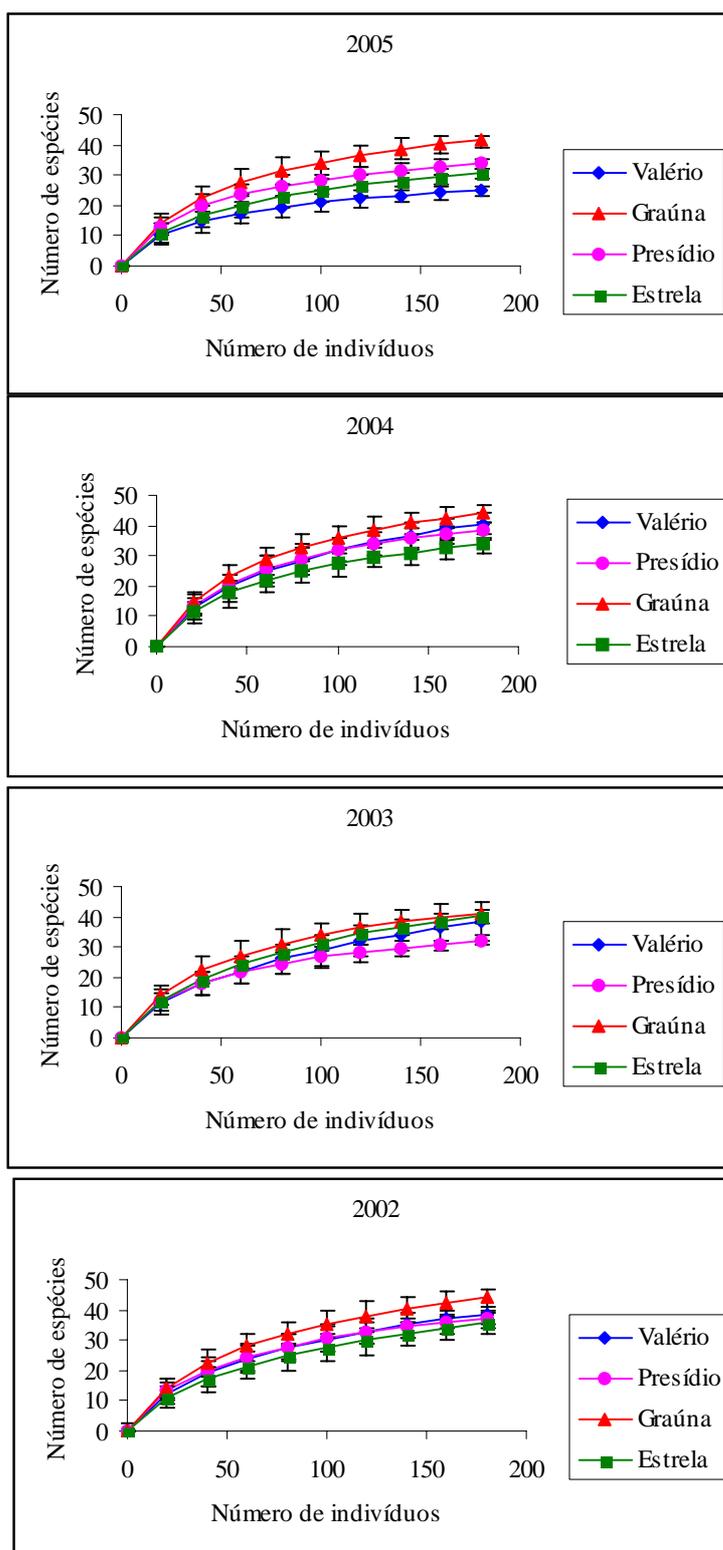


Figura 2: Comparação das curvas de riqueza média acumulada das áreas Estrela, Graúna, Presídio e Valério, de 2002 a 2005, em Itirapina-SP.

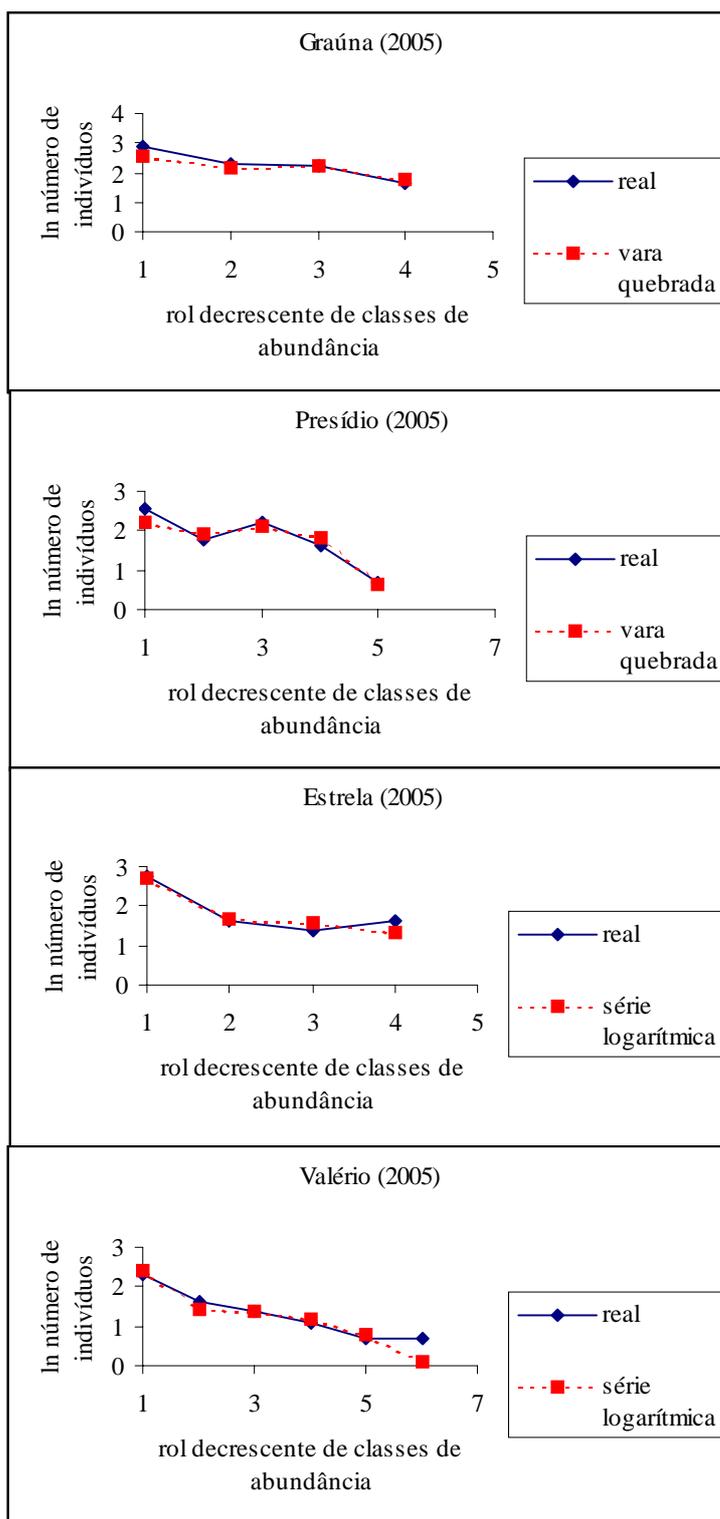


Figura 3: Ajuste da distribuição de abundância observada (real) em cada área estudada - Estrela, Graúna, Presídio e Valério - ao modelo hipotético que melhor a representa, em 2005, em Itirapina-SP.