

Avaliação da distribuição espacial de espécies arbóreas em um fragmento de cerrado do município de Itirapina SP.

ROSSETO, V.¹; ARAÚJO, J.S.²; SFAIR, J. C.² & LATINI A. O.³

Resumo - O padrão espacial dos indivíduos de uma população pode ser de três tipos: aleatório, uniforme e agregado. Nosso objetivo foi verificar o padrão espacial de algumas espécies da comunidade em um fragmento de cerrado no município de Itirapina, SP (22^o15'S e 47^o49'W) e relacionar tal distribuição com a síndrome de dispersão da espécie e fatores ambientais. Para as espécies zoocóricas e autocóricas esperamos uma distribuição agregada e para as anemocóricas, uma distribuição aleatória. A coleta de dados ocorreu em uma unidade amostral permanente de 0,16 ha de cerrado, dividida em 64 parcelas contíguas de 5m por 5m. Mediram-se de todos os indivíduos arbóreos com diâmetro do caule no nível do solo (DAS) maior ou igual a 3 cm a altura total e o DAS. Em cada parcela tomamos medidas de abertura do dossel com um densiômetro e coletamos uma alíquota dos 10 cm superficiais do solo, que foi enviada ao laboratório para análises de rotina. Calculamos o padrão espacial das espécies utilizando o Índice de Dispersão e a Análise de Correlação Espacial. *Amaioua guianensis*, *Xylopia aromatica*, *Miconia albicans* (zoocóricas), *Vochysia tucanorum* (anemocórica), *Anadenanthera falcata* (autocórica) tiveram distribuição espacial que corroborou nossa hipótese inicial. Já *Ocotea pulchella*, *Myrcia lingua*, *Pouteria torta* (zoocóricas), *Qualea grandiflora*, *Roupala montana*, *Dalbergia miscolobium* (anemocóricas), tiveram resultados que não corroboraram nossa hipótese inicial, o que pode ser explicado por fatores dependentes de densidade ou dispersão secundária de diásporos determinando a distribuição espacial das populações, uma vez que não encontramos relações positivas entre as variáveis ambientais e a abundância dessas espécies.

Palavras chave – Cerrado, distribuição espacial, dispersão de sementes, fatores ambientais.

¹ Pós graduação em Ecologia – Depto. de Botânica – vrosseto@yahoo.com.br - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

² Pós graduação em Ecologia – Depto. de Botânica – jcsfair@yahoo.com.br - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

³ Pós graduação em Ecologia – aolatini@bol.com.br - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

Introdução

Os padrões de distribuição espacial de uma espécie podem ser estudados em escala macro (biogeográfica), meso (comunidades) ou micro, que considera a distribuição espacial dos indivíduos dentro da comunidade. Dentro de uma escala micro, o padrão espacial dos indivíduos de uma população segue três tipos básicos: aleatório ou ao acaso, uniforme ou regular e agregado (Hay *et al.* 2000).

Tais padrões espaciais são determinados pela interação de diferentes fatores, como a dispersão de sementes produzidas pela planta-mãe, a influência do movimento da água e do vento na chuva de sementes, a abundância e a atividade de animais que atuam como agentes dispersores, a ocorrência de dispersão secundária, a abundância e o comportamento de herbívoros e predadores de sementes e a distribuição espacial de locais propícios à germinação. (Hutchings 1986).

Padrões de dispersão regulares derivam da interação entre os indivíduos e são comuns em espécies animais territorialistas, mas incomuns em populações e comunidades vegetais, restringindo-se a espécies que apresentem compostos inibidores de outros indivíduos em sua vizinhança. Os padrões agrupados em plantas ocorrem quando há uma tendência de as progêneses permanecerem próximas aos indivíduos parentais. Quando não há pressões antagônicas ou restrições de distribuição de progêneses, então a distribuição espacial tende a ser aleatória (Ricklefs & Miller 2000).

A dispersão de sementes é o processo inicial que gera a distribuição espacial de uma dada espécie. Para uma espécie cujos diásporos são dispersos pelo vento (anemocoria), seria esperada uma distribuição dos indivíduos ao acaso, uma vez que não há a deposição proposital de diásporos em determinados micro-sítios, a não ser que fatores ambientais atuem no estabelecimento da plântula ou na coorte. Por outro lado, para a autocoria seria esperada a deposição de diásporos em determinados micro-sítios, mais precisamente ao redor da planta-mãe. Tal padrão também seria esperado para espécies dispersas por animais (zoocoria), uma vez que muitas vezes há a deposição de diásporos em locais específicos, como em poleiros de alimentação. Caso fatores ambientais sejam mais importantes no estabelecimento das plântulas ou na coorte da espécie, padrões diferentes de distribuição espacial podem ser encontrados.

Nesse presente estudo, nosso objetivo foi verificar o padrão espacial de algumas espécies arbóreas da comunidade em um fragmento de cerrado, e relacionar essas distribuições com a síndrome de dispersão e os fatores ambientais abertura do dossel e composição físico-química do solo. Nossa hipótese é de que plantas com síndrome de dispersão anemocórica apresentem padrão espacial ao acaso e que plantas com síndrome autocórica e zoocórica do tipo ornitocórica e quiropterocórica, apresentem padrão espacial agregado.

Material e Métodos

Área amostrada – Realizamos o presente estudo em um fragmento de cerrado denominado Valério (22°13`S e 47°51`W) localizado no município de Itirapina, estado de São Paulo. O clima é Cwa segundo a classificação de Köppen, com precipitação média anual de 1425mm, concentrada no período de outubro a maio e temperatura média anual de 19,7°C (Dutra-Lutgens 2000).

Espécies estudadas – Escolhemos 11 espécies da comunidade, com abundância mínima de pelo menos 20 indivíduos, com exceção de *Anadenanthera falcata* (Benth.), que, apesar de apresentar 11 indivíduos, foi incluída por ser autocórica. A partir de dados de literatura (Batalha 1997), determinamos para cada espécie sua respectiva síndrome de dispersão, estabelecendo três categorias: anemocoria (diásporos dispersos pelo vento), autocoria (inclui barocoria) e zoocoria (incluindo ornitocoria e quiropterocoria). Consideramos zoocóricas: *Amaioa guianensis* Aubl., *Myrcia lingua* (O. Berg) Mattos, *Miconia albicans* (Sw.) Triana, *Ocotea pulchella* (Nees) Mez, *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart e *Pouteria torta* (Mart.) Radlk.; autocórica: *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg.; e anemocóricas: *Dalbergia miscolobium* Benth., *Qualea grandiflora* Mart., *Roupala montana* Aubl., *Vochysia tucanorum* Mart.

Coleta de dados – Em uma área permanente de 0,16 ha, com 64 parcelas contíguas de 5 x 5m, medimos de todos os indivíduos arbóreos com diâmetro no nível do solo (DAS) maior ou igual a 3 cm a altura total e o DAS. Em cada parcela tomamos medidas relacionadas à abertura do dossel usando um densiômetro esférico convexo. Realizamos coletas de solo dos 10 cm superficiais no centro de cada parcela. A análise físico-química do solo indicou a quantidade de matéria orgânica, a capacidade de troca catiônica, o pH, e a quantidade de macronutrientes.

Análise dos dados – Determinamos o padrão espacial de cada espécie por meio de dois métodos distintos: o Índice de Dispersão (ID) e o Diagrama de Autocorrelação Espacial (DAE) calculado com o Coeficiente de Moran.

O índice de dispersão de cada espécie é calculado por meio da equação $ID = \frac{s^2}{\bar{x}}$, onde s^2 é a variância obtida para a população de dados e \bar{x} é a média desta população. Se o valor encontrado para o ID for maior do que 1, a espécie possui um padrão agregado. Se o valor for igual a 1, a variância é igual à média e o padrão é aleatório (ao acaso). Sendo menor do que 1, a variância é maior do que a média e o padrão é regular (homogêneo). Para testar se o valor encontrado para o ID foi significativamente diferente de 1, utilizamos o cálculo do intervalo de confiança (Sokal & Rohlf 2000),

conforme a equação $IC_{ID} = ID \pm t_{(n-1;0,05)} \times \frac{s}{\sqrt{x}}$, onde IC_{ID} é o intervalo de confiança de 95% da estimativa de ID , ID é a estimativa obtida; $t_{(n-1;0,05)}$ é o valor tabelado da estatística t para n-1 graus de liberdade e $\alpha=5\%$ e s é o erro padrão da média \bar{x} . A regra decisória utilizada foi: se o IC sobrepuser a 1, o padrão é interpretado como sendo aleatório. Se não se sobrepuser a 1, o padrão pode ser regular, quando menor do que 1, ou agregado quando for maior do que 1.

Calculamos o coeficiente I de correlação de Moran por meio do programa *Passage*, o qual leva em consideração diferentes classes de distâncias espaciais (Rosenberg 2003). Tal coeficiente varia de -1 a +1, sendo possível estabelecer uma autocorrelação tanto positiva, quanto negativa com relação à abundância das espécies dentro das classes de distância. Dessa maneira, é possível prever valores que as variáveis obtêm em quaisquer pontos da área amostral (Legendre & Fortin 1989). O Diagrama de Autocorrelação Espacial (DAE) foi realizado para cada espécie dentre aquelas escolhidas com número de indivíduos maior ou igual a 11.

Utilizamos o teste de Mantel, através do programa *Passage*, de forma a relacionar a matriz de variáveis ambientais amostradas (abertura do dossel e características do solo) com a matriz de posições espaciais e a matriz de variáveis bióticas (abundância para cada espécie). O teste de Mantel é usado para estimar a associação entre matrizes de dissimilaridade independentes, e testar se a associação é maior do que a esperada ao acaso (Sokal & Rohlf 2000).

Resultados

O uso do ID e do DAE evidenciou diferenças entre os dois métodos. A interpretação obtida do ID permitiu-nos classificar o padrão espacial de *Vochysia tucanorum*, *Anadenanthera falcata*, *Miconia albicans* e *Ocotea pulchella* como aleatório. Todas as outras espécies, segundo a interpretação do ID, tiveram padrão espacial agregado (tabela 1 e 2). A interpretação do DAE permitiu-nos, por sua vez, classificar o padrão espacial de *Amaioua guianensis*, *Anadenanthera falcata*, *Miconia albicans*, *Qualea grandiflora*, *Roupala montana*, *Dalbergia miscolobium* e *Xylopia aromatica* como agregado. Os padrões espaciais das outras espécies foram todos classificados aleatórios (tabela 2). Os dois índices apresentaram divergências em sua classificação para *Anadenanthera falcata*, *Miconia albicans*, *Myrcia lingua* e *Pouteria torta* (tabela 2).

Os resultados que obtivemos pelos dois índices corroboram nossas hipóteses para as espécies *Amaioua guianensis* e *Xylopia aromatica*, que apresentam síndromes de dispersão zoocórica e padrão espacial agregado, e *Vochysia tucanorum*, que apresenta síndrome de dispersão anemocórica e padrão

espacial aleatório. Por outro lado, para as espécies *Dalbergia miscolobium*, *Ocotea pulchella*, *Qualea grandiflora* e *Roupala montana*, os dois métodos apontaram padrões espaciais diferentes dos que previmos em nossa hipótese. Para *Ocotea pulchella* esperávamos um padrão agregado, já que a dispersão de suas sementes é zoocórica; no entanto o resultado para os dois métodos forneceu uma interpretação contrária, ou seja, padrão espacial aleatório. Para *Qualea grandiflora*, *Dalbergia miscolobium* e *Roupala montana* esperávamos um padrão aleatório, já que são espécies com síndrome anemocórica. Mais uma vez o resultado dos dois métodos foi coincidente e apontou para um padrão espacial agregado. Todos os diagramas de autocorrelação espacial encontram-se representados na figura 2.

Não encontramos diferenças significativas de dissimilaridade entre as matrizes de abundância, de posição espacial e de variáveis ambientais para todas as espécies estudadas (tabela 3), com exceção de *Pouteria torta* ($Z=23588$; $p=0,012$), que apesar de obter uma relação significativa, obteve também um baixo índice de correlação entre as matrizes ($R^2=0,26$), tornando fraca a interpretação biológica do fenômeno.

Discussão

Conforme o esperado, *Vochysia tucanorum* mostrou padrão aleatório, e *Amaioua guianensis* e *Xylopia aromatica* mostraram padrão agregado. Uma vez que os resultados referentes ao teste de Mantel não deram significativos, podemos inferir que a síndrome de dispersão é um fator determinante na distribuição espacial dos indivíduos adultos dessas populações.

Ocotea pulchella, tanto para o ID quanto para o DAE, mostrou padrão aleatório, diferentemente do que esperávamos. Hutchings (1986) afirmou que o padrão espacial de adultos tende a ser menos agregado do que o de plântulas quando há alta taxa de mortalidade dependente de densidade (devido à ação de patógenos, herbívoros, etc.). Isso significa que, para uma escala espacial fixa, podemos ter diferentes padrões espaciais em diferentes estádios ontogenéticos. Estudos levando em consideração os estádios ontogenéticos dessa população são necessários para confirmar tal hipótese. Além disso, a ocorrência de dispersão secundária realizada, por exemplo, por insetos, não considerada para a constituição de nossa hipótese, também poderia atuar sobre as sementes já dispersas e conferir um outro padrão espacial.

Qualea grandiflora, *Dalbergia miscolobium* e *Roupala montana* possuem síndromes de dispersão anemocórica e deveriam, pela nossa previsão, apresentar padrão espacial aleatório de seus indivíduos adultos. Entretanto, tanto pelo método de ID quanto pelo de DAE, o padrão espacial dessas três espécies foi agregado. Fonseca *et al* (2004) encontraram um padrão espacial parecido para

indivíduos adultos de uma população de *Aspidosperma polyneuron*, espécie de dispersão de sementes anemocórica. Tal resultado foi atribuído à alta mortalidade de indivíduos adultos como consequência de fatores ligados à fragmentação da área amostrada, como perturbação antrópica. Tal fator poderia também estar influenciando nossos resultados.

Além disto, e talvez mais parcimoniosa, é a possibilidade de que o recrutamento vegetativo de indivíduos para aquelas espécies obtenha mais sucesso no somatório de condições vigentes naquele ambiente do que a sua reprodução sexuada. Este tipo de recrutamento populacional é muito comum entre as plantas de cerrado e é freqüentemente apontado como uma importante estratégia para suas espécies (Miranda-Mello 2004). Se isto é verdade, então o número de indivíduos produzidos pelas sementes propagadas pelo vento deve ser menor do que o número de indivíduos produzidos por reprodução vegetativa, o que geraria um padrão espacial agregado, assim como observado pelo DAE e ID.

Os métodos utilizados forneceram resultados contraditórios para o padrão espacial de *Anadenanthera falcata*, *Pouteria torta*, *Myrcia lingua* e *Miconia albicans*. Essas diferenças podem dever-se à limitações amostrais no método do ID, que, segundo Legendre & Fortin (1989), deve ser menos eficiente que outros métodos, já que utiliza unidades amostrais com alguma dependência amostral (especialmente em métodos de amostragem em parcelas adjacentes). Portanto, assumindo que a estimativa do DAE é mais confiável que a do ID, admitimos o padrão aleatório para *Pouteria torta* e *Myrcia lingua* e agregado para *Anadenanthera falcata* e *Miconia albicans*. Dentre estas, as que não corroboraram nossa hipótese foram *Pouteria torta* e *Myrcia lingua*. As justificativas para isto são as mesmas sugeridas para *Ocotea pulchella* e, possivelmente baseiam-se na ação de herbívoros, patógenos e na ocorrência de dispersão secundária.

Pouteria torta foi a única espécie para a qual encontramos um valor significativo entre as posições no espaço de seus indivíduos, a sua abundância e as condições abióticas e edáficas dominantes ($R^2=0,26$; $p=0,012$). Apesar disto, a explicação encontrada é baixa e reduz a importância de variáveis edáficas na explicação de sua distribuição espacial. Condições semelhantes às sugeridas para *O. pulchella* podem estar ocorrendo com *P. torta*.

O estudo da síndrome de dispersão e da distribuição espacial e sua relação com variáveis ambientais em plantas do Cerrado certamente tem a sua importância aumentada à medida que os impactos sobre este bioma avançam. A interpretação destes resultados pode evidenciar, por exemplo, as consequências da ausência de processos ecológicos importantes, como a propagação de indivíduos de espécies vegetais, sobre o risco de extinção local ou total de suas espécies. Desta forma, a continuidade

destes estudos para plantas e regiões diferentes mostra-se necessária e fundamental para conhecermos os riscos de perda de espécies da flora do Cerrado.

Referências Bibliográficas

- BATALHA, M.A . 1997. Análise da vegetação da ARIE Cerrado Pé-de-Gigante (Santa Rita do Passa Quatro, SP). Dissertação de mestrado. USP-São Paulo.
- 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. Unesp-Rio Claro.
- FONSECA, M.G.; MARTINI, A.M.Z. & SANTOS, F.A.M. 2004. Spatial structure of *Aspidosperma polyneuron* in two semi-deciduos forests in Southeast Brazil. *Journal of Vegetation Science* 15:41-48.
- HAY, J.D.; BEZERRIL, M.X.; CALOURO, A.M.; COSTA, E.M.N.; FERREIRA, A.A.; GASTAL, M.L.A.; GOES JUNIOR, C.D.; MANZAN D.J.; MARTINS, C.R.; MONTEIRO, J.M.G.; OLIVEIRA, S.A.; RODRIGUES, M.C.M.; SEYFFARTH, J.A.S. & WALTER, B.M.T.2000. Comparação do padrão espacial em escalas diferentes de espécies nativas do cerrado, em Brasília, DF. *Revista Brasileira de Botânica* 23:341-347.
- HUTCHINGS, M.J.1986. The structure of plant populations. *In: Plant ecology* (Crawley, M.J.ed.). Blackwell, Oxford, p. 97-136.
- MIRANDA-MELLO, A. A. 2004. Estrutura de populações de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. (Annonaceae) e *Roupala montana* Aubl. (Proteaceae) em quatro fragmentos de cerrado *sensu lato* no município de Itirapina, SP. Tese de Mestrado. Unicamp. Campinas, SP.
- LEGENDRE, P. & FORTIN, M.J. 1989. Spatial pattern and ecological analysis. *Vegetatio*. 80: 107-138.
- RICKLEFS, R.E. & MILLER, G. L. 2000. *Ecology*. 4th. Edition. W.H. Freeman and Company. New York.
- ROSENBERG, M.S. 2003. *Passage: pattern analysis, spatial statistics, and geographic Exegesis*. Version 1.1. Departament of Biology, Arizona, State University, Tempe. AZ.
- SOKAL, R.R. & ROHLF, F.J. 2000. *Biometry – the principles and practice of statistics in biological research*. 3th Edition. W.H. Freeman and Company. New York.

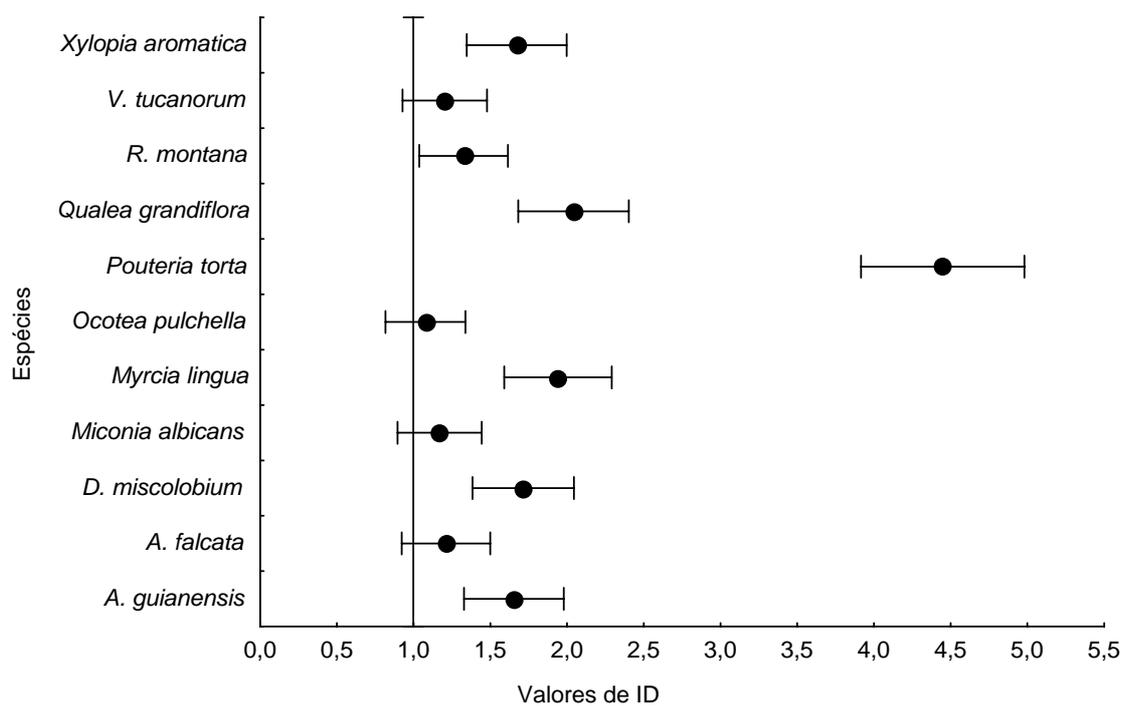
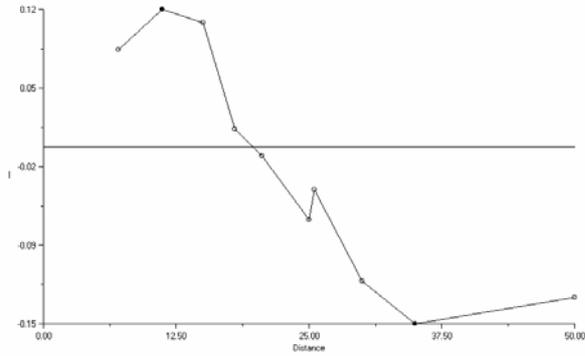
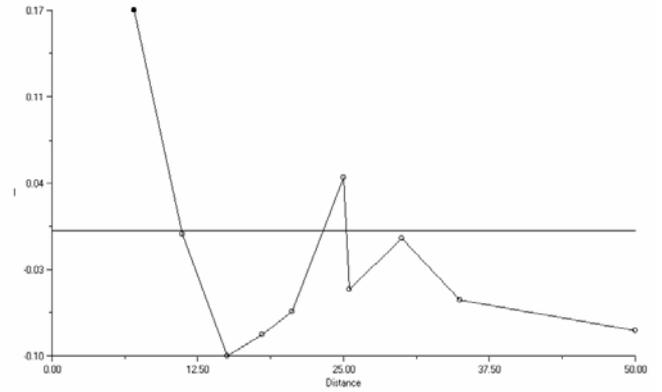


Figura 1. Valores do índice de dispersão com intervalos de confiança para cada espécie analisada. Os intervalos de confiança que se sobrepõem ao valor igual a 1 indicam distribuição espacial ao acaso.

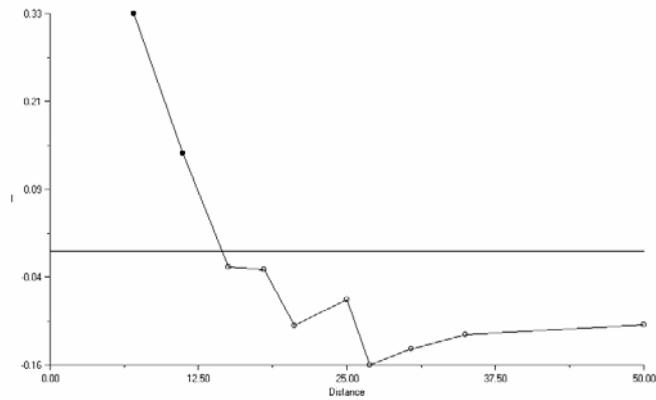
A) *Anadenanthera falcata*



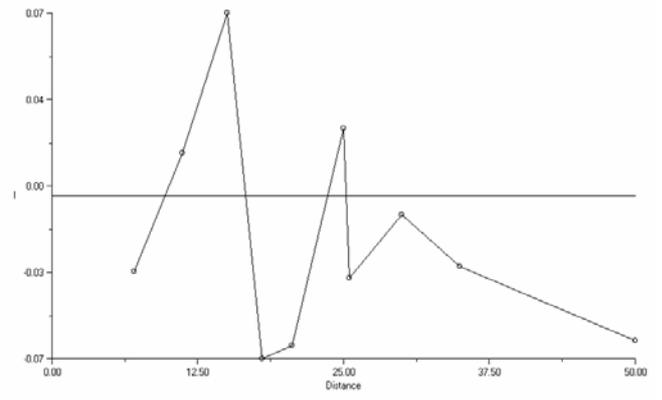
B) *Dalbergia miscolobium*



C) *Miconia albicans*

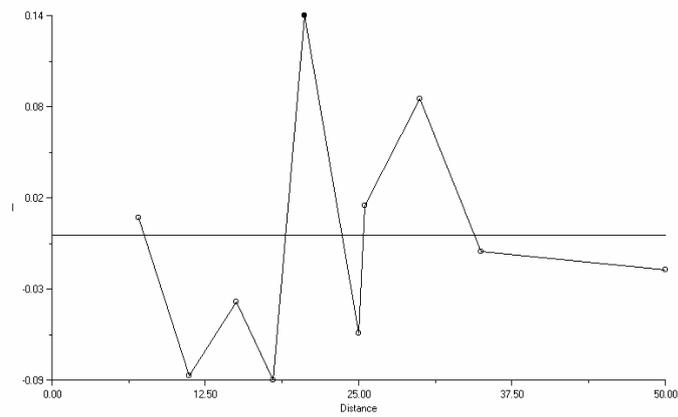


D) *Myrcia lingua*

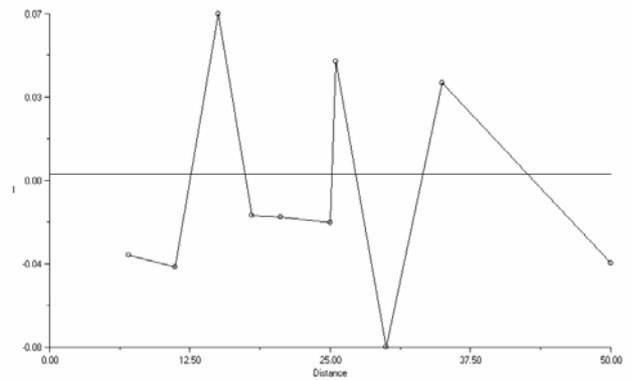


Coeficiente de Moran

E) *Ocotea pulchella*



F) *Pouteria torta*



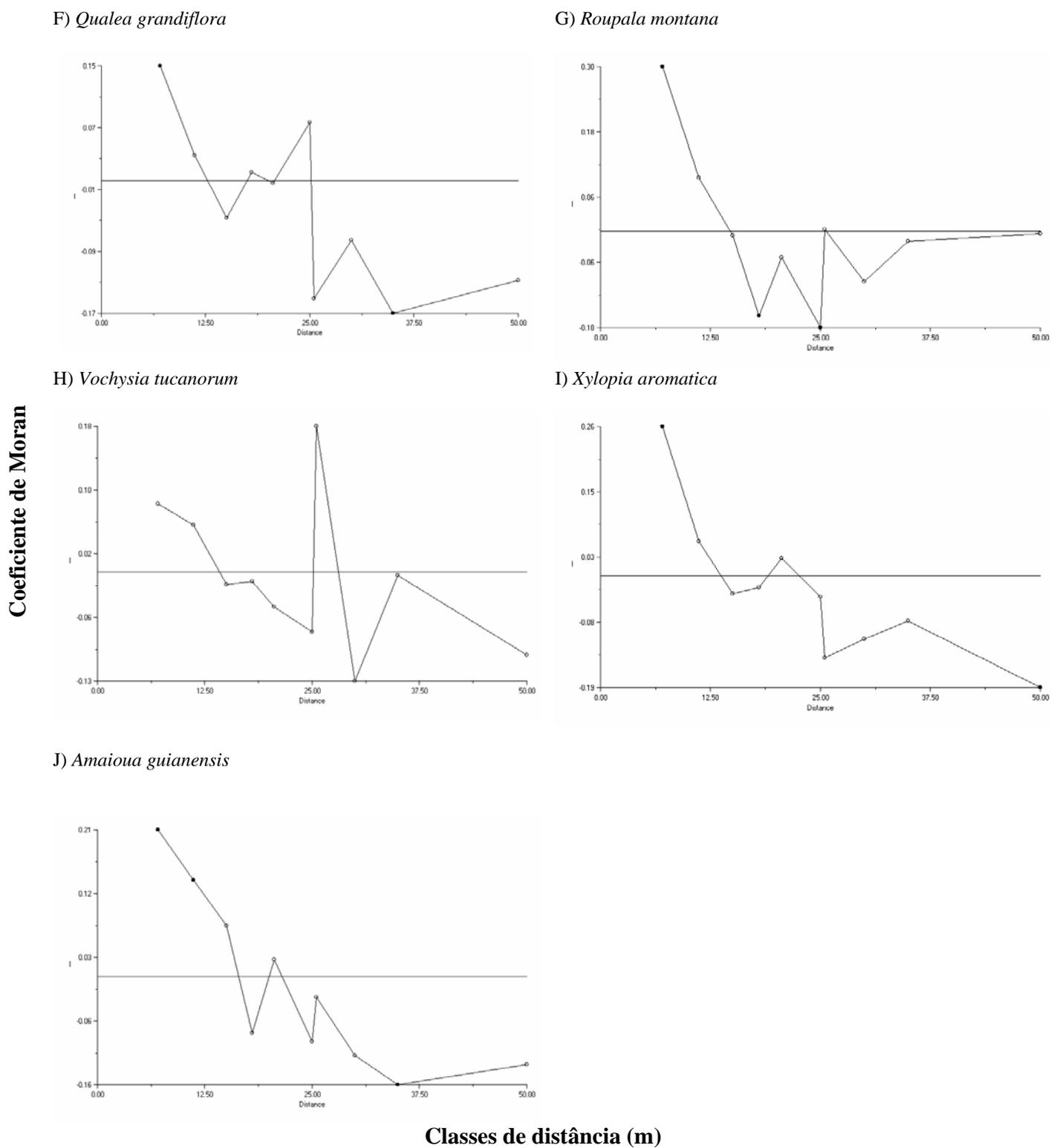


Figura 2. Diagramas de autocorrelação espacial (DAE) utilizando o coeficiente I de Moran para cada espécie estudada.

Tabela 1. Valores de variância, média e índice de dispersão para cada espécie estudada.

Espécie	Atributo da população amostrada		
	variância	média	ID
<i>Amaioa guianensis</i>	1,21	0,73	1,65
<i>Anadenanthera falcata</i>	0,20	0,17	1,21
<i>Dalbergia miscolobium</i>	1,39	0,81	1,71
<i>Miconia albicans</i>	0,60	0,51	1,16
<i>Myrcia lingua</i>	2,78	1,43	1,94
<i>Ocotea pulchella</i>	1,51	1,40	1,07
<i>Pouteria torta</i>	3,47	0,78	4,44
<i>Qualea grandiflora</i>	1,88	0,92	2,04
<i>Roupala montana</i>	1,96	1,48	1,32
<i>Vochysia tucanorum</i>	2,63	2,18	1,20
<i>Xylopia aromatica</i>	1,69	1,01	1,67

Tabela 2. Síndrome de dispersão, distribuição espacial esperada e observada obtida pelo Índice de Dispersão (ID) e pelo Diagrama de Autocorrelação Espacial (DAE) para cada espécie estudada.

Espécie	Síndrome	Distribuição espacial esperada	ID	DAE
<i>Amaioa guianensis</i>	Zoocórica	Agregada	Agregada	Agregada
<i>Anadenanthera falcata</i>	Autocórica	Agregada	Aleatória	Agregada
<i>Dalbergia miscolobium</i>	Anemocórica	Aleatória	Agregada	Agregada
<i>Miconia albicans</i>	Zoocórica	Agregada	Aleatória	Agregada
<i>Myrcia lingua</i>	Zoocórica a	Agregada	Agregada	Aleatória
<i>Ocotea pulchella</i>	Zoocórica	Agregada	Aleatória	Aleatória
<i>Pouteria torta</i>	Zoocórica	Agregada	Agregada	Aleatória
<i>Qualea grandiflora</i>	Anemocórica	Aleatória	Agregada	Agregada
<i>Roupala montana</i>	Anemocórica	Aleatória	Agregada	Agregada
<i>Vochysia tucanorum</i>	Anemocórica	Aleatória	Aleatória	Aleatória
<i>Xylopia aromatica</i>	Zoocórica	Agregada	Agregada	Agregada

Tabela 3. Valores das estatísticas obtidas para o teste de Mantel, feito para a correlação entre as matrizes de abundância, posição espacial e variáveis abióticas. Valores em negrito indicam respostas significativa.

Espécie	Características / Teste de Mantel			
	Síndrome	Estatística Z	Correlação	<i>p</i>
<i>Amaioa guianensis</i>	Zoocórica	-6898.6	-0.15	0.052
<i>Anadenanthera falcata</i>	Autocórica	883.2	0.04	0.617
<i>Dalbergia miscolobium</i>	Anemocórica	-1985.6	-0.04	0.622
<i>Miconia albicans</i>	Zoocórica	2951.1	0.09	0.173
<i>Myrcia lingua</i>	Zoocórica	-3050.0	-0.05	0.457
<i>Ocotea pulchella</i>	Zoocórica	-878.0	-0.02	0.782
<i>Pouteria torta</i>	Zoocórica	23588.5	0.26	0.010
<i>Qualea grandiflora</i>	Anemocórica	-937.2	-0.02	0.833
<i>Roupala montana</i>	Anemocórica	-1197.9	-0.02	0.716
<i>Vochysia tucanorum</i>	Anemocórica	3121.9	0.05	0.428
<i>Xylopia aromatica</i>	Zoocórica	3590.5	0.07	0.324