

# Padrões espaciais de *Qualea grandiflora* Mart. em fragmentos de cerrado no estado de São Paulo

Rafael Carvalho da Costa<sup>1,3</sup> e Flavio Antonio Maës dos Santos<sup>2</sup>

Recebido em 21/08/2010. Aceito em 21/02/2011

## RESUMO

(Padrões espaciais de *Qualea grandiflora* em fragmentos de cerrado no estado de São Paulo). A descrição dos padrões espaciais é importante para se elaborar hipóteses sobre a dinâmica de populações vegetais. Nosso objetivo foi verificar diferenças nos padrões espaciais de classes de tamanho de *Q. grandiflora* dentro e entre fragmentos com diferentes fisionomias de cerrado. Para isso descrevemos e comparamos os padrões espaciais do número de plantas por subparcela (5 x 5 m) em seis parcelas de 0,5 ha em quatro fragmentos. Descrevemos os padrões para duas classes de tamanho utilizando correlogramas com o índice I de Moran e testamos associações espaciais entre classes pelo teste de Mantel parcial. A abundância variou de 18 a 319 plantas 0,5 ha<sup>-1</sup>. Plantas maiores (altura > 1,5 m) tiveram padrões agregados em todos os casos, com números e tamanhos das escalas de agregação variando independentemente da fisionomia. Somente em três parcelas foi possível descrever os padrões espaciais de plantas menores, onde foram aleatórios. Nesses casos, houve duas associações significativas positivas entre classes e uma não significativa. As diferenças de abundância e padrão espacial entre parcelas foram tão grandes no mesmo fragmento quanto entre fragmentos, indicando que a estrutura espacial de *Q. grandiflora* é imprevisível com base na fisionomia. A transição aleatório-agregado e a associação espacial entre classes indicam que mortalidade dependente de densidade não parece ser importante na dinâmica de *Q. grandiflora*, sendo a estrutura espacial dos locais adequados ao recrutamento para maturidade um possível fator mais importante.

**Palavras-chave:** correlogramas, dependência de densidade, recrutamento, savanas, teste de Mantel parcial

## ABSTRACT

(Spatial patterns of *Qualea grandiflora* in cerrado fragments in São Paulo state). The study of spatial patterns is a helpful approach to formulating hypotheses about plant population dynamics. Our aim was to search for variation in spatial patterns of *Q. grandiflora* height classes at different scales within and among fragments of different cerrado physiognomies. Spatial patterns of the number of plants in subplots (5 x 5 m) were described and compared among six 0.5-ha plots placed in four fragments. We performed Moran's I correlogram analysis to describe spatial patterns and tested spatial correlations of height classes by partial Mantel tests. We found 18 to 319 plants 0.5 ha<sup>-1</sup>. Larger plants (height > 1.5 m) had a clumped pattern in all plots, varying in numbers and magnitudes of scales independently of the physiognomy. Correlogram analysis for smaller plants was possible in only three plots, where patterns were random. In two of these cases there was significant positive correlation of size classes but in the third it was not significant. Abundance and spatial patterns were as different within the same fragment as in different ones. These results show that *Q. grandiflora* spatial patterns cannot be predicted based on overall characteristics of cerrado physiognomy. The random-to-clumped transition with size and the spatial association of classes suggest that density dependent mortality does not seem to be an important driver of *Q. grandiflora* dynamics, and that spatial structure of suitable sites for recruitment to maturity may be more important.

**Key words:** correlogram, density dependence, partial Mantel test, recruitment, savanna

## Introdução

A descrição dos padrões espaciais é uma abordagem importante para se elaborar hipóteses sobre a dinâmica de populações de plantas (Dale 1999; Barot *et al.* 1999; Barot & Gignoux 2003). Os padrões espaciais de uma população

de plantas em escala local são o resultado de interações bióticas e abióticas que atuam ao longo da história de vida influenciando a dispersão de sementes, distribuição de sítios seguros para a germinação e mortalidade desde a fase de plântula até a maturidade (Harper 1977; Silvertown & Doust 1993; Hutchings 1997).

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Campinas, SP, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, Departamento de Biologia Vegetal, Campinas, SP, Brasil

<sup>3</sup> Autor para correspondência: carvalhorafael@yahoo.com

Para inferir aspectos da dinâmica a partir de variações em padrões espaciais, duas abordagens têm sido utilizadas: 1) a descrição de padrões e correlações espaciais entre estádios ontogenéticos ou classes de tamanho, e 2) comparações de padrões espaciais em localidades diferentes. A descrição dos padrões de classes ou estádios permite identificar fatores de mortalidade que modificam os padrões espaciais ao longo da ontogenia. Os fatores dependentes de densidade são muito comumente citados como responsáveis por tais mudanças (Sternner 1986; Henriques & Souza 1989; San José *et al.* 1991; Skarpe 1991; Barot *et al.* 1999; Gratzer & Rai 2004), embora variações espaço temporais nos locais adequados para o recrutamento em diferentes estádios também modifiquem os padrões espaciais ao longo da ontogenia (Dovciak *et al.* 2001). A combinação das duas abordagens permite um entendimento de como a dinâmica de populações de plantas varia em função de fatores como heterogeneidade ambiental (Getzin *et al.* 2008), estratégias sucessionais das espécies (Franklin & Rey 2007) ou interações de competição e facilitação (Lingua *et al.* 2008).

Em savanas, as variações de fatores ecológicos chave, como fogo, herbivoria, e competição, determinam mudanças fisionômicas (Jeltsch *et al.* 1996; 2000) e podem influenciar diferencialmente a dinâmica populacional de plantas dependendo da espécie e estádio (Barot *et al.* 1999; Moreira 2000; Kennedy & Potgieter 2003). Logo, a descrição de padrões e correlações espaciais entre estádios ontogenéticos em locais com fisionomias diferentes pode auxiliar no entendimento das respostas demográficas às variações daqueles fatores. No cerrado, embora se reconheça que fatores semelhantes a outros ambientes savânicos proporcionem variações fisionômicas influenciando a composição de espécies (Oliveira-Filho & Ratter 2002), a maioria dos estudos que descreveu padrões espaciais de populações de plantas concentrou-se em apenas uma área ou fisionomia (Oliveira *et al.* 1989; Meirelles & Luiz 1995; Hay *et al.* 2000; Lima *et al.* 2003; Souza & Coimbra 2005; Souza & Silva 2006; Lima-Ribeiro 2007; Oliveira *et al.* 2007), limitando a interpretação dos padrões às condições específicas de cada área estudada.

Neste estudo tivemos por objetivo verificar diferenças nos padrões espaciais de classes de tamanho de populações de *Qualea grandiflora*, Vochysiaceae, dentro e entre fragmentos com diferentes fisionomias de cerrado. *Q. grandiflora* é considerada a espécie lenhosa de maior distribuição no cerrado (Ratter *et al.* 2003), ocorrendo em grande importância ecológica tanto em fisionomias mais abertas quanto mais florestais (Felfili & Silva Jr. 1993; Costa & Araújo 2001). A espécie não tem muitas restrições quanto ao nível de luminosidade e nutrientes no solo adequados para a germinação de sementes e crescimento inicial de plântulas (Felippe 1990; Paulilo & Felippe 1995). Em conjunto, essas características indicam que a grande amplitude geográfica pode ter relação com pouca restrição de *Q. grandiflora* em termos de níveis de recursos e condições. Assim, se essa

pouca restrição for um condicionante importante do padrão espacial de *Q. grandiflora*, podemos esperar padrões semelhantes dentro e entre fragmentos de cerrado. Verificamos esta expectativa respondendo as seguintes questões: 1) a abundância e os padrões espaciais em diferentes locais dentro de um mesmo fragmento e entre fragmentos são semelhantes? 2) Os padrões espaciais se modificam em classes de tamanho diferentes? 3) Plantas de diferentes classes de tamanho tendem a ocupar locais diferentes?

## Material e métodos

### Área de estudo

Realizamos o estudo no município de Itirapina, SP (22°15' S e 47°48' W, altitudes em torno de 760 m). O clima na região é do tipo Cwa de Köppen, tropical de altitude com inverno seco e verão quente e chuvoso, precipitação média anual de 1450,1 mm e temperatura média de 21 °C (CEPAGRI/UNICAMP 2006). Escolhemos quatro fragmentos de cerrado onde já havia parcelas implantadas para estudos de estrutura de populações (Miranda-Melo *et al.* 2007). Esses fragmentos ocorrem sobre solos do tipo Neossolos Quartzarênicos e possuem diferentes fisionomias de cerrado *strictu sensu* conforme a classificação de Ribeiro & Walter (1998, Tab. 1).

### Coleta de dados

Coletamos os dados em seis parcelas de 50 x 100 m subdivididas em 200 subparcelas contíguas de 5 x 5 m. As parcelas foram alocadas nos fragmentos da seguinte forma: três parcelas no fragmento Valério (V1, V2, V3), e uma nos fragmentos Broa (BR), Presídio (PR) e Estrela (ES, Tab. 1) A escolha de fragmentos para instalação de parcelas por Miranda-Melo *et al.* (2007) foi um compromisso entre a inclusão de diferentes fisionomias de cerrado e a conveniência de acesso. O local de instalação das parcelas foi escolhido buscando representar a fisionomia de cada fragmento. No caso do fragmento Valério, a instalação de três parcelas buscou verificar diferenças de estrutura populacional em locais diferentes de um mesmo fragmento com características vegetacionais gerais similares, desse modo foram escolhidos locais com fisionomia semelhante. O uso dessas parcelas permanentes, além da facilidade logística, contemplam os objetivos deste estudo, já que os fragmentos escolhidos por Miranda-Melo *et al.* (2007) abrangem fisionomias de cerrado diferentes e em um dos casos há três parcelas no mesmo fragmento, permitindo apreciar o quanto os padrões espaciais variam sob uma fisionomia uniforme e entre fisionomias. As áreas V1, V2 e V3 estão nos limites da Estação Experimental de Itirapina do Instituto Florestal do Estado de São Paulo, BR e PR são particulares, e PR é uma área de segurança anexa e administrada pelo Presídio João Batista de Arruda Sampaio. Em espécies de plantas do cerrado é comum a ocorrência de crescimento

**Tabela 1.** Características dos fragmentos onde os padrões espaciais de *Qualea grandiflora* Mart. foram estudados, Itirapina, São Paulo (adaptado de Miranda-Melo *et al.* 2007).

Fragmento	Área aproximada (hectares)	Parcelas	Vegetação	Localização
VALÉRIO	139,1	V1, V2, V3	Cerrado denso, altura média das árvores de 8 m, estrato graminóide ausente e espessa camada de serapilheira sobre o solo.	22°13'08" S 47°51'06" W
BROA	268,5	BR	Cerrado típico, altura média das árvores de 3 a 6 m e estrato graminóide presente	22°10'34" S 47°52'54" W
PRESÍDIO	12,7	PR	Cerrado típico, altura média das árvores de 3 a 6 m e estrato graminóide presente.	22°15'38" S 47°48'32" W
ESTRELA	212,1	ES	Cerrado ralo, altura média das árvores de 2 a 4 m, estrato graminóide presente.	22°12'02" S 47°48'32" W

clonal (Rizzini & Heringer 1962), sendo possível a ocorrência de conexões subterrâneas entre partes aéreas (rametas). Tal fato dificulta a individualização das plantas (geneta) a menos que se façam escavações, o que seria logisticamente inviável considerando os objetivos deste estudo. Assim, consideramos como "planta" cada rameta sem conexão aparente no nível do solo e registramos em cada parcela, a altura e o número de plantas de *Qualea grandiflora* por subparcela. As medidas de altura foram obtidas utilizando-se trena ou clinômetro.

#### Análise de dados

As perguntas deste estudo abrangem a quantificação de dois aspectos do padrão espacial: 1) variações de abundância entre fragmentos e 2) descrições dos padrões espaciais no interior de parcelas. No primeiro caso, a abundância é quantificada pela densidade de indivíduos em cada parcela. No segundo, a variável utilizada para análise do padrão espacial é o número de plantas por subparcela. Para verificar diferenças nos padrões espaciais de *Qualea grandiflora* dentro e entre fragmentos, caracterizamos o padrão espacial do número de indivíduos de *Q. grandiflora* por subparcela em duas classes de tamanho: pequenas - plantas com altura  $\leq 1,5$  m e grandes - plantas com altura  $> 1,5$  m. A escolha do número e amplitude das classes foi um compromisso entre um número suficiente de plantas para as análises espaciais em cada classe, similaridade de classes permitindo comparações entre parcelas diferentes e uma aproximação da distinção entre árvores maduras e imaturas. Apenas em algumas parcelas a subdivisão das classes acima mencionadas renderia um número de plantas adequado para as análises espaciais (PR, V1, V2). A análise desse casos revelou que a subdivisão de classes não alterou consistentemente os resultados gerais. Desse modo, optamos por manter a divisão em apenas duas classes no sentido de padronizar as comparações entre parcelas.

Descrevemos os padrões em cada parcela e classe de tamanho através de análises de correlogramas utilizando o índice I de Moran (Legendre & Fortin 1989). Os correlogramas são gráficos que mostram valores de I calculados entre pares de subparcelas por classes de distância. Valores

de I positivos ou negativos, significativamente diferentes de zero (aleatoriedade), indicam, respectivamente, semelhanças ou diferenças nos valores da variável em estudo na distância em questão. Construímos correlogramas com 20 classes de distância de amplitude de cinco metros. O número de classes utilizado foi escolhido por corresponder à maior distância entre duas subparcelas (100 m), excluindo-se a distância mais extrema (~112m), que não foi considerada por incluir um número muito reduzido de pares de subparcelas. Escolhemos a amplitude das classes conforme o tamanho das subparcelas, que representa neste estudo a distância mínima na qual pode-se calcular a autocorrelação espacial. A significância global de cada correlograma é um teste da presença de estrutura espacial em um conjunto de dados. Fizemos esse teste verificando se cada correlograma possuía pelo menos um valor significativo de acordo com a correção de Bonferroni para comparações múltiplas (Legendre & Legendre 2000).

A análise de correlogramas é predominantemente visual, sendo importante a comparação com mapas para uma melhor interpretação (Legendre & Legendre 2000). Assim, analisamos os correlogramas significativos através da interpretação visual da forma dos gráficos, observando quantas e quais escalas de agregação e/ou segregação ocorreram em cada parcela, e confrontamos os padrões obtidos com diagramas de superfície do número de plantas por subparcela em cada parcela.

Para verificar se há associação espacial entre o número de plantas pequenas e grandes de *Qualea grandiflora* por subparcela, utilizamos o teste de Mantel parcial (Legendre & Fortin 1989). Esse teste calcula a correlação entre duas matrizes de distância entre dados levando em consideração o efeito da distância geográfica entre unidades amostrais. Neste estudo, as matrizes de dados correspondem às distâncias euclidianas do número de plantas de *Q. grandiflora* entre pares de subparcelas. Fizemos o teste de Mantel parcial entre as matrizes de plantas pequenas e grandes em cada parcela. A significância das correlações calculadas foi testada através de aleatorização (1000 repetições). Nesse procedimento, as posições de cada objeto nas matrizes de dados são reatribuídas ao acaso e, em seguida, é calculada

a estatística de Mantel. A repetição desse procedimento permite obter uma distribuição aleatória da correlação de Mantel entre matrizes. Com base nessa distribuição testamos a significância das correlações sob a hipótese nula de correlação zero entre matrizes ( $p < 0,05$  - Legendere & Fortin 1989; Dale *et al.* 2002).

Utilizamos o programa Passage 1.1 (Rosenberg 2001) para as análises de correlogramas e teste de Mantel parcial e o ambiente R, versão 2.10.0 (R Development Core Team, 2009) para elaboração dos diagramas de superfície do número de plantas por subparcela.

## Resultados

Considerando as seis parcelas, as abundâncias das populações de *Qualea grandiflora* tiveram uma ampla variação, indo de 18 a 319 plantas  $0,5 \text{ ha}^{-1}$ , com predomínio de indivíduos maiores em todos os casos (Tab. 2). Não houve uniformidade de abundâncias dentro do fragmento Valério, a densidade de plantas em V3 foi muito mais semelhante à ES do que às outras duas áreas do mesmo fragmento, V1 e V2 (Tab. 2).

Para as plantas grandes e pequenas em BR e para as pequenas em V3 e ES, não realizamos a análise de correlogramas devido ao número pequeno de plantas nesses locais (Tab. 2). Nas parcelas onde foi possível a análise para indivíduos pequenos não houve estruturação espacial já que os correlogramas não foram significativos em V1 ( $p_{\text{Bonferroni}} = 0,21$ ), V2 ( $p_{\text{Bonferroni}} = 0,48$ ) e PR ( $p_{\text{Bonferroni}} = 0,37$ ), indicando que nessas parcelas a distribuição espacial do número de plantas pequenas por subparcela é aleatória.

Em todas as parcelas onde fizemos análises de correlogramas encontramos estruturação espacial significativa do número de plantas grandes de *Qualea grandiflora* por subparcela ( $p_{\text{Bonferroni}} < 0,05$ ). A análise visual dos correlogramas sugere três padrões gerais: um pico de agregação em escalas pequenas, de cinco até 20 ou 25 m, seguido de segregação em distâncias intermediárias e aleatoriedade ou segregação em distâncias maiores (padrão A - V2, V3, ES, Fig. 1); os outros padrões envolvem dois picos de agregação com segregação nas classes de distância intermediárias, o padrão B tem o primeiro pico com escalas de agregação indo de cinco até 25 m (V1, Fig. 1) e o segundo com escalas de 85 a 95 m, enquanto o padrão C tem escalas de cinco até 10 m no primeiro pico de agregação e de 70 a 75 m no segundo pico (padrão C - PR, Fig. 1).

Confrontando os padrões encontrados nos correlogramas com os mapas do número de plantas grandes de *Qualea grandiflora* por subparcela em cada parcela (diagramas de superfície, Fig. 2), é possível interpretar os padrões encontrados. O padrão A corresponde à presença de uma única região com maior número de plantas grandes por subparcela circundada por vazios no resto da parcela (ES e V3) ou áreas onde esse número é consideravelmente menor (V2). O padrão B (V1) é semelhante ao anterior pela presença de

Tabela 2. Abundância (plantas  $0,5 \text{ ha}^{-1}$ ) de *Qualea grandiflora* Mart. em duas classes de altura por parcela estudada no município de Itirapina, São Paulo. BR - Broa, ES - Estrela, PR - Presídio, V1, 2, 3 - Valério 1, 2 e 3.

Parcela	Altura $\leq 1,5 \text{ m}$	Altura $> 1,5 \text{ m}$	total
BR	2	16	18
ES	10	36	46
PR	73	246	319
V1	31	230	261
V2	41	122	163
V3	19	32	51

uma região de agregação em escalas semelhantes ao padrão anterior, porém difere pelo fato de ter áreas periféricas onde o número de plantas por subparcela também é elevado, aparecendo no correlograma como uma segunda escala de agregação. O padrão C parece ser o mais diferente dos três, sendo caracterizado pela presença de mais de duas regiões com números elevados de plantas por subparcela, sendo essas regiões interespaçadas por áreas onde o número de plantas é mais baixo (PR).

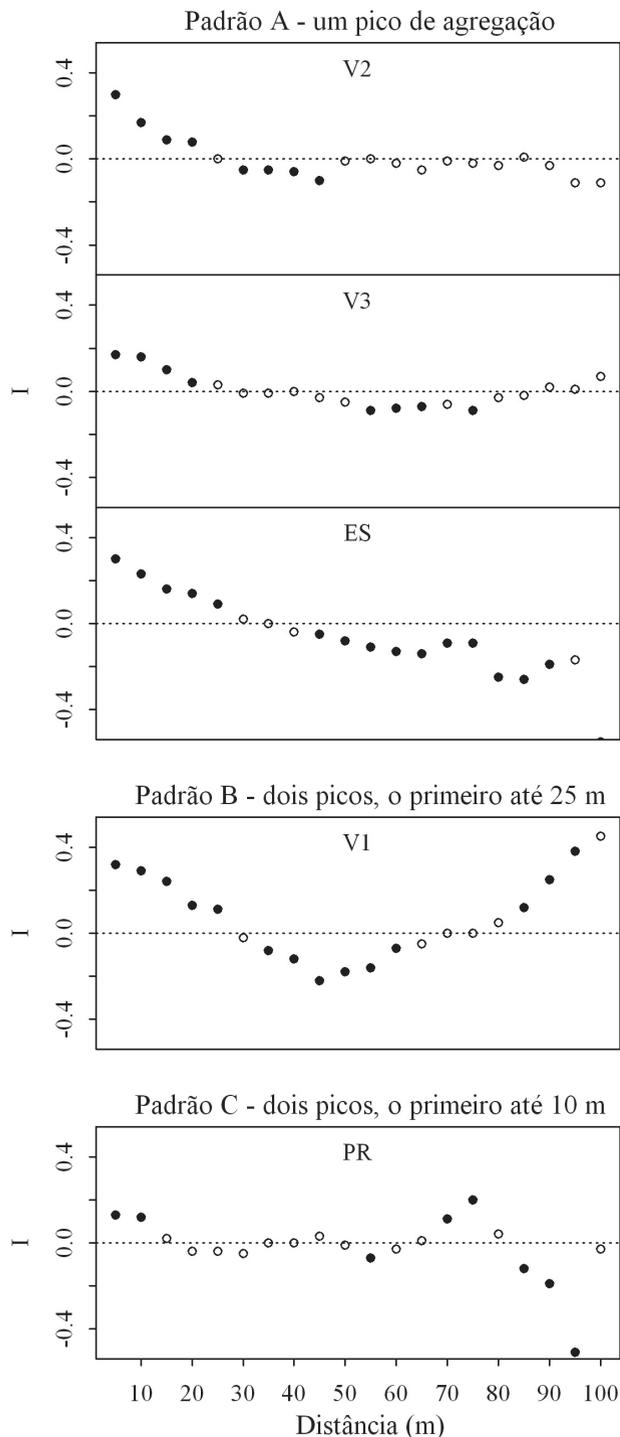
Não houve correlação entre plantas pequenas e grandes de *Qualea grandiflora* em V1 (correlação = 0,003,  $p = 0,947$ , teste de Mantel Parcial). Por outro lado, em V2 (correlação = 0,18,  $p = 0,021$ , teste de Mantel Parcial) e PR (correlação = 0,34,  $p = 0,001$ , teste de Mantel Parcial) as plantas pequenas e grandes tenderam a ocorrer nas mesmas localidades (Fig. 2).

## Discussão

Diferente da expectativa inicial desse estudo, os padrões espaciais e a abundância de *Qualea grandiflora* foram variáveis, mesmo em locais diferentes de um fragmento com a mesma fisionomia de cerrado. Esses resultados indicam que as características gerais de fisionomias de cerrado (ver Tab. 1) não causam os mesmos padrões espaciais em populações de *Q. grandiflora*. Desse modo, não são possíveis generalizações com base em fisionomias, sendo necessário entender mais detalhadamente as peculiaridades de cada situação para se compreender, do ponto de vista da dinâmica, o que condiciona os padrões espaciais de *Q. grandiflora*.

A diminuição de agregação ou mudança para padrões regulares ou aleatórios com o aumento da classe de tamanho ou estágio é um padrão comumente encontrado e interpretado como resultado da atuação de mortalidade dependente de densidade em espécies lenhosas de vários tipos de vegetação (Sternner 1986; Henriques & Souza 1989; Dovciak *et al.* 2001; Gratzner & Rai 2004), inclusive em savanas (San José *et al.* 1991; Skarpe 1991; Barot *et al.* 1999) e cerrados (Oliveira *et al.* 1989; Souza & Silva 2006).

Ao contrário desses estudos, encontramos um padrão inverso, com passagem de padrões aleatórios a agregados com o tamanho em V1, V2 e PR, o que indica que



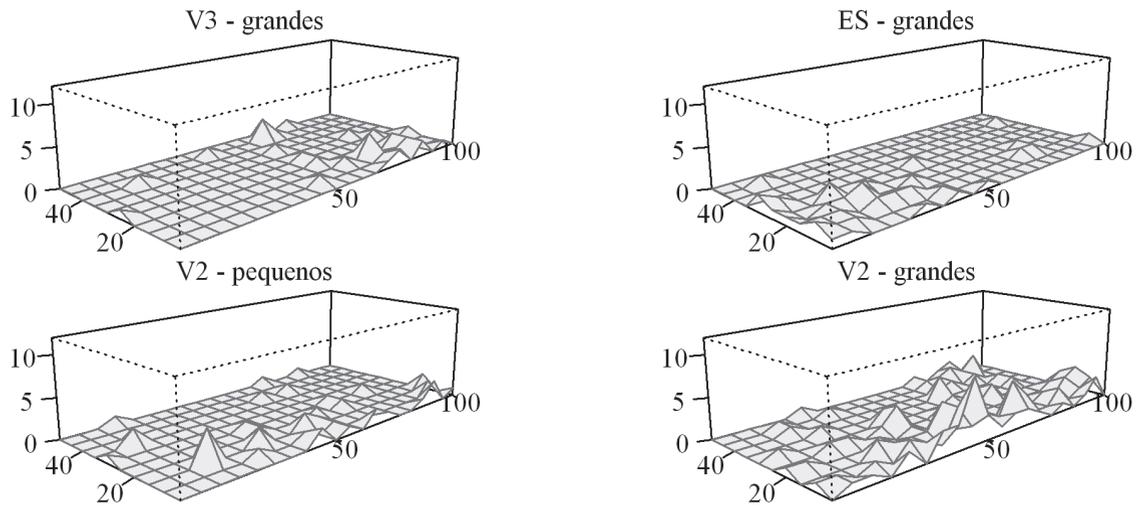
**Figura 1.** Correlogramas do número de plantas por subparcela de *Qualea grandiflora* Mart. com altura > 1,5 m em fragmentos de cerrado, Itirapina, São Paulo. Os gráficos estão agrupados conforme três tipos de padrões espaciais encontrados (A, B, C). Símbolos cheios indicam significância de 5% do valor de I (índice de autocorrelação espacial de Moran) para uma determinada classe de distância, a linha horizontal indica  $I = 0$ . V1, V2, V3 – parcelas em três locais do fragmento Valério; PR – fragmento Presídio; ES – fragmento Estrela.

a mortalidade dependente de densidade pode não ser importante na dinâmica de *Qualea grandiflora*. Diante disso, cenários mais complexos podem ser propostos. É possível que uma interação entre fatores relacionados à dispersão e pouca especificidade de *Q. grandiflora* quanto às condições adequadas à germinação e crescimento inicial (Felippe 1990; Paulilo & Felippe 1995) proporcionem a aleatoriedade de indivíduos pequenos que só sobrevivem até a maturidade em locais específicos. Na ausência de padrões consistentes com mortalidade dependente de densidade, o resultado de associação positiva entre indivíduos das classes grandes e pequenas é coerente e um possível indicador da existência de relações positivas, como facilitação entre estádios de *Q. grandiflora*.

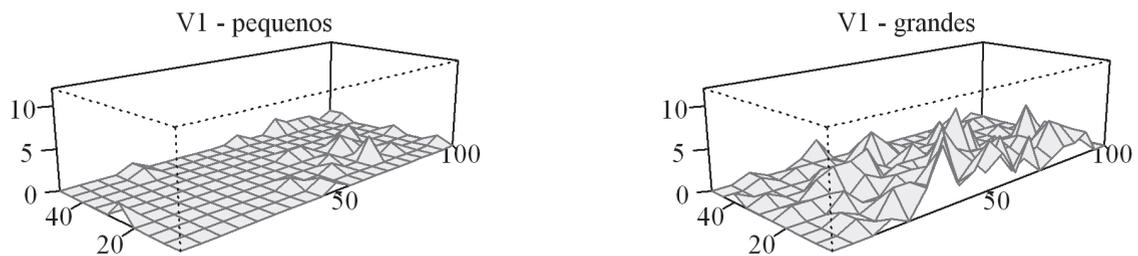
A comparação dos resultados para plantas grandes, entre áreas, pode ser útil para compreender que tipo de fator pode proporcionar a estruturação espacial de lugares adequados ao recrutamento para fases maduras. A principal distinção entre os padrões espaciais encontrados é o tamanho dos agregados. Os padrões A e B (ver Resultados) são bem semelhantes, pois representam um único agregado grande, já o padrão C, mais distinto, representa uma situação onde ocorrem vários agregados pequenos. Durante os trabalhos de campo observamos que dentre todas as áreas, PR, onde encontramos o padrão C, é a única utilizada como pastagem para gado bovino, ou pelo menos é aquela onde a atividade é mais intensa. Isso sugere uma possível relação entre herbívoros e mudanças no padrão espacial de *Qualea grandiflora*. A diminuição do tamanho dos agregados pode ter relação com uma acentuação, mediada por herbívoros, da queda da sobrevivência de indivíduos menores e/ou do recrutamento para estádios maduros com a distância a partir de indivíduos adultos estabelecidos. Para as demais áreas, a semelhança de padrões espaciais de plantas grandes, mesmo em fisionomias diferentes, e entre áreas protegidas (V1, V2 e V3) e sujeitas a eventos de fogo (ES), sugere pouca influência desses fatores na estruturação de locais de recrutamento para estádios maduros. A influência de herbívoros e do fogo são fatores que reconhecidamente têm influência sobre o padrão espacial de espécies de savanas (Skarpe 1991). No entanto, para *Q. grandiflora* parece que os herbívoros têm maior influência sobre os padrões espaciais. Essas idéias precisam ser testadas em condições mais controladas já que não temos informação sobre os padrões espaciais pretéritos de *Q. grandiflora* na área PR e o padrão resultante da atividade de herbívoros depende desses padrões anteriores (Adler *et al.* 2001).

Por fim, devemos fazer uma consideração sobre a concordância do fenômeno em estudo e a amostragem. A descrição de padrões espaciais tem três componentes importantes: a extensão da área onde se quer descrever o padrão, o intervalo de espaço entre unidades amostrais e o tamanho dessas unidades (“extent, lag, grain”, Legendre & Legendre 2000). A extensão das parcelas aqui estudadas

Padrão A - um pico de agregação de plantas grandes



Padrão B - dois picos de agregação de plantas grandes, o primeiro até 25 m



Padrão C - dois picos de agregação de plantas grandes, o primeiro até 10 m

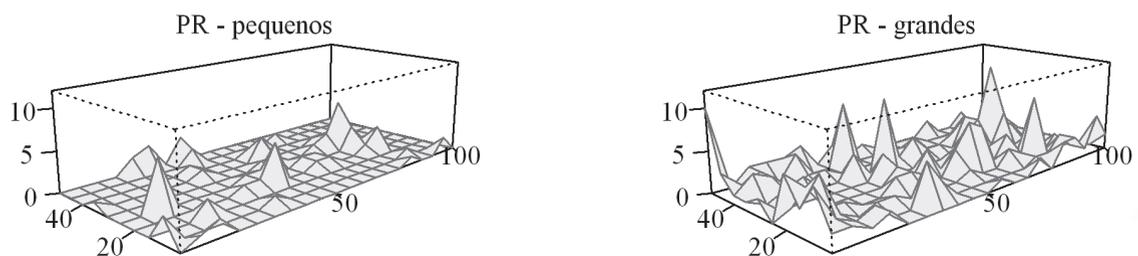


Figura 2. Diagramas de superfície do número de plantas de *Qualea grandiflora* Mart. por subparcela de 5 x 5 m (eixo vertical) em parcelas de 100 x 50 m localizadas em fragmentos de cerrado, Itirapina, São Paulo. Os digramas de superfície estão agrupados conforme três tipos de padrões espaciais de plantas grandes encontrados. Para as áreas Valério 3 e Estrela são mostrados apenas os diagramas da única classe de tamanho em que foi possível a análise espacial, para as demais são mostrados aqueles correspondentes às duas classes utilizadas.

foi suficiente para incluir, na maioria dos casos, apenas um agregado de indivíduos grandes na área das parcelas. Para os objetivos desse estudo isso foi satisfatório, pois permitiu comparar o tipo e a concordância dos padrões espaciais de classes de tamanho entre fragmentos de cerrado descritos na extensão das parcelas utilizadas. No entanto, se há interesse em incluir vários agregados em estudos de padrão espacial de espécies lenhosas do cerrado é possível que tamanhos maiores sejam necessários. De fato, as distâncias entre agregados de árvores de espécies de cerrado podem chegar a 350 m (Hay *et al.* 2000). Neste estudo, encontramos uma densidade de um agregado de plantas grandes por 0,5 ha e nenhuma agregação de plantas pequenas nas classes de distância estudadas. Esses resultados indicam que tamanhos de parcelas maiores são necessários para se fazer comparações válidas entre agregados de classes de tamanho de espécies arbóreas do cerrado. Nossos dados sugerem que extensões de pelo menos 1,5 ha seriam recomendáveis para plantas maiores, enquanto extensões ainda maiores sejam necessárias para plantas menores.

Com base nos resultados podemos concluir que a despeito de pouca especificidade por alguns recursos nas fases iniciais do ciclo de vida (Felippe 1990; Paulilo & Felippe 1995), os padrões espaciais de *Qualea grandiflora* variam dentro e entre fragmentos de cerrado, porém, de maneira pouco consistente com diferenças fisionômicas. A mortalidade dependente de densidade não parece ser importante na dinâmica de *Q. grandiflora* e a estrutura espacial dos locais adequados ao recrutamento para estádios maduros parece ser o principal determinante das diferenças de padrão espacial entre os locais estudados. Quais fatores determinam que locais são mais adequados para o recrutamento até a maturidade permanece como questão a ser abordada em estudos futuros.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelas bolsas de mestrado concedida a R. C. Costa (CNPq, processo 130361/2005-4) e de produtividade em pesquisa concedida a F. A. M. Santos (CNPq, processo 304937/2007-0), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado concedida a R.C. Costa, à Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Estadual de Campinas (FAPEX, solicitação345/05) pelo auxílio pesquisa concedido, ao Instituto Florestal do Estado de São Paulo pela autorização e apoio logístico na coleta de dados no fragmento Valério (autorização 44.236/2004), ao Instituto Arruda Botelho pela permissão de coleta de dados nos fragmentos Broa e Estrela e à direção do Presídio João Batista de Arruda Sampaio pela permissão da coleta de dados no fragmento Presídio.

## Referências bibliográficas

- Adler, P.B.; Raff, D.A. & Lauenroth, W.K. 2001. The effect of grazing on the spatial heterogeneity of vegetation. *Oecologia* **128**: 465-479
- Barot, S. & Gignoux, J. 2003. Neighbourhood analysis in the savanna palm *Borassus aethiopicum*: interplay of intraspecific competition and soil patchiness. *Journal of Vegetation Science* **14**: 79-88.
- Barot, S.; Gignoux, J. & Menaut, J. 1999. Demography of a savanna palm tree: predictions from comprehensive spatial pattern analyses. *Ecology* **80**: 1987-2005.
- Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura-CEPAGRI/UNICAMP, 2006. *Clima dos Municípios Paulistas (série histórica de 1961-1990)*. <http://orion.cpa.unicamp.br/portal/modules.php?name=climas&file=municípios>. (Acesso em 26/07/2006).
- Costa, A.A. & Araújo, G.M. 2001. Comparação da vegetação arbórea de cerrado e de cerrado na Reserva do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. *Acta Botanica Brasílica* **15**: 63-72.
- Dale, M.R.; Dixon, P.; Fortin, M.; Legendre, P.; Myers, D.E. & Rosenberg, M.S. 2002. Conceptual and mathematical relationships among methods for spatial analysis. *Ecography* **25**: 558-577.
- Dale, M.R.T. 1999. *Spatial Pattern Analysis in Plant Ecology*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Dovciak, M.; Frelich, L.E. & Reich, P.B. 2001. Discordance in spatial patterns of white pine (*Pinus strobus*) size-classes in a patchy near-boreal forest. *Journal of Ecology* **89**: 280-291.
- Felfili, J.M. & Silva Jr, M. 1993. A comparative study of cerrado (sensu stricto) vegetation in Central Brazil. *Journal of Tropical Ecology* **9**: 277-289.
- Felippe, G.M. 1990. *Qualea grandiflora*: the seed and its germination. *Revista Brasileira de Botânica* **13**: 33-37.
- Franklin, J., & Rey, S.J. 2007. Spatial patterns of tropical forest trees in Western Polynesia suggest recruitment limitations during secondary succession. *Journal of Tropical Ecology* **23**: 1-12.
- Getzin, S.; Wiegand, T.; Wiegand, K. & He, F. 2008. Heterogeneity influences spatial patterns and demographics in forest stands. *Journal of Ecology* **96**: 807-820.
- Gratzer, G., & Rai, P.B. 2004. Density-dependent mortality versus spatial segregation in early life stages of *Abies densa* and *Rhododendron hodgsonii* in Central Bhutan. *Forest Ecology and Management* **192**: 143-159.
- Harper, J.L. 1977. *Population Biology of Plants*. London, Academic Press.
- Hay, J.D.; Bizerril, M.X.; Calouro, A.M.; Costa, E.M.; Ferreira, A.A.; Gastal, M.L.; Goes Junior, C.D.; Manzan, D.J.; Martins, C.R.; Monteiro, J.M.; Oliveira, S.A.; Rodrigues, M.C.; Seyffarth, J.A. & Walter, B.M. 2000. Comparação do padrão da distribuição espacial em escalas diferentes de espécies nativas do cerrado, em Brasília, DF padrão de distribuição espacial dos indivíduos em. *Revista Brasileira de Botânica* **23**: 341-347.
- Henriques, R.P.B. & Souza, E.C.E.G. 1989. Population structure, dispersion and microhabitat regeneration of *Carapa guianensis* in northeastern Brazil. *Biotropica* **21**(3): 204-209.
- Hutchings, M.J. 1997. The structure of plant populations. Pp. 325-358. In: Crawley, M.J. (Ed.). *Plant Ecology*. Oxford, Blackwell Science.
- Jeltsch, F.; Milton, S.J.; Dean, W.R.J. & Vanrooyen, N. 1996. Tree spacing and coexistence in semiarid savannas. *Journal of Ecology* **84**: 583-595.
- Jeltsch, F.; Weber, G.W. & Grimm, V. 2000. Ecological buffering mechanisms in savannas: a unifying theory of long-term tree-grass coexistence. *Plant Ecology* **161**: 161-171.
- José, J.J.; Fariñas, M.R. & Rosales, J. 1991. Spatia patterns and structuring factors in a *Trachypogon* savanna of the Orinoco Llanos. *Biotropica* **23**(2): 114-123.
- Kennedy, A., & Potgieter, A. 2003. Fire season affects size and architecture of *Colophospermum mopane* in southern African savannas. *Plant Ecology* **167**: 179-192.
- Legendre, P. & Fortin, M.J. 1989. Spatial pattern and ecological analysis. *Vegetatio* **80**: 107-138.
- Legendre, P. & Legendre, L. 2000. *Numerical Ecology*. Amsterdam, Elsevier.
- Lima-Ribeiro, M.D. 2007. Distribuição espacial de espécies arbóreas em fragmentos de cerrado sentido restrito no planalto central brasileiro-GO. *Biociências* **15**: 160-165.

- Lima, E.S.; Felfili, J.M.; Marimon, B.S. & Scariot, A. 2003. Diversidade, estrutura e distribuição espacial de palmeiras em um cerrado sensu stricto no Brasil Central - DF. **Revista Brasileira de Botânica** **26**: 361-370.
- Lingua, E.; Cherubini, P.; Motta, R. & Nola, P. 2008. Spatial structure along an altitudinal gradient in the Italian central Alps suggests competition and facilitation among coniferous species. **Journal of Vegetation Science** **19**: 425-436.
- Meirelles, M.L. & Luiz, A.J.B. 1995. Padrões espaciais de árvores de um cerrado em Brasília, DF. **Revista Brasileira de Botânica** **18**: 185-189.
- Miranda-Melo, A.D.; Martins, F.R. & Santos, F.A.M. 2007. Estrutura populacional de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. e de *Roupala montana* Aubl. em fragmentos de cerrado no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica** **30**: 501-507.
- Moreira, A.G. 2000. Effects of fire protection on savanna structure in Central Brazil. **Journal of Biogeography** **27**: 1021-1029.
- Oliveira-Filho, A.T. & Ratter, J.A. 2002. Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado biome. Pp. 91-120. In: Oliveira, P.S. & Marquis, R. (Eds.). **The Cerrados of Brazil – Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna**. New York, Columbia University Press.
- Oliveira, J.A.; Daniel, O. & Vieira, M.D. 2007. Spatial distribution pattern and inter-specific association of eight medicinal species in the Brazilian savanna. **Cerne** **13**: 111-116.
- Oliveira, P.E.A.M.; Ribeiro, J.F. & Gonzales, M.I. 1989. Estrutura e distribuição espacial de uma população de *Kielmeyera coriacea* Mart. de cerrados de Brasília. **Revista Brasileira de Botânica** **12**: 39-47.
- Paulilo, M.T.S. & Felipe, G.M. 1995. Respostas de plântulas de *Qualea grandiflora* Mart. uma espécie arbórea do cerrado, à adição de nutrientes minerais. **Revista Brasileira de Botânica** **18**: 109-112.
- R Development Core Team 2009. **A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria {<http://www.R-project.org>}.
- Ratter, J.A.; Bridgewater, S.; & Ribeiro, J.F. 2003. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal of Botany** **60**(01): 57-109.
- Ribeiro, J.F. & Walter, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do bioma cerrado. Pp.89-166. In: Sano, S.M. & Almeida, S.P. (Eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, EMBRAPA-CPAC.
- Rizzini, C.T. & Heringer, E.P. 1962. Studies on the underground organs of trees and shrubs from some southern Brazilian savannas. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** **34**: 235-47.
- Rosenberg, M.S. 2001. **PASSAGE. Pattern analysis, spatial statistics, and geographic exegesis**. Version 1.1. Arizona, State University.
- San José, J.J.; Fariñas, M.R. & Rosales, J. 1991. Spatial patterns of trees and structuring factors in a *Trackypogon* savanna of the Orinoco Llanos. **Biotropica** **23**(2): 114-123.
- Silvertown, W.J. & Doust, J.L. 1993. **Introduction to plant population biology**. Oxford, Blackwell Science.
- Skarpe, C. 1991. Spatial patterns and dynamics of woody vegetation in an arid savanna. **Journal of Vegetation Science** **2**: 565-572.
- Souza, J.P. & Coimbra, F.G. 2005. Estrutura populacional e distribuição de *Qualea parviflora* Mart. em um cerrado sensu stricto. **Bioscience Journal** **21**: 65-70.
- Souza, V.L. & Silva, O.A. 2006. Estrutura e distribuição espacial de uma população de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville em cerrado da reserva biológica e estação experimental de Mogi Guaçu, Estado de São Paulo, Brasil. **Holos** **6**: 55-69.
- Sterner, R.W.; Ribic, C.A. & Schatz, G.E. 1986. Testing for life historical changes in spatial patterns of four tropical tree species. **Journal of Ecology** **74**: 621-633.