



**Universidade Federal de Uberlândia  
Instituto de Biologia  
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e  
Conservação de Recursos Naturais**



**ÁRVORES ISOLADAS FACILITAM A REGENERAÇÃO NATURAL  
EM PASTAGEM ABANDONADA EM CONDIÇÕES DE FLORESTA  
ESTACIONAL DECIDUAL?**

**HELEN CARLA BELAN**

**2015**

**HELEN CARLA BELAN**

**ÁRVORES ISOLADAS FACILITAM A REGENERAÇÃO NATURAL  
EM PASTAGEM ABANDONADA EM CONDIÇÕES DE FLORESTA  
ESTACIONAL DECIDUAL?**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

Orientador  
Prof. Dr. André R. Terra Nascimento

**Uberlândia  
Fevereiro 2015**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

B426c  
2015      Belan, Helen Carla, 1991-  
                Árvores isoladas facilitam a regeneração natural em pastagem  
                abandonada em condições de floresta estacional decidual? / Helen Carla  
                Belan. - 2015.  
                79 f.

Orientador: André R. Terra. Nascimento.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,  
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos  
Naturais.  
Inclui bibliografia.

1. Ecologia - Teses. 2. Recuperação ecológica - Teses. 3. Florestas -  
Reprodução - Teses. 4. Árvores sombreadoras – Teses. 5. Plantas  
lenhosas - Teses. I. Nascimento, André R. Terra. II. Universidade  
Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e  
Conservação de Recursos Naturais. III. Título.

**HELEN CARLA BELAN**

**ÁRVORES ISOLADAS FACILITAM A REGENERAÇÃO NATURAL  
EM PASTAGEM ABANDONADA EM CONDIÇÕES DE FLORESTA  
ESTACIONAL DECIDUAL?**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

APROVADA em 26 de fevereiro de 2015

---

Profª Drª Ana Paula de Oliveira - Universidade Federal de Viçosa

---

Dr. Ernestino de Souza Gomes Guarino – EMBRAPA (CPACT)

---

Prof Dr André R. Terra Nascimento  
Universidade Federal de Uberlândia (orientador)

**Uberlândia  
Fevereiro 2015**

Aos meus pais, Gilmar e Alzira, e aos  
meus irmãos, Henri e Helder.

“The next century will, I believe, be the era of restoration  
in ecology” - E.O. Wilson (1992)

## **Agradeço...**

... A Deus, por estar sempre presente em minha vida, guiar meus passos e me mostrar que nada é impossível.

... Aos meus pais, que sempre me incentivaram a crescer e buscar os meus sonhos, por mais difícil que eles parecessem. Obrigada pelo apoio e amor incondicionais em mais essa fase da minha vida.

... Aos meus irmãos, por serem meus exemplos de vida e meu incentivo para seguir sempre adiante.

... Ao meu orientador, professor André, por ter aceitado me orientar sem ao menos me conhecer, e pelos dois anos de apoio, compreensão e orientação.

... À minha grande amiga Marcela, que nesses dois anos se tornou uma irmã, uma companheira exemplar, sem a qual esse mestrado não teria acontecido da mesma forma, seja pela imensa ajuda no campo e nos trabalhos acadêmicos, seja pelas lições de vida, pela troca de experiências, pelas risadas e pela cumplicidade.

... À minha querida amiga Ana, pelos sábios conselhos recebidos nesses dois anos, por todos nossos momentos de descontração e por sempre me manter próxima a Deus.

... Ao meu querido amigo Naim, por compartilhar comigo todas as emoções dessa reta final, sempre me incentivando e me acalmando, pela ajuda no campo, por me socorrer nos momentos que precisei e pelas danças que me fizeram muito bem.

... Aos meus colegas de sala, principalmente Priscilla e Stella, que me acolheram em Uberlândia e compartilharam dos mesmos sentimentos ao longo desses dois anos. Amizades que levarei para toda a vida.

... Aos funcionários do Parque Estadual do Pau Furado, principalmente à Mariane, ao Ronaldo, à Juliana e à Eliete, pelo apoio nas coletas de campo. Muito obrigada, a ajuda de vocês foi de extrema importância para que esse projeto se tornasse possível.

... Aos colegas de laboratório, Lucas, Lorena, Danúbia, Carol e Stella, pela convivência desses dois anos, pelos momentos de descontração e pelas experiências compartilhadas.

... Aos professores do Programa de Pós-Graduação, os conhecimentos adquiridos durante as aulas foram fundamentais para o desenvolvimento desse projeto.

... À secretaria do Programa de Pós-Graduação, Maria Angélica, por se mostrar prestativa desde o momento da minha inscrição, até o momento de minha defesa.

... À minha amiga Aida, que me guiou num longo caminho de autoconhecimento e me manteve forte nos momentos difíceis.

... Aos professores Glein M. Araújo (UFU), Marcos Sobral (UFSJ) e Allisson Rodrigues de Rezende, pela ajuda nas identificações do material botânico.

... Aos membros da banca, por terem aceitado o convite, e, desde já, pelas contribuições que serão feitas a esse trabalho.

... A CAPES, pelo apoio financeiro que tornou esse projeto viável.

... A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para que esse trabalho fosse concluído.

## **ÍNDICE GERAL**

<b>Resumo geral.....</b>	<b>12</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>13</b>
<b>Introdução geral.....</b>	<b>14</b>
<b>Referências.....</b>	<b>18</b>
<b>Capítulo 1.....</b>	<b>22</b>
Resumo.....	23
Abstract.....	24
1. Introdução.....	25
2. Material e Métodos.....	27
2.1. Área de estudo.....	27
2.2. Escolha e caracterização das árvores isoladas.....	29
2.3. Levantamento de dados.....	30
2.4. Análise de dados.....	32
3. Resultados.....	33
3.1. Árvores isoladas.....	33
3.2. Regeneração natural.....	35
4. Discussão.....	40
5. Conclusões.....	43
6. Referências.....	44
<b>Capítulo 2.....</b>	<b>50</b>
Resumo.....	51
Abstract.....	52
1. Introdução.....	53
2. Material e Métodos.....	56
2.1. Área de estudo.....	56
2.2. Escolha das árvores isoladas e levantamento da regeneração natural.....	56
2.3. Levantamento das condições ambientais.....	56
2.4. Análise de dados.....	59
3. Resultados.....	61
3.1. Densidade de indivíduos e riqueza de espécies.....	61
3.2. Cobertura do solo.....	61
3.3. Temperatura e umidade relativa do ar.....	62
3.4. Análise de Correspondência Canônica (ACC).....	65
4. Discussão.....	68
5. Conclusões.....	71
6. Referências.....	73
<b>Considerações finais.....</b>	<b>78</b>

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

### **Capítulo 1**

Figura 1.1 - Localização do Parque Estadual do Pau Furado, entre os municípios de Uberlândia e Araguari, MG. O polígono destacado em vermelho indica a área selecionada (a). Pastagem abandonada selecionada (b).....	28
Figura 1.2 – Polígono da área estudada (triângulos brancos e linhas brancas e amarelas) e distribuição das árvores selecionadas (círculos brancos). Pontos “F” indicam a borda do fragmento e pontos “A” indicam a localização das árvores.....	30
Figura 1.3 – Exemplos de duas árvores selecionadas para o estudo, ambas da espécie <i>Pseudobombax tomentosum</i> (Mart. & Zucc.): Árvore 1 (a) e Árvore 18 (b). Esquema do posicionamento das parcelas dentro e fora da área de copa das árvores isoladas na pastagem abandonada (c).....	31
Figura 1.4 – Número (%) de espécies lenhosas (51 no total) e famílias botânicas encontradas em uma pastagem abandonada no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG.....	35
Figura 1.5 – Densidade média de indivíduos (a) e riqueza de espécies (b) em cada parcela (média ± desvio padrão) nos dois ambientes estudados (dentro e fora da copa) em uma pastagem abandonada no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG.....	36
Figura 1.6 – Síndromes de dispersão das espécies lenhosas amostradas nas parcelas dentro e fora da copa de árvores isoladas em uma pastagem abandonada, Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG.....	37

### **Capítulo 2**

Figura 2.1 – Vista da área de estudo durante a estação seca (a, b) e durante a estação chuvosa (c, d). As fotos “b” e “d” foram tiradas do mesmo ponto. Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG, Brasil.....	57
Figura 2.2 – Metodologias utilizadas para medir cobertura de solo. Metodologia do quadrado de 0,25m <sup>2</sup> , constando de um quadro de ferro com as medidas de 0,5m x 0,5m, subdividido em 25 quadrados de 0,1m x 0,1m (a e b). Método de intercepto, constando de uma linha reta de 1m de comprimento (c e d).....	58
Figura 2.3 - Esquema do posicionamento das duas metodologias utilizadas para medir cobertura do solo nas parcelas (2m x 2m) dentro e fora da área de copa das árvores isoladas em pastagem abandonada.....	58

Figura 2.4 – Porcentagem de cobertura do solo (média e desvio-padrão) nos dois ambientes avaliados (sob e fora da copa de árvores isoladas) nas duas estações do ano: estação seca (a) e estação chuvosa (b). Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG, Brasil.....	62
Figura 2.5 – Curso diário dos valores médios (média e erro-padrão) de Temperatura (a) e Umidade Relativa do Ar (b), durante a estação seca, sob e fora da copa de árvores isoladas em uma pastagem abandonada no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG, Brasil.....	63
Figura 2.6 – Curso diário dos valores médios (média e erro-padrão) de Temperatura (a) e Umidade Relativa do Ar (b), durante a estação chuvosa, sob e fora da copa de árvores isoladas em uma pastagem abandonada no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG, Brasil.....	64
Figura 2.7 – Análise de Correspondência Canônica (ACC) para vinte árvores isoladas em pastagem abandonada no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG, Brasil. Dados da estação seca de agosto de 2014.....	66
Figura 2.8 – Análise de Correspondência Canônica (ACC) para vinte árvores isoladas em pastagem abandonada no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG, Brasil. Dados da estação chuvosa de janeiro de 2015.....	67

# ÍNDICE DE TABELAS

## Capítulo 1

Tabela 1.1 - Descrição das vinte árvores isoladas selecionadas na área de estudo no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG. DAP: Diâmetro à altura do peito. Dist. Frag.: Distância da árvore ao fragmento florestal mais próximo. PIM: Ponto de inversão morfológica. \*Diâmetro médio para as árvores que apresentam a primeira bifurcação a menos de 1,30m de altura.....34

Tabela 1.2 – Regeneração natural do componente lenhoso encontrado em uma pastagem abandonada no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG. SD: Síndrome de dispersão. Parcela: indica em qual grupo de parcelas a espécie foi encontrada. ANE: anemocórica. AUTO: autocórica. ZOO: zoocórica. C: parcelas sob a copa. F: parcelas fora da copa.....37

Tabela 1.3 – Parâmetros estruturais da regeneração natural do componente lenhoso em pastagem abandonada no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG. COPA: valores encontrados nas parcelas sob a copa das árvores. FORA: valores encontrados nas parcelas fora da copa das árvores. DR: Densidade relativa, FR: Frequência relativa e RNT: Índice de regeneração natural. Obs.: As espécies estão organizadas em ordem decrescente dos valores de RNT encontrados nas parcelas sob a copa (COPA).....39

## Capítulo 2

Tabela 2.1 – Valores médios de densidade de indivíduos e riqueza de espécie encontrados nas parcelas sob e fora a copa de árvores isoladas em pastagem abandonada no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG.....61

Tabela 2.2 – Valores médios de temperatura e umidade relativa do ar, nas estações seca e chuvosa, para as parcelas sob e fora a copa de árvores isoladas em uma pastagem abandonada no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG.....64

Tabela 2.3 – Correlações canônicas entre a regeneração natural e as variáveis analisadas para a estação seca em uma pastagem abandonada no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG. Os valores em negrito são considerados significativos na análise.....65

Tabela 2.4 – Correlações canônicas entre a regeneração natural e as variáveis analisadas para a estação chuvosa em uma pastagem abandonada no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG. Os valores em negrito são considerados significativos na análise.....65

## RESUMO GERAL

A regeneração natural em áreas degradadas pode se tornar um processo lento, devido às condições adversas e das barreiras impostas pelo ambiente. Nesses locais, as interações positivas podem ser muito importantes para o estabelecimento da comunidade lenhosa. Em pastagens abandonadas, as árvores remanescentes isoladas facilitam a regeneração por amenizar as condições ambientais e reduzir a competição abaixo de sua copa, e atrair animais dispersores que podem incrementar a chuva de sementes no local. Assim, o presente estudo teve como objetivo compreender o papel de árvores isoladas no processo de regeneração e avaliar quais fatores podem estar atuando nesse processo. Para essa finalidade, selecionou-se uma pastagem abandonada (sem uso) em condições de Floresta Estacional Decidual (FED), situada dentro dos limites do Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG. Em uma área de 10 hectares, foram escolhidas vinte árvores isoladas, e em cada uma foram instaladas quatro parcelas de 4m<sup>2</sup>, duas sob a copa e duas fora da copa (área aberta). Todos os indivíduos lenhosos regenerantes encontrados nas parcelas foram medidos e identificados. Algumas características da árvore também foram mensuradas: altura da árvore, área e cobertura da copa e distância do fragmento de FED mais próximo. Os dados ambientais de temperatura e umidade relativa do ar e cobertura do solo foram medidos nos dois ambientes (dentro e fora da copa) em duas estações distintas (seca e chuvosa). A regeneração natural foi representada por 245 indivíduos do componente lenhoso (224 nas parcelas sob a copa e 21 nas parcelas fora), distribuídos em 51 espécies, 42 gêneros e 22 famílias botânicas. As famílias que mais se destacaram foram Fabaceae, Myrtaceae, Rubiaceae, Malvaceae e Bignoniaceae. As parcelas sob a copa das árvores apresentaram maior densidade de indivíduos e riqueza de espécies que as parcelas abaixo da copa. Quanto às síndromes de dispersão, nas parcelas sob a copa houve uma predominância de espécies zoocóricas (46,9%), um indicativo de que as árvores isoladas atraem dispersores que depositam sementes no local. Como efeito direto do sombreamento pela copa, observamos temperaturas mais baixas e valores mais altos de umidade relativa nas parcelas abaixo da copa, nas duas estações do ano. O sombreamento também afetou a cobertura de gramíneas, que foi reduzida abaixo da copa das árvores. Essa redução é importante para o estabelecimento e crescimento das plântulas, pois as gramíneas exóticas limitam a regeneração por serem fortes competidoras. Dentre os fatores ambientais e biofísicos avaliados, usando Análise de Correspondência Canônica (ACC), a altura, área de copa e UR apresentaram relação com a distribuição das espécies lenhosas. A relação espécie/ambiente foi significativa na estação seca ( $p<0,05$ ) pelo teste de Monte Carlo, mesmo explicando somente 23,7% da variação dos dados. Em ambientes estressantes, como pastagens abandonadas, o sucesso da regeneração pode, muitas vezes, depender da existência de árvores isoladas que atuam como facilitadoras amenizando, desta forma, as condições ambientais abaixo da copa das árvores.

**Palavras-chave:** Interações interespecíficas, restauração, condições ambientais.

## ABSTRACT

The natural regeneration in disturbed areas might become a slow process due to harsh conditions and constraints imposed by the environment. The positive interactions in these locations are important for the establishment of woody plant community. In abandoned pastures the isolated remnant trees facilitate regeneration by easing the environmental conditions, reducing competition below their canopies and attracting animal dispersers that might increase the local seed rain. Thus, this study aimed to understand the role of isolated trees in the regeneration process and evaluate which factors might affect this process. For this purpose, we selected an abandoned pasture in Deciduous Seasonal Forest conditions (DSF), located within the borders of Parque Estadual do Pau Furado (Pau Furado State Park), Uberlândia – MG. In a 10 - hectare area we selected twenty isolated trees and set four 4m<sup>2</sup> - plots in each one, two below the canopy and two outside the canopy (open area). All the regenerating woody individuals found in the plots were measured and identified. Some characteristics of the trees were also measured: tree height, canopy coverage and area, and distance from the nearest DSF fragment. The environmental data of temperature and relative humidity were gathered in both environments (below and outside the canopy) in two distinct seasons (dry and rainy). The natural regeneration was represented by 245 woody individuals (224 in the plots below the canopy and 21 in the plots outside the canopy), distributed in 51 species, 42 genera, and 22 botany families. The most important families were Fabaceae, Myrtaceae, Rubiaceae, Malvaceae and Bignoniaceae. The plots below the canopy showed higher density of individuals and species richness when compared to the plots outside the canopy. When it comes to dispersion syndrome, the zoothore species were predominant (46.9%), indicating that isolated trees attract dispersers that deposit the seeds on site. As a direct effect of canopy shading we recorded lower temperature and higher values of relative humidity below the canopy in both seasons. The shading also affected the grass coverage that was reduced below the canopy. This reduction is important for seedlings establishment and growing, since alien grasses set limits to natural regeneration due to competition. From the analyzed environmental and biophysical factors by using Canonical Correspondence Analysis (CCA), the height, the canopy area and RH showed a relation to distribution of woody species. The relation species/environment was significant in the dry season ( $p<0.05$ ), according to Monte Carlo test even though it only explained 23.7 of data variation. In stressful environments, as abandoned pastures, a successful regeneration will probably rely on the existence of isolated trees that act as facilitators easing, thus, the environmental conditions below their canopies.

**Keywords:** Interspecific interactions, restoration, environmental conditions.

## INTRODUÇÃO GERAL

Há tempos, os ecólogos buscam entender as interações entre os organismos e destes com o ambiente. Dentro da ecologia vegetal, as interações negativas, como a competição, sempre despertaram um maior interesse dos pesquisadores. Porém, nas últimas décadas, tem havido uma mudança nesse cenário e as interações positivas vêm ganhando atenção de estudiosos (Brooker *et al.* 2008). Dentre as interações positivas entre plantas, destaca-se a facilitação, que ocorre quando uma planta melhora a sobrevivência, crescimento ou *fitness* de uma planta vizinha (Connel and Slatyer 1977, Callaway 1997). A facilitação pode ocorrer de maneira direta ou indireta. Como efeitos diretos, podemos citar as alterações favoráveis de luz, temperatura, umidade do solo e nutrientes e oxigenação do solo que podem ser geradas pela planta (Soliveres 2011, Zhang and Shao 2013). Como efeitos indiretos, temos a proteção contra herbívoros, atração de polinizadores em comum, mudanças benéficas nas comunidades microbianas e micorrízicas do solo e redução da competição (García-Moya and McKell 1970, Thomson 1978, Chiariello *et al.* 1982, Brooker *et al.* 2008, Xiao and Michalet 2013).

Apesar das interações positivas e negativas causarem efeitos opostos, elas não são excludentes nos ambientes naturais. Uma das teorias que buscam explicar de que maneira essas interações ocorrem é a hipótese do gradiente de estresse (Bertness and Hacker 1994, He *et al.* 2013). Segundo essa corrente, a frequência relativa entre facilitação e competição deve variar inversamente ao longo de um gradiente de estresse, sendo a facilitação mais frequente em ambientes com as condições ambientais mais adversas (Bertness 1991, Pennings and Callaway 1992, Bertness and Hacker 1994). Como essas áreas não proporcionam condições favoráveis para o desenvolvimento de grande número de espécies, as poucas que conseguem se estabelecer geram alterações locais e melhoram as condições ambientais. Essas alterações benéficas, por menor que sejam, podem facilitar o estabelecimento e crescimento de outras plantas mais sensíveis (Padilla and Pugnaire 2006). O contrário ocorre em áreas que exibem condições ótimas para o desenvolvimento de um grande número de plantas, que, ao compartilharem o mesmo local, competem fortemente por água, nutrientes, luz, espaço e polinizadores (Brooker *et al.* 2008). Por essa razão, pesquisas sobre facilitação são geralmente desenvolvidas em locais com condições ambientais críticas, como regiões áridas, semiáridas, árticas ou degradadas (Maestre *et al.* 2001, Gasque and García-Fayos 2004, Blignaut and Milton, 2005).

Os ambientes áridos e árticos são originalmente inóspitos, porém ambientes degradados também apresentam inúmeras barreiras ao estabelecimento da comunidade biótica, como falta de nutrientes no solo, compactação do solo, dispersão de propágulos limitada, predação das sementes e alta herbivoria. Assim, nessas condições, o processo de regeneração natural pode se tornar muito lento e a recomposição da vegetação comprometida (Uhl *et al.* 1988, Nepstad *et al.* 1990, Holl *et al.* 2000). Um exemplo de degradação severa é a conversão de ambientes naturais em pastagens. Essas áreas abertas reduzem a chegada de propágulos, causam a morte de muitas sementes e plântulas por dessecação, destroem o banco de sementes do solo e geram forte competição com gramíneas exóticas invasoras (Durigan *et al.* 1998, Ziller 2001, Cheung *et al.* 2010). Por apresentar condições tão críticas e adversas ao estabelecimento de novos indivíduos, esse tipo de ambiente tem sido alvo de muitos estudos que buscam avaliar a importância da facilitação nesses locais (Vieira *et al.* 1994, Otero-Arnaiz *et al.* 1999, Guevara *et al.* 2005, Arantes *et al.* 2014).

Com esse intuito, pesquisas têm mostrado que as árvores remanescentes isoladas, deixadas no pasto pelos produtores para servir de descanso e sombra para o gado, podem acelerar o processo de regeneração natural em pastagens abandonadas (Guevara *et al.* 1992, Guevara *et al.* 1998, Otero-Arnaiz *et al.* 1999, Castro *et al.* 2002, Reis *et al.* 2003). Essas árvores podem melhorar as condições ambientais ao amenizar a temperatura, reter a umidade e reduzir a luminosidade logo abaixo de sua copa. Indiretamente, elas podem reduzir o crescimento de gramíneas exóticas invasoras e permitir que novos indivíduos arbóreos consigam se estabelecer (Soliveres *et al.* 2011, Jankju 2013). Niering *et al.* (1963), em um estudo pioneiro, denominaram essa influência positiva de plantas adultas sobre plântulas, determinada pela amenização das condições ambientais, de “Nurse Plant Syndrome”. Além dessas alterações logo abaixo de sua copa, as árvores podem funcionar como poleiros e atrair os animais voadores que buscam atravessar a matriz de pastagem, oferecendo-lhes descanso e alimento. Esses animais, ao se abrigarem, depositam sementes de espécies arbóreas zoocóricas e incrementam a chuva de sementes local, que foi prejudicada pela retirada das árvores (Guevara *et al.* 1986, Guevara *et al.* 1998, Laborde *et al.* 2008). Baseadas nesses resultados positivos, pesquisas tem demonstrado que os princípios da facilitação podem ser empregados para aumentar as chances de sucesso dos planos de restauração florestal (Castro *et al.* 2002, Gómez-Aparicio *et al.* 2004, Padilla and Pugnaire 2006, Brooker *et al.* 2008, Gómez-Ruiz *et al.* 2013), e, considerando a alta taxa de conversão de áreas naturais em áreas produtivas,

esses planos têm se tornado, ao menos, tão importantes quanto os planos de conservação de áreas preservadas (Holl *et al.* 2000).

No Brasil, a conversão das Florestas Estacionais Deciduais (FED) tem sido motivada pela alta produtividade e pela presença de muitas espécies madeiráveis de importância econômica, como *Myracrodruron urundeava* Allemão, *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos, *Cedrela fissilis* Vell., dentre outras (Felfili 2003, Nascimento *et al.* 2004). Geograficamente, as FEDs estão distribuídas em áreas disjuntas dos Neotrópicos, e são caracterizadas por apresentarem estações secas e chuvosas bem definidas e perderem mais de 50% da cobertura do dossel na estação seca (Pennington *et al.* 2000). Muitas áreas de FED, são consideradas fitofisionomias florestais, que não se associam a cursos d'água, dentro do bioma Cerrado. Por apresentar uma composição florística distinta, essa formação florestal difere das fitofisionomias savânicas por exibir uma estratificação bem desenvolvida e espécies arbóreas de maior tamanho. Essa diferenciação é consequência do solo mais rico em nutrientes, quando comparado às formações savânicas (Ribeiro and Walter 1998).

Em comparação com as florestas tropicais úmidas, as FEDs apresentam uma menor área basal, menor porte arbóreo, os processos ecológicos, como floração e frutificação, são fortemente sazonais, apresentam uma maior frequência de espécies anemocóricas e também uma menor produtividade líquida, pois a maior produção de biomassa se concentra na estação chuvosa (Pennington *et al.* 2001). Como muitos aspectos da regeneração natural de FED ainda são desconhecidos, alguns planos de restauração se utilizam de conhecimentos aplicados a florestas tropicais úmidas. Esse aproveitamento de informações dificulta o sucesso desses planos, visto que as duas formações vegetais apresentam processos e dinâmicas bem distintas (Vieira and Scariot 2006). Por exemplo, FEDs apresentam um número relativamente alto de espécies arbóreas com sementes pequenas, com baixo teor de água e que são dispersas pelo vento (Gentry 1995, Vieira and Scariot 2006). As sementes pequenas e secas são menos susceptíveis a dessecação e as espécies anemocóricas não tem sua dispersão afetada pela fragmentação do ambiente, podendo chegar a áreas abertas com maior facilidade que espécies zoocóricas (Gillespie 1999). Porém, apesar dessas vantagens, a alta variação de pluviosidade e os frequentes veranicos aumentam a mortalidade de sementes e plântulas (Vieira and Scariot 2006, Vieira *et al.* 2008). Essas particularidades exigem medidas diferenciais nos planos de restauração, mas, para tanto, é necessário conhecer bem o sistema de interesse, as características e os processos envolvidos (Holl and Aide 2011).

Assim, tendo em vista ampliar os conhecimentos sobre o processo de regeneração natural em ambientes degradados, originalmente cobertos por Floresta Estacional Decidual, compreender o papel das árvores remanescentes isoladas e avaliar quais fatores podem estar atuando nesse processo, a presente dissertação foi estruturada em dois capítulos, sendo eles:

**Capítulo 1 – Potencial de regeneração em uma pastagem abandonada em condições de Floresta Estacional Decidual.** Nesse capítulo foi avaliado o processo de regeneração natural em uma pastagem abandonada, considerando dois ambientes distintos: sob e fora da copa de árvores isoladas.

**Capítulo 2 – Árvores isoladas como facilitadoras da regeneração natural: amenização das condições ambientais e efeito positivo para a competição interespecífica.** Esse capítulo comparou os dois ambientes em relação à densidade de indivíduos, riqueza de espécies, cobertura de solo, temperatura e umidade. Assim como, buscou identificar os efeitos diretos e indiretos gerados pela copa das árvores isoladas que podem estar influenciando a regeneração natural do componente lenhoso.

## REFERÊNCIAS<sup>1</sup>

- Arantes, C. S., V. S. Vale, A. P. Oliveira, J. P. Júnior, S. F. Lopes, and I. Schiavini. 2014. Forest species colonizing cerrado open areas: distance and area effects on the nucleation process. *Brazilian Journal of Botany* **37(2)**: 143-150.
- Bertness M. D. 1991. Interspecific interactions among high marsh perennials in a New England salt marsh. *Ecology* **72**:125.
- Bertness, M. D., and S. D. Hacker. 1994. Physical stress and positive associations among marsh plants. *The American Naturalist* **144**: 363-372.
- Blignaut, A., and S. J. Milton. 2005. Effects of multispecies clumping on survival of three succulent plant species translocated onto mine spoil in the succulent Karoo Desert, South Africa. *Restoration Ecology* **13**: 15–19.
- Brooker, J. R., F. T. Maestre, R. M. Callaway, C. L. Lortie, L. A. Cavieres, G. Kunstler, P. Liancourt, K. Tielboerge, J. M. J. Travis, F. Anthelme, C. Armas, L. Coll, E. Corcket, S. Delzon, E. M. Forey, Z. Kikvidze, J. Olofsson, F. Pugnaire, C. L. Quiroz, P. Saccone, K. Schiffers, M. Sifan, B. Touzard, and R. Michalet. 2008. Facilitation in plant communities: the past, the present, and the future. *Journal of Ecology* **96**:18-34.
- Callaway, R. M. 1997. Positive interactions in plant communities and the individualistic-continuum concept. *Oecologia* **112**: 143–149.
- Castro, J., R. Zamora, J. A. Hódar, and J. M. Gómez. 2002. Use of Shrubs as Nurse Plants: A New Technique for Reforestation in Mediterranean Mountains. *Restoration Ecology* **10(2)**: 297-305.
- Cheung, K. C., D. Liebsch, and M. C. M. Marques. 2010. Forest Recovery in Newly Abandones Pastures in Southern Brazil: Implications for the Atlantic Rain Forest Resilience. *Natureza & Conservação* **8(1)**: 66-70.
- Chiariello, N. R., J. C. Hickman, and H. Mooney. 1982. Endomycorrhizal role for interspecific transfer of phosphorus in a community of annual plants. *Science* **217**: 941–943.
- Connell, J. H., and R. O. Slatyer. 1977. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *The American Naturalist* **111**: 1119-1144.
- Durigan, G., W. A. Contieri, G. D. C. Franco, and M. A. O. Garrido. 1998. Indução do processo de regeneração da vegetação de Cerrado em área de pastagem, Assis, SP. *Acta botanica brasiliensis* **12(3) (Suplemento)**: 421-429.
- Felfili, J. M. 2003. Fragmentos de florestas estacionais do Brasil Central: diagnóstico e proposta de corredores ecológicos. Pages 139-174 in R. B. Costa, org. *Fragmentação florestal e alternativas de desenvolvimento rural na região Centro-Oeste*. UCDB, Campo Grande, MT.
- García-Moya, E., and C. Mckell. 1970. Contribution of shrubs to the nitrogen economy of a desert-wash plant community. *Ecology* **51**: 81–88.

- Gasque, M., and P. García-Fayos. 2004. Interaction between *Stipa tenacissima* and *Pinus halepensis*: consequences for reforestation and the dynamics of grass steppes in semi-arid Mediterranean areas. *Forest Ecology and Management* **189**: 251–61.
- Gentry, A. H. 1995. Diversity and composition of neotropical dry forests. Pages 46-194 in S. H. Bullock, H. A. Monney, and E. Medina, editors. *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge University Press, New York.
- Gómez-Aparicio, L., R. Zamora, J. M. Gómez, J. A. Hódar, J. Castro, and E. Baraza. 2004. Applying plant facilitation to forest restoration: a meta-analysis of the use of shrubs as nurse plants. *Ecological Applications* **14(4)**: 1128-1138.
- Gómez-Ruiz, P. A., R. Lindig-Cisneros, and O. Vargas-Ríos. 2013. Facilitation among plants: A strategy for the ecological restoration of the high-andean forest (Bogotá, D.C.-Colombia). *Ecological Engineering* **57**: 267-275.
- Guevara, S., J. Laborde, and G. Sánchez-Ríos. 1998. Are isolated remnant trees in pastures a fragmented canopy? *Selbyana* **19**: 34-43.
- Guevara, S., J. Laborde, and G. Sánchez-Ríos. 2005. Los árboles que la selva dejó atrás. *Interciencia* **30(10)**: 595-601.
- Guevara, S., J. Meave, P. Moreno-Casasola, and J. Laborde. 1992. Floristic composition and structure of vegetation under isolated trees in neotropical pastures. *Journal of Vegetation Science* **3**: 655-664.
- Guevara, S., S. E. Purata, and E. V. Maarel. 1986. The role of remnant forest trees in tropical secondary succession. *Vegetatio* **66**: 77-84.
- He, Q., M. D. Bertness, and A. H. A. Altieri. 2013. Global shifts towards positive species interactions with increasing environmental stress. *Ecology Letters* **16(5)**: 695-706.
- Holl, K. D., and T. M. Aide. 2011. When and where to actively restore ecosystems?. *Forest Ecology and Management* **261(10)**: 1558-1563.
- Holl, K. D., M. E. Loik, E. H. V. Lin, and I. A. Samuels. 2000. Tropical Montane Forest Restoration in Costa Rica: Overcoming Barriers to Dispersal. *Restoration Ecology* **8(4)**: 339-349.
- Jankju, M. 2013. Role of nurse shrubs in restoration of an arid rangeland: Effects of microclimate on grass establishment. *Journal of Arid Environments* **89**: 103-109.
- Laborde, J., S. Guevara, and G. Sánchez-Ríos. 2008. Tree and shrub seed dispersal in pastures: The importance of rainforest trees outside forest fragments. *Ecoscience* **15(1)**: 6-16.
- Maestre, F.T., S. Bautista, J. Cortina, and J. Bellot. 2001. Potential for using facilitation by grasses to establish shrubs on a semiarid degraded steppe. *Ecology Applications* **11**: 1641–55.

- Nascimento, A. R. T., J. M. Felfili, and E. M. Meirelles. 2004. Florística e estrutura da comunidade arbórea de um remanescente de Floresta Estacional Decidual de encosta, Monte Alegre, GO, Brasil. *Acta Botanica Brasílica* **18(3)**: 659-669.
- Nepstad, D. C., C. Uhl, and E. A. S. Serrão. 1990. Surmounting barriers to forest regeneration in abandoned, highly degraded pastures: a case study from Paragominas, Para, Brazil. Pages 215-229 in A. B. Anderson, editor. *Alternatives to Deforestation – Steps Toward Sustainable use of Amazon Rain Forest*, Columbia University Press, New York.
- Niering, W. A., R. H. Whittaker, and C. H. Lowe. 1963. The saguaro: a population in relation to environment. *Science* **142**: 15–23.
- Otero-Arnaiz, A., S. Castillo, J. Meave, and G. Ibarra-Manriquez. 1999. Isolated Pasture Trees and the Vegetation under Their canopies in the Chiapas Coastal Plain, Mexico. *Biotropica* **31(2)**: 243-254.
- Padilla, F. M., and F. I. Pugnaire. 2006. The role of nurse plants in the restoration of degraded environments. *Frontiers in Ecology and the Environment* **4**: 196-202.
- Pennings, S. C., and R. M. Callaway. 1992. Salt marsh plant zonation: the relative importance of competition and physical factors. *Ecology* **73**: 681-690.
- Pennington, R. T., D. E. Prado, and C. A. Pendry. 2000. Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. *Journal of Biogeography* **27**: 261-273.
- Reis, A., F. C. Bechara, M. B. Espíndola, N. K. Vieira, and L. L. Souza. 2003. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. *Natureza & Conservação* **1**: 28-36.
- Ribeiro, J. F., and B. M. T. Walter. 2008. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. Pages 153-212 in S. M. Sano, and S. P. Almeida, editors. *Cerrado: ecologia e flora*, EMBRAPA – CPAC, Planaltina.
- Soliveres, S., D. J. Eldridge, F. T. Maestre, M. A. Bowker, M. Tighe, and A. Escudero. 2011. Microhabitat amelioration and reduced competition among understory plants as drivers of facilitation across environmental gradients: Towards a unifying framework. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* **13**: 247-258.
- Thompson, J. D. 1978. Effects of stand composition on insect visitation in twosppecies mixtures of *Hieracium*. *American Midland Naturalist* **100**: 431–440.
- Uhl, C., R. Buschbacher, and E. A. S. Serrão. 1988. Abandoned pastures in eastern Amazonia. I. Patterns of Plant Sucession. *Journal Ecology* **76**: 663-681.
- Vieira, D. L. M., V. V. de Lima, A. C. Sevilha, and A. Scariot. 2008. Consequences of dry-season seed dispersal on seedling establishment of dry forest trees: Should we restore seeds until the rains? *Forest Ecology and Management*, doi:10.1016/j.foreco.2008.04.052.

- Vieira, D. L. M., and A. Scariot. 2006. Principles of natural regeneration of tropical dry forest for restoration. *Restoration Ecology* **14(1)**: 11-20.
- Vieira, I. C. G., C. Uhl, and D. Nepstad. 1994. The role of the shrub *Cordia multispicata* Cham. As a ‘Succession Facilitator’ in an abandoned pasture, Paragominas, Amazônia. *Vegetatio* **115(2)**: 91-99.
- Xiao, S., and R. Michalet. 2013. Do indirect interactions always contribute to net indirect facilitation?. *Ecological Modelling* **268**: 1-8.
- Zhang, L., and H. Shao. 2013. Direct plant-plant facilitation in coastal wetlands: A review. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **119**: 1-6.
- Ziller, S. R. 2001. Plantas exóticas invasoras: a ameaça da contaminação biológica. *Ciência hoje* **30(178)**: 77-79.

## **CAPÍTULO 1**

### **POTENCIAL DE REGENERAÇÃO EM UMA PASTAGEM ABANDONADA EM CONDIÇÕES DE FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL**

## RESUMO

O processo de regeneração natural é dinâmico e fundamental para o ciclo de desenvolvimento das formações vegetais. No entanto, apesar da regeneração ser um processo natural na manutenção de ambientes estáveis, a colonização de áreas abertas pode ser um processo muito lento, devido às diversas barreiras impostas por esse ambiente. O presente estudo teve como objetivo investigar o potencial de regeneração natural do componente lenhoso de uma área de pastagem abandonada (sem uso), originalmente coberta por FED. Para tanto, buscou-se identificar e mensurar vinte árvores isoladas remanescentes nessa pastagem, e também investigar os padrões florísticos da regeneração natural, delimitando dois ambientes: sob a copa das árvores e fora da copa das mesmas. O estudo foi desenvolvido em uma pastagem abandonada que se encontra dentro dos limites do Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG. Em cada árvore selecionada foram instaladas quatro parcelas de 4m<sup>2</sup>, sendo duas localizadas próximas ao tronco (sob a copa) e duas a 4m de distância da borda da copa (fora da copa). Dentro dessas parcelas foram inventariados todos os indivíduos lenhosos entre 15cm de altura e 5cm de diâmetro à altura do peito (adultos). Para avaliar a regeneração natural nos dois ambientes (dentro e fora da copa) foram utilizados os parâmetros de densidade e frequência relativas e o índice de regeneração natural (RNT). No total, foram encontrados 245 indivíduos do componente lenhoso (224 nas parcelas sob a copa das árvores e 21 nas parcelas fora), distribuídos em 51 espécies, 42 gêneros e 22 famílias botânicas, valores semelhantes a estudos realizados, inclusive, em ambientes preservados no mesmo Parque. As famílias que mais se destacaram foram Fabaceae, Myrtaceae, Rubiaceae, Malvaceae e Bignoniaceae (somando 62,7% do total de espécies). Nas parcelas sob a copa, as espécies que apresentaram os maiores valores de RNT foram *Campomanesia velutina*, *Myracrodruron urundeava*, *Jacaranda cuspidifolia*, *Anadenanthera colubrina*, *Psidium oligospermum* e *Luehea paniculata*. Para as parcelas fora da copa, a única espécie que se destacou foi *Senna* sp. As parcelas sob a copa das árvores apresentaram uma densidade de  $1,4 \pm 1,2$  ind/m<sup>2</sup>, e as parcelas fora da copa uma densidade de  $0,13 \pm 0,17$  ind/m<sup>2</sup>. A riqueza de espécies também foi maior nas parcelas sob a copa, que apresentaram uma média de  $6,20 \pm 3,9$  espécies/árvore, enquanto que nas parcelas fora da copa foram encontradas  $0,70 \pm 0,8$  espécies/árvore. Quanto às síndromes de dispersão, nas parcelas abaixo da copa houve uma predominância de espécies zoocóricas (46,94%), um indicativo de que as árvores isoladas atraem dispersores que depositam sementes no local. Os resultados encontrados apontam um grande potencial de regeneração para a área estudada, assim como, corroboram com pesquisas que apontam o efeito facilitador de árvores remanescentes isoladas em pastagens.

**Palavras-chave:** Facilitação, árvores isoladas, restauração.

## ABSTRACT

The natural regeneration process is dynamic and fundamental for vegetation life-cycle. However, despite being a natural process in the maintenance of stable environments, the colonization of open areas might be a quite slow process, due to many constraints imposed by the environment. This study aimed to investigate the natural regeneration potential of woody species in an abandoned pasture area, previously covered by DSF. For this purpose, we measured and identified twenty isolated remnant trees in the pasture and also investigated the floristic patterns of natural regeneration, delimitating two environments: below the canopy and outside the canopy of the trees. This study was conducted in an abandoned pasture within the borders of Parque Estadual do Pau Furado (Pau Furado State Park), Uberlândia – MG. We set four 4m<sup>2</sup> - plots in each selected tree, being two plots located by the trunk (below the canopy), and two plots 4m distant from the edge of the canopy (outside the canopy). We surveyed inside each plot all the woody individuals between 15cm high and 5cm diameter chest height (adults). To evaluate the natural regeneration in both environments (below and outside the canopy) we used the parameters of density, relative frequency, and the natural regeneration index (NRI). We found 245 woody individuals in total (224 in the plots below the canopy and 21 in the plots outside the canopy), distributed in 51 species, 42 genera and 22 botany families, being these numbers similar to studies conducted in preserved environments inside the park. The most important families were Fabaceae, Myrtaceae, Rubiaceae, Malvaceae and Bignoniaceae (62.7% of total number of species). In the plots below the canopy, the species that showed the highest NRI value were: *Campomanesia velutina*, *Myracrodrodon urundeuva*, *Jacaranda cuspidifolia*, *Anadenanthera colubrina*, *Psidium oligospermum* and *Luehea paniculata*. The only species that stood out in the plots outside the canopy was *Senna* sp. The plots below the canopy showed a  $1.4 \pm 1.2$  ind/m<sup>2</sup> density, and the plots outside the canopy showed a  $0.13 \pm 0.17$  ind/m<sup>2</sup> density. The species richness was higher in the plots below the canopy, which showed an average of  $6.20 \pm 3.9$  species/tree, whereas the average outside the canopy was  $0.70 \pm 0.8$  species/tree. When it comes to dispersal syndrome, the zoothore species were predominant (46.94%), which indicates that isolated trees attract dispersers that deposit seeds on site. The results found point out to a huge regeneration potential for the studied area, as well as corroborate the studies that points the facilitator effect of isolated remnant trees in pastures.

**KEYWORDS:** Facilitation, isolated trees, restoration.

## 1. INTRODUÇÃO

A regeneração natural é um processo dinâmico, que pode variar no tempo e no espaço, participando do ciclo de desenvolvimento de florestas. Esse processo se inicia quando a fase madura da floresta, representada pelo dossel fechado, sofre alterações na sua estrutura e composição (Richards 1996). Os potenciais indivíduos que vão recompor este tipo de distúrbio podem ser advindos de três principais fontes: banco de sementes, chuva de sementes, ou ainda de plântulas pré-existentes ou rebrotas de tocos e raízes (Martínez-Ramos 1994, Vieira 1996, Puig 2008).

O banco de sementes do solo é formado por sementes dormentes que já estavam no local antes da perturbação. As espécies pioneiras têm sua dormência quebrada quando mudanças de temperatura e/ou luminosidade são causadas pela abertura do dossel e, normalmente, são as primeiras a germinar (Schmitz 1992, Martínez-Ramos 1994). Por outro lado, a chuva de sementes é um processo composto por sementes que chegam ao local após um distúrbio, advindas das árvores matrizas próximas (Puig 2008). A intensidade dessa chegada é dependente da distância da fonte de propágulos, da composição florística remanescente e da capacidade de dispersão de cada espécie (Harper 1977, Guevara *et al.* 1998). Ainda como alternativa para o reestabelecimento da vegetação, as plântulas que conseguiram sobreviver à perturbação podem, dependendo da idade e das condições ambientais, substituir as árvores perdidas (Martínez-Ramos 1994, Puig 2008). Além disso, muitas dessas árvores também possuem a capacidade de gerar novos indivíduos de modo vegetativo, fato que auxilia na recomposição do ambiente (Martínez-Ramos 1994, Vesk and Westoby 2004).

Apesar de a regeneração ser um processo natural na manutenção de ambientes preservados, a colonização de áreas degradadas pode ser um processo muito lento, devido às diversas barreiras impostas por esse ambiente ao processo de regeneração natural. Podemos citar como exemplo de áreas severamente degradadas, dependendo da intensidade e duração da perturbação (Cheung *et al.* 2010, Massoca *et al.* 2012), as áreas utilizadas como pastagem para gado. Esses ambientes podem destruir o banco de sementes, dificultar a chegada de novos propágulos, causar a dessecação de sementes e plântulas, devido às altas temperaturas e à baixa umidade, e ainda impedir o estabelecimento de novos indivíduos pela forte competição com gramíneas exóticas invasoras (Uhl *et al.* 1988, Nepstad *et al.* 1990, Holl 1999, Holl *et al.* 2000).

Somado a essas barreiras ecológicas, temos um cenário mundial em que cada vez mais ambientes naturais têm sido convertidos em áreas urbanas ou economicamente produtivas, como, as já citadas, pastagens e também as monoculturas. Essa degradação causa uma perda incontestável da biodiversidade e prejudica os serviços ecossistêmicos (Holl 1999, Opdam and Wascher 2004, Chazdon *et al.* 2009, Cheung *et al.* 2010). Com essa visão, muitos pesquisadores têm concentrado esforços para entender os processos atuantes nessas áreas e avaliar técnicas de restauração que acelerem e/ou auxiliem a regeneração natural no local afetado (Durigan *et al.* 1998, Kennard *et al.* 2002, Gómez-Aparicio *et al.* 2004, Vesk and Westoby 2004, Yepsen *et al.* 2014, Piqueray *et al.* 2015) . Muitos desses estudos apontam o efeito positivo do sombreamento artificial ou o obtido por árvores remanescentes, sob o estabelecimento e a sobrevivência de plântulas em áreas abertas, visto que nessas condições ocorre uma amenização térmica e maior retenção hídrica. Assim, os indivíduos jovens podem se desenvolver em um microclima mais favorável do que o encontrado em áreas abertas (Niering *et al.* 1963, Guevara *et al.* 1992, Vieira *et al.* 1994, McLaren and McDonald 2003, Padilla and Pugnaire 2006, Soliveres *et al.* 2011, Jankju 2013).

Porém, em ambientes de Floresta Estacional Decidual, caracterizados por apresentar diversos meses de severa ou absoluta seca (Mooney *et al.* 1995), o processo de regeneração natural exibe ainda certas particularidades (Vieira and Scariot 2006). Como desvantagem, a alta variação de pluviosidade e os frequentes períodos de seca, mesmo durante a estação chuvosa, são importantes causadores de mortalidade de sementes e plântulas (Vieira and Scariot 2006, Vieira *et al.* 2008). Assim, áreas com maior abertura de dossel (como as clareiras), que poderiam estimular o desenvolvimento de espécies dependentes de luz, acabam por reduzir a sobrevivência dessas plântulas devido a temperaturas extremas e baixa umidade (Gerhardt 1996).

Entretanto, quando se trata de áreas degradadas a alteradas, algumas características de FED podem significar vantagens na recuperação do ambiente em relação às florestas tropicais úmidas. A composição florística de FEDs possui um número relativamente alto de espécies arbóreas com sementes pequenas, com baixo teor de água e que são dispersas pelo vento (Gentry 1995, Vieira and Scariot 2006). As sementes pequenas e secas são menos suscetíveis a dessecação e as espécies anemocóricas não tem sua dispersão afetada pela fragmentação do ambiente, podendo chegar a áreas abertas com maior facilidade que espécies zoocóricas (Janzen 1988, Gillespie 1999).

Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo investigar o processo de regeneração natural do componente lenhoso em uma área de pastagem abandonada, originalmente coberta por Floresta Estacional Decidual, no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG. Para tanto, buscou-se identificar e mensurar vinte árvores isoladas remanescentes nessa pastagem, e também investigar os padrões florísticos da regeneração natural, delimitando dois ambientes: sob a copa das árvores e fora da copa dessas mesmas árvores.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Área de estudo**

A área do presente estudo está localizada no Parque Estadual do Pau Furado (PEPF). O Parque, que foi a primeira Unidade de Conservação estadual de proteção integral da região do Triângulo Mineiro, situa-se entre os municípios de Araguari e Uberlândia (Figura 1.1). O PEPF foi criado no ano de 2007 com o objetivo de preservar os ecossistemas da região, as espécies raras ou ameaçadas de extinção encontradas nos limites do Parque e o patrimônio genético, além de conservar as paisagens de beleza cênica natural ou alterada (IEF 2011, IEF 2014).

A criação do Parque decorre de uma medida compensatória estabelecida durante o processo de licenciamento ambiental do Complexo Energético Amador Aguiar (Usinas Hidrelétricas Capim Branco I e II). Para a instalação do Parque, foram adquiridas, amigavelmente ou judicialmente, dezessete propriedades particulares. Esse histórico de criação torna o Parque um mosaico de paisagens que inclui florestas primárias, secundárias e pastagens (Zona de Recuperação). Hoje, o PEPF possui uma área de 2.186,84 hectares, compreendendo diversas fitofisionomias, como florestas de galeria, ciliar, estacional decidual e semidecidual, cerradão e cerrado *sensu stricto* (IEF 2011).

O clima da região é do tipo “Aw”, com base nos critérios definidos por Köppen (Alvares *et al.* 2013), ou seja, do tipo Tropical, com seca de inverno, temperatura média anual de 24°C e pluviosidade anual de 1500mm.

Para este estudo foi selecionada uma antiga área de pastagem (sem uso) que hoje pertence aos limites do Parque e está localizada próxima à sede, a uma altitude média de 790m. Do total da área de pastagem, foi selecionada a porção norte, com aproximadamente 10ha, contendo árvores remanescentes isoladas que foram deixadas pelos antigos proprietários para

servir de descanso para o gado (Figura 1.1b). Após a criação do Parque, a área foi desativada e a vegetação se encontra em processo de regeneração natural.

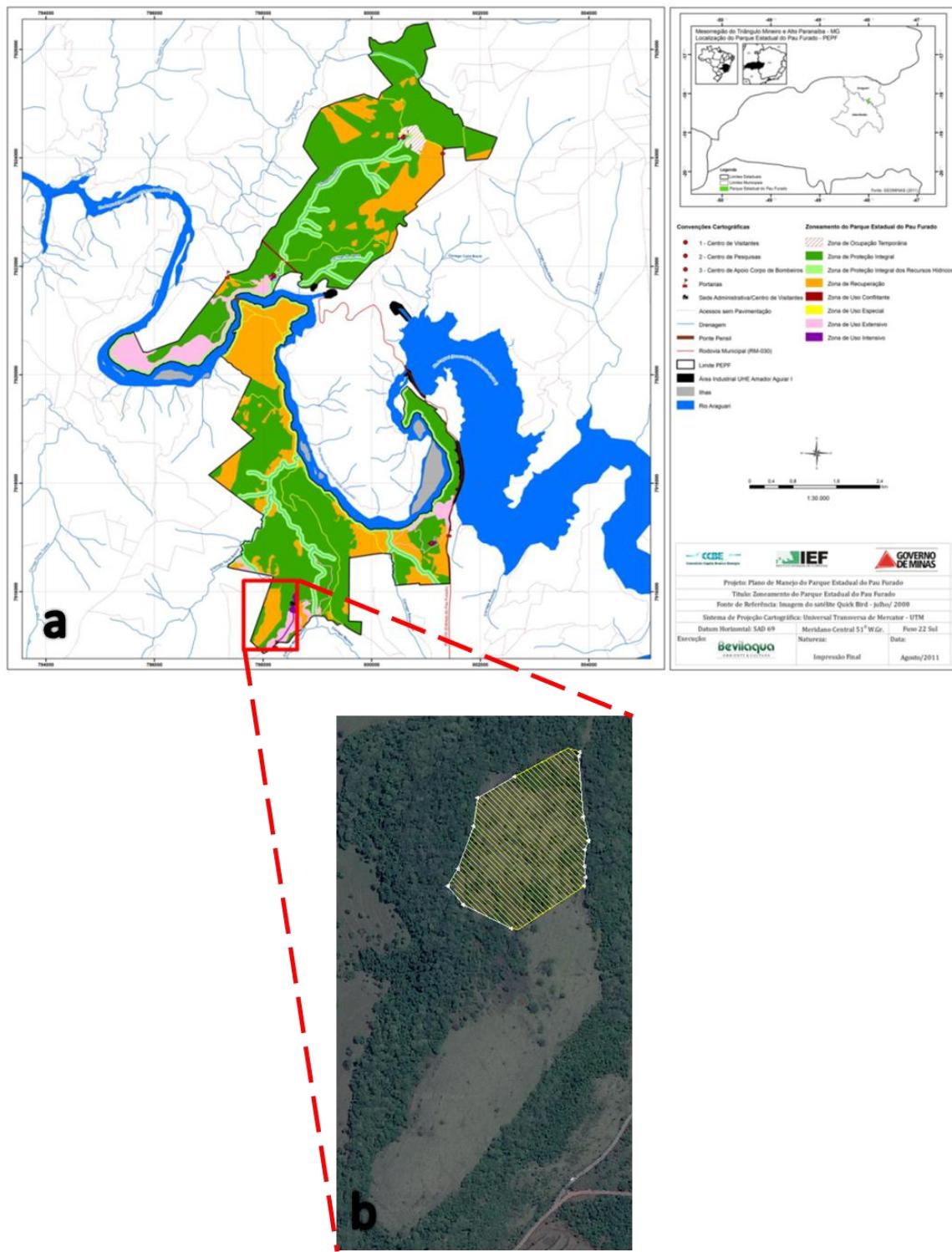


Figura 1.1 - Localização do Parque Estadual do Pau Furado, entre os municípios de Uberlândia e Araguari, MG. O polígono destacado em vermelho indica a área selecionada (a). Pastagem abandonada selecionada (b). A área hachurada em amarelo indica a área de estudo, com aproximadamente 10ha. Fonte: IEF 2011, Google Earth.

## 2.2. Escolha e caracterização das árvores isoladas

Para realizar a coleta dos dados, foi efetuada uma busca ativa por vinte árvores isoladas na área de estudo. Para tanto, as árvores deveriam se enquadrar em alguns pré-requisitos estabelecidos.

Primeiramente, a árvore escolhida deveria apresentar a copa totalmente isolada de qualquer outra árvore ou fragmento florestal, para garantir a independência do indivíduo e assegurar espaço suficiente para a alocação das parcelas fora da copa, sem a interferência de qualquer sombreamento por outro indivíduo arbóreo. Outro critério utilizado foi o tamanho da copa da árvore, que deveria apresentar tamanho suficiente para a instalação das duas parcelas de 4m<sup>2</sup> utilizadas no levantamento (Figura 1.3).

O quesito alelopatia também foi considerado, já que algumas árvores possuem um efeito alelopático conhecido e isso pode gerar um efeito negativo sob a regeneração natural logo abaixo da copa. O caso mais relevante na área de estudo é o da espécie *Myracrodrus urundeuva* Allemao (aroeira), que, apesar de ocorrer em grande densidade não foi selecionada devido a essa característica conhecida (Vieira *et al.* 2011, Queiroz *et al.* 2002).

As árvores selecionadas foram identificadas em nível de espécie e tomadas as seguintes medidas: altura total (estimativa visual), ponto de inversão morfológica (PIM - altura da primeira bifurcação), maior diâmetro da copa, diâmetro perpendicular ao maior diâmetro da copa, diâmetro à altura do peito (DAP) e distância do fragmento florestal mais próximo. Todas as árvores foram georreferenciadas com o auxílio de um GPS (Garmim ® eTrex Vista H) (Figura 1.2).



Figura 1.2 – Polígono da área estudada (triângulos brancos e linhas brancas e amarelas) e distribuição das árvores selecionadas (círculos brancos). Pontos “F” indicam a borda do fragmento e pontos “A” indicam a localização das árvores. Obs.: a linha em vermelho indica uma distância de 25,24m, da Árvore 1 até o fragmento mais próximo. Fonte: Google Earth, modificado pelo programa AutoCAD®.

### 2.3. Levantamento de dados

Em cada árvore selecionada foram instaladas quatro parcelas 2m x 2m ( $4\text{m}^2$ ), sendo duas delas localizadas próximas ao tronco (sob a copa) e duas delas a 4m de distância da borda da copa (em área aberta, sem influência da copa de árvores vizinhas). Assim, formam-se dois grupos de parcelas, denominadas de “copia” e “fora”. As parcelas foram posicionadas em linha reta a partir do tronco, seguindo o sentido leste-oeste, conforme demonstrado na Figura 1.3 (a-c).

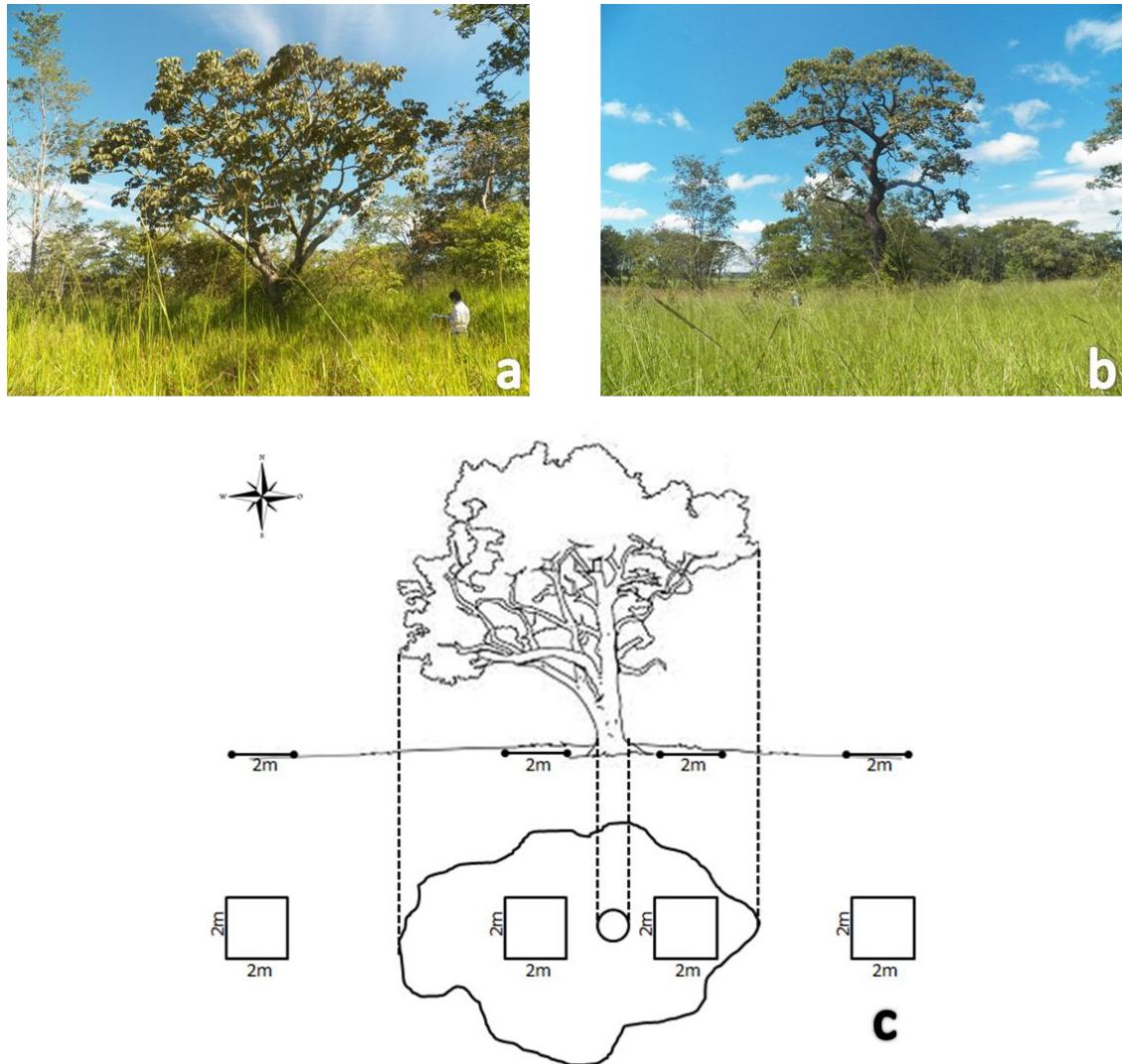


Figura 1.3 – Exemplos de duas árvores selecionadas para o estudo, ambas da espécie *Pseudobombax tomentosum* (Mart. & Zucc.): Árvore 1 (a) e Árvore 18 (b). Esquema do posicionamento das parcelas dentro e fora da área de copa das árvores isoladas na pastagem abandonada (c).

As coletas de dados da vegetação foram realizadas entre os meses de março e maio de 2014 e os dados ambientais (ver Capítulo 2) nas estações seca e chuvosa subsequentes. Em cada parcela foram inventariados todos os indivíduos arbóreos e arbustivos maiores de 15cm de altura e até 5cm de diâmetro à altura do peito (DAP), critério usado por Felfili *et al.* (2005) para determinar os indivíduos adultos em FED. Os indivíduos encontrados foram identificados e mensurados quanto ao diâmetro à altura do solo (DAS) e altura total. Quando não foi possível realizar a identificação em campo, o indivíduo, ou parte dele, foi coletado e levado para o Laboratório de Ecologia (INBIO/UFU) para identificação, em gêneros e famílias botânicas, consultando bibliografia específica (Carvalho 2003, Lorenzi 2008, 2009a, 2009b, Souza and Lorenzi 2012) ou com o auxílio de especialistas.

## 2.4. Análise de dados

### 2.4.1. Árvores isoladas

A área total da copa de cada árvore foi calculada de acordo com a fórmula da área da elipse (Costa *et al.* 2010, Arantes *et al.* 2014):

$$\text{Área da copa} = 0,25\pi * D1 * D2$$

onde, D1 é o diâmetro maior e D2 é o diâmetro perpendicular ao diâmetro maior.

Foi elaborada uma tabela para descrever as vinte árvores selecionadas, contendo a identificação botânica de cada uma delas e todas as demais informações coletadas. Para os dados de altura e área de copa calculou-se a média e o desvio-padrão de todas as árvores estudadas.

Para representar a projeção espacial das árvores, foi construído um mapa utilizando as coordenadas obtidas com um GPS (Garmim ® eTrex Vista H) e com o auxílio do programa AutoCAD® (2013) (Figura 1.2).

### 2.4.2. Regeneração natural

A partir do levantamento da regeneração natural, foi elaborada uma lista contendo: nome científico, família botânica e síndrome de dispersão de cada espécie encontrada na área de estudo. Os dados de síndrome de dispersão foram obtidos de trabalhos anteriormente realizados em Floresta Estacional Decidual, em livros de identificação (Carvalho 2003) e em observações de campo. A identificação botânica foi baseada no sistema de classificação APG III, segundo Chase & Reveal (2009). A grafia correta dos nomes científicos, assim como dos autores, foi verificada nos sites Lista de Espécies Flora do Brasil (2014) e Missouri Botanical Garden (Tropicos.org 2014).

Para avaliar a regeneração natural foram usados os valores de densidade e frequência relativas para cada espécie em cada grupo de parcelas (fora e dentro da copa). A partir desses valores, foi calculado o índice de regeneração natural total (RNT) (Volpato 1994, Silva *et al.* 2007, Silva *et al.* 2014), conforme a equação abaixo:

$$RNT_i = \frac{DR_i + FR_i}{2}$$

onde, RNT = índice de regeneração natural total da espécie  $i$ , DR $_i$  = densidade relativa da espécie  $i$ , FR $_i$  = frequência relativa da espécie  $i$ .

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1. Árvores isoladas**

As vinte árvores isoladas selecionadas para o estudo pertencem a oito espécies lenhosas, distribuídas em seis gêneros e seis famílias (Tabela 1.1). A espécie mais importante, em relação ao número de indivíduos, foi *Pseudobombax tomentosum* (Mart. & Zucc.) A. Robyns, representada por cinco árvores, seguida de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos, *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore, e *Terminalia glabrescens* Mart, representadas por três indivíduos cada. Quanto às famílias, Bignoniaceae se destacou no levantamento apresentando três espécies e sete indivíduos, seguida por Malvaceae, com duas espécies e sete indivíduos.

Em relação à morfometria, as árvores isoladas apresentaram altura média de  $9,6 \pm 2,5$ m e área de copa média de  $106,47 \pm 47,55\text{m}^2$ , sendo a árvore 18 a mais alta e com a maior área de copa (Tabela 1.1).

Observações em campo na estação seca mostraram que apenas as árvores da espécie *Terminalia glabrescens* (Árvores 3, 4 e 7) mantiveram suas folhas durante todo o ano, sendo consideradas perenes.

Tabela 1.1 - Descrição das vinte árvores isoladas selecionadas na área de estudo no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG. DAP: Diâmetro à altura do peito. Dist. Frag.: Distância da árvore ao fragmento florestal mais próximo. PIM: Ponto de inversão morfológica. \*Diâmetro médio para as árvores que apresentam a primeira bifurcação a menos de 1,30m de altura.

Árvore	Família	Espécie	Deciduidade	Altura (m)	Área de Copa (m <sup>2</sup> )	DAP (cm)	Dist. Frag. (m)	PIM (m)
1	Malvaceae	<i>Pseudobombax tomentosum</i> (Mart. & Zucc.) A. Robyns	caducifólia	8,0	88,64	28,22	25,24	2,00
2	Malvaceae	<i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. & Zucc.) A. Robyns	caducifólia	11,0	84,12	26,78	55,26	2,50
3	Combretaceae	<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.	perene	6,0	74,61	23,75	53,00	3,00
4	Combretaceae	<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.	perene	7,0	120,95	21,17*	55,52	0,80
5	Bignoniaceae	<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore	caducifólia	7,0	67,10	21,36	94,61	2,50
6	Bignoniaceae	<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore	caducifólia	6,0	76,18	24,25	110,78	1,70
7	Combretaceae	<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.	perene	7,0	75,16	15,81*	111,40	solo
8	Bignoniaceae	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	caducifólia	9,0	80,55	25,64	62,46	6,50
9	Bignoniaceae	<i>Handroanthus serratifolius</i> (A.H.Gentry) S.Grose	caducifólia	12,0	91,04	28,98	118,00	6,00
10	Vochysiaceae	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	caducifólia	11,0	109,73	34,93	80,67	3,00
11	Bignoniaceae	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	caducifólia	9,0	79,00	25,15	35,13	4,00
12	Bignoniaceae	<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore	caducifólia	6,5	40,68	12,95	38,27	2,50
13	Malvaceae	<i>Pseudobombax tomentosum</i> (Mart. & Zucc.) A. Robyns	caducifólia	9,0	56,38	17,95	2,00	4,00
14	Fabaceae	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	caducifólia	8,5	109,35	34,81	6,00	1,40
15	Malvaceae	<i>Pseudobombax tomentosum</i> (Mart. & Zucc.) A. Robyns	caducifólia	11,0	107,01	34,06	80,99	6,00
16	Fabaceae	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	caducifólia	12,0	152,79	48,64	41,82	6,00
17	Bignoniaceae	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	caducifólia	13,0	154,33	49,13	22,23	6,00
18	Malvaceae	<i>Pseudobombax tomentosum</i> (Mart. & Zucc.) A. Robyns	caducifólia	14,0	221,56	70,53	71,61	7,00
19	Malvaceae	<i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. & Zucc.) A. Robyns	caducifólia	11,0	130,28	41,47	48,76	2,00
20	Malvaceae	<i>Pseudobombax tomentosum</i> (Mart. & Zucc.) A. Robyns	caducifólia	13,0	209,94	66,83	16,00	5,00

### 3.2. Regeneração natural

Na área de estudo, foram levantados 245 indivíduos do componente lenhoso em regeneração natural, nos dois ambientes (grupos de parcelas) amostrados. Esses indivíduos foram distribuídos em 51 espécies, 42 gêneros e 22 famílias botânicas (Tabela 1.2). As famílias mais importantes quanto à riqueza foram Fabaceae (8 gêneros e 9 espécies), Myrtaceae (5 gêneros e 7 espécies), Rubiaceae (4 gêneros e 6 espécies), Malvaceae (4 gêneros e 5 espécies) e Bignoniaceae (3 gêneros e 5 espécies). Essas cinco famílias possuem juntas 62,7% do total de espécies (Figura 1.4). Das 22 famílias, 15 (68,2%) foram representadas por apenas um gênero e 14 (63,6%) por apenas uma espécie. Quanto aos gêneros, destacam-se pela sua riqueza: *Handroanthus*, com três espécies, seguido dos gêneros *Aspidosperma*, *Bauhinia*, *Campomanesia*, *Cordiera*, *Guettarda*, *Luehea* e *Myrcia*, com duas espécies cada. Os outros 34 gêneros (80,9%) apresentaram apenas uma espécie.

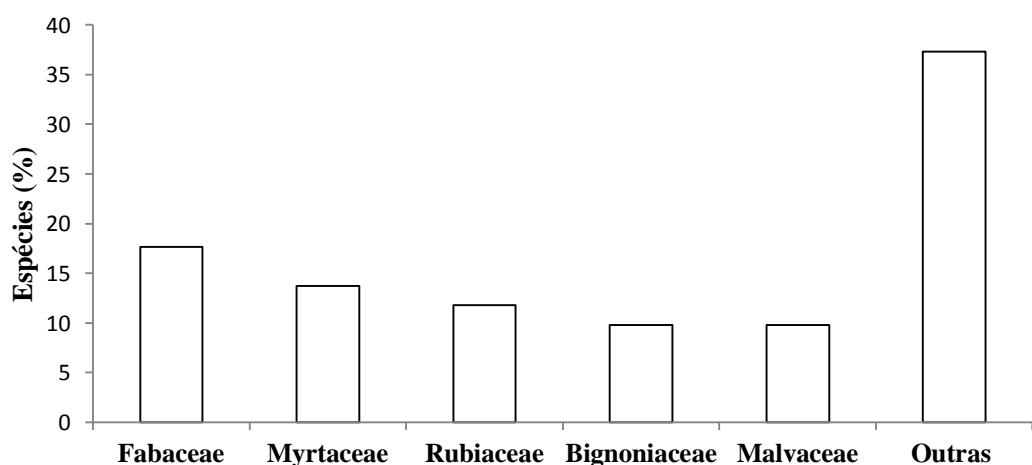


Figura 1.4 – Número (%) de espécies lenhosas (51 no total) e famílias botânicas encontradas em uma pastagem abandonada no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG.

As estimativas para regeneração natural foram calculadas para os dois grupos de parcelas (cpa e fora) separadamente. Para as parcelas sob a copa das árvores, as espécies que apresentaram os maiores valores de RNT (Índice de Regeneração Natural) foram *Campomanesia velutina*, *Myracrodruon urundeuva*, *Jacaranda cuspidifolia*, *Anadenanthera colubrina*, *Psidium oligospermum* e *Luehea paniculata* (Tabela 1.3). Para as parcelas fora da copa, a única espécie que se destacou foi *Senna* sp., as outras oito espécies apresentaram somente um indivíduo cada (Tabela 1.3).

Dos 245 indivíduos amostrados na área, 224 foram encontrados nas parcelas sob a copa das árvores, apresentando assim uma densidade de  $1,4 \pm 1,2$  indivíduos/m<sup>2</sup>, e somente 21 foram encontrados nas parcelas fora da copa ( $0,13 \pm 0,2$  indivíduos/m<sup>2</sup>). A riqueza de espécies levantadas também foi maior nas parcelas sob a copa, que apresentaram uma média de  $6,2 \pm 3,9$  espécies/árvore, enquanto que nas parcelas fora da copa foram encontradas  $0,70 \pm 0,8$  espécies/árvore (Figura 1.5). No total, também foram observadas diferenças florísticas nos grupos de parcelas. Nas parcelas sob a copa das árvores foram encontradas 49 espécies, e apenas nove foram registradas nas parcelas fora da copa, sendo que, dessas nove, duas não foram encontradas nas parcelas sob a copa (*Eriotheca gracilipes* e *Mimosa tenuiflora*) (Tabela 1.2).

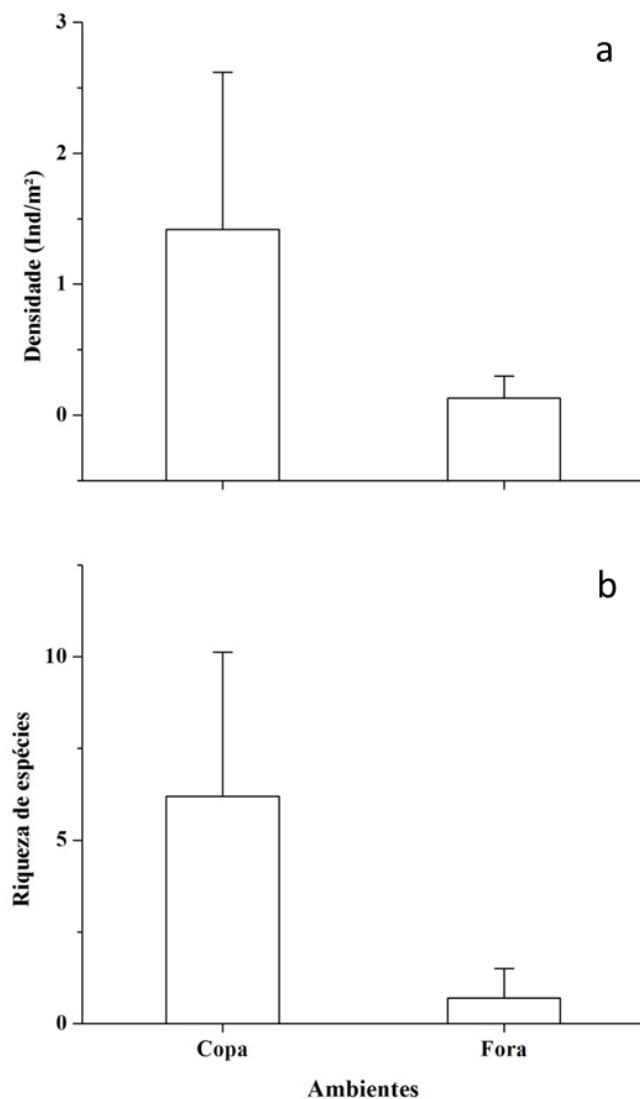


Figura 1.5 – Densidade média de indivíduos (a) e riqueza de espécies (b) em cada parcela (média ± desvio padrão) nos dois ambientes estudados (dentro e fora da copa) em uma pastagem abandonada no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG.

Quanto às Síndromes de dispersão, nas parcelas abaixo da copa houve predominância de espécies zoocóricas, com 23 espécies (46,94%), seguidas por anemocóricas, com 19 espécies (38,77%) e autocóricas, com sete espécies (14,28%). Nas parcelas fora da copa, não houve diferença entre as síndromes de dispersão, sendo que cada uma apresentou três espécies (33,3%) (Figura 1.6).

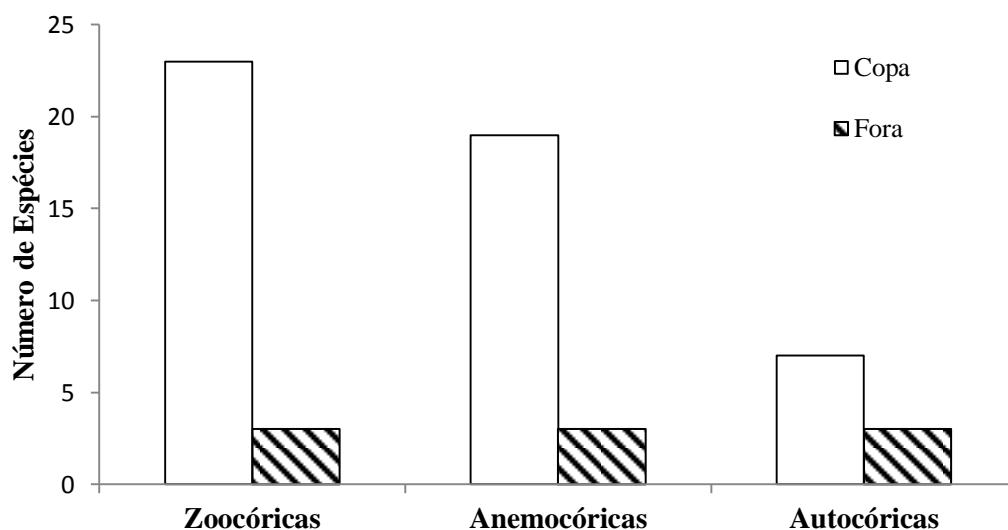


Figura 1.6 – Síndromes de dispersão das espécies lenhosas amostradas nas parcelas dentro e fora da copa de árvores isoladas em uma pastagem abandonada, Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG.

Tabela 1.2 – Regeneração natural do componente lenhoso encontrado em uma pastagem abandonada no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG. SD: Síndrome de dispersão. Parcela: indica em qual grupo de parcelas a espécie foi encontrada. ANE: anemocórica. AUTO: autocórica. ZOO: zoocórica. C: parcelas sob a copa. F: parcelas fora da copa.

(Continua...)

Família	Espécie	SD	Parcela
Verbenaceae	<i>Aloysia virgata</i> (Ruiz & Pav.) Juss.	ANE	C
Fabaceae	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	AUT	C,F
Annonaceae	<i>Annona sylvatica</i> A.St.-Hil.	ZOO	C
Apocynaceae	<i>Aspidosperma cuspa</i> (Kunth.) S.F. Blake ex Pittier	ANE	C
Apocynaceae	<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart.	ANE	C
Anacardiaceae	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	ANE	C
Fabaceae	<i>Bauhinia rufa</i> (Bong.) Steud.	AUT	C
Fabaceae	<i>Bauhinia ungulata</i> L.	AUT	C
Myrtaceae	<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O. Berg.	ZOO	C
Fabaceae	<i>Calliandra</i> sp.	AUT	C
Myrtaceae	<i>Campomanesia pubescens</i> (DC.) O.Berg.	ZOO	C

(Conclusão)

Família	Espécie	SD	Parcela
Myrtaceae	<i>Campomanesia velutina</i> (Cambess.) O.Berg.	ZOO	C
Salicaceae	<i>Casearia rupestris</i> Eichler	ZOO	C
Cannabaceae	<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.	ZOO	C
Solanaceae	<i>Cestrum</i> sp.	ZOO	C,F
Rubiaceae	<i>Chomelia pohliana</i> Müll. Arg.	ZOO	C
Asteraceae	<i>Chromolaena</i> sp.	ANE	C,F
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hook. & Arn.) Radlk	ZOO	C
Boraginaceae	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. Ex Steud	ZOO	C
Rubiaceae	<i>Cordiera sessilis</i> (Vell.) Kuntze	ZOO	C,F
Rubiaceae	<i>Cordiera</i> sp.	ZOO	C
Sapindaceae	<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.	ZOO	C
Lythraceae	<i>Diplusodon virgatus</i> Pohl.	AUT	C
Malvaceae	<i>Eriotheca gracilipes</i> (K.Schum.) A. Robyns	ANE	F
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum myrsinites</i> Mart.	ZOO	C
Myrtaceae	<i>Eugenia involucrata</i> DC.	ZOO	C
Rubiaceae	<i>Guettarda pohliana</i> Müll. Arg.	ZOO	C
Rubiaceae	<i>Guettarda virbunoides</i> Cham. & Schldl.	ZOO	C
Bignoniaceae	<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. Ex DC.) Mattos	ANE	C
Bignoniaceae	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. Ex DC.) Mattos	ANE	C
Bignoniaceae	<i>Handroanthus serratifolius</i> (A.H.Gentry) S.Grose	ANE	C
Malvaceae	<i>Helicteres brevispira</i> A.St.-Hil.	AUTO	C
Bignoniaceae	<i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart.	ANE	C
Malvaceae	<i>Luehea candicans</i> Mart. & Zucc	ANE	C
Malvaceae	<i>Luehea paniculata</i> Mart. & Zucc.	ANE	C
Fabaceae	<i>Machaerium aculeatum</i> Raddi	ANE	C
Fabaceae	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.)Poir.	AUT	F
Anacardiaceae	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	ANE	C,F
Myrtaceae	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	ZOO	C
Myrtaceae	<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	ZOO	C
Ochnaceae	<i>Ouratea castaneifolia</i> (DC.) Engl.	ZOO	C
Fabaceae	<i>Platypodium elegans</i> Vogel	ANE	C
Myrtaceae	<i>Psidium oligospermum</i> Mart. Ex. DC.	ZOO	C
Rhamnaceae	<i>Rhamnidium elaeocarpum</i> Reissek.	ZOO	C,F
Fabaceae	<i>Senna</i> sp.	AUT	C,F
Rubiaceae	<i>Simira viridiflora</i> (Allemão & Saldanha) Steyerm.	ANE	C
Malvaceae	<i>Sterculia striata</i> A.St.-Hil. & Naudin	ZOO	C
Fabaceae	<i>Sweetia fruticosa</i> Spreng.	ANE	C
Bignoniaceae	<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	ANE	C
Combretaceae	<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.	ANE	C
Melastomataceae	<i>Tibouchina barbigera</i> (Maudin) Baill.	ANE	C

Tabela 1.3 – Parâmetros estruturais da regeneração natural do componente lenhoso em pastagem abandonada no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG. COPA: valores encontrados nas parcelas sob a copa das árvores. FORA: valores encontrados nas parcelas fora da copa das árvores. DR: Densidade relativa, FR: Frequência relativa e RNT: Índice de regeneração natural. Obs.: As espécies estão organizadas em ordem decrescente dos valores de RNT encontrados nas parcelas sob a copa (COPA).

(Continua...)

Espécie	COPA			FORA		
	DR (%)	FR (%)	RNT (%)	DR (%)	FR (%)	RNT (%)
<i>Campomanesia velutina</i>	16,96	5,74	11,35	0,00	0,00	0,00
<i>Myracrodrion urundeuva</i>	10,27	9,02	9,64	4,76	7,14	5,95
<i>Jacaranda cuspidifolia</i>	5,80	6,56	6,18	0,00	0,00	0,00
<i>Anadenanthera colubrina</i>	4,46	4,92	4,69	4,76	7,14	5,95
<i>Psidium oligospermum</i>	7,14	1,64	4,39	0,00	0,00	0,00
<i>Luehea paniculata</i>	3,13	4,92	4,02	0,00	0,00	0,00
<i>Aspidosperma subincanum</i>	3,57	3,28	3,43	0,00	0,00	0,00
<i>Luehea candicans</i>	3,57	3,28	3,43	0,00	0,00	0,00
<i>Bauhinia rufa</i>	2,68	4,10	3,39	0,00	0,00	0,00
<i>Senna</i> sp.	3,13	3,28	3,20	61,90	42,86	52,38
<i>Cordiera sessilis</i>	3,13	2,46	2,79	4,76	7,14	5,95
<i>Calliandra</i> sp.	2,68	2,46	2,57	0,00	0,00	0,00
<i>Casearia rupestris</i>	1,79	3,28	2,53	0,00	0,00	0,00
<i>Terminalia glabrescens</i>	2,23	2,46	2,35	0,00	0,00	0,00
<i>Aloysia virgata</i>	1,79	2,46	2,12	0,00	0,00	0,00
<i>Aspidosperma cuspa</i>	1,79	2,46	2,12	0,00	0,00	0,00
<i>Dilodendron bipinatum</i>	1,79	2,46	2,12	0,00	0,00	0,00
<i>Guettarda virbunoides</i>	1,79	2,46	2,12	0,00	0,00	0,00
<i>Cestrum</i> sp.	1,34	2,46	1,90	4,76	7,14	5,95
<i>Diplusodon virgatus</i>	1,79	1,64	1,71	0,00	0,00	0,00
<i>Platypodium elegans</i>	1,79	1,64	1,71	0,00	0,00	0,00
<i>Myrcia splendens</i>	1,34	1,64	1,49	0,00	0,00	0,00
<i>Handroanthus serratifolius</i>	1,79	0,82	1,30	0,00	0,00	0,00
<i>Bauhinia ungulata</i>	0,89	1,64	1,27	0,00	0,00	0,00
<i>Chomelia pohliana</i>	0,89	1,64	1,27	0,00	0,00	0,00
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i>	0,89	1,64	1,27	4,76	7,14	5,95
<i>Sterculia striata</i>	0,89	1,64	1,27	0,00	0,00	0,00
<i>Erythroxylum myrsinoides</i>	0,89	0,82	0,86	0,00	0,00	0,00
<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	0,89	0,82	0,86	0,00	0,00	0,00
<i>Annona sylvatica</i>	0,45	0,82	0,63	0,00	0,00	0,00
<i>Astronium fraxinifolium</i>	0,45	0,82	0,63	0,00	0,00	0,00
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	0,45	0,82	0,63	0,00	0,00	0,00
<i>Campomanesia pubescens</i>	0,45	0,82	0,63	0,00	0,00	0,00
<i>Celtis iguanaea</i>	0,45	0,82	0,63	0,00	0,00	0,00
<i>Chromolaena</i> sp.	0,45	0,82	0,63	4,76	7,14	5,95
<i>Chrysophyllum marginatum</i>	0,45	0,82	0,63	0,00	0,00	0,00
<i>Cordia trichotoma</i>	0,45	0,82	0,63	0,00	0,00	0,00
<i>Cordiera</i> sp.	0,45	0,82	0,63	0,00	0,00	0,00

(Conclusão)

<b>Espécie</b>	<b>COPA</b>			<b>FORA</b>		
	<b>DR (%)</b>	<b>FR (%)</b>	<b>RNT (%)</b>	<b>DR (%)</b>	<b>FR (%)</b>	<b>RNT (%)</b>
<i>Eugenia involucrata</i>	0,45	0,82	0,63	0,00	0,00	0,00
<i>Guettarda pohliana</i>	0,45	0,82	0,63	0,00	0,00	0,00
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	0,45	0,82	0,63	0,00	0,00	0,00
<i>Helicteres brevispira</i>	0,45	0,82	0,63	0,00	0,00	0,00
<i>Machaerium aculeatum</i>	0,45	0,82	0,63	0,00	0,00	0,00
<i>Myrcia tomentosa</i>	0,45	0,82	0,63	0,00	0,00	0,00
<i>Ouratea castaneifolia</i>	0,45	0,82	0,63	0,00	0,00	0,00
<i>Simira viridiflora</i>	0,45	0,82	0,63	0,00	0,00	0,00
<i>Sweetia fruticosa</i>	0,45	0,82	0,63	0,00	0,00	0,00
<i>Tabebuia roseoalba</i>	0,45	0,82	0,63	0,00	0,00	0,00
<i>Tibouchina barbigera</i>	0,45	0,82	0,63	0,00	0,00	0,00
<i>Eriotheca gracilipes</i>	0,00	0,00	0,00	4,76	7,14	5,95
<i>Mimosa tenuiflora</i>	0,00	0,00	0,00	4,76	7,14	5,95
<b>TOTAL</b>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

#### 4. DISCUSSÃO

Dentre as árvores isoladas, a espécie *Pseudobombax tomentosum* se destacou pelo número de indivíduos (cinco das vinte árvores). Essa espécie é decídua, apresenta uma distribuição notoriamente agrupada e pode ser polinizada por morcegos e mamíferos de médio porte (Gribel 1988). Além de atrair os animais pela síndrome de polinização, as árvores dessa e das outras espécies funcionam como poleiros para as aves e outros animais voadores que tentam cruzar a matriz de pastagem e utilizam essas árvores como descanso e/ou fonte de alimento. Nessas paradas, os animais frugívoros depositam sementes provindas do remanescente florestal e potencializam a chuva de sementes logo abaixo da copa dessas árvores isoladas (Guevara *et al.* 1998, 2004, Padilla and Pugnaire 2006, Laborde *et al.* 2008). Essa atração de dispersores é um fator importante na recuperação de áreas degradadas, pois esses ambientes reduzem a chegada de propágulos, um dos principais fatores limitantes da regeneração natural em áreas abertas (Uhl *et al.* 1988, Nepstad *et al.* 1990, Holl 1999, Holl *et al.* 2000).

Um indicativo de que as árvores isoladas em ambientes de pastagem estão realmente atraindo esses dispersores é a predominância de espécies zoocóricas nas parcelas abaixo da copa, como já demonstrado em outros estudos realizados em pastagens abandonadas (Guevara *et al.* 1992, Guevara *et al.* 2005). Porém, nenhuma dominância foi encontrada nas parcelas fora da copa, o que pode ser gerado por diversos fatores. Estudos apontam que sementes

anemocóricas alcançam ambientes abertos com maior frequência que sementes dispersas por animais (Holl 1999, Blackham *et al.* 2013), porém, como a chuva de sementes não foi avaliada, não é possível afirmar essa predominância, visto que muitas sementes que atingem estas áreas degradadas não germinam ou não conseguem se estabelecer devido às diversas barreiras ambientais impostas.

Somando os dois microambientes avaliados, as estimativas da regeneração natural do componente lenhoso encontraram 51 espécies. Esse valor é próximo ao encontrado em outros dois estudos realizados no Parque Estadual do Pau Furado, em remanescentes de Floresta Estacional Decidual (Silva 2011, Silva *et al.* 2014), que registraram 52 e 53 espécies lenhosas, respectivamente. Porém, é interessante ressaltar que esses estudos foram desenvolvidos em áreas preservadas do Parque, revelando assim, o alto potencial de regeneração natural da pastagem aqui avaliada, que, apesar de sofrer grandes perturbações consegue manter uma alta diversidade e complexidade. A riqueza de espécies encontrada nesses trabalhos é condizente com os valores esperados para FED, situado entre 50 e 70 espécies (Gentry 1995).

Apesar de apresentarem o mesmo número de espécies, esse trabalho diferiu dos outros dois (Silva 2011, Silva *et al.* 2014) em relação a composição florística. No presente trabalho as famílias que apresentaram maior riqueza foram Fabaceae, Myrtaceae e Rubiaceae, no estudo de Silva (2011) as famílias que se destacaram, somando-se as duas classes de altura analisadas, foram Fabaceae, Rubiaceae e Meliaceae, e no levantamento realizado por Silva *et al.* (2014), seguindo os mesmos critérios, destacam-se Fabaceae, Rubiaceae e Bignoniaceae. Quanto às espécies que apresentaram maior estimativa de regeneração natural, apenas *Campomanesia velutina* e *Anadenanthera colubrina* apresentaram uma alta densidade e frequência nos três trabalhos realizados no mesmo Parque. Algumas espécies, como *Tabebuia roseoalba*, *Bauhinia unguifolia*, *Celtis iguanaea* e *Aloysia virgata*, que se destacaram nos outros estudos entre as cinco espécies com maiores estimativas de regeneração natural (Silva 2011, Silva *et al.* 2014), não se destacaram no presente levantamento, o que pode indicar que estas espécies encontraram dificuldades para se estabelecer nesse local degradado.

Na pastagem avaliada, as espécies que apresentaram maiores valores de RNT foram *Campomanesia velutina*, *Myracrodrion urundeuva*, *Jacaranda cuspidifolia*, *Anadenanthera colubrina* e *Psidium oligospermum*. Dentre essas, *M. urundeuva* (aroeira) e *A. colubrina* (angico-branco) são conhecidas pelo valor comercial de sua madeira. Devido ao grande potencial de regeneração natural dessas espécies, elas também se destacaram em outros

levantamentos realizados em FED, porém podem se tornar invasoras em áreas alteradas (Pariona *et al.* 2003, Murta *et al.* 2012, Silva *et al.* 2014). As espécies *C. velutina* e *P. oligospermum* pertencem à família Myrtaceae, caracterizada pelos frutos carnosos e comestíveis, que são dispersos por diversos animais, como aves e mamíferos (Gressler *et al.* 2006). Na área de estudo, essa dispersão zoocórica pode estar influenciando a distribuição espacial dessas duas espécies, que exibiram uma alta densidade, porém ocorreram com uma frequência baixa nas árvores. Para as outras espécies que também se destacaram, *M. urundeuva*, *J. cuspidifolia* e *A. colubrina*, apesar de não serem registradas com uma alta densidade, elas ocorreram de maneira mais homogênea na área, indicada pela elevada frequência. Como essas espécies são anemocóricas (*M. urundeuva*, *J. cuspidifolia*) e preferencialmente autocórica (*A. colubrina*), a matriz de pastagem não se torna uma barreira para sua dispersão, visto que seus dispersores são abióticos (Vieira and Scariot 2006). Observando essas diferenças na frequência e densidade das espécies, evidencia-se a importância de utilizar o índice de regeneração natural total (RNT), que associa esses dois valores, ambos importantes para a caracterização da regeneração natural.

Considerando os dois grupos de parcelas (sob e fora da copa das árvores), observamos uma grande diferença entre eles, tanto em densidade quanto em composição florística, demonstrando assim o efeito facilitador das árvores isoladas ao acelerar o processo de regeneração natural abaixo de suas copas. A densidade encontrada no presente estudo (cpa – 1,4 ind/m<sup>2</sup> e fora – 0,13 ind/m<sup>2</sup>) é muito próxima aos valores registrados por Guevara *et al.* (1992) (cpa - 1,4ind/m<sup>2</sup> e fora – 0,2 ind/m<sup>2</sup>). Porém, a densidade de indivíduos arbóreos sob a copa ainda é inferior à encontrada em outros estudos que avaliaram a composição florística abaixo da copa de árvores isoladas em ambientes abertos (Guevara *et al.* 2004 – 4,6 ind/m<sup>2</sup>, Arantes *et al.* 2014 – 2,48 ind/m<sup>2</sup>). Apesar dessa variação na densidade de indivíduos, esses estudos, assim como o presente trabalho, apontam uma diferença expressiva na densidade e na riqueza de espécies entre as parcelas sob e fora da copa. Um dos fatores que podem explicar essa diferença é a capacidade dessas árvores de amenizar as condições ambientais, como temperatura, umidade e incidência luminosa (Bertness and Hacker, 1994), fato esse que reduz uma das principais barreiras à regeneração natural em Florestas Estacionais Deciduais, a dessecação de sementes e mudas (Vieira and Scariot 2006). O efeito positivo do sombreamento, artificial ou pela copa das árvores, sob plântulas também já foi verificado em diversos estudos em condições de FED (Lieberman and Li 1992, Marod *et al.* 2002, McLaren and McDonald 2003).

Quanto à composição florística, notamos que além da baixa riqueza das parcelas em área aberta (nove espécies), apenas *Senna* sp. apresentou uma densidade considerável (treze indivíduos), já que as outras espécies foram representadas por somente um único indivíduo cada. O gênero *Senna* é composto por espécies de porte arbustivo, e são comumente encontradas como espécie invasora em pastos, terrenos baldios e plantações de cereais como soja, sorgo e trigo (Corrêa 1926, Lombardo *et al.* 2009). Assim, podemos considerar essas espécies mais resistentes a condições ambientais adversas, como as que predominam no ambiente de pastagem estudado.

## 5. CONCLUSÕES

A pastagem abandonada apresentou grande potencial de regeneração, tendo uma riqueza de espécies comparável, inclusive, com outros estudos realizados em áreas secundárias de Floresta Estacional Decidual. Comparando os dois ambientes estudados (abaixo e fora da copa de árvores isoladas), encontramos diferença expressiva na densidade e riqueza de indivíduos lenhosos. Esse resultado corrobora com pesquisas que tem apontado o efeito facilitador da regeneração sob a copa de árvores remanescentes em pastagens abandonadas (sem uso) e o potencial de uso dessas árvores na recuperação de ambientes degradados. Ao amenizar as condições ambientais, como temperatura e umidade (ver Capítulo 2), a copa dessas árvores pode proporcionar um microclima mais favorável para a germinação de sementes e o estabelecimento das plântulas.

Além das alterações favoráveis das condições ambientais, as árvores podem também funcionar como poleiros que atraem dispersores e incrementam a chuva de sementes local. Essa função é evidenciada pela maior porcentagem de espécies zoocóricas abaixo da copa das árvores, não havendo, ainda, predominância de nenhuma síndrome de dispersão nas parcelas em área aberta.

O processo de regeneração natural tem o papel de renovar a vegetação em ambientes florestais, e em áreas degradadas esse processo assume ainda maior valor, visto que ele conduzirá todo o processo de recuperação do ambiente. Entender os mecanismos que norteiam esse processo se torna fundamental, ao passo que cada vez mais áreas naturais têm sido degradadas e necessitam de planos efetivos de restauração e/ou recomposição da vegetação original.

## 6. REFERÊNCIAS<sup>1</sup>

- Alvares, C. A., J. L. Stape, P. C. Sentelhas, J. L. M. Gonçalves, and G. Sparovek. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, Fast Track DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507.
- Arantes, C. S., V. S. Vale, A. P. Oliveira, J. P. Júnior, S. F. Lopes, and I. Schiavini. 2014. Forest species colonizing cerrado open areas: distance and área effects on the nucleation process. Brazilian Journal of Botany **37(2)**: 143-150.
- Bertness, M. D., and S. D. Hacker. 1994. Physical stress and positive associations among marsh plants. The American Naturalist **144**: 363-372.
- Blackham, G. V., A. Thomas, E. L. Webb, and R. T. Corlett. 2013. Seed rain into a degraded tropical peatland in Central Kalimantan, Indonesia. Biological Conservation **167**: 215-223.
- Carvalho, P. E. R. 2003. Espécies Arbóreas Brasileiras. Volume I. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica. 1038p.
- Chase, M. W., and J. L. Reveal. 2009. A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III. Botanical Journal of the Linnean Society **161(2)**: 122-127.
- Chazdon, R. L., C. A. Harvey, O. Komar, D. M. Griffith, B. G. Ferguson, M. Martínez-Ramos, H. Morales, R. Nigh, L. Soto-Pinto, M. Breugel, and S. M. Philpott. 2009. Beyond Reserves: a research agenda for conserving biodiversity in human-modified tropical landscapes. Biotropica **41(2)**: 142-153.
- Cheung, K. C., D. Liebsch, and M. C. M. Marques. 2010. Forest Recovery in Newly Abandones Pastures in Southern Brazil: Implications for the Atlantic Rain Forest Resilience. Natureza & Conservação **8(1)**: 66-70.
- Corrêa, M. P. 1926. Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura.
- Costa, F. V., M. Fagundes, and F. S. Neves. 2010. Arquitetura da planta e diversidade de galhas associadas à *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae). Ecología Austral, Asociación Argentina de Ecología **20**: 9-17.
- Durigan, G., W. A. Contieri, G. A. D. C. Franco, and M. A. O. Garrido. 1998. Indução do processo de regeneração da vegetação de Cerrado em área de pastagem, Assis, SP. Acta botanica brasiliaca **12(3)**: 421-429.
- Felfili, J. M., F. A. Carvalho, and R. F. Haidar. 2005. Manual para monitoramento de parcelas permanentes nos Biomas Cerrado e Pantanal. Faculdade de Tecnologia: Universidade de Brasília.60p.

- Gentry, A. H. 1995. Diversity and composition of neotropical dry forests. Pages 46-194 in S. H. Bullock, H. A. Monney, and E. Medina, editors. Seasonally dry tropical forests. Cambridge University Press, New York.
- Gerhardt, K. 1996. Effects of root competition and canopy openness on survival and growth of tree seedlings in a tropical seasonal dry forest. *Forest Ecology and Management* **82**: 33-48.
- Gillespie, T.W. 1999. Life history characteristics and rarity of woody plants in tropical dry forest fragments of Central America. *Journal of Tropical Ecology* **15**:637649.
- Gómez-Aparicio, L., R. Zamora, J. M. Gómez, J. A. Hódar, J. Castro, and E. Baraza. 2004. Applying plant facilitation to forest restoration: a meta-analysis of the use of shrubs as nurse plants. *Ecological Applications* **14(4)**: 1128-1138.
- Gressler, E., M. A. Pizo, and P. C. Morellato. 2006. Polinização e dispersão de sementes em Myrtaceae do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* **29(4)**: 509-530.
- Gribel, R. 1988. Visits of *Caluromys lanatus* (Didelphidae) to Flowers of *Pseudobombax tomentosum* (Bombacaceae): A Probable Case of Pollination by Marsupials in Central Brazil. *Biotropica* **20(4)**: 344-347.
- Guevara, S., J. Laborde, and G. Sánchez-Ríos. 1998. Are isolated remnant trees in pastures a fragmented canopy? *Selbyana* **19**: 34-43.
- Guevara, S., J. Laborde, and G. Sánchez-Ríos. 2004. Rain forest regeneration beneath the canopy trees isolated in pastures of Los Tuxtlas, Mexico. *Biotropica* **36**: 99-108.
- Guevara, S., J. Laborde, and G. Sánchez-Ríos. 2005. Los árboles que la selva dejó atrás. *Interciencia* **30(10)**: 595-601.
- Guevara, S., J. Meave, P. Moreno-Casasola, and J. Laborde. 1992. Floristic composition and structure of vegetation under isolated trees in neotropical pastures. *Journal of Vegetation Science* **3**: 655-664.
- Harper, J.L. 1977. Population biology of plants. Academic Press, London, 892p.
- Holl, K. 1999. Factors limiting tropical rain forest regeneration in abandoned pasture: seed rain, seed germination, microclimate, and soil. *Biotropica* **31(2)**: 229-242.
- Holl, K. D., M. E. Loik, E. H. V. Lin, and I. A. Samuels. 2000. Tropical Montane Forest Restoration in Costa Rica: Overcoming Barriers to Dispersal. *Restoration Ecology* **8(4)**: 339-349.
- Instituto Estadual de Florestas (IEF). 2011. Plano de Manejo do Parque Estadual do Pau Furado. Governo de Minas, Uberlândia. Disponível em: <<http://paufurado.blogspot.com.br/p/biblioteca.html>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2014.

Instituto Estadual de Florestas (IEF). 2014. Parques Estaduais de Minas Gerais. Editora Horizonte, São Paulo, 256p.

Jankju, M. 2013. Role of nurse shrubs in restoration of an arid rangeland: Effects of microclimate on grass establishment. *Journal of Arid Environments* **89**: 103-109.

Janzen, D. H. 1988. Management of habitat fragments in a tropical dry forest: growth. *Annals of the Missouri Botanical Garden* **75(1)**: 105-116.

Kennard, D. K., K. Gould, F. E. Putz, T. S. Fredericksen, and F. Morales. 2002. Effect of disturbance intensity on regeneration mechanisms in tropical dry forest. *Forest Ecology and Management* **162**: 197-208.

Laborde, J., S. Guevara, and G. Sánchez-Ríos. 2008. Tree and shrub seed dispersal in pastures: The importance of rainforest trees outside forest fragments. *Ecoscience* **15(1)**: 6-16.

Lieberman, D., and M. G. Li. 1992. Seedling recruitment patterns in a tropical dry forest in Ghana. *Journal of Vegetation Science* **3**: 375-382.

Lista de Espécies da Flora do Brasil. 2014. Jardim Botânico de Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 18 Nov, 2014.

Lombardo, M., S. Kiyota, and T. M. Kaneko. 2009. Aspectos étnicos, biológicos e químicos de *Senna occidentalis* (Fabaceae). *Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada* **30(1)**: 9-17.

Lorenzi, H. 2008. Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Volume I. 5<sup>a</sup> Edição. Nova Odessa, Editora Plantarum. 384p.

Lorenzi, H. 2009b. Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Volume III. 1<sup>a</sup> Edição. Nova Odessa, Editora Plantarum. 384p.

Lorenzi, H. 2009a. Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Volume II. 3<sup>a</sup> Edição. Nova Odessa, Editora Plantarum. 384p.

Marod, D., U. Kutintara, H. Tanaka, and T. Nakashizuka. 2002. The effects of drought and fire on seed and seedling dynamics in a tropical seasonal forest in Thailand. *Plant Ecology* **161**: 41-57.

Martínez-Ramos, M. 1994. Regeneración natural y diversidad de especies arbóreas en selvas húmedas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **54**: 179-224.

Massoca, P. E. S., A. C. C. Jakovac, T. V. Bentos, G. B. Williamson, and R. C. G. Mesquita. 2012. Dinâmica e trajetórias da sucessão secundária na Amazônia Central. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais* **7(3)**: 235-250.

McLaren, K. P., and M. A. McDonald. 2003. The effects of soil moisture and shade on seed germination and seedling survival in a tropical dry forest in Jamaica. *Forest Ecology and Management* **183 (1-3)**: 61-75.

Mooney, H.A., S.H. Bullock, and E. Medina. 1995. Introduction. Pages 1-8 in S.H. Bullock, H.A. Monney, and E. Medina, editors. *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge University Press, New York.

Murta, R. O., F. P. Oliveira, and F. M. G. Coelho. 2012. A monodominância da aroeira no médio Rio Doce-MG, sua tutela jurídica e a identificação de uma situação-problema. *Revista VITAS – Visões Transdisciplinares sobre Ambiente e Sociedade* **3**. ISSN 2238-1627.

Nepstad, D. C., C. Uhl, and E. A. S. Serrão. 1990. Surmounting barriers to forest regeneration in abandoned, highly degraded pastures: a case study from Paragominas, Para, Brazil. Pages 215-229 in A. B. Anderson, editor. *Alternatives to Deforestation – Steps Toward Sustainable use of Amazon Rain Forest*, Columbia University Press, New York.

Niering, W. A., R. H. Whittaker, and C. H. Lowe. 1963. The saguaro: a population in relation to environment. *Science* **142**: 15–23.

Opdam, P., and D. Wascher. 2004. Climate change meets habitat fragmentation: linking landscape and biogeographical scale levels in research and conservation. *Biological Conservation* **117**: 285-297.

Padilla, F. M., and F. I. Pugnaire. 2006. The role of nurse plants in the restoration of degraded environments. *Frontiers in Ecology and the Environment* **4**: 196-202.

Pariona, W., T. S. Fredericksen, and J. C. Licona. 2003. Natural regeneration and liberation of timber species in logging gaps in two Bolivian tropical forests. *Forest Ecology and Management* **181**: 313-322.

Piqueray, J., L. Ferroni, L. Delescaille, M. Speranza, G. Mahy, and P. Poschlod. Response of plant functional traits during the restoration of calcareous grasslands from forest stands. *Ecological Indicators* **48**: 408-416.

Puig, H. 2008. A floresta tropical úmida. Editora da UNESP, São Paulo, 496p.

Queiroz, C. R. A. A., S. A. L. Morais, and E. A. Nascimento. 2002. Caracterização dos taninos da aroeira-preta (*Myracrodruon urundeuva*). *Revista Árvore* **26(4)**: 485-492.

Richards, P. W. 1996. The tropical rainforest: an ecological study. 2<sup>a</sup> Edição. Cambridge University Press, Cambridge..

Schimitz, M. C. 1992. Banco de sementes no solo em áreas do reservatório da UHE Paraibuna. Pages 7-8 in P. Y. Kageyama. Recomposição da vegetação com espécies arbóreas nativas em reservatórios de usinas hidrelétricas da CESP. SÉRIE IPEF, Piracicaba, 8(25).

Silva, L. C., L. H. Clemente, M. C. Vieira, and A. R. T. Nascimento. 2014. Regeneração natural da comunidade arbórea em um remanescente de Floresta Estacional Decidual, Uberlândia – MG. MG.BIOTA **7(1)**: 4-22.

Silva, P. P. F. 2011. Regeneração natural e relações ambientais em um remanescente de floresta estacional decidual no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG. Dissertation, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 86p.

Silva, W. C., L. C. Maragon, R. L. C. Ferreira, A. L. P. Felicio, and R. F. C. Junior. 2007. Estudo da regeneração natural de espécies arbóreas em fragmento de Floresta Ombrófila Densa, Mata das Galinhas, no Município de Catende, Zona da Mata Sul de Pernambuco. Ciência Florestal **17(4)**: 321-331.

Soliveres, S., D. J. Eldridge, F. T. Maestre, M. A. Bowker, M. Tighe, and A. Escudero. 2011. Microhabitat amelioration and reduced competition among understory plants as drivers of facilitation across environmental gradients: Towards a unifying framework. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics **13**: 247-258.

Souza, V. C., and H. Lorenzi. 2012. Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das Fanerógamas nativas e exóticas do Brasil, baseada em APG III. 3<sup>a</sup> Edição. Nova Odessa, Editora Plantarum. 768p.

Tropicos.org. 2014. Missouri Botanical Garden. Disponível em: <<http://www.tropicos.org>>. Acesso em: 18 Nov. 2014.

Uhl, C., R. Buschbacher, and E. A. S. Serrão. 1988. Abandoned pastures in eastern Amazonia. I. Patterns of Plant Succession. Journal Ecology **76**: 663-681.

Vesk, P. A., and M. Westoby. 2004. Sprouting ability across diverse disturbances and vegetation types worldwide. Journal of Ecology **92**: 310-320.

Vieira, D. L. M., V. V. de Lima, A. C. Sevilha, and A. Scariot. 2008. Consequences of dry-season seed dispersal on seedling establishment of dry forest trees: Should we restore seeds until the rains? Forest Ecology and Management, doi:10.1016/j.foreco.2008.04.052.

Vieira, D. L. M., and A. Scariot. 2006. Principles of natural regeneration of tropical dry forest for restoration. Restoration Ecology **14(1)**:11-20.

Vieira, I. C. G. 1996. Forest succession after shifting cultivation in eastern Amazônia. Stirling, PhD thesis, University of Stirling.

Vieira, I. C. G., C. Uhl, and D. Nepstad. 1994. The role of the shrub *Cordia multispicata* Cham. As a ‘Succession Facilitator’ in an abandoned pasture, Paragominas, Amazônia. Vegetatio **115(2)**: 91-99.

Vieira, L. M., A. L. B. Dias, and C. F. S. Castro. 2011. Avaliação da Atividade Alelopática e Ensaio Toxicológico de Extratos de *Myracrodruon urundeuva* Allemao – Anacardiaceae.

Anais do IX Seminário de Iniciação Científica, VI Jornada de Pesquisa e Pós-Graduação e Semana nacional de Ciência e Tecnologia. Universidade Estadual de Goiás.

Volpato, M. M. L. 1994. Regeneração natural em uma Floresta Secundária no Domínio de Mata Atlântica: uma análise fitossociológica. Dissertation. Universidade Federal de Viçosa.

Yepsen, M., A. H. Baldwin, D. F. Whigham, E. McFarland, M. LaForgia, and M. Lang. 2014. Agricultural wetlands restorations on the USA Atlantic Coastal Plain achieve diverse native wetland plant communities but differ from natural wetlands. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **197**: 11-20.

## CAPÍTULO 2

### **ÁRVORES ISOLADAS COMO FACILITADORAS DA REGENERAÇÃO NATURAL: AMENIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS E EFEITO POSITIVO PARA A COMPETIÇÃO INTERESPECÍFICA**

## RESUMO

A facilitação entre plantas ocorre quando um indivíduo melhora a sobrevivência, o crescimento ou o *fitness* de outro. Árvores isoladas em pastagens podem se tornar facilitadoras ao acelerar o processo de regeneração natural, amenizando as condições ambientais e reduzindo a competição com gramíneas abaixo da copa. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a interação positiva entre árvores remanescentes isoladas e indivíduos regenerantes de espécies lenhosas, assim como entender quais fatores podem estar influenciando a regeneração natural abaixo da copa dessas árvores. O presente estudo foi realizado em uma pastagem abandonada em condições de Floresta Estacional Decidual que se encontra dentro dos limites do Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG. Para o levantamento da regeneração natural e das condições ambientais, foram selecionadas vinte árvores isoladas e em cada uma foram instaladas quatro parcelas, duas sob a copa e duas em área aberta (fora da copa). Dentro das parcelas, todos os indivíduos lenhosos regenerantes foram medidos e identificados. Além da regeneração, algumas características das árvores que poderiam influenciar a comunidade abaixo da copa também foram mensuradas: altura da árvore, área e cobertura da copa e distância do fragmento mais próximo. Além disso, foram tomadas medidas de temperatura, umidade relativa do ar e cobertura do solo nas estações seca e chuvosa, para que fosse possível avaliar os efeitos do sombreamento e amenização ambiental da copa na regeneração natural. Como efeito direto, observamos graficamente que a temperatura e a umidade apresentaram menores oscilações ao longo do dia abaixo da copa, quando comparadas com as parcelas em área aberta, tanto na estação chuvosa quanto na estação seca. Considerando apenas o período diurno, a temperatura foi significativamente menor e a umidade relativa maior abaixo da copa nas duas estações. Como efeito indireto, a copa reduziu a cobertura de gramíneas, que competem fortemente com as espécies lenhosas por espaço e nutrientes. Desse modo, foi possível afirmar que as árvores isoladas facilitam a regeneração natural nessa área de pastagem abandonada ao proporcionar melhores condições ambientais abaixo de sua copa. Por fim, por meio da Análise de Correspondência Canônica (ACC) foi possível verificar que, dos fatores avaliados, os que exercem maior influência sobre a densidade de indivíduos foram a altura das árvores e a área de copa em conjunto com os dados de temperatura e umidade relativa (UR). Os dados ambientais e biofísicos explicaram 23,7% da variação na estação seca e 22,8% da variação na estação chuvosa. Devido às condições ambientais mais severas na estação seca, a relação espécies/ambiente foi significativa ( $p<0,05$ ), com a área de copa e UR se destacando como os fatores determinantes do processo de regeneração abaixo da copa das árvores.

**Palavras-chave:** Facilitação, interações positivas, pastagem abandonada.

## ABSTRACT

The facilitation amongst plants occurs when an individual enhances the survival, growing or fitness of other individual. Isolated trees in pastures may become facilitators when they accelerate the natural regeneration, assuaging the environmental conditions and reducing competition with grasses below the canopy. In this context, our study aimed to evaluate the positive interaction between isolated remnant trees and woody species regenerating individuals, as well as understand which factors might affect the natural regeneration below the canopy of these trees. This study was conducted in an abandoned pasture in Deciduous Seasonal Forest conditions, within the borders of Parque Estadual do Pau Furado (Pau Furado State Park), Uberlândia – MG. To survey the natural regeneration and the environmental conditions, we selected twenty isolated trees and set plots in each one, two plots below the canopy and two plots in open area (outside the canopy). All the woody regenerating individuals inside the plots were measured and identified. Besides the natural regeneration, we measured other trees characteristics that could affect the community below the canopy: tree height, canopy coverage and area, and the distance from the nearest fragment. We also measured relative humidity, temperature, and soil coverage in dry and rainy seasons in order to evaluate the shade effect and the canopy environmental easing effects on natural regeneration. As direct effect, we graphically observed that temperature and humidity oscillated less during the day below the canopy when compared to the plots in open area, in the dry and rainy seasons. Regarding only the day period, the temperatures were considerably lower and the relative humidity was higher below the canopy in both seasons. As indirect effect, the canopy reduced the grass coverage which strongly competes with woody species for space and nutrients. Therefore, it is possible to affirm that isolated trees facilitate natural regeneration in this abandoned pasture providing better environmental conditions below their canopies. Ultimately, by using a Canonical Correspondence Analysis (CCA) it was possible to ascertain that amongst the evaluated factors, those that most affected the density of individuals were tree height and canopy area combined with temperature and relative humidity (RH) data. The environmental and biophysical data explained 23.7% of variation in dry season and 22.8% of variation in rainy season. Due to more severe environmental conditions in the dry season, the relation species/environment was significant ( $p<0.05$ ), highlighting canopy area and RH as the determining factors below trees canopy.

**KEYWORDS:** Facilitation, positive interactions, abandoned pasture.

## 1. INTRODUÇÃO

Todos os organismos vivos interagem de alguma forma entre si e com o meio em que vivem. Essas interações podem ser benéficas ou negativas para um deles ou para ambos. As interações positivas são aquelas em que ao menos um dos organismos envolvidos é beneficiado (Begon *et al.* 2007, Del-Claro and Torezan-Silingard 2013). Clementes *et al.* (1926) foi um dos primeiros autores a formular uma hipótese para essas interações, quando elaborou sua teoria sobre comunidades funcionando como superorganismos, nos quais existe uma interdependência entre as espécies na comunidade. Mais tarde, Allee *et al.* (1949) descreveu interações positivas entre organismos dentro da mesma população.

Posteriormente, Connell and Slatyer (1977) utilizam o termo facilitação pela primeira vez, ao delinear três modelos de interações que as espécies poderiam apresentar ao decorrer de um processo de sucessão ecológica: inibição, tolerância e facilitação. No modelo de inibição, as colonizadoras impedem o estabelecimento de espécies sucessoras. No de tolerância, a presença ou ausência das colonizadoras não afeta o sucesso das sucessoras. E, no de facilitação, a colonização pelas primeiras espécies modifica positivamente o ambiente permitindo o estabelecimento de outras espécies que são mais exigentes quanto às condições ambientais.

Diversos autores também buscaram descrever outras formas de facilitação, principalmente entre plantas de comunidades estáveis, que não estão necessariamente passando por um processo de sucessão ecológica. Diferentes efeitos positivos foram descritos, como a atração de polinizadores comuns entre plantas vizinhas (Thomson 1978), o impacto positivo de arbustos na disponibilidade de nitrogênio do solo (García-Moya and McKell 1970), o compartilhamento de recursos por meio de redes de micorrízas em comum (Chiariello *et al.* 1982) e o efeito “Nurse Plant Syndrome” (Niering *et al.* 1963). Importante ressaltar que o trabalho que descreve esse último efeito foi citado como exemplo de estudo experimental no trabalho de Connell and Slatyer (1977) e será apresentado nesse trabalho em maiores detalhes, posteriormente.

Após esses estudos pioneiros, muitos outros trabalhos buscaram entender o modo como as espécies vegetais interagem entre si. Porém, Brooker *et al.* (2008) constatou que os estudos envolvendo interações negativas, como a competição, são dominantes na literatura em relação aos que tratam de interações positivas, quando comparou o total de artigos publicados em cinco

importantes revistas de ecologia (*American Naturalist*, *Ecology*, *Journal of Ecology*, *Oikos* e *Oecologia*) entre 1995 e 2006.

A competição ocorre em comunidades vegetais quando plantas vizinhas concorrem por água, nutrientes, luz, espaço e polinizadores (Brooker *et al.* 2008). Já na facilitação, uma planta deve melhorar a sobrevivência, o crescimento ou o *fitness* de outra (Connel and Slatyer 1977, Callaway 1997). Uma das teorias que poderiam explicar esse interesse desproporcional por interações negativas é a hipótese do gradiente de estresse (Bertness and Hacker 1994, He *et al.* 2013), que indica que a frequência relativa entre facilitação e competição deve variar inversamente ao longo de um gradiente de estresse, sendo a facilitação mais comum sob condições adversas. Assim, os principais estudos de facilitação foram realizados em locais com condições ambientais críticas, como regiões áridas, semiáridas, árticas ou degradadas (Maestre *et al.* 2001, Gasque and García-Fayos 2004, Blignaut and Milton, 2005). Porém, muitos estudos ecológicos são realizados em ambientes com alta diversidade e complexidade estrutural, como florestas e nesses locais, o maior número de indivíduos leva a uma forte competição por recursos e as interações negativas se tornam mais atuantes nessas comunidades (Bertness 1991, Pennings and Callaway 1992, Bertness and Hacker 1994). Já nos ambientes em que as condições são mais hostis, um número menor de espécies consegue se desenvolver e qualquer alteração benéfica no local, por mínima que seja, pode facilitar o estabelecimento de outra espécie ou indivíduo mais sensível (Padilla and Pugnaire 2006).

Essa facilitação pode ocorrer de duas formas, por meio de efeitos diretos ou indiretos. Os diretos envolvem alterações favoráveis de luz, temperatura, umidade do solo, nutrientes e oxigenação do solo (Soliveres 2011, Zhang and Shao 2013). Os efeitos como proteção contra herbívoros, atração de polinizadores comum, mudanças benéficas nas comunidades microbianas e micorrízicas do solo e redução da competição são considerados efeitos indiretos (García-Moya and McKell 1970, Thomson 1978, Chiariello *et al.* 1982, Brooker *et al.* 2008, Xiao and Michalet 2013).

Um caso específico de facilitação é a denominada “Nurse Plant Syndrome”. Niering *et al.* (1963), em um estudo experimental e pioneiro com uma espécie de cacto gigante e realizando o transplante de mudas, verificaram que os indivíduos transplantados não sobreviviam em áreas abertas, longe dos indivíduos adultos de cacto. Assim, demonstraram a influência positiva de plantas adultas sob plântulas, considerando que as condições ambientais próximas aos indivíduos adultos são mais amenas.

Outro termo associado a esse efeito é a nucleação. Nesse caso, uma árvore isolada altera dois fatores importantes do seu entorno, reduz a temperatura e aumenta a umidade abaixo da copa, ambos com consequência da redução da incidência direta de luz no solo e na interceptação da água da chuva (Callaway 1995, Reis *et al.* 2003). Essas modificações aumentam a probabilidade de colonização de novas espécies na área do núcleo (Yarranton and Morrison 1974). Os ambientes áridos e árticos são, por natureza, inóspitos, porém ambientes degradados também apresentam inúmeras barreiras ao estabelecimento da comunidade biótica, como compactação e falta de nutrientes no solo, dispersão de propágulos limitada, predação das sementes e alta herbivoria (Uhl *et al.* 1988, Nepstad *et al.* 1990; Holl *et al.* 2000). Devido a essa dificuldade de recuperação da vegetação original e a rápida expansão da degradação ambiental por todo o mundo, a biodiversidade presente nesses locais têm corrido grandes riscos (Holl *et al.* 2000).

Um exemplo dessa expansão é o bioma Cerrado, conhecido por um alto grau de endemismo, mas que apresenta mais da metade de sua área de cobertura original totalmente convertida em pastagens e áreas agrícolas, sendo que as pastagens representam mais de 41% da área total (Klink and Machado 2005). Esse dado se torna particularmente preocupante, visto que as pastagens, além de impor as barreiras à regeneração já citadas anteriormente, promovem a proliferação de gramíneas exóticas que, por serem competidoras eficientes, reduzem a diversidade biológica e intensificam os danos causados pelo fogo (Ziller 2001, Durigan *et al.* 1998, Cheung *et al.* 2010).

Quando se existe o interesse em recuperar essas áreas degradadas, para que elas voltem a exercer suas funções ecossistêmicas, é necessário elaborar um plano de restauração. Esses planos envolvem muitas etapas, e uma delas é conhecer as peculiaridades da área a ser restaurada, como a comunidade original do local, o histórico de uso da área e as barreiras impostas à regeneração natural. Essas características vão determinar se a área tem potencial para se recuperar naturalmente, ou se é necessário algum tipo de intervenção para acelerar esse processo (Holl and Aide 2011). Porém, uma questão que vem sendo negligenciada são as interações dominantes entre os organismos que estão se estabelecendo em um local degradado, que podem ser negativas ou positivas. Esse conhecimento pode ser importante para aprimorar os planos de restauração e torná-los mais rápidos e eficientes (Castro *et al.* 2002, Gómez-Aparicio *et al.* 2004, Padilla and Pugnaire 2006, Brooker *et al.* 2008, Gómez-Ruiz *et al.* 2013).

Com esse intuito, o presente trabalho teve como proposta principal demonstrar que a facilitação por árvores remanescentes isoladas pode acelerar o processo de regeneração natural em uma área de pastagem abandonada, originalmente coberta por Floresta Estacional Decidual. Nesse sentido, buscou-se também investigar que fatores podem influenciar a regeneração natural, pois se espera que árvores isoladas mais próximas do fragmento florestal, **com copas maiores e mais densas**, com as condições ambientais mais amenizadas e que consigam reduzir a competição com gramíneas possibilitem que um maior número de indivíduos se estabeleça abaixo da copa.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Área de estudo**

A área de estudo localiza-se no Parque Estadual do Pau Furado, entre os municípios de Araguari e Uberlândia, MG. Dentro do Parque, foi selecionada uma pastagem antiga (sem uso), com aproximadamente 10 hectares, que se encontra próxima à sede (ver Capítulo 1).

A área era utilizada como pastagem para gado antes de ser incorporada ao Parque, em 2007. Por isso, sua principal característica é a extensa cobertura por gramíneas exóticas, principalmente *Brachiaria* sp., e a presença de árvores remanescentes isoladas, antes usadas como descanso pelos animais. A área apresenta ainda alguns pontos alagáveis. Após a criação do Parque, o gado foi retirado da área e nenhuma interferência foi realizada, estando assim em processo de regeneração por oito anos.

### **2.2. Escolha das árvores isoladas e levantamento da regeneração natural**

Vinte árvores isoladas foram escolhidas seguindo determinados critérios. Em cada árvore foram instaladas quatro parcelas, duas sob a copa e duas em área aberta, sem influência da copa, criando-se assim dois grupos de parcelas, chamados de “copia” e “fora”. Dentro das mesmas, todos os indivíduos regenerantes foram medidos e identificados. Para maiores detalhes, ver Capítulo 1.

### **2.3. Levantamento das condições ambientais**

Com o objetivo de identificar qual fator pode estar atuando no processo de facilitação e explicar as diferenças na regeneração natural nos dois microambientes, algumas condições ambientais foram avaliadas: cobertura do solo, cobertura da copa, temperatura e umidade.

Essas variáveis foram medidas em duas épocas do ano (Figura 2.1), durante a estação seca (agosto de 2014) e durante a estação chuvosa (janeiro de 2015).

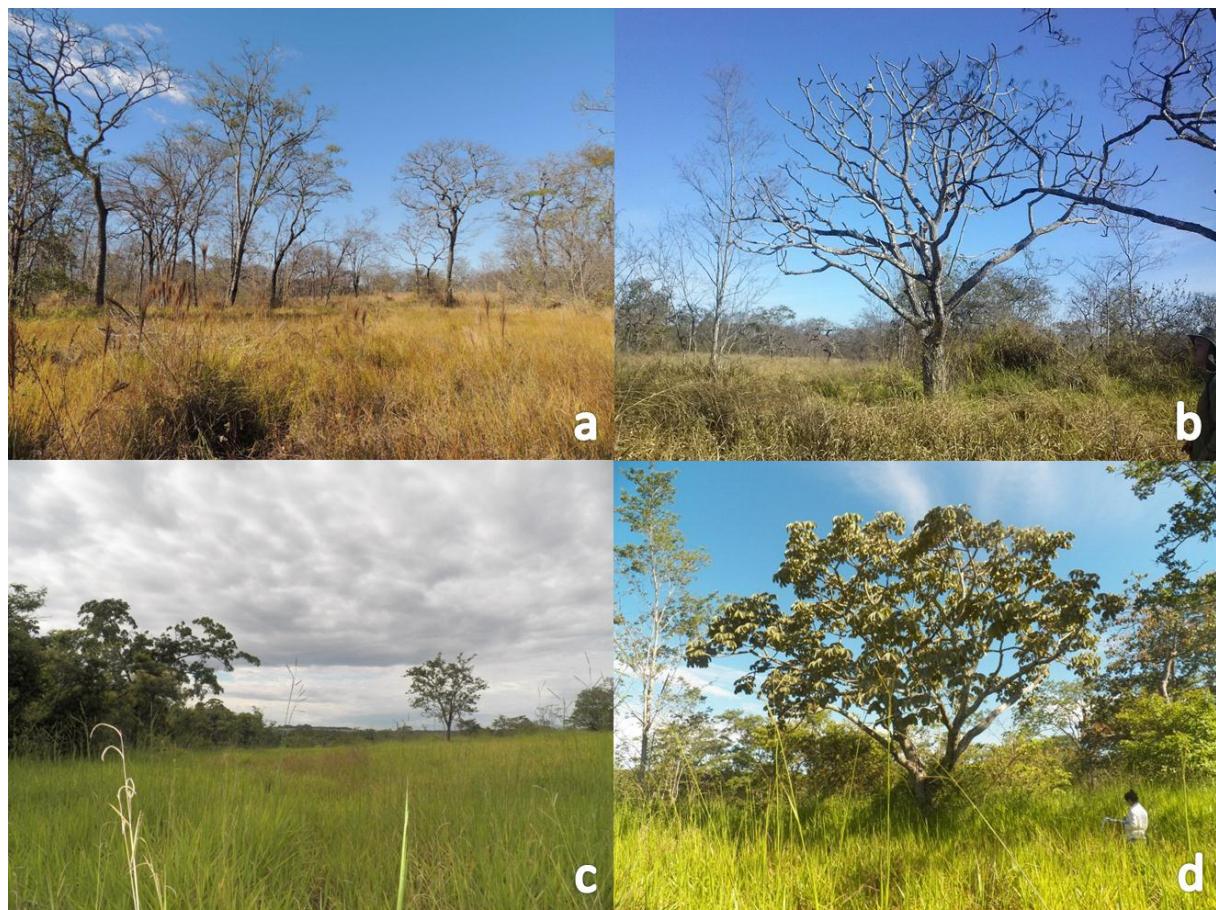


Figura 2.1 – Vista da área de estudo durante a estação seca (a, b) e durante a estação chuvosa (c, d). As fotos “b” e “d” foram tiradas do mesmo ponto. Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG, Brasil.

Para medir a cobertura do solo foram utilizadas duas metodologias, em ambas as condições do solo foram divididas nas seguintes categorias: solo exposto, coberto por gramíneas, coberto por indivíduos de espécies arbóreas e coberto por indivíduos de espécies herbáceas (exceto gramíneas). O que difere as metodologias é o equipamento utilizado para realizar a mensuração. Para a primeira, utilizou-se um quadro de ferro com as medidas de 0,5 m x 0,5 m, subdividido em 25 quadrados de 0,1 m x 0,1 m (Figura 2.2a,b). Para ser considerado de determinada categoria, o quadrado menor deveria apresentar mais de 50% de seu interior preenchido por aquela condição. Cada um dos 25 quadrados representam 4% do total de 100% da cobertura do solo e cálculos posteriores foram realizados para converter os dados de campo em porcentagem. Para a segunda, empregou-se o método de intercepto linear (Floyd and Anderson 1987), utilizando uma linha reta de 1 m de comprimento para medir a cobertura

(Figura 2.2c,d). Cada centímetro da linha foi avaliado e enquadrado em uma das categorias anteriormente citadas, totalizando 100% de cobertura do solo. As duas metodologias foram aplicadas em todas as parcelas em que foi realizado o levantamento, sendo que ambos instrumentos foram alocados no centro do lado da parcela mais próximo da árvore (Figura 2.3), sempre a uma altura de 40cm do solo.



Figura 2.2 – Metodologias utilizadas para medir cobertura de solo. Metodologia do quadrado de 0,25m<sup>2</sup>, constando de um quadro de ferro com as medidas de 0,5 m x 0,5 m, subdividido em 25 quadrados de 0,1 m x 0,1 m (a e b). Método de intercepto, constando de uma linha reta de 1m de comprimento (c e d).

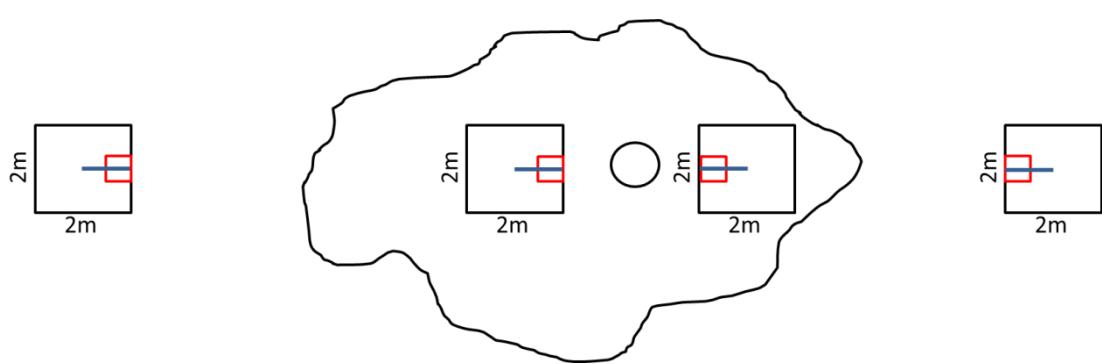


Figura 2.3 - Esquema do posicionamento das duas metodologias utilizadas para medir cobertura do solo nas parcelas (2 m x 2 m) dentro e fora da área de copa das árvores isoladas (linha preta irregular) em pastagem abandonada.

Para medir a cobertura da copa das árvores isoladas, foi utilizado um densímetro esférico (Lemmon 1957). A medida foi realizada quatro vezes em cada árvore, seguindo as direções Norte, Sul, Leste e Oeste. Então, foi calculada a média dessas quatro medidas e o valor multiplicado por 1,04, para obter uma estimativa da porcentagem de cobertura, conforme indicado no equipamento.

As estimativas de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) e umidade relativa do ar (%UR) foram feitas com o auxílio de *Dataloggers* de Temperatura e Umidade (HT-500 Instrutherm), os quais foram instalados nas parcelas no sentido Leste nas árvores isoladas. Os aparelhos foram instalados a uma altura média de 0,5m do solo, e programados para tomar medidas de hora em hora, até que se completasse um ciclo de 24h em cada parcela. Para uma comparação pareada, dois aparelhos eram acionados simultaneamente nas parcelas sob e fora da copa da mesma árvore e deixados em campo até o dia seguinte.

## **2.4. Análise de dados**

### **2.4.1. Densidade de indivíduos e riqueza de espécies**

Para comparar os dois ambientes amostrados, sob e fora da copa, foram realizadas as médias das duas parcelas do mesmo ambiente em cada árvore, assim, cada árvore possui um valor de densidade de indivíduos ( $\text{ind}/\text{m}^2$ ) e riqueza de espécies (espécies/árvore) em cada um dos ambientes. Esses valores foram utilizados nos testes estatísticos pareados.

A normalidade dos dados foi testada utilizando o teste Liliefors (Zar 1999). Como os dados não se enquadravam na distribuição normal, foi utilizado o teste não-paramétrico Wilcoxon (pareado) (SYSTAT® 12 Version 12.00.08) para comparar os valores de densidade de indivíduos e de número de espécies entre os dois ambientes estudados, sob e fora da copa.

### **2.4.2. Cobertura do solo**

As duas metodologias empregadas apresentaram valores muito semelhantes entre si, assim optou-se por utilizar os dados obtidos por meio do quadro de ferro (0,5 m x 0,5 m), por esse apresentar menor erro-padrão.

Os valores obtidos para cada categoria em cada um dos ambientes analisados nas duas estações, seca e chuvosa, foram representados em gráficos de colunas com suas respectivas médias e desvios-padrão.

Com o intuito de verificar possíveis diferenças na porcentagem de cobertura do solo por gramíneas, visto que é esperado que a copa reduzisse a propagação dessas espécies no local (Brooker *et al.* 2008), somente esse dado foi utilizado para comparar as médias de cobertura sob e fora da copa de cada árvore. O teste Liliefors (Zar 1999) foi utilizado para testar a normalidade dos dados, porém esses não apresentaram distribuição normal, mesmo após as transformações cabíveis. Assim, utilizou-se o teste Wilcoxon (pareado) (SYSTAT® 12 Version 12.00.08) para comparar as médias obtidas sob e fora da copa de cada árvore.

#### **2.4.3. Temperatura e umidade relativa do ar**

Para ilustrar o comportamento dos dados de temperatura e umidade relativa, foram realizados gráficos de ciclos diários para cada uma das estações. Para elaboração do gráfico, utilizaram-se as médias para cada intervalo de hora, considerando as vinte árvores isoladas amostradas.

Para comparar os dois ambientes, optou-se por utilizar a média dos valores obtidos entre 06h30min e 18h30min em cada parcela das árvores, por esse ser o horário de maior incidência solar e apresentar condições mais críticas para as plantas. Após testar a normalidade dos dados, utilizou-se o Teste-t (pareado) (SYSTAT® 12 Version 12.00.08) para comparar as médias de temperatura e umidade relativa do ar nos dois ambientes, sob e fora da copa, para as duas estações do ano, seca e chuvosa.

#### **2.4.4. Análise de Correspondência Canônica**

A Análise de Correspondência Canônica (ACC) foi escolhida para avaliar a relação entre a distribuição de espécies na copa das árvores e as variáveis biofísicas e ambientais por se tratar de uma análise direta de gradientes (*sensu* ter Braak 1995). Este método permite a visualização das correlações entre vegetação e ambiente de maneira sintética em um único gráfico *biplot*, e torna possível testar a significância das correlações entre árvores isoladas e variáveis ambientais e biofísicas usando o teste de Monte Carlo (ter Braak 1987, Kent and Coker, 1992).

Para a análise foram utilizadas duas matrizes, uma contendo a densidade de espécies em cada árvore isolada (considerada uma amostra) e outra contendo as seguintes variáveis biofísicas e ambientais para cada árvore: altura e área de copa, distância da árvore até o fragmento de FED mais próximo, porcentagem de cobertura por gramíneas e a média de temperatura e umidade relativa do ar durante o período diurno. Para a matriz de espécies,

foram excluídas as espécies consideradas raras, que apresentaram somente um indivíduo na amostragem (Oliveira-Filho *et al.* 2001). Dentre as variáveis biofísicas, os dados de cobertura de copa foram excluídos da análise, por serem considerados correlacionados com a área de copa e o uso das duas variáveis poderia confundir ou dificultar a interpretação dos resultados. O teste de Monte Carlo com 999 permutações e a ACC foram realizados usando o programa PC-ORD Versão 5.10 (McCune and Mefford 2006).

Os dados das estações seca e chuvosa foram analisados separadamente, sendo que a matriz contendo a densidade das espécies e os dados de altura e copa das árvores e distância da árvore até o fragmento mais próximo foram os mesmos para as duas análises.

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1. Densidade de indivíduos e riqueza de espécies**

A densidade média de indivíduos regenerantes foi maior nas parcelas sob a copa das árvores, quando comparada com as parcelas fora da copa. A riqueza de espécies também foi maior nas parcelas sob a copa das árvores. Os valores médios de densidade e riqueza para cada ambiente e dos testes estão dispostos na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Valores médios de densidade de indivíduos e riqueza de espécie encontrados nas parcelas sob e fora a copa de árvores isoladas em pastagem abandonada no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG.

<b>Parâmetro</b>	<b>Copa (Média±DP)</b>	<b>Fora (Média±DP)</b>	<b>Z</b>	<b>p</b>
Densidade de indivíduos (ind/m <sup>2</sup> )	1,42±1,2	0,13±0,17	-3,85	<0,001
Riqueza de espécies (espécie/árvore)	6,20±3,9	0,70±0,8	-3,89	<0,001

#### **3.2. Cobertura do solo**

A cobertura do solo por gramíneas foi maior nas parcelas fora da copa, tanto na estação seca ( $Z=3,34$ ;  $p=0,001$ ) quanto na estação chuvosa ( $Z=3,24$ ;  $p<0,001$ ). As porcentagens médias de cobertura para cada categoria (gramíneas, solo exposto, herbáceas e arbóreas) estão representadas na Figura 2.4. As duas categorias que reuniram a maior porcentagem de cobertura foram as gramíneas exóticas e solo exposto (Figura 2.4).

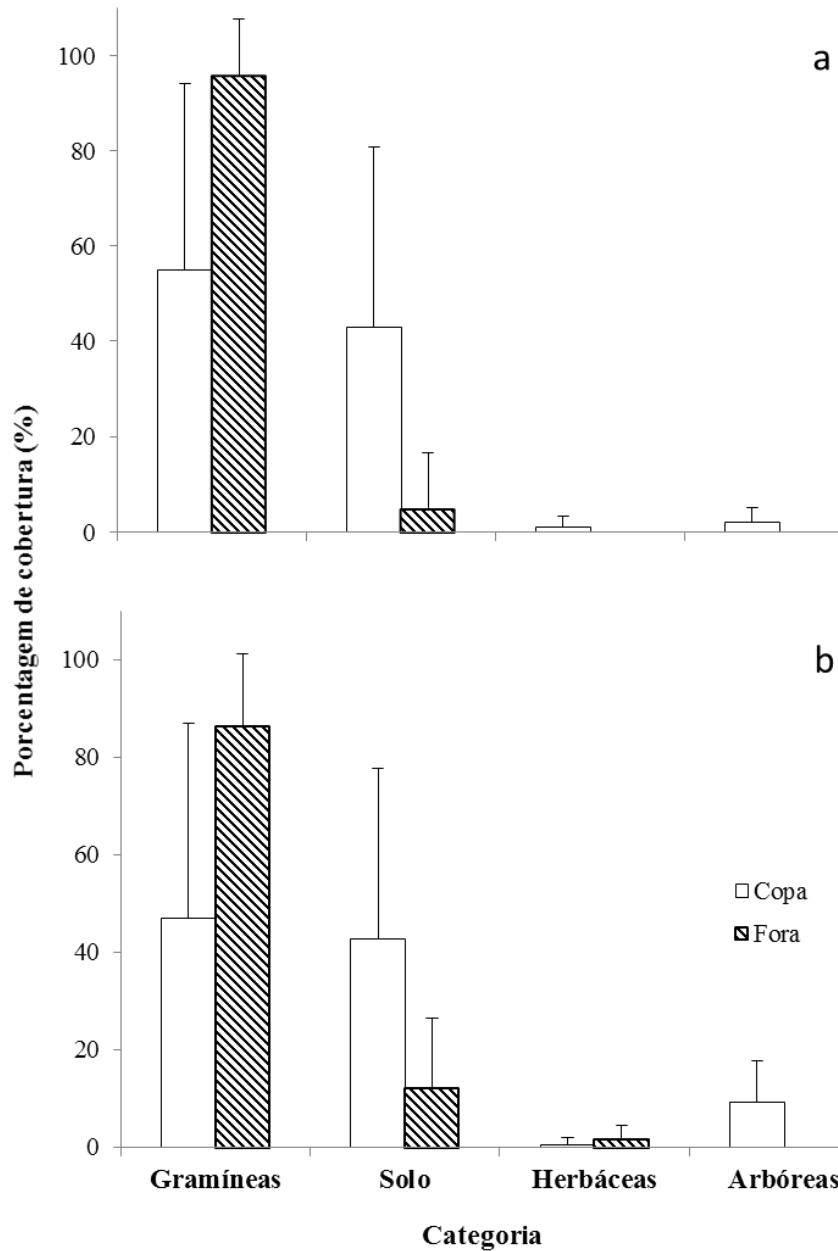


Figura 2.4 – Porcentagem de cobertura do solo (média e desvio-padrão) nos dois ambientes avaliados (sob e fora da copa de árvores isoladas) nas duas estações do ano: estação seca (a) e estação chuvosa (b). Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG, Brasil.

### 3.3. Temperatura e umidade relativa do ar

As variações de temperatura e umidade relativa do ar ao longo do dia foram menores nas parcelas sob a copa das árvores, tanto na estação seca quanto na chuvosa, evidenciando o efeito facilitador das árvores isoladas. Assim, podemos observar nas Figuras 2.5 e 2.6 uma maior amplitude de valores no ambiente fora da copa.

Considerando apenas os valores do período diurno (06:30 – 18:30), a temperatura foi menor nas parcelas sob a copa das árvores, nas duas estações. Quanto à umidade relativa, ela

também foi menor nas parcelas sob a copa na estação seca, porém não diferiu entre os ambientes durante a estação chuvosa (Tabela 2.2).

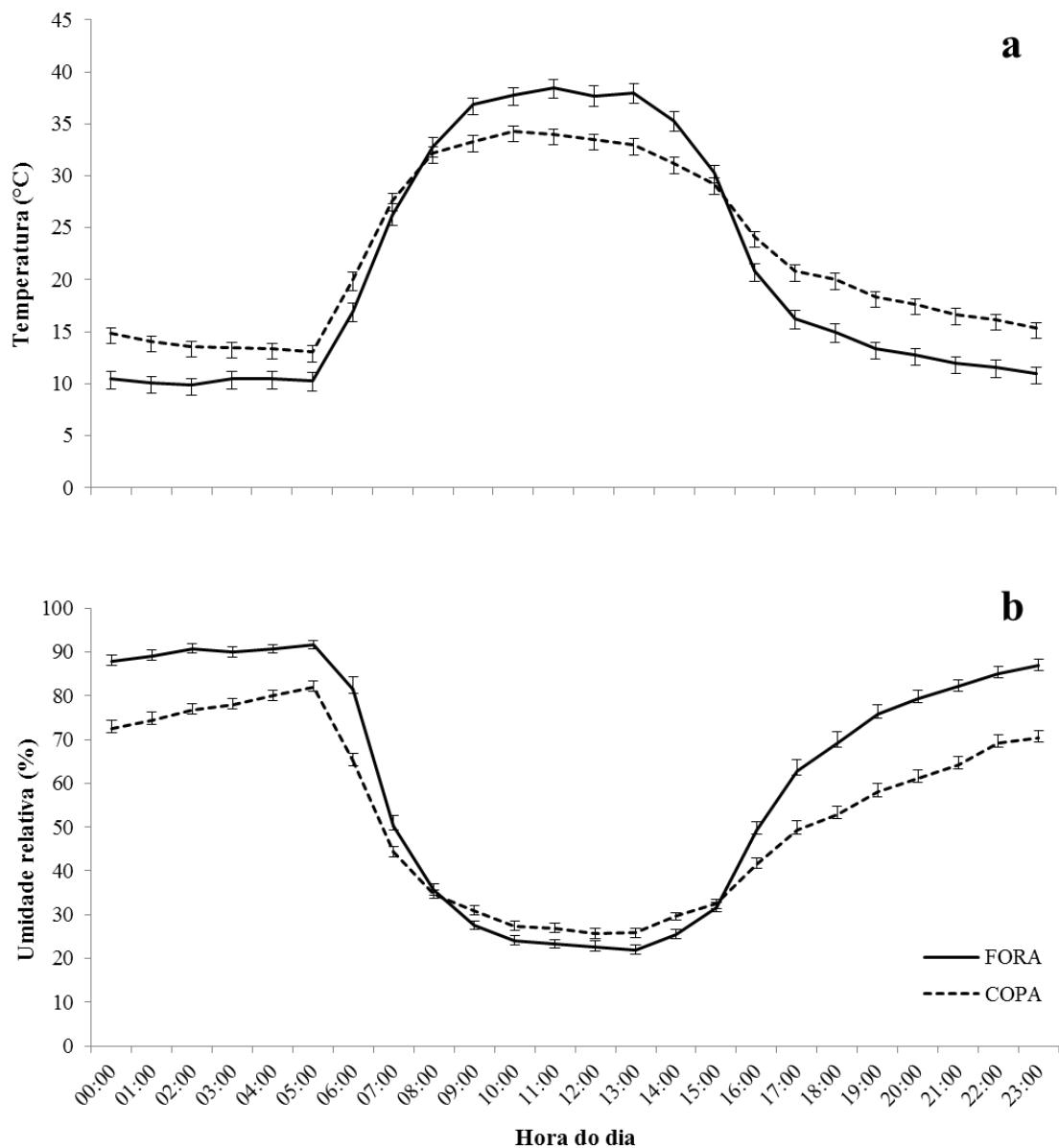


Figura 2.5 – Curso diário dos valores médios (média e erro-padrão) de Temperatura (a) e Umidade Relativa do Ar (b), durante a estação seca, sob e fora da copa de árvores isoladas em uma pastagem abandonada no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG, Brasil.

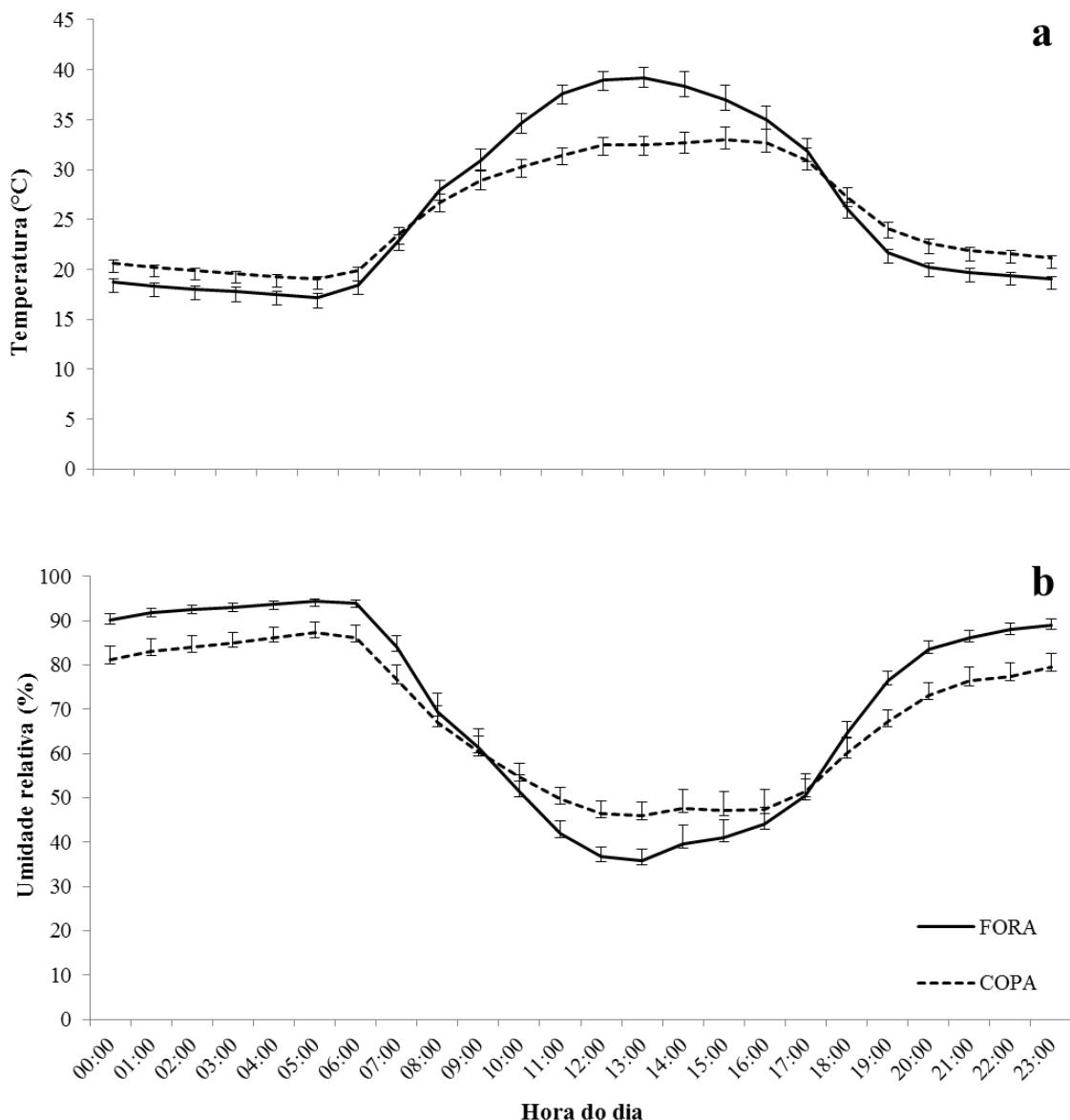


Figura 2.6 – Curso diário dos valores médios (média e erro-padrão) de Temperatura (a) e Umidade Relativa do Ar (b), durante a estação chuvosa, sob e fora da copa de árvores isoladas em uma pastagem abandonada no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG, Brasil.

Tabela 2.2 – Valores médios de temperatura e umidade relativa do ar, nas estações seca e chuvosa, para as parcelas sob e fora a copa de árvores isoladas em uma pastagem abandonada no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG.

Estação	Parâmetro	Copa (Média±DP)	Fora (Média±DP)	t	p
Seca	Temperatura (°C)	29,4 ± 1,3	30,6 ± 2,0	-2,84	0,01
	Umidade relativa (%)	36,1 ± 2,4	37,9 ± 3,6	-3,38	0,003
Chuvosa	Temperatura (°C)	29,6 ± 3,0	32,7 ± 3,2	-8,75	<0,001
	Umidade relativa (%)	56,4 ± 12,6	54,1 ± 11,6	1,95	0,06

### 3.4. Análise de Correspondência Canônica (ACC)

Na estação seca, os dados ambientais e biofísicos explicaram 23,7% da variação da relação espécie/ambiente para a regeneração abaixo da copa das árvores isoladas. Na estação chuvosa, esse valor foi de 22,8%. A relação espécie/ambiente foi significativa apenas para a estação seca, pelo teste de Monte Carlo ( $p<0,05$ ), período em que as condições ambientais foram mais severas durante o ano. Nas duas estações, a área de copa e a altura da árvore mostraram relação significativa com a distribuição das espécies lenhosas para o primeiro eixo da ordenação (Tabela 2.3 e 2.4). Porém, na estação seca, o fator umidade relativa do ar apresentou relação significativa somente com o Eixo 2 (Figura 2.7 e Tabela 2.3), e na estação chuvosa não houve predominância de nenhum dos fatores (Figura 2.8 e Tabela 2.4).

Tabela 2.3 – Correlações canônicas entre a regeneração natural e as variáveis analisadas para a estação seca em uma pastagem abandonada no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG. Os valores em negrito são considerados significativos na análise.

<b>Parâmetro</b>	<b>Eixo 1</b>	<b>Eixo 2</b>	<b>Eixo 3</b>
Altura da árvore	<b>-0,761</b>	0,174	0,046
Área de copa	<b>-0,782</b>	-0,275	0,082
Distância do fragmento mais próximo	0,233	-0,427	<b>-0,745</b>
Cobertura de gramíneas	0,493	0,065	-0,133
Temperatura	-0,596	0,070	<b>-0,684</b>
Umidade Relativa do Ar	0,454	<b>0,604</b>	0,390

Tabela 2.4 – Correlações canônicas entre a regeneração natural e as variáveis analisadas para a estação chuvosa em uma pastagem abandonada no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG. Os valores em negrito são considerados significativos na análise.

<b>Parâmetro</b>	<b>Eixo 1</b>	<b>Eixo 2</b>	<b>Eixo 3</b>
Altura da árvore	<b>-0,739</b>	0,385	-0,376
Área de copa	<b>-0,794</b>	-0,079	-0,402
Distância do fragmento mais próximo	0,437	-0,289	<b>-0,703</b>
Cobertura de gramíneas	0,406	-0,057	0,103
Temperatura	<b>0,760</b>	0,309	0,362
Umidade Relativa do Ar	<b>0,680</b>	0,306	0,356

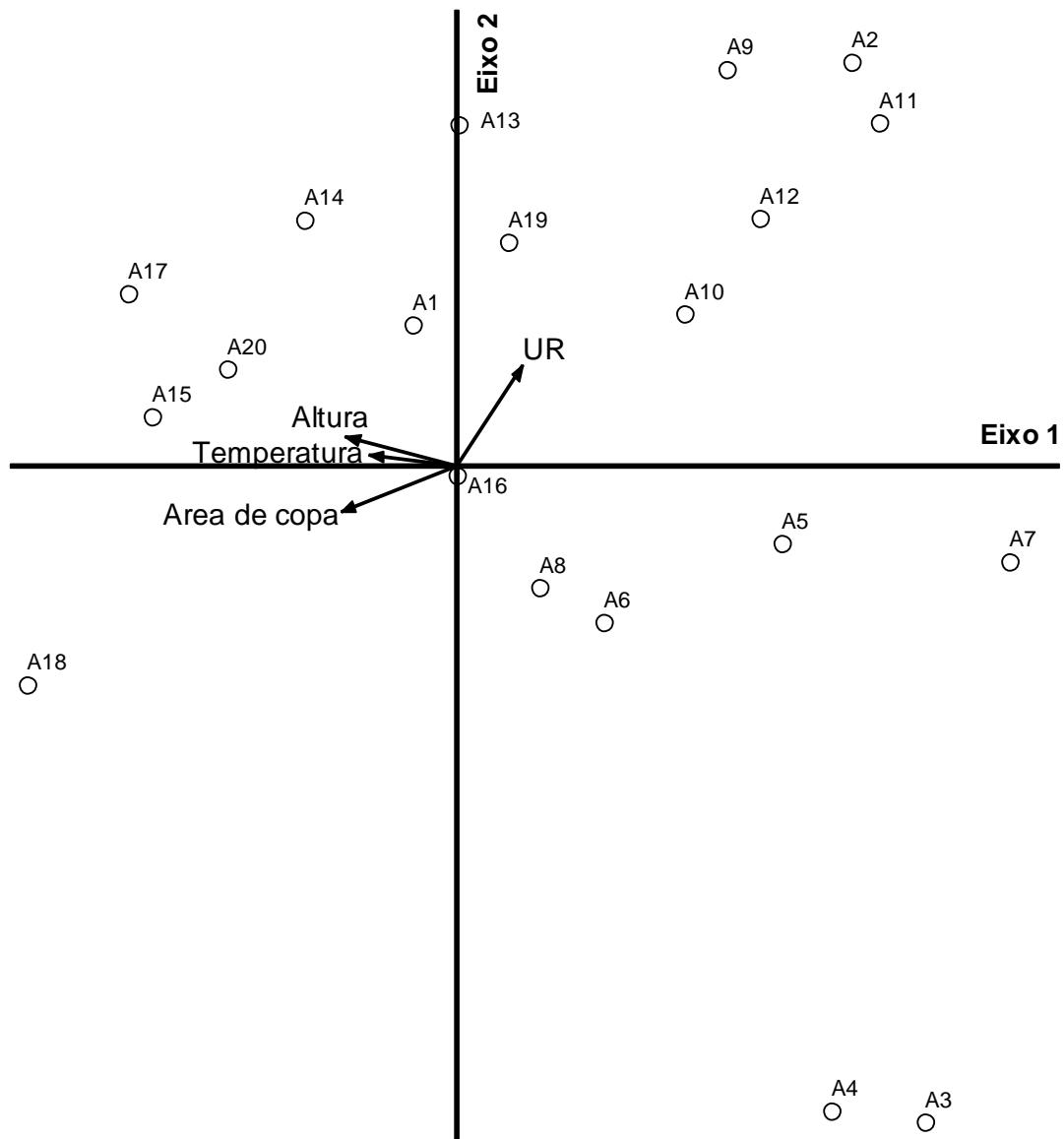


Figura 2.7 – Análise de Correspondência Canônica (ACC) para vinte árvores isoladas em pastagem abandonada no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG, Brasil. Dados da estação seca de agosto de 2014. Cada círculo representa uma árvore e as setas as variáveis ambientais e biofísicas medidas em todas as árvores.

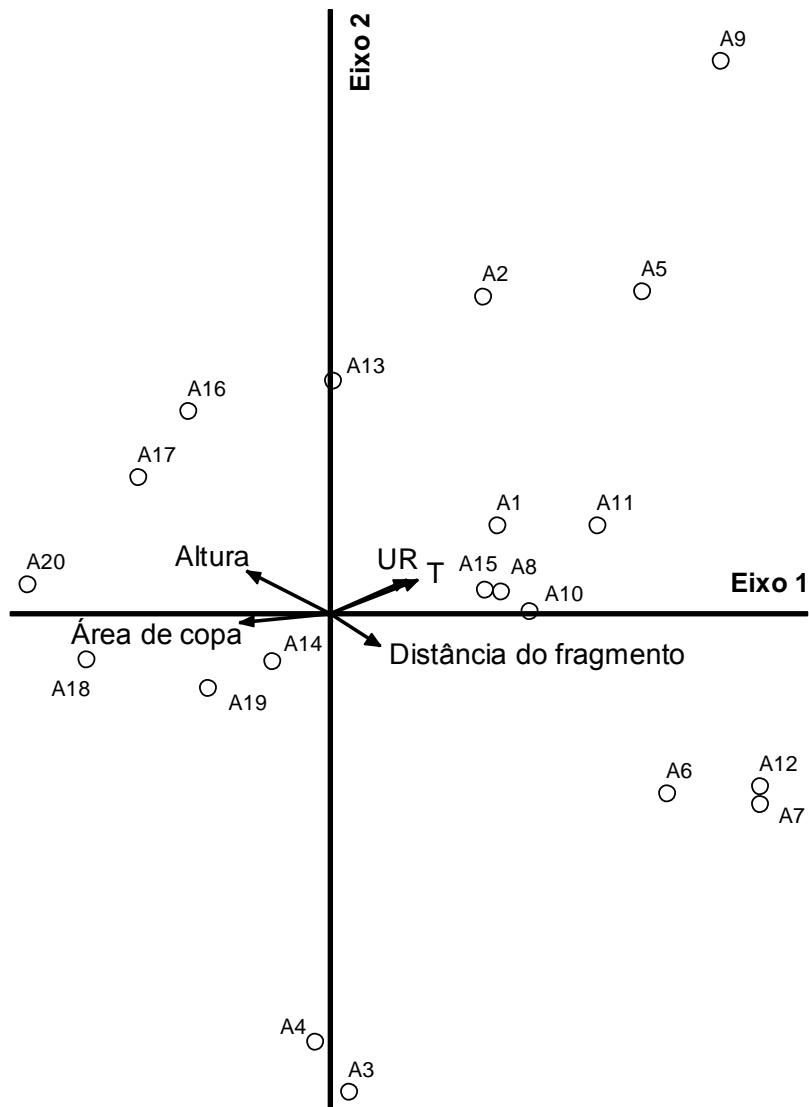


Figura 2.8 – Análise de Correspondência Canônica (ACC) para vinte árvores isoladas em pastagem abandonada no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, MG, Brasil. Dados da estação chuvosa de janeiro de 2015. Cada círculo representa uma árvore e as setas as variáveis ambientais e biofísicas medidas em todas as árvores.

#### 4. DISCUSSÃO

Na área de estudo, foi possível observar o efeito facilitador das árvores isoladas sob a regeneração natural do componente lenhoso, visto que foram observadas diferenças significativas na densidade de indivíduos e na riqueza de espécies entre os dois ambientes: sob a copa das árvores e na área aberta (sem a influência da copa), sendo que fora da copa a densidade e a riqueza foram extremamente baixas. Esse resultado também foi encontrado em outros trabalhos que fizeram comparação similar (Guevara *et al.* 1986, Guevara *et al.* 1992, Silva 2013). Essas observações demonstram que as árvores isoladas podem acelerar o processo de regeneração natural em ambientes abertos, por facilitar a chegada de propágulos e o estabelecimento das plântulas de espécies lenhosas (Guevara *et al.* 1986, Guevara *et al.* 1998, 2004, 2005, Arantes *et al.* 2014).

Essa facilitação pode ser gerada por diversos fatores, que podem atuar de forma direta ou indireta sob a vegetação regenerante. Diretamente as árvores isoladas podem amenizar a temperatura e reter a umidade logo abaixo de sua copa, o que proporcionaria melhores condições para o estabelecimento e crescimento de plântulas de espécies arbóreas (Soliveres 2011, Zhang and Shao 2013). No presente estudo, foi possível observar o efeito da amenização térmica pela copa de árvores isoladas em pastagem abandonada, visto que a temperatura média no período diurno foi mais baixa nas parcelas abaixo da copa do que nas parcelas em áreas abertas. Muitos trabalhos destacam a importância desse efeito na facilitação entre plantas (Niering *et al.* 1963, Callaway 1995, Castro *et al.* 2002, Padilla and Pugnaire 2006), porém poucos trabalhos buscaram comprovar uma redução efetiva da temperatura abaixo da copa de árvores isoladas. Soliveres *et al.* (2011) mostraram que arbustos em áreas abertas da Austrália melhoraram as condições microclimáticas abaixo da copa, porém Vieira *et al.* (1994) não encontraram diferenças significativas de temperatura e umidade relativa entre áreas abertas de uma pastagem abandonada na Amazônia e ambientes abaixo da copa de arbustos. Quanto à umidade relativa do ar, nesse estudo também não foi encontrada diferença entre os ambientes dentro e fora da copa das árvores na estação chuvosa, e, na estação seca, ao contrário do esperado, a média da UR foi maior nas parcelas em áreas abertas. Para compreender melhor esse fato talvez fosse necessário analisar outros fatores, como os aspectos topográficos da área, que aparenta ser bastante úmida pelas observações em campo, e a umidade do solo, já que essa pode nos fornecer melhores informações acerca das condições microclimáticas sob a copa das árvores.

Além de atuar de forma direta nas condições ambientais, as árvores podem facilitar a regeneração de forma indireta, reduzindo a competição com gramíneas exóticas invasoras. Em áreas abertas, como pastagens, as gramíneas se estabelecem rapidamente devido a sua eficiente reprodução vegetativa e se tornam um dos principais fatores limitantes para o reestabelecimento da vegetação (Ziller 2001, Durigan *et al.* 1998, Cheung *et al.* 2010). Essas espécies invasoras, por serem pioneiras, necessitam de grande quantidade de luz para se desenvolverem, e as copas das árvores remanescentes reduzem a entrada de luz e impedem que essa competidora se estabeleça. Na pastagem estudada, foi observada uma menor porcentagem de cobertura do solo por gramíneas abaixo das copas das árvores isoladas, quando comparada com os valores das parcelas fora da copa, tanto na estação chuvosa quanto na estação seca, demonstrando assim a efeito inibidor do sombreamento da copa sob o estabelecimento de gramíneas invasoras. Essa inibição, indiretamente, pode facilitar a germinação e o estabelecimento de espécies arbóreas que não seriam competidoras tão eficientes quanto às gramíneas (Donzelli *et al.* 2013). Ainda quanto à cobertura do solo, observou-se uma grande porcentagem de cobertura por solo exposto, o que evidencia a eficiência da copa em inibir a propagação de gramíneas, porém indica que outros fatores podem estar limitando a regeneração natural da vegetação nesses locais. O aumento da cobertura por espécies arbóreas, observado da estação seca para a chuvosa, pode ser causado pela perda de folhas das espécies de Floresta Estacional Decidual no período de seca, o que torna essas plantas menos expressivas em termos de área ocupada.

Apesar de quase todas as árvores apresentarem maior número de indivíduos e riqueza de espécies nas parcelas sob a copa das árvores, o que demonstra o efeito facilitador dessas árvores remanescentes, elas apresentaram grandes diferenças entre si para esses parâmetros. Por exemplo, a Árvore 18 possui 5,25 ind/m<sup>2</sup> abaixo de sua copa, enquanto que a Árvore 9 possui apenas 0,37 ind/m<sup>2</sup>. Com a Análise de Correspondência Canônica foi possível identificar quais fatores estariam atuando sobre o processo de regeneração natural abaixo da copa dessas árvores. Na estação seca a relação vegetação/ambiente foi significativa, sendo que os fatores mais determinantes para a regeneração foram a área de copa e a umidade relativa do ar, juntamente com a altura da árvore e temperatura. Porém, na estação chuvosa essa relação não foi significativa, e, portanto, nenhum dos fatores avaliados influenciou a distribuição de espécies no gradiente. Essa atuação diferenciada dos fatores em cada uma das estações pode ser explicada pela maior severidade das condições climáticas durante a estação seca, assim, fatores que podem melhorar minimamente o ambiente se tornam relevantes para a vegetação.

Na estação chuvosa, por outro lado, as condições mais amenas podem inibir o efeito dos demais fatores determinantes sobre a regeneração em pequena escala.

Ainda analisando as resultados da ACC, observamos que as Árvores 3 e 4 se posicionaram muito próximas na ordenação, porém distantes das outras árvores e dos fatores avaliados, nas duas estações do ano (Figura 2.7 e Figura 2.8). Na pastagem abandonada, elas ocorrem muito próximas e se diferem das demais árvores por serem espécies perenes, essa condição altera o padrão de regeneração abaixo das copas, pois as condições ambientais e biofísicas se tornam mais constantes ao longo do ano.

Quanto aos demais fatores, a distância da árvore até o fragmento florestal mais próximo é apontada por muitos estudos como um dos fatores que influenciam a regeneração natural (Arantes *et al.* 2014, Pinho Júnior *et al.* 2015), visto que em áreas abertas a dispersão de propágulos pode ser limitada, principalmente de espécies zoocóricas. Assim, árvores mais próximas à fonte de propágulos receberiam dispersores e sementes com maior frequência que árvores mais distantes (Holl 1999). Porém, na área de estudo esse efeito não foi evidenciado, já que a distância não afetou a densidade de indivíduos abaixo da copa das árvores. Algumas razões explicariam a não relação entre distância do fragmento e a densidade, uma delas seria o tamanho da pastagem estudada, que talvez não seja extensa o suficiente para impedir a chegada de propágulos. Outro fator seria a presença de muitas árvores isoladas e manchas de vegetação, que funcionam como trampolins ecológicos e aumentam a permeabilidade da matriz de pastagem para muitos animais dispersores (Holl *et al.* 2000). Acrescido dessas características da área, uma particularidade da composição florística das Florestas Estacionais Deciduais pode ser importante para a dispersão de propágulos em áreas abertas, o grande número de espécies anemocóricas, que conseguem dispersar suas sementes por longas distâncias e não têm sua dispersão afetada pela fragmentação de habitats (Gentry 1995, Gillespie 1999, Vieira and Scariot 2006).

Além da chegada de propágulos, outro fator importante para a regeneração natural abaixo da copa de árvores isoladas é o tamanho da mesma. Copas maiores proporcionam maior número de habitats para as espécies colonizadoras, pois se espera que a capacidade de melhorar as condições ambientais de temperatura, umidade e luminosidade seja maior que de árvores com copas menores, além de que árvores maiores são mais atrativas para os animais dispersores (Cole *et al.* 2010). Ao correlacionar a variável densidade com a variável área de copa isoladamente, assim como Arantes *et al.* (2014), obtemos uma relação positiva entre esses

dados, porém, ao relacionar a distribuição de espécies com outros fatores ambientais e biofísicos em conjunto por meio da ACC, encontramos o oposto do esperado, uma relação negativa entre área de copa e vegetação. Essa divergência indica a necessidade de mais estudos que avaliem o processo de regeneração natural em uma escala de maiores dimensões e, considere fatores ambientais não abordados neste trabalho, como a fertilidade e a umidade do solo.

Compreender o processo de facilitação entre plantas e os mecanismos nele envolvidos têm se tornado cada vez mais importante, visto que muitos trabalhos publicados nas últimas décadas chamam atenção para o uso dessas interações positivas nos planos de restauração ecológica (Castro *et al.* 2002, Guevara *et al.* 2005, Padilla and Pugnaire 2006, Brooker *et al.* 2008). Muitas áreas que necessitam de estratégias de restauração apresentam condições ambientais muito severas para o estabelecimento e crescimento de novos indivíduos. Nesses ambientes, as interações positivas podem ser mais frequentes e importantes que as interações negativas (Bertness and Hacker 1994), e considerar esse fato nos planos de restauração pode torná-los cada vez mais efetivos para a recomposição da vegetação.

## 5. CONCLUSÕES

A avaliação da comunidade lenhosa em regeneração nos dois ambientes distintos, sob e fora da copa de árvores isoladas na pastagem abandonada, evidenciou o efeito facilitador dessas árvores sobre a regeneração natural, visto que as parcelas sob a copa apresentaram maior densidade de indivíduos e maior riqueza de espécies, considerando, neste caso, somente o componente biológico. Em termos de comunidade, a cobertura imposta pelas árvores isoladas pode aumentar a existência de nichos de regeneração e, desta forma, incrementar a densidade do componente lenhoso em condições de FED. Em uma escala de paisagem, as árvores remanescentes funcionam como trampolins ecológicos, podendo ligar pequenas manchas de vegetação entre si e, com isto, incrementar o processo de regeneração natural em uma matriz mais aberta, como as pastagens abandonadas.

Em pastagens, as condições ambientais extremas, como altas temperaturas, baixa umidade e dominância de gramíneas exóticas invasoras, limitam a germinação de sementes e o estabelecimento de plântulas devido à dessecação e a forte competição, assim, qualquer alteração positiva gerada por uma planta no ambiente, por menor que seja, melhora a

sobrevivência e o crescimento das plantas vizinhas. Em pastagens abandonadas, as árvores remanescentes isoladas, deixadas pelo produtor para fornecer abrigo e sombra para o gado, exercem esse papel e facilitam o processo de regeneração natural em escala local. Apesar da maioria dos trabalhos envolvendo interações positivas entre plantas considerar esses fatores como importantes direcionadores do processo de regeneração natural, poucos são os trabalhos, que efetivamente evidenciam os efeitos positivos e negativos sobre a regeneração. No presente estudo, dois efeitos principais foram evidenciados. Diretamente, a copa das árvores amenizou a temperatura ao longo do dia, criando um microclima mais favorável para o desenvolvimento da vegetação lenhosa. Indiretamente, a copa reduziu a competição entre gramíneas exóticas e estimulou o estabelecimento de plântulas de espécies arbóreas. Abaixo da copa, a menor incidência luminosa limita a propagação das espécies invasoras, como demonstrado, e permite que outras espécies menos competitivas consigam se estabelecer.

Devido a esses efeitos, as árvores isoladas exercem papel de facilitadoras da regeneração natural em áreas abertas, porém as características de cada uma também podem ser importantes para o processo de facilitação. Por meio da Análise de Correspondência Canônica, foi possível identificar que as variáveis morfométricas, como área de copa e altura da árvore, juntamente com os fatores microambientais, como umidade relativa do ar e temperatura, exerceram marcante influência sobre a regeneração natural durante a estação seca. O mesmo não foi observado na estação chuvosa, em que as condições ambientais podem ser mais amenas devido a menor variação na cobertura arbórea e maiores valores de precipitação. Sob condições ambientais mais homogêneas, como na estação chuvosa, não é possível observar um efeito tão acentuado dos fatores ambientais e biofísicos sobre a regeneração. Essa variação encontrada entre as estações é importante, pois se trata de um ambiente originalmente coberto por Floresta Estacional Decidual, e a sazonalidade atua fortemente sobre a dinâmica da vegetação e sobre as interações entre as espécies.

## 6. REFERÊNCIAS<sup>1</sup>

- Allee, W. C., A. E. Emerson, O. Park, T. Park, and K. P. Schmidt. 1949. Principles of Animal Ecology. W. B. Saunders, Philadelphia.
- Arantes, C. S., V. S. Vale, A. P. Oliveira, J. P. Júnior, S. F. Lopes, and I. Schiavini. 2014. Forest species colonizing cerrado open areas: distance and área effects on the nucleation process. *Brazilian Journal of Botany* **37(2)**: 143-150.
- Begon, M., C. R. Townsend, and J. L. Harper. 2007. Ecologia de indivíduos a ecossistemas. 4<sup>a</sup> Edição. Artmed Editora S/A. Porto Alegre.
- Bertness M. D. 1991. Interspecific interactions among high marsh perennials in a New England salt marsh. *Ecology* **72**:125.
- Bertness, M. D., and S. D. Hacker. 1994. Physical stress and positive associations among marsh plants. *The American Naturalist* **144**: 363-372.
- Blignaut, A., and S. J. Milton. 2005. Effects of multispecies clumping on survival of three succulent plant species translocated onto mine spoil in the succulent Karoo Desert, South Africa. *Restoration Ecology* **13**: 15–19.
- Brooker, J. R., F. T. Maestre, R. M. Callaway, C. L. Lortie, L. A. Cavieres, G. Kunstler, P. Liancourt, K. Tielboerge, J. M. J. Travis, F. Anthelme, C. Armas, L. Coll, E. Corcket, S. Delzon, E. M. Forey, Z. Kikvidze, J. Olofsson, F. Pugnaire, C. L. Quiroz, P. Saccone, K. Schiffers, M. Sifan, B. Touzard, and R. Michalet. 2008. Facilitation in plant communities: the past, the present, and the future. *Journal of Ecology* **96**:18-34.
- Callaway, R. M. 1997. Positive interactions in plant communities and the individualistic-continuum concept. *Oecologia* **112**: 143–149.
- Callaway, R. M. 1995. Positive interactions among Plants. *Botanical Review* **61**: 306-349.
- Castro, J., R. Zamora, J. A. Hódar, and J. M. Gómez. 2002. Use of Shrubs as Nurse Plants: A New Technique for Reforestation in Mediterranean Mountains. *Restoration Ecology* **10(2)**: 297-305.
- Cheung, K. C., D. Liebsch, and M. C. M. Marques. 2010. Forest Recovery in Newly Abandones Pastures in Southern Brazil: Implications for the Atlantic Rain Forest Resilience. *Natureza & Conservação* **8(1)**: 66-70.
- Chiariello, N. R., J. C. Hickman, and H. Mooney. 1982. Endomycorrhizal role for interspecific transfer of phosphorus in a community of annual plants. *Science* **217**: 941–943.
- Clements, F. E., J. Weaver, and H. Hansson. 1926. Plant competition: an analysis of the development of vegetation. Carnegie Institute, Washington, D.C..

- Cole, R. J., K. D. Holl, and R. A. Zahawi. 2010. Seed rain under tree islands planted to restore degraded lands in a tropical agricultural landscape. *Ecological Applications* **20(5)**: 1255-1269.
- Connell, J. H., and R. O. Slatyer. 1977. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *The American Naturalist* **111**: 1119-1144.
- Del-Claro, K., and H. M. Torezan-Silingard. 2013. Ecologia das interações plantas-animais: uma abordagem ecológico-evolutiva. Rio de Janeiro, Technical Books.
- Donzelli, D., C de Michele, and R. J. Scholes. 2013. Competition between trees and grasses for both water and mineral nitrogen in dry savannas. *Journal of Theoretical Biology* **332**: 181-190
- Durigan, G., W. A. Contieri, G. D. C. Franco, and M. A. O. Garrido. 1998. Indução do processo de regeneração da vegetação de Cerrado em área de pastagem, Assis, SP. *Acta botanica brasiliaca* **12(3) (Suplemento)**: 421-429.
- Floyd, D. A., and J. A. Anderson. 1987. A comparison of three methods for estimating plant cover. *Journal of Ecology* **75**: 221-228.
- García-Moya, E., and C. McKell. 1970. Contribution of shrubs to the nitrogen economy of a desert-wash plant community. *Ecology* **51**: 81-88.
- Gasque, M., and P. García-Fayos. 2004. Interaction between *Stipa tenacissima* and *Pinus halepensis*: consequences for reforestation and the dynamics of grass steppes in semi-arid Mediterranean areas. *Forest Ecology and Management* **189**: 251-61.
- Gentry, A. H. 1995. Diversity and composition of neotropical dry forests. Pages 46-194 in S. H. Bullock, H. A. Monney, and E. Medina, editors. *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge University Press, New York.
- Gillespie, T.W. 1999. Life history characteristics and rarity of woody plants in tropical dry forest fragments of Central America. *Journal of Tropical Ecology* **15**: 637-649.
- Gómez-Aparicio, L., R. Zamora, J. M. Gómez, J. A. Hódar, J. Castro, and E. Baraza. 2004. Applying plant facilitation to forest restoration: a meta-analysis of the use of shrubs as nurse plants. *Ecological Applications* **14(4)**: 1128-1138.
- Gómez-Ruiz, P. A., R. Lindig-Cisneros, and O. Vargas-Ríos. 2013. Facilitation among plants: A strategy for the ecological restoration of the high-andean forest (Bogotá, D.C.-Colombia). *Ecological Engineering* **57**: 267-275.
- Guevara, S., J. Laborde, and G. Sanchez-Ríos. 1998. Are isolated remnant trees in pastures a fragmented canopy? *Selbyana* **19**: 34-43.
- Guevara, S., J. Laborde, and G. Sánchez-Ríos. 2004. Rain forest regeneration beneath the canopy trees isolated in pastures of Los Tuxtlas, Mexico. *Biotropica* **36**: 99-108.

Guevara, S., J. Laborde, and G. Sánchez-Ríos. 2005. Los árboles que la selva dejó atrás. *Interciencia* **30(10)**: 595-601.

Guevara, S., J. Meave, P. Moreno-Casasola, and J. Laborde. 1992. Floristic composition and structure of vegetation under isolated trees in neotropical pastures. *Journal of Vegetation Science* **3**: 655-664.

Guevara, S., S. E. Purata, and E. V. Maarel. 1986. The role of remnant forest trees in tropical secondary succession. *Vegetatio* **66**: 77-84.

He, Q., M. D. Bertness, and A. H. A. Altieri. 2013. Global shifts towards positive species interactions with increasing environmental stress. *Ecology Letters* **16(5)**: 695-706.

Holl, K. D. 1999. Factors Limiting Tropical Rain Forest Regeneration in Abandoned Pasture: Seed Rain, Seed Germination, Microclimate, and Soil. *Biotropica* **31(2)**: 229-242.

Holl, K. D., and T. M. Aide. 2011. When and where to actively restore ecosystems?. *Forest Ecology and Management* **261(10)**: 1558-1563.

Holl, K. D., M. E. Loik, E. H. V. Lin, and I. A. Samuels. 2000. Tropical Montane Forest Restoration in Costa Rica: Overcoming Barriers to Dispersal. *Restoration Ecology* **8(4)**: 339-349.

Kent, M., and P. Coker. 1992. *Vegetation Description Analyses*. Behaven Press, London.

Klink, C. A., and R. B. Machado. 2005. A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade* **1(1)**: 147-155.

Lemmon, P. E. A. 1957. A new instrument for measuring forest overstory density. *Journal of Forestry* **5**: 667-668.

Maestre, F.T., S. Bautista, J. Cortina, and J. Bellot. 2001. Potential for using facilitation by grasses to establish shrubs on a semiarid degraded steppe. *Ecology Applications* **11**: 1641–55.

McCune, B., and M. J. Mefford. 2006. PC-ORD Multivariate analysis of ecological data. Version 5.10 MjM Software, Gleneden Beach.

Nepstad, D. C., C. Uhl, and E. A. S. Serrão. 1990. Surmounting barriers to forest regeneration in abandoned, highly degraded pastures: a case study from Paragominas, Para, Brazil. Pages 215-229 in A. B. Anderson, editor. *Alternatives to Deforestation – Steps Toward Sustainable use of Amazon Rain Forest*, Columbia University Press, New York.

Niering, W. A., R. H. Whittaker, and C. H. Lowe. 1963. The saguaro: a population in relation to environment. *Science* **142**: 15–23.

Oliveira-Filho, A. T., N. Curi, E. A. Vilela, and D. A. Carvalho. 2001. Variation in tree community composition and structure with changes in soil properties within a fragment of Semideciduous forest in South-eastern Brazil. *Edinburg Journal of Botany* **58**: 139-151.

- Padilla, F. M., and F. I. Pugnaire. 2006. The role of nurse plants in the restoration of degraded environments. *Frontiers in Ecology and the Environment* **4**: 196-202.
- Pennings, S. C., and R. M. Callaway. 1992. Salt marsh plant zonation: the relative importance of competition and physical factors. *Ecology* **73**: 681-690.
- Pinho Júnior, G. V., A. R. T. Nascimento, B. T. Valverde, and L. H. Clemente. 2015. Brazilian savanna re-establishment in a monoculture forest: diversity and environmental relations of native regenerating understory in *Pinus caribaea* Morelet. Stands. *Journal of Forestry Research* **26** (in press).
- Reis, A., F. C. Bechara, M. B. Espíndola, N. K. Vieira, and L. L. Souza. 2003. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. *Natureza & Conservação* **1**: 28-36.
- Silva, V. M. 2013. A facilitação durante a expansão florestal sobre campos no Paraná. Dissertation (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná. 45p.
- Soliveres, S., D. J. Eldridge, F. T. Maestre, M. A. Bowker, M. Tighe, and A. Escudero. 2011. Microhabitat amelioration and reduced competition among understory plants as drivers of facilitation across environmental gradients: Towards a unifying framework. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* **13**: 247-258.
- ter Braak, C. J. F. 1987. The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. *Vegetatio* **69**: 69-77.
- ter Braak, C. J. F. 1995. Ordination. Pages 91-173 in R. H. G. Jongman, C. F. J. ter Braak, and O. F. R. Van Tongeren, editors. *Data analysis in community and landscape ecology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Thompson, J. D. 1978. Effects of stand composition on insect visitation in two-species mixtures of *Hieracium*. *American Midland Naturalist* **100**: 431–440.
- Uhl, C., R. Buschbacher, and E. A. S. Serrão. 1988. Abandoned pastures in eastern Amazonia. I. Patterns of Plant Succession. *Journal Ecology* **76**: 663-681.
- Vieira, D. L. M., and A. Scariot. 2006. Principles of natural regeneration of tropical dry forest for restoration. *Restoration Ecology* **14(1)**:11-20.
- Vieira, I. C. G., C. Uhl, and D. Nepstad. 1994. The role of the shrub *Cordia multispicata* Cham. As a ‘Succession Facilitator’ in an abandoned pasture, Paragominas, Amazônia. *Vegetatio* **115(2)**: 91-99Xiao, S., and R. Michalet. 2013. Do indirect interactions always contribute to net indirect facilitation?. *Ecological Modelling* **268**: 1-8.
- Yarranton, G. A., and R. G. Morrison. 1974. Spatial Dynamics of a Primary Succession: Nucleation. *Journal of Ecology* **62**: 417-428.

Zhang, L., and H. Shao. 2013. Direct plant-plant facilitation in coastal wetlands: A review. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **119**: 1-6.

Zar, J. H. 1999. Biostatistical analysis. 4th edition. Prentice hall: New Jersey.

Ziller, S. R. 2001. Plantas exóticas invasoras: a ameaça da contaminação biológica. *Ciência hoje* **30(178)**: 77-79.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando as condições adversas presentes em uma pastagem abandonada, e as diversas barreiras que estas impõem à regeneração natural, como as bruscas oscilações de temperatura e umidade, alta incidência luminosa, forte competição com gramíneas exóticas invasoras e chegada de propágulos limitada, as árvores remanescentes isoladas presentes no local podem exercer um importante papel na recomposição da vegetação original.

Ao comparar dois ambientes distintos, sob e fora da copa de árvores isoladas, evidencia-se o efeito facilitador das árvores sobre a regeneração natural do componente lenhoso em escala local. Entre os dois ambientes, foi encontrada uma diferença expressiva na densidade de indivíduos, sendo que esta foi mínima nas áreas abertas. Abaixo da copa, o valor de riqueza de espécies encontrado foi comparável a outros estudos realizados em áreas secundárias de Floresta Estacional Decidual, conferindo a área um grande potencial de regeneração natural. Quanto à composição de espécies, encontramos abaixo da copa uma maior porcentagem de espécies zoocóricas, demonstrando que estas árvores remanescentes podem também funcionar como poleiros e atrair dispersores, incrementando a chuva de sementes local.

Além de aumentar a chegada de propágulos, a copa das árvores isoladas alteram as condições microclimáticas e melhoram o estabelecimento de novos indivíduos arbóreos. Diretamente, a copa pode amenizar a temperatura e reter a umidade local ao reduzir a entrada de luz. Essas alterações favoráveis podem facilitar a germinação de sementes e o estabelecimento das plântulas nesse tipo de ambiente. Nas árvores analisadas, a temperatura diferiu entre os ambientes, sendo mais alta nas áreas abertas, corroborando com as teorias contemporâneas de facilitação. Além dos efeitos positivos na temperatura, a menor entrada de luz abaixo da copa também reduz a propagação de gramíneas exóticas invasoras. Assim, indiretamente, a copa minimiza a competição entre essas espécies e os indivíduos lenhosos em regeneração. Muitos estudos que buscam explicar as interações positivas entre plantas apontam a importância dos efeitos diretos e indiretos para a regeneração natural, porém poucos avaliam efetivamente esses fatores no ambiente.

Considerando todos os efeitos positivos das árvores isoladas para a recuperação de áreas abertas, como a amenização das condições ambientais, redução da competição interespecífica e atração de dispersores, e somando ainda a função de trampolins ecológicos dentro da paisagem, muitos pesquisadores têm ressaltado a importância do uso dessas árvores remanescentes e do

processo de facilitação nos projetos de restauração ecológica. Para tanto, é necessário conhecer os mecanismos envolvidos e as particularidades ecológicas de cada ambiente.

O uso da Análise de Correspondência Canônica (ACC) permitiu compreender as relações entre a vegetação e as variáveis ambientais e biofísicas presentes abaixo da copa das árvores. As variáveis morfométricas, como área de copa e altura da árvore, juntamente com os fatores microambientais, como umidade relativa do ar e temperatura, exercearam marcante influência sobre a regeneração natural durante a estação seca. Porém, na estação chuvosa não houve predominância de nenhum fator. Por se tratar de um ambiente originalmente coberto por Floresta Estacional Decidual, a sazonalidade é muito atuante nos processos ecológicos, como a regeneração natural, e isso é evidenciado quando comparamos as duas estações. Na estação seca, em que as condições ambientais são mais severas, as características das árvores se tornam importantes para a vegetação local, enquanto que na estação chuvosa, em que as condições ambientais são mais amenas, as variáveis biofísicas não se relacionaram com a distribuição das espécies.

A regeneração natural é fundamental para a recomposição da comunidade vegetal em ambientes degradados. Assim, entender os processos e os mecanismos que a norteiam se torna essencial para elaborar eficientes planos de restauração e manejo. A área estudada exibe várias particularidades que devem ser consideradas. As interações positivas entre as árvores remanescentes e os indivíduos regenerantes do componente lenhoso, que facilitam o processo de regeneração, e a marcada sazonalidade, são fatores que podem direcionar os planos de restauração e torná-los mais rápidos e eficientes.