



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Ana Beatriz Serrão Liaffa

**EFEITO DO FOGO NA EMERGÊNCIA E
ESTABELECIMENTO DE PLÂNTULAS EM UM CAMPO
SUJO DE CERRADO**

Brasília-DF, julho de 2017



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

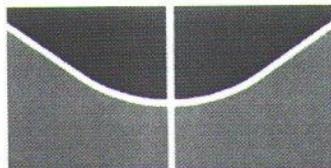
**EFEITO DO FOGO NA EMERGÊNCIA E ESTABELECIMENTO DE PLÂNTULAS
EM UM CAMPO SUJO DE CERRADO**

Ana Beatriz Serrão Liaffa

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação,
apresentado ao Departamento de Engenharia
Florestal da Universidade de Brasília, como parte
das exigências para obtenção do título de
Engenheira Florestal.

Orientador: Reuber Albuquerque Brandão

Brasília-DF, julho de 2017



Universidade de Brasília
Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia Florestal

**EFEITO DO FOGO NA EMERGÊNCIA E ESTABELECIMENTO DE
PLÂNTULAS EM UM CAMPO SUJO DE CERRADO**

Estudante: Ana Beatriz Serrão Liaffa

Matrícula: 12/0006553

Orientador: Prof. Dr. Reuber Albuquerque Brandão

Menção: SS



Prof. Dr. Reuber Albuquerque Brandão
Universidade de Brasília – UnB
Departamento de Engenharia Florestal
Orientador

Prof. Dr.ª. Cássia Beatriz Rodrigues Munhoz
Universidade de Brasília – UnB
Departamento de Botânica
Membro da Banca

Dr.ª. Desirée Marques Ramos
Embrapa Recursos Genético e Biotecnologia - Cenargem
Membro da Banca

Julho/2017

AGRADECIMENTOS

Para começar do começo, observando jacaré, nascendo o sol em Poconé
Plantando moringa, experimentando na terra, escolhendo... escolhida.
E de tantas plantas na mão, no chão, no livro e no sol
De tanto arrastar de cadeira,
Reuniões no corredor, na beira da copaiba
Acenadas aleatórias, faziam gostosa a vida
E de tantos que tenho a agradecer
Quero agradecer primeiro ao o quê
Que de todo o ciclo sempre me apresentou o melhor
A sorte que sempre me levou me seguiu até o findar
Desde o primeiro olho claro que o verde me indicou
Até este de agora, que mais um jacaré me mostrou

Obrigada ao tempo que nos permite viver as nossas escolhas, que nos traz várias surpresas, tantas pessoas, tantas vivências e experiências. Eu agradeço ao passado que me construiu e ao futuro que vai me fazer diferente de hoje. Agradeço a quem quis participar dessa mudança e quem ainda continua me mudando. Agradeço:

Aos meus pais, Seu Sebastião e Rosi e meus purins, Tina, Dani e Paulinho. A tia Conce, Carnaldo e aos meus primos, Cacato, Gordão e Wladinho. Aos meus grandes amigos da floresta: Mariana Damasco, minha gêmula Larissa, Tutu Muralha, Bold, Renata Chefe, Deh, Letiça, Lary, Amandinha, Claudinha, Patica, Fefa, Vic, Rafa e Piau. Ao meu parceiro Gustavo. Aos que constituem a parte de mim que mora em Belém e a parte que vive no Rio de Janeiro. Às famílias Damasco e Cardelino. Ao meu chefe Martins. Aos professores Reuber, Florian, Zé Roberto, Álvaro, Eraldo, Fabian, Cássia e, a futura professora Desirée. À Flavinha do departamento de Engenharia Florestal. Ao pessoal da termo, Dona Odete, Seu Manoel, Anabele, Seu Antônio, Seu Daniel, Seu Chico, Minimin, Tito, Dal, Eduardo e Grazi. À Ecoflor, Terracap, CRAD e Dossel. Aos cães, Rex, Kovu e Bimo. E aos que torcem por mim e eu torço de volta.

E é muito gostoso saber que ainda tenho muitos nomes a agradecer.

RESUMO

O bioma Cerrado sendo é uma das savanas mais ricas do mundo, tanto em fauna, quanto em flora. A diversidade vegetacional e sua distribuição são dadas pelo clima, pelo gradiente pedológico e pela frequência de queima, distúrbio associado à evolução do bioma. As plantas do Cerrado desenvolveram características de adequação ao regime do fogo, como a tolerância das sementes às altas temperaturas. Dependendo da frequência no qual ocorre, o fogo pode influenciar na distribuição e na estrutura da vegetação. Verifiquei as taxas de emergência e de sobrevivência de dois grupos de plântulas (monocotiledôneas e não monocotiledôneas) e os fatores ambientais que regulam essas variáveis, como a precipitação e ocorrência de fogo, em um campo sujo do Parque Nacional de Brasília. Selecionei três áreas parcialmente manejadas com fogo, permitindo comparar áreas queimadas e não queimadas adjacentes. Instalei 20 subparcelas em cada área, sendo metade em parcelas após o fogo e, as demais em parcelas sem fogo. As observações acompanharam a estação chuvosa, iniciando em outubro de 2016 e finalizando em maio de 2017. Verifiquei a emergência de plântulas e a sobrevivência das já amostradas a cada quinze dias. Cada plântula foi demarcada e classificada como monocotiledônea ou não monocotiledônea. Também coletei amostras de solo a cada 15 dias para verificar o potencial hídrico, com amostras de cada subparcela a duas profundidades. Os dados de precipitação foram retirados do site do INMET. Houve correlação positiva entre precipitação e potencial hídrico na emergência de plântulas, o que é esperado devido à fenologia das espécies, adaptadas à sazonalidade climática da região. A precipitação também apresentou relação positiva na sobrevivência de ambos os grupos. O potencial hídrico, por sua vez, foi negativamente relacionado à sobrevivência em geral, o que foi atribuído à menor mortalidade em áreas queimadas (que possuem maior déficit hídrico). A emergência de não monocotiledôneas foi negativamente afetada pelo fogo, enquanto as monocotiledôneas foram indiferentes ao distúrbio. Monocotiledôneas possuem vantagem competitiva porque, além de serem mais abundantes em ecossistemas campestres, apresentam maior recrutamento proporcional pós fogo. Com isso, a frequência de fogo favorece a distribuição de monocotiledôneas, influenciando a composição e a estrutura da paisagem. Outros fatores, como temperatura e composição do solo, também podem explicar a relação entre emergência e sobrevivência nesses ambientes.

ABSTRACT

The Cerrado biome is one of the richest savannas in the world, in both fauna and flora. Climate, pedological gradient, and fire frequency (a disturbance associated with the biome's evolution) define the vegetational diversity and distribution of the region. Cerrado plants have developed fire-adapted features, like seed tolerance to high temperatures. Therefore, depending on the frequency, fire may influence the distribution and structure of vegetation. I verified the emergence and survival rates of two groups of seedlings (monocotyledons and non-monocotyledons) and the environmental factors that regulate these variables, namely fire occurrence and precipitation, in an open savanna in Brasília National Park. I selected three areas partially managed with fire, which allowed a comparison between neighboring burned and unburned areas. I placed 20 subplots in each area, 10 in plots after fire occurrence, and the remaining 10 in plots without fire occurrence. My observation followed up the rainy season of the region, beginning on October 2016 and ending on May 2017. I checked the emergence of seedlings and the survival of those already sampled every 2 weeks. Each seedling was tagged and classified as monocotyledon or non-monocotyledon. I have also collected soil samples every 2 weeks to verify the water potential, with samples of each subplot at two depths. Precipitation data was taken from the Brazilian National Institute of Meteorology (INMET) website. I identified a positive correlation between precipitation and water potential on seedling emergence, which is expected due to the phenology of species, adapted to the climatic seasonality of the region. Precipitation also showed a positive relation in the survival of both groups. The water potential, however, was negatively related to survival in general, which was explained by the lower mortality in burned areas (that have higher water deficit). The emergence of non-monocotyledons was negatively affected by fire, while monocotyledons were indifferent to the disturbance. Monocotyledons have a competitive advantage because they are more abundant in open ecosystems and present higher post-fire proportional recruitment. Therefore, fire frequency favors the distribution of monocotyledons, influencing the composition and structure of the landscape. Other factors, such as temperature and soil composition, may also explain the relationship between emergence and survival in these environments.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. METODOLOGIA	11
2.1. ÁREA DE ESTUDO	11
2.2. AMOSTRAGEM	13
2.3. COLETA DE DADOS	13
2.3.1. Emergência e sobrevivência de plântulas	13
2.3.2. Condições ambientais	14
2.4. ANÁLISES ESTATÍSTICAS	15
3. RESULTADOS	17
5. DISCUSSÃO	23
6. CONCLUSÃO	26
REFERÊNCIAS	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização e limites do Parque Nacional de Brasília (PNB)	12
Figura 2. Demarcação de plântula no campo (a) e conferência de sobrevivência (b).	14
Figura 3. Emergência e mortalidade de plântulas em campo sujo do Parque Nacional de Brasília, em relação à precipitação e período de avaliação (outubro de 2016 a maio de 2017).....	17
Figura 4. Efeito do fogo na emergência de plântulas em Campo Sujo no Parque Nacional de Brasília (números referentes a quantidade média de emergência).....	20
Figura 5. Efeito do fogo na proporção de sobrevivência de plântulas em Campo Sujo no Parque Nacional de Brasília (dados em porcentagem).	21
Figura 6. Potencial hídrico superficial do solo (+IC) durante a estação chuvosa (2016-2017) em um campo sujo no Parque Nacional de Brasília. (Círculos brancos = áreas queimadas; Círculos pretos= áreas não queimadas)	22
Figura 7. Espécies que apresentaram floração com poucos meses de emergência, em área queimada.	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Coordenadas das Áreas de amostragem (Datum WGS 84).....	13
Tabela 2. Resultados da seleção de modelos para influência de variáveis climáticas e intensidade de fogo na emergência de plântulas em áreas de campo sujo no Parque Nacional de Brasília. Na equação do modelo final, a primeira parte é referente as variáveis utilizadas com dados de contagem e a segunda parte (separada por “[”]), com binomial. gl = graus de liberdade; p= P valor; X ² = variância; AIC= Critério de informação Akaike.	18
Tabela 3. Efeito de queimadas e variáveis ambientais na emergência de plântulas de monocotiledôneas e não monocotiledôneas em campo sujo no Parque Nacional de Brasília. EP= erro padrão. P < 0,001.....	19
Tabela 4. Comparações múltiplas entre o efeito de tipo de planta, queimada e área na emergência de plântulas em áreas de campo sujo no Parque Nacional de Brasília. EP= erro padrão. P < 0,0001.....	19
Tabela 5. Comparações múltiplas entre o efeito do potencial hídrico, precipitação, tipo de planta e queimada na proporção de sobrevivência de plântulas em áreas de campo sujo no Parque Nacional de Brasília. EP= erro padrão. P < 0,05.	21
Tabela 6. Influência de queimadas e precipitação na umidade do solo em áreas de campo sujo no Parque Nacional de Brasília, na estação chuvosa de 2016-2017.	22

1. INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado, a savana brasileira, está na região central do país (Ratter et al. 1997; Oliveira Filho & Ratter 2002), fazendo divisa com a maior parte dos outros biomas Sul Americanos, fazendo, fronteira com a Amazônia ao norte, Caatinga ao nordeste, ao sul e sudeste com a Mata Atlântica e ao sudoeste com o Pantanal (Oliveira Filho & Ratter 2002).

O fato de fazer fronteira com outros biomas brasileiros e por apresentar pluviosidade acima das demais savanas mundiais (Oliveira Filho & Ratter 2002), tornam o Cerrado uma das savanas mais ricas do mundo, com mais de 12.000 espécies de plantas sendo 4.400 endêmicas (Mendonça et al. 2008). Essa riqueza também se reflete na elevada taxa de endemismos de vertebrados, especialmente na herpetofauna e pequenos roedores (Myers et al. 2000; Fonseca et al. 2004).

Embora o clima seja o fator macro determinante da vegetação do bioma (Scariot et al. 2005), o gradiente pedológico (nutrição e umidade) e a presença de fogo influenciam a distribuição das fitofisionomias em escalas regionais (Oliveira Filho & Ratter 2002; Ribeiro & Walter 2008). Ocorrem no Cerrado ambientes florestais, savânicos e campestres, que determinam 11 fitofisionomias com base, primeiramente, na estrutura, tipo de crescimento e estacionalidade da vegetação (Ribeiro & Walter 2008). Os campos apresentam predominância de estrato herbáceo e ocorrem em solos relativamente rasos, como os litólicos, os cambissolos e os plintossolos (Ribeiro & Walter 2008).

Devido à sazonalidade da precipitação característica do Cerrado (invernos secos e verões chuvosos) e pela grande participação de biomassa fina nos ambientes, composta principalmente por plantas arbustivas e herbáceas, a vegetação se torna intensamente ressecada na estação seca. O acúmulo de biomassa seca, principal combustível para o fogo, favorece os incêndios que ocorrem principalmente nas transições entre seca-chuva e chuva-seca (Ramos-Neto & Pivello 2000).

A presença do fogo no Cerrado data de até 10 milhões de anos antes do presente e, a vegetação do bioma evoluiu com a ocorrência de incêndios (Simon et al. 2009). Adaptações como troncos suberosos, rebrotas, sistemas radiculares bem desenvolvidos e com tecidos de armazenamentos e a dormência das semente, são características que conferem resistência às plantas (Simon et al. 2009; Ramos, et al. 2016).

O fogo, entretanto, não é determinante da vegetação, mas um agente modificador, assim como a herbivoria (Bond & Keeley 2005). Há autores que sugerem que um campo sujo,

fitofisionomia campestre, poderia “evoluir” no ganho de biomassa lenhosa até se tornar Cerrado *sensu stricto*, fitofisionomia savânica, se não fosse pela influência frequente do fogo (Coutinho 1978; 2002). Tal afirmação pressupõe que formações de cerrado mais arborizadas seriam correspondentes à comunidade clímax do bioma. Contudo, sob ação de distúrbios constantes é frágil qualquer definição de vegetação clímax (Clements 1936).

A vegetação é determinada por condições ambientais como clima, solo, água e nutrientes. O fogo agiria como modificador da paisagem, sendo as espécies adaptadas ao regime de fogo e não propriamente a ele (Keeley et al. 2011). Dentre as características adaptativas das espécies a esse regime, a tolerância de sementes às altas temperaturas, relacionada a diferentes frequências de fogo, é um interessante exemplo (Ribeiro et al. 2015; Ramos et al. 2016).

O fogo pode influenciar na distribuição, na riqueza e, por fim, na estrutura da vegetação que está exposta a esse tipo de distúrbio (Walter & Ribeiro 2010). A fenologia também pode ser afetada pelo fogo, chegando a influenciar positivamente na floração de muitas espécies do estrato herbáceo e subarbustivo, tanto qualitativa, quanto quantitativamente (Munhoz & Amaral 2010).

Algumas espécies arbustivas-arbóreas produzem frutos lenhosos resistentes ao fogo, protegendo as sementes. Entretanto, há poucas informações sobre a resposta do banco de sementes às queimadas. No entanto, altas temperaturas do ar e da superfície do solo, amplitude térmica e o favorecimento de espécies não-preferenciais (exóticas ou invasoras) são alterações provocadas pela passagem do fogo que vão influenciar a dinâmica do banco de sementes (Andrade & Miranda 2010).

A reprodução vegetativa, via rebrotas, e a sexuada, via sementes, são processos que contribuem com a dinâmica do ambiente, promovendo o recrutamento de novos indivíduos e a sucessão ecológica. Devido à elevada capacidade de rebrota, tanto de indivíduos florestais como do estrato herbáceo, esse tipo de propagação é considerado o principal meio de recrutamento desses ambientes, afirmação que vem sendo questionada (Andrade & Miranda 2010), especialmente quando correlacionado ao fogo. Mesmo no contexto de queimada, um grande número de sementes pode ser encontrado, sendo que não-monocotiledôneas são mais abundantes que monocotiledôneas (Andrade & Miranda 2014). Essa proporção sugere que o fogo pode gerar respostas diferentes de recrutamento para os dois grupos.

Dessa forma, entender como o efeito do fogo afeta a emergência de plântulas pode esclarecer a importância do recrutamento via sementes para a manutenção do ecossistema. Além disso, se diferentes grupos de plantas (monocotiledôneas e não-monocotiledôneas) são

favorecidas ou não com o fogo ajuda a entender como ocorre a dinâmica da vegetação nos ambientes expostos a esse distúrbio.

OBJETIVOS

Verificar se há relação entre as taxas de emergência e de sobrevivência de plântulas (monocotiledôneas e de não-monocotiledôneas) e os fatores ambientais, precipitação, potencial hídrico do solo e ocorrência de fogo, em um campo sujo.

2. METODOLOGIA

2.1. ÁREA DE ESTUDO

O Parque Nacional de Brasília (PNB) foi criado pelo Decreto nº 241, em 29 de novembro de 1961, para a conservação da fauna típica da região, a preservação do Cerrado brasileiro e proteção de mananciais. Contudo, em 8 de março de 2006, pela Lei Federal nº 11.285, os limites do Parque foram alterados, aumentando a área de aproximadamente 30 mil para 42.389,01 hectares. O PNB está localizado no Distrito Federal e no Município Goiano de Padre Bernardo (Figura 1).

O clima é Aw na classificação Koppen, tropical de invernos secos, com a temperatura média de 21,1°C. A precipitação chega a 1668 mm no ano. A sazonalidade merece destaque, apresentando invernos secos e verões chuvosos, as únicas estações definidas.

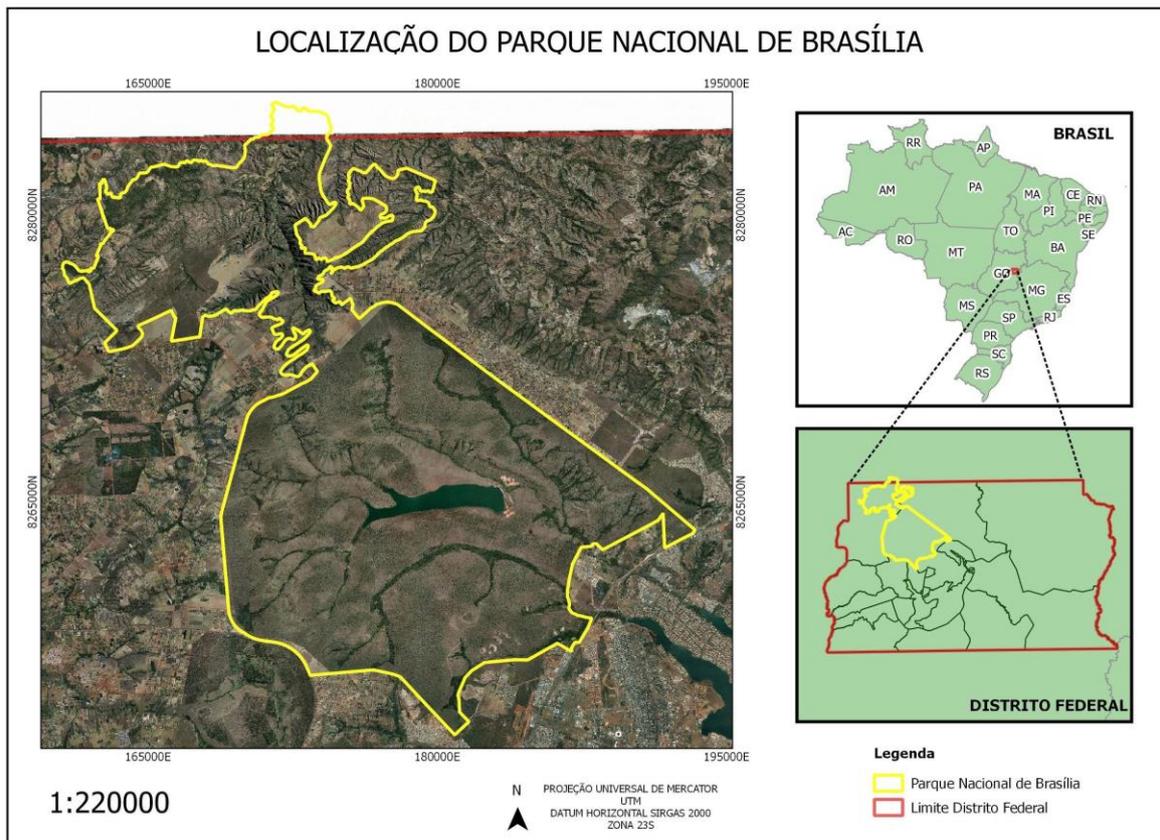


Figura 1. Localização e limites do Parque Nacional de Brasília (PNB)

O período de chuva ocorre principalmente entre outubro e março, porém as chuvas são mais concentradas entre dezembro e janeiro com aproximadamente 247 mm por mês nesse intervalo (CPTEC/INPE, acessado em 2017). No Cerrado, a floração e a frutificação respondem à estacionalidade do clima (Batalha et al. 1997; Gouveia & Felfili 1998), mas podem ser influenciados pela passagem do fogo (Françoso et al. 2014).

O Parque está inserido no bioma Cerrado e apresenta as fitofisionomias Mata de Galeria, Cerradão, Cerrado Senso Restrito, Campo Sujo, Campo Limpo, Campo Rupestre, Vereda e outras variações, como Campos de Murundus e Brejos (ICMBio 1998).

O trabalho foi realizado em área de Campo Sujo, onde a presença de gramíneas e herbáceas é predominante e os indivíduos arbóreos são espaçados e geralmente pouco desenvolvidos, sendo a fisionomia essencialmente herbáceo-arbustiva (Ribeiro & Walter 2008). Essa vegetação é condicionada ao pequeno porte da vegetação causada, em geral, pela pouca profundidade do solo, saturação de água (no caso de campos alagáveis) ou baixa fertilidade.

Os tipos de solos predominantes no parque são Cambissolo, Latossolo Vermelho e Latossolo Vermelho-amarelo. O Campo sujo pode estar presente tanto em cambissolos como

em latossolos (Ribeiro & Walter 2008). Cambissolos são pouco profundos, enquanto latossolos apresentam perfil espesso, mas todos são solos ácidos e distróficos (Ribeiro & Walter 2008).

2.2. AMOSTRAGEM

Definimos três áreas ao longo da trilha Cristal Água, distando aproximadamente um quilômetro uma da outra, em setembro de 2016 (Tabela 1). Parte dos locais foram manejados com fogo pela administração do parque, entre maio e julho de 2016, para gerar um aceiro verde, que evita a propagação de incêndios pela retirada de material seco.

Tabela 1. Coordenadas das Áreas de amostragem (Datum WGS 84)

		Latitude	Longitude
Área 1 (A1)	Não queimada	-15,7293	-47,9679
	Queimada	-15,7293	-47,9677
Área 2 (A2)	Não queimada	-15,7329	-47,9741
	Queimada	-15,7326	-47,9733
Área 3 (A3)	Não queimada	-15,7409	-47,9777
	Queimada	-15,741	-47,9776

Cada área foi dividida em duas grandes parcelas, correspondendo a dois tratamentos, sendo área queimada (Q) e área não queimada (NQ), com aproximadamente 2.100 m² (30x70m) cada. Dentro de cada parcelas, estabelecemos aleatoriamente 10 sub parcelas de 50x50cm, com auxílio de GPS, anteriormente randomizadas e selecionadas pelo software R (R Core Team 2014), totalizando 60 pontos de amostragem. Em estudos de banco de sementes em áreas de campo sujo no Cerrado são utilizadas parcelas de 25x25cm (Andrade & Miranda 2014) e a avaliação da emergência de plântulas pode representar o que se encontra no banco de sementes.

Identificamos as subparcelas com estacas de ferro, delimitando seus vértices e amarramos uma etiqueta colorida com a indicação do número correspondente.

2.3. COLETA DE DADOS

2.3.1. Emergência e sobrevivência de plântulas

O cerrado lenhoso frutifica o ano inteiro, mas com concentração na estação seca (Gouveia & Felfili 1998) e gramíneas de ambientes campestres tem maior chances de germinação quando dispersas no início da estação chuvosa e durante a seca (Ramos et al. 2017). Devido a isso, as amostragens iniciaram com as primeiras chuvas, no início de outubro de 2016,

considerando que haveriam propágulos no solo de ambos os estratos. Com isso, as subparcelas foram visitadas quinzenalmente visando verificar a quantidade de emergência e a sobrevivência das plântulas já registradas, até maio de 2017.

Nas áreas queimadas, em especial, houveram várias rebrotas e, de início, geraram dúvidas devido ao tamanho semelhante ao das plântulas. Nesses casos, cavamos cuidadosamente ao seu redor até termos contato com a origem, como a semente ligada à plântula. Nas rebrotas sempre encontramos conexão subterrânea ou à um ramo morto.

Outra diferenciação era da espessura da “radícula”. Nas plântulas, a radícula afina do epicótilo para baixo, enquanto nas rebrotas o diâmetro não se reduz ou, até mesmo, aumenta. Nas não-monocotiledôneas, a identificação das plântulas era feita especialmente através das folhas cotiledonais, diferenciadas dos primórdios foliares em forma e em tamanho.



Figura 2. Demarcação de plântula no campo (a) e conferência de sobrevivência (b).

Nas vistorias das subparcelas identificamos cada plântula encontrada como não-monocotiledônea ou monocotiledônea (em geral, gramíneas) e, sempre que possível, fizemos a identificação botânica baseada no morfotipo. Utilizamos lacres coloridos numerados e arames de alumínio em arco para demarcar cada plântula (Figura 2).

Na checagem da sobrevivência das plântulas, cada lacre era conferido e a plântula classificada como morta ou viva. A marcação era mantida enquanto o indivíduo mantinha-se vivo. Após classificado como morto, fazíamos mais uma checagem na quinzena seguinte, para confirmar a não sobrevivência. Caso positivo, a marcação era retirada.

2.3.2. Condições ambientais

Para associar a precipitação às taxas de emergência e sobrevivência, obtive dados de

precipitação do site do BDMEP/INMET, para todo o período de amostragem.

A partir de dezembro de 2016 coletamos quinzenalmente (concomitante à verificação de emergência e sobrevivência), uma amostra do solo em cada subparcela, com a finalidade de verificar se há diferença na umidade do solo com e sem a presença recente de fogo e avaliar a influência dessa variável na emergência das plântulas.

Para avaliação do potencial hídrico local, coletamos solo na superfície e a dois centímetros de profundidade, tanto para Q e NQ. A maioria das sementes na savana brasileira costumam ocorrer no primeiro centímetro de profundidade (Andrade & Miranda 2014), justificando as profundidades coletadas.

As amostras de solo foram retiradas na adjacência de cada sub-parcela, com auxílio de pás e régua. Os recipientes foram lacrados com *parafilm* para conservar a umidade do solo e armazenados em caixa de isopor à temperatura ambiente, em local coberto. As amostras foram analisadas no laboratório de Termobiologia da UnB, com o potenciômetro WP4C - Dewpoint PotentiaMeter (marca Decagon).

2.4. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

A estatística foi realizada no Software R (R Core Team 2014). A avaliação foi separada para emergência e sobrevivência das plântulas. O efeito da precipitação e do fogo no potencial hídrico também foi analisado.

Para a emergência de plântulas, os dados foram coletados através de contagem. Em uma tabela eram anotados todo novo indivíduo da subparcela, o somatório total do período amostrado indicava a emergência final. Com isso, obtivemos uma planilha apenas com valores positivos e zeros. Para dados de contagem, a distribuição recomendada para avaliação da relação entre variáveis é a de Poisson (Zuur et al. 2009).

Contudo, devido à natureza dos dados, houve uma superinflação de zero na amostragem, necessitando de ajustes específicos para lidar com distribuição de dados com zeros inflacionados. Há um modelo de zero inflado para a distribuição de Poisson descrita no livro de Zuur (2009), mas a ferramenta apresentou erros no processamento e por isso, foi descartada. A solução encontrada então, foi utilizar uma distribuição negativa binomial com modelo para zero inflado, disponível no pacote *pscl* (Zeileis et al. 2008), que separa os dados em dois tipos, contagem e em binômios, processando uma vez para cada tipo.

Utilizando um modelo linear de efeito misto (GLMM), colocamos como variável resposta o número de plântulas que emergiu em cada subparcela e a precipitação e o potencial

hídrico como variáveis explicativas, além do efeito de variáveis entre as áreas (1, 2 e 3), entre tratamentos (queimada e não queimada) e entre grupo de plântula (monocotiledônea e não monocotiledônea).

A seleção de modelos foi feita através da comparação entre os níveis de significância da correlação com emergência dos fatores considerados variáveis independentes. As variáveis que não apresentavam significância eram excluídas e o modelo recalculado, até sobraarem apenas termos significativos para influência na emergência de plântulas. Com isso, foi gerado um único modelo considerando apenas variáveis significativas.

O potencial hídrico varia entre de zero e negativo, sendo zero quando a amostra está saturada. Com isso, houve uma frequência alta de zero nos dados (zero inflado). Para facilitar a interpretação dos dados, multiplicamos todos os valores por -1, para tornar todos os valores positivos.

A avaliação da sobrevivência em relação ao efeito da queimada e das variáveis ambientais seguiu a mesma lógica da emergência, utilizando modelo linear misto (GLMM). Contudo, os dados foram de proporcionalidade, para eliminar o efeito dos valores variáveis de emergência em cada subparcela analisada. A variável resposta foi a proporção de plântulas que sobreviveram do total emergido (distribuição binomial).

As variáveis independentes foram precipitação acumulada (quinze dias anteriores a coleta), umidade do solo (potencial hídrico - MPa) entre 2 e 3 centímetros de profundidade e a interação entre grupo de planta e tratamento (NQ e Q). Na parte aleatória do modelo foram incluídas as áreas e subparcelas. Para essa análise usamos os pacotes R lme4 (Bates et al. 2014) e lsmeans. A seleção de modelos não foi necessária para essa avaliação pois todas as variáveis foram significativas.

Para avaliar o efeito do fogo e precipitação na umidade do solo, também utilizamos modelos lineares generalizados mistos (GLMM). O potencial hídrico superficial do solo (0 a 1 cm de profundidade) foi considerado a variável resposta e, como fatores fixos consideramos a queima (área queimada *versus* não queimada) e a precipitação. Incluímos, na parte aleatória, as áreas e parcelas aninhadas. Como o potencial hídrico é uma variável contínua e com grande número de zeros (zero inflado), fizemos um *hurdle model*, ou seja, em duas etapas: 1) modelagem com distribuição gamma, apenas com a parte positiva dos valores (para isso multiplicamos os valores negativos por -1); 2) modelagem com distribuição binomial, com os zeros e valores que não são zero são transformados em 1.

3. RESULTADOS

Durante as 15 amostragens realizadas, encontramos 1146 novas plântulas. Dentre elas, 520 monocotiledôneas e 626 não monocotiledôneas. O período de maior incremento foi durante o início das chuvas, entre novembro e dezembro, com 82,5% do surgimento total de plântulas (Figura 3). Considerando o período de análise da primeira quinzena de outubro (OutI) até a de janeiro (Jan I) (Figura 3), 71,34% dos indivíduos que surgiram nesse intervalo morreram (60% dos indivíduos). Esse também foi o período de maior mortalidade de toda a amostragem (Figura 3).

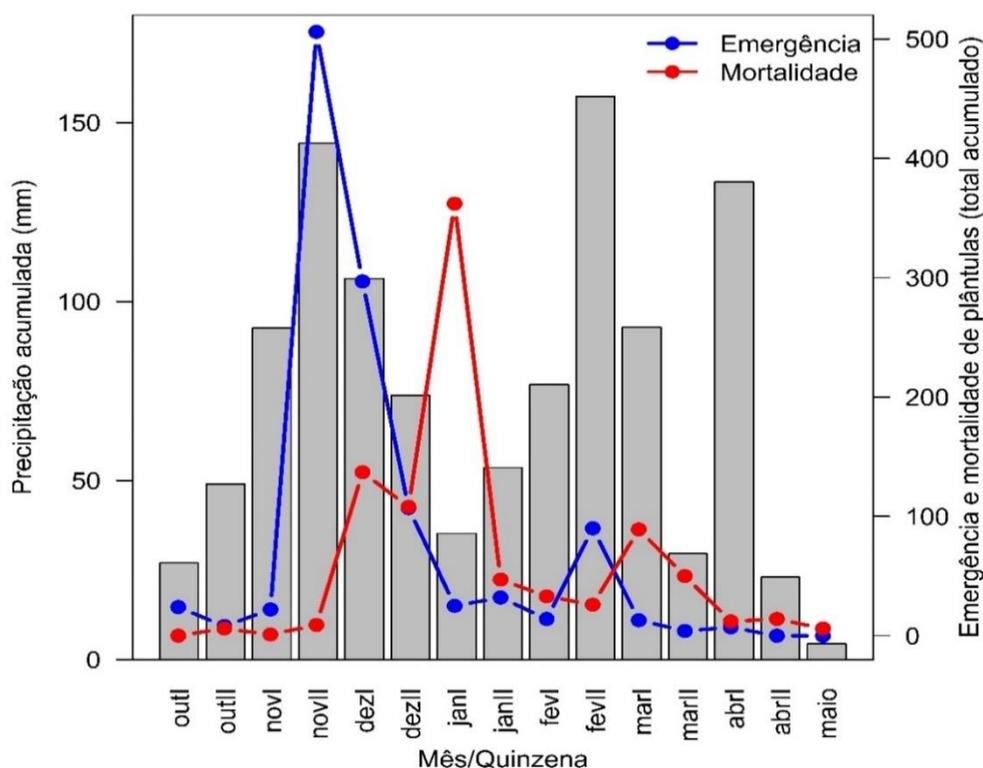


Figura 3. Emergência e mortalidade de plântulas em campo sujo do Parque Nacional de Brasília, em relação à precipitação e período de avaliação (outubro de 2016 a maio de 2017).

A avaliação da emergência foi feita através do modelo selecionado (Tabela 2). Na seleção de modelos houveram duas constatações. A primeira é que a contribuição do potencial hídrico do solo para emergência de plântulas não foi significativa na parte de contagem do modelo. A segunda é que a interação fogo e grupo de plântulas não foi significativa na parte binomial. Com isso, o modelo final considera precipitação e interação fogo e grupo de plântulas na parte de contagem e, precipitação e potencial hídrico na parte binomial.

Tabela 2. Resultados da seleção de modelos para influência de variáveis climáticas e intensidade de fogo na emergência de plântulas em áreas de campo sujo no Parque Nacional de Brasília. Na equação do modelo final, a primeira parte é referente as variáveis utilizadas com dados de contagem e a segunda parte (separada por “|”), com binomial. gl = graus de liberdade; p= P valor; X²= variância; AIC= Critério de informação Akaike.

Termo excluído	Gl	AIC	Razão de verossimilhança	
Nenhum	17	1725.191		
<u>Parte de contagem:</u>				
Potencial hídrico	16	1725.074	$X^2 = 1.8828$	(gl = -1, p = 0.17)
<u>Parte binomial:</u>				
Fogo*grupo de planta	14	1722.078	$X^2 = 2.8867$	(gl = -3, p = 0.40)
Modelo final = plântulas ~ área + scale (precipitação) + fogo * grupo scale (potencial hídrico) + área + scale (precipitação)				

A precipitação apresentou forte correlação com a emergência de plântulas (Figura 3), principalmente, no início da estação chuvosa. No segundo pico de precipitação, houve também um pico de emergência, contudo, bem inferior ao primeiro.

O potencial hídrico está diretamente relacionado com a precipitação pois, quanto maior quantidade de chuva, mais água terá o solo (ou o substrato). O potencial hídrico também reflete o potencial de retenção de água nos centímetros iniciais do solo, onde estão a maioria das sementes da savana brasileira (Andrade & Miranda 2014). Tanto a precipitação quanto o potencial hídrico apresentaram relação significativa com a emergência de plântulas (Tabela 3).

Na área não queimada houve mais emergência de plântulas que na área queimada (Tabela 3). O grupo de não monocotiledôneas apresentou mais indivíduos emergentes que monocotiledôneas (Tabela 3).

Tabela 3. Efeito de queimadas e variáveis ambientais na emergência de plântulas de monocotiledôneas e não monocotiledôneas em campo sujo no Parque Nacional de Brasília. EP= erro padrão. $P < 0,001$.

Comparação	Contagem		Binomial	
	Estimate \pm EP	P	Estimate \pm EP	P
Área 2 vs 1	-0,88 \pm 0,14	<0,001	1,56 \pm 0,60	0.0099
Área 3 vs 1	-0,87 \pm 0,19	<0,001	1,35 \pm 0,58	0.0205
Precipitação	1,32 \pm 0,12	<0,001	3,91 \pm 0,69	<0,001
Queimado vs não queimado	-1,68 \pm 0,26	<0,001		
Mono vs Não-Mono	-0,60 \pm 0,19	0.00196		
Potencial hídrico			3,73 \pm 1,11	<0,001

A área queimada afeta negativamente a emergência de plântulas de não monocotiledôneas, mas não interfere a emergência de monocotiledôneas (Tabela 4). Por outro lado, não monocotiledôneas emergiram mais na área não queimada recentemente, indicando que a ausência do fogo favorece a emergência desse grupo. Para ambas as condições (Q e NQ), a quantidade de monocotiledôneas não diferiu (Figura 4).

Tabela 4. Comparações múltiplas entre o efeito de tipo de planta, queimada e área na emergência de plântulas em áreas de campo sujo no Parque Nacional de Brasília. EP= erro padrão. $P < 0,0001$.

Comparação		Estimate \pm EP	P
Não Monocotiledôneas vs Monocotiledôneas	Área não queimada	0.25 \pm 0.08	0.0024
	Área queimada	-0.41 \pm 0.08	<.0001
Área não queimada vs queimada	Não Monocotiledôneas	0.45 \pm 0.07	<.0001
	Monocotiledôneas	-0.21 \pm 0.09	0.0189
Área 1 vs 2		0.36 \pm 0.08	<.0001
Área 1 vs 3		0.35 \pm 0.08	<.0001
Área 2 vs 3		-0.002 \pm 0.052	0.9983

Houve diferença significativa entre a emergência nas áreas (1,2 e 3; Tabela 3 e 4), mas não foi objetivo do presente trabalho avaliar a interferência local (i.e. autocorrelação espacial).

Desconsiderando a diferença entre áreas, avaliamos a média das três áreas (1, 2 e 3), considerando o tratamento fogo e dividindo entre áreas queimadas e não queimadas. Novamente, não encontramos diferenças entre a emergência de plântulas monocotiledôneas entre os tratamentos, nem entre o total de monocotiledôneas e não monocotiledôneas emergidas (Figura 4).

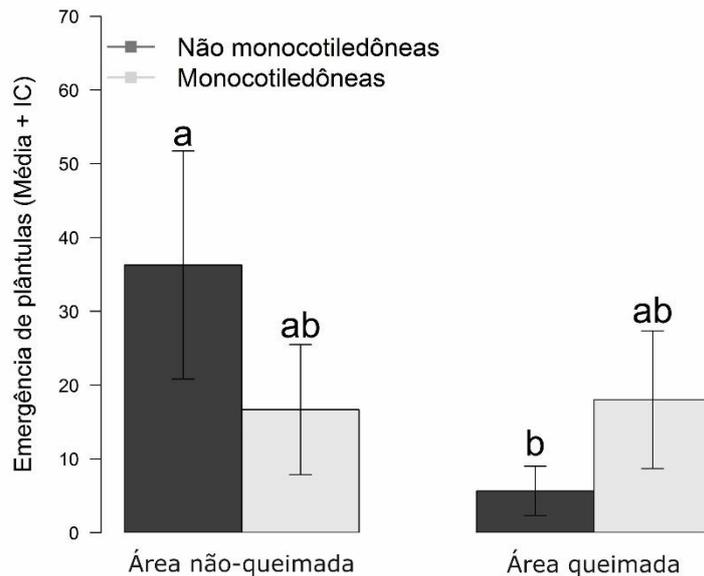


Figura 4. Efeito do fogo na emergência de plântulas em Campo Sujo no Parque Nacional de Brasília (números referentes a quantidade média de emergência)

O fogo teve forte influência sobre a emergência de não monocotiledôneas, afetando fortemente a recomposição de áreas com maior intensidade de queimadas por espécies vegetais desse grupo.

Em geral, não monocotiledôneas apresentam maior quantidade que monocotiledôneas em ambiente protegido do fogo, enquanto monocotiledôneas possuem vantagem competitiva por colonizarem eficientemente tanto áreas queimadas quanto não queimadas. A quantidade de emergência para monocotiledôneas em ambas as situações foi praticamente a mesma, sugerindo que o banco de sementes, nos dois tratamentos, se manteve viável, mesmo com a adversidade do fogo (Figura 4).

A sobrevivência foi avaliada utilizando as mesmas interações entre variáveis utilizadas para a emergência. Houve uma pequena diferença na sobrevivência entre grupos de plântulas, sendo que monocotiledôneas sobreviveram mais em áreas não queimadas do que as não monocotiledôneas (Tabela 5). Em áreas queimadas, a sobrevivência não diferiu entre os grupos. A comparação entre tratamentos indicou que há relação positiva na sobrevivência dos dois grupos nas áreas queimadas (Tabela 5).

A precipitação apresentou relação positiva com a sobrevivência, indicando que a chuva contribui com a manutenção das plântulas. O potencial hídrico, variável correlacionada com a precipitação, mostrou um resultado diferente a 3 cm de profundidade, onde provavelmente há maior quantidade de radículas. Como os valores do potencial hídrico foram multiplicados por -1, quanto mais déficit hídrico, maior a sobrevivência (Tabela 5).

Tabela 5. Comparações múltiplas entre o efeito do potencial hídrico, precipitação, tipo de planta e queimada na proporção de sobrevivência de plântulas em áreas de campo sujo no Parque Nacional de Brasília. EP= erro padrão. $P < 0,05$.

Comparação		Estimate \pm EP	P
Não Monocotiledôneas vs Monocotiledôneas	Área não queimada	-0.26 \pm 0.10	0.0150
	Área queimada	0.003 \pm 0.19	0.9866
Área não queimada vs queimada	Não Monocotiledôneas	-0.64 \pm 0.20	0.0020
	Monocotiledôneas	-0.37 \pm 0.16	0.0234
Precipitação		0.61 \pm 0.05	<.0001
Potencial Hídrico (3cm)		1.06 \pm 0.11	<.0001

Há diferença na proporção de sobrevivência de não monocotiledôneas e monocotiledôneas em áreas não queimadas (Figura 5), sendo que não encontramos diferença nas áreas queimadas. Também há diferença entre os tratamentos onde, em geral, os grupos sobrevivem mais em áreas influenciadas diretamente pelo fogo (Figura 5).

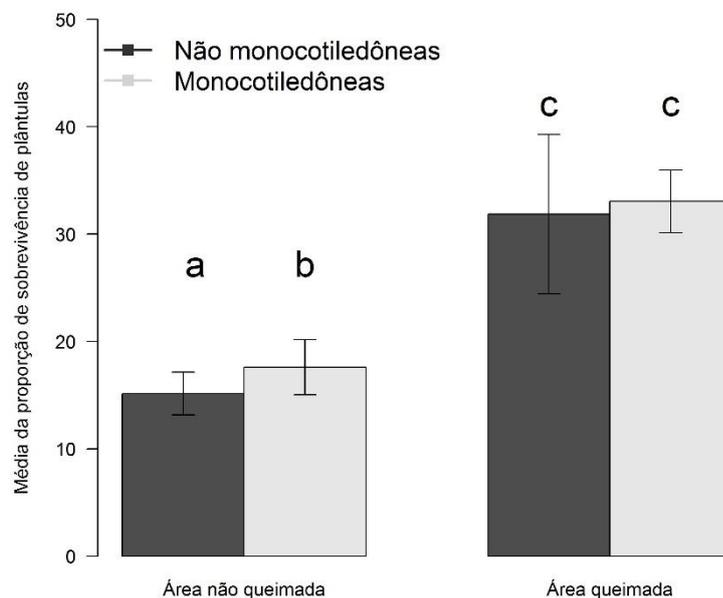


Figura 5. Efeito do fogo na proporção de sobrevivência de plântulas em Campo Sujo no Parque Nacional de Brasília (dados em porcentagem).

O potencial hídrico foi correlacionado com precipitação e efeito de fogo. Encontramos relação positiva entre umidade do solo e pluviosidade e negativa com áreas queimadas, tanto para distribuição gamma, quanto para a binomial (Tabela 6). Áreas queimadas apresentaram maior déficit hídrico no início e final da estação chuvosa, enquanto durante ela, não houve diferença significativa da umidade entre tratamentos (Figura 6).

Tabela 6. Influência de queimadas e precipitação na umidade do solo em áreas de campo sujo no Parque Nacional de Brasília, na estação chuvosa de 2016-2017.

Comparação	Gamma		Binomial	
	Estimate ± EP	P	Estimate ± EP	P
Precipitação	-0.56 ± 0.05	<0,001	-0.87 ± 0.06	<0,001
Queimado vs não queimado	0.74 ± 0.11	<0,001	0.61 ± 0.12	<0,001

Modelo misto: potencial ~ fogo (área queimada e não queimada) + precipitação + (1 | área/parcela).

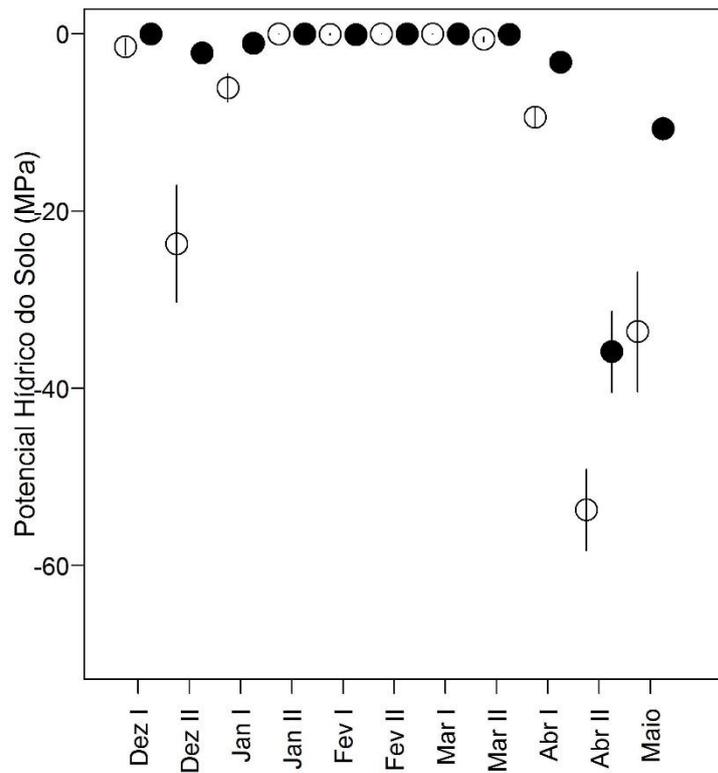


Figura 6. Potencial hídrico superficial do solo (+IC) durante a estação chuvosa (2016-2017) em um campo sujo no Parque Nacional de Brasília. (Círculos brancos = áreas queimadas; Círculos pretos = áreas não queimadas)

5. DISCUSSÃO

A precipitação e o potencial hídrico apresentaram correlação positiva com a emergência, indicando que chuva e umidade contribuem para o recrutamento de indivíduos de ambos grupos vegetacionais. Várias espécies de herbáceas e subarborescentes de campo sujo frutificam na estação chuvosa (Munhoz & Felfili 2007), podendo ter contribuído com o maior incremento de sementes no solo e, conseqüentemente, número de plântulas no início da próxima estação. Além disso, o período de maior riqueza e densidade do banco de sementes é no final da estação seca (Williams et al. 2005), quando as condições ambientais estão prestes a melhorar com a vinda das chuvas.

Ao longo da estação chuvosa, não houve outros grandes picos de emergência, pois há um declínio natural de sementes no solo durante o início das chuvas, tanto de monocotiledôneas, quanto de dicotiledôneas (Andrade & Miranda 2014), podendo ser atribuído ao esgotamento do banco desses propágulos. Outro fator é que sementes de gramíneas, de várias espécies, em ambientes campestres e dispersadas no meio da estação chuvosa, apresentam dormência para evitar o início do desenvolvimento na seca (Ramos et al. 2017). Dessa forma, a emergência naturalmente é reduzida durante a estação.

A sobrevivência das plântulas foi influenciada positivamente pela precipitação, mas as plântulas sobreviveram mais em áreas queimadas, que possuem solo mais seco (maior déficit hídrico) (Figura 6). A disponibilidade hídrica proporciona diferenças na cobertura do solo (Figura 2), sendo possível distinguir área não queimada (Figura 2. a) e área queimada (Figura 2. b). Apesar de em Figura 2. a) haver mais cobertura e, conseqüentemente, maior retenção de umidade (maior potencial hídrico), há também maior propensão à competição entre os novos indivíduos e plantas já estabelecidas, que são, em geral, gramíneas, com raízes superficiais.

O fogo pode ter tido o efeito de aliviar a pressão de competição de gramíneas e herbáceas com os novos indivíduos (Hoffmann 1996), favorecendo a sobrevivência. Além disso, o sombreamento pelo estrato herbáceo pode limitar a produtividade de novos indivíduos no período chuvoso (Nardoto et al. 1998). Dessa forma, a umidade do solo não foi o fator limitante da sobrevivência.

É interessante pensar no papel duplo dos indivíduos já estabelecidos no ambiente. De início, áreas não queimadas favorecerem a emergência de não monocotiledôneas. Nessa situação, as plantas adjacentes podem facilitar o desenvolvimento das mais novas ou menores, fornecendo sombreamento positivo (Callaway & Walker 1997) e contribuindo com a retenção de umidade no solo (correlação positiva). Entretanto, esse ambiente passou a afetar

negativamente a sobrevivência das plântulas (dos dois grupos). Nesse caso, o distúrbio (Q) facilitou o estabelecimento das plântulas, aparentemente devido à redução de competição em ambientes de recursos mais limitados (Callaway & Walker 1997), se comparado às áreas não queimadas. Além disso, as plantas vizinhas às plântulas podem fornecer alguma melhora nas condições ambientais, fazendo o papel de facilitadoras quanto à sobrevivência (Callaway & Walker 1997).

Quanto ao efeito da queima, as monocotiledôneas apresentaram vantagem competitiva por se adequarem tanto a ambientes influenciados pelo fogo, como não, considerando emergência e sobrevivência. Para não monocotiledôneas, no entanto, as áreas recentemente queimadas podem dificultar a emergência de plântulas de espécies lenhosas (Hoffmann 1996). Primeiramente, devido ao maior déficit hídrico que as sementes estão sujeitas em ambientes cuja passagem do fogo foi recente. A umidade do solo é um dos pré-requisitos para a germinação, sendo a quantidade de água reduzida nas áreas queimadas, influenciando na taxa de emergência.

Esse efeito pode ter sido potencializado pela elevada presença de gramíneas, naturais à fitofisionomia, que podem contribuir para o aumento da intensidade do fogo (combustível) nas áreas queimadas (Higgins et al. 2000). Entretanto, sementes de arbóreas originárias de ambientes resistentes ao fogo (savânicos), tendem também a ser mais resistentes (Ribeiro et al. 2015) e, quando possuem dormência, sua germinação é facilitada pelo calor (Ribeiro et al. 2012). Mesmo podendo possuir sementes resistentes, as não monocotiledôneas não foram competitivas quando comparadas às monocotiledôneas.

As sementes de monocotiledôneas e subarbustos também podem ser estimuladas pelo fogo para germinarem (Tyler 1995) e sementes de gramíneas, por exemplo, podem sobreviver a altas temperaturas e continuarem viáveis, especialmente quando apresentam dormência (Ramos et al. 2016). Na avaliação da sobrevivência, esse grupo foi superior em áreas não queimadas, quando comparado às não monocotiledôneas.

A emergência de plântulas de monocotiledôneas foi praticamente a mesma em áreas queimadas e não queimadas. Com isso, a suposição é de que a quantidade disponibilizada de sementes para o solo foi homogênea nas duas áreas (NQ e Q) e que não há diferença na densidade disponível, mesmo com a passagem do fogo (Andrade & Miranda 2014). Contudo, a emergência desse grupo no pós fogo pode ser afetada pela estratégia reprodutiva de cada espécie (Stradic et al. 2015).

As sementes de gramíneas que apresentam dormência e resistência a elevadas temperaturas (110°C), não possuem característica de capacidade de rebrota (Ramos et al. 2016). As que

utilizam essa estratégia não sexuada para reprodução pós fogo, podem não apresentar bons resultados de germinação (Stradic et al. 2015). Entretanto, o fogo pode estimular a floração e frutificação em algumas semanas (Munhoz & Felfili 2007), como foi observado até nas plântulas em campo (Figura 7). Por fim, as sementes de rebrotantes (de Cyperaceae e Poaceae) produzidas pós fogo, podem apresentar germinação mais rápida que outras espécies (Stradic et al. 2015), indicando que o fogo pode possuir papel importante na regeneração de ambientes pirofíticos.



Figura 7. Espécies que apresentaram floração com poucos meses de emergência, em área queimada.

6. CONCLUSÃO

No campo sujo, a precipitação possuiu correlação positiva com a emergência e a sobrevivência de plântulas, em ambos os grupos (monocotiledôneas e não monocotiledôneas). Já a umidade do solo contribuiu para a emergência, mas atuou negativamente na sobrevivência. Esse resultado pode estar relacionado ao fato das áreas queimadas (que possuem maior déficit hídrico) propiciarem maior chance de sobrevivência das plântulas em geral, devido à redução da competição por recursos com os indivíduos já estabelecidos.

A emergência de não monocotiledôneas é influenciada negativamente pela passagem do fogo, enquanto as monocotiledôneas são indiferentes aos efeitos desse distúrbio. Esse resultado indica uma vantagem competitiva do segundo grupo que, além de ser mais abundante em ecossistemas como o campo sujo, apresentam maior recrutamento proporcional pós fogo.

Com isso, concluímos que o fogo contribui na regeneração de ambientes pirofíticos e que a sua frequência favoreceria a distribuição de monocotiledôneas sobre não monocotiledôneas, influenciando na composição e estrutura da paisagem.

Entretanto, alguns pontos ainda devem ser investigados, como a diferença significativa na emergência entre as áreas (1,2 e 3) estudadas, a relação de emergência e sobrevivência com características do solo, com temperatura do solo e, especialmente, com o tempo de permanência da plântula em áreas queimadas e não queimadas. A avaliação da sobrevivência deve ser estendida para real conclusão de influência, pois não avaliamos a sequência temporal na sobrevivência (plântulas que emergiram no início da estação chuvosa tem mais chance do que as que emergiram na segunda metade?), podendo acrescentar novos resultados.

REFERÊNCIAS

- Andrade, L.A.Z. de, & Miranda, H.S. 2010. O fator fogo no banco de sementes. In Miranda, H.S. (ed.), *Efeitos do Regime do Fogo sobre a Estrutura de Comunidades de Cerrado: Resultados do Projeto Fogo*, pp. 103–119. IBAMA, Brasília.
- Andrade, L.A.Z. de, & Miranda, H.S. 2014. The dynamics of the soil seed bank after a fire event in a woody savanna in central Brazil. *Plant Ecology* 215: 1199–1209.
- Batalha, M.A., Aragaki, S., & Mantovani, W. 1997. Variações Fenológicas Das Espécies do Cerrado em Emas (Pirassunga, SP). *Acta Botanica Brasilica* 11: 61–78.
- Bates D, Maechler M, Bolker B, W.S. 2014. lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4. R package version 1.1-7.
- Bond, W.J., & Keeley, J.E. 2005. Fire as a global “herbivore”: The ecology and evolution of flammable ecosystems. *Trends in Ecology and Evolution* 20: 387–394.
- Callaway, R.M., & Walker, L.R. 1997. Competition and Facilitation : A Synthetic Approach to Interactions in Plant Communities. *Ecology* 78: 1958–1965.
- Clements, F.E. 1936. Nature and structure of the Climax. *Journal of Ecology* 24: 252–284.
- Coutinho, L.M. 2002. O bioma de cerrado. In Klein, A.L. (ed.), *Eugen Warming e O Cerrado Brasileiro: Um século depois*, pp. 79–91. São Paulo.
- Coutinho, L.M. 1978. O conceito de cerrado. *Revista Brasileira de Botânica* 1: 17–23.
- Fonseca, G.A.B. da, Cavalcanti, R., Rylands, A., & Paglia, A. 2004. Cerrado. In CEMEX (ed.), *Hotspots revisited: Earth’s Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions*, pp. 93–103. Conservation International, Cidade do México.
- Françoso, R., Guaraldo, D.C., Paiva, O., Mota, H., Pinto, R., & Roberto, J. 2014. Fenologia e produção de frutos de *Caryocar brasiliense* Cambess. e *Enterolobium gummiferum* (mart.) J.F.Macbr. em diferentes regimes de queima. *Revista Árvore* 38: 579–590.
- Gouveia, G.P., & Felfili, J.M. 1998. Fenologia de comunidades de cerrado e de mata de galeria no Brasil central. *Revista Árvore* 22: 443–450.

- Higgins, S.I., Bond, W.J., & Trollope, S.W. 2000. Fire, reprofiting and variability: a receipt for grass-stepe coexistence in savanna. *Journal of Ecology* 88: 213–229.
- Hoffmann, W.A. 1996. Effects Of Fire And Cover on Seedling Establishment in a Neotropical Savanna. 383–393.
- Icmbio. 1998. *Plano de Manejo do Parque Nacional de Brasília. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Instituto Brasileiro de Recursos Naturais e Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente. Brasília.*
- Keeley, J.E., Pausas, J.G., Rundel, P.W., Bond, W.J., & Bradstock, R.A. 2011. Fire as an evolutionary pressure shaping plant traits. *Trends in Plant Science* 16: 406–411.
- Mendonça, R.C., Felfili, J.M., Walter, B.M.T., Silva-Júnior, Rezende, M.C., Filgueiras, T.S., Nogueira, P.E., & Fagg, C.W. 2008. Flora vascular do bioma Cerrado, check list com 12.356 espécies. In Sano, S.M., Almeida, S.P., & Ribeiro, J.F. (eds.), *Cerrado: ecologia e flora*, pp. 421–1279. Embrapa Cerrados/Embrapa Informação Tecnológica, Brasília.
- Munhoz, C.B.R., & Amaral, A.. 2010. Efeito do fogo no estrato herbáceo-subarbustivo do Cerrado. In Miranda, H.. (ed.), *Efeitos do Regime do Fogo sobre a Estrutura de Comunidades de Cerrado: Resultados do Projeto Fogo*, pp. 93–102. IBAMA, Brasília.
- Munhoz, C.B.R., & Felfili, J.M. 2007. Reproductive phenology of an herbaceous-subshrub layer of a Savannah (Campo Sujo) in the Cerrado Biosphere Reserve I, Brazil. *Brazilian journal of biology = Revista brasleira de biologia* 67: 299–307.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A.B., & Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853–858.
- Nardoto, G., Souza, M., & Franco, A. 1998. Estabelecimento e padrões sazonais de produtividade de *Kielmeyera coriacea* (Spr) Mart. nos cerrados do Planalto Central: efeitos do estresse hídrico e sombreamento. *Revista Brasileira de Botânica* 21: 313–319.
- Oliveira Filho, A.T., & Ratter, J.A. 2002. Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado biome. In Oliveira, P.S. & Marquis, R.J. (eds.), *The cerrados of Brazil. Ecology an natural history of a Neotropical savanna*, pp. 91–120. Columbia University Press, New York.

- R Core Team. 2014. R: a language and environment for statistical computing.
- Ramos-Neto, M.B., & Pivello, V.R. 2000. Lightning fires in a Brazilian Savanna National Park: Rethinking management strategies. *Environmental Management* 26: 675–684.
- Ramos, M.A., B, A.B.S.L., C, P.D., Munhoz, B.R.A., Ooi, M.K.J., & Borghetti, F. 2016. Seed tolerance to heating is better predicted by seed dormancy than by habitat type in Neotropical savanna grasses. . doi: 10.1071/WF16085
- Ramos, D.M., Diniz, P., Ooi, M.K.J., Borghetti, F., & Valls, J.F.M. 2017. Avoiding the dry season: dispersal time and syndrome mediate seed dormancy in grasses in Neotropical savanna and wet grasslands (D. Ward, Ed.). *Journal of Vegetation Science*. doi: 10.1111/jvs.12531
- Ramos, D.M., Liaffa, A.B.S., Diniz, P., Munhoz, C.B.R., Ooi, M.K.J., Borghetti, F., & Valls, J.F.M. 2016. Seed tolerance to heating is better predicted by seed dormancy than by habitat type in Neotropical savanna grasses. *International Journal of Wildland Fire* 25: 1273–1280.
- Ratter, J. a., Ribeiro, J.F., & S., B. 1997. The Brazilian Cerrado Vegetation and Threats to its Biodiversity. *Annals of Botany* 80: 223–230.
- Ribeiro, L.C., Barbosa, E.R.M., Van Langevelde, F., & Borghetti, F. 2015. The importance of seed mass for the tolerance to heat shocks of savanna and forest tree species. *Journal of Vegetation Science* 26: 1102–1111.
- Ribeiro, L.C., Pedrosa, M., & Borghetti, F. 2012. Heat shock effects on seed germination of five Brazilian savanna species. *Plant Biology* 15: 152–157.
- Ribeiro, J.F., & Walter, B.M.T. 2008. As principais fitofisionomias do Biomas Cerrado. In Sano, S.M., Almeida, S.P., & Ribeiro, J.F. (eds.), *Cerrado: ecologia e flora*, pp. 152–212. Embrapa Cerrados/Embrapa Informação Tecnológica, Brasília.
- Salgado-Laboriou, M.. 2005. Alguns aspectos sobre a paleoecologia dos cerrados. In Scariot, A., Sousa-Silva, J.C., Felfili, J.M. (ed.), *Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação.*, pp. 107–118. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- Scariot, A., Felfili, J.M., & Sousa-Silva, J.C. 2005. *Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e*

Conservação. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.

- Simon, M.F., Grether, R., de Queiroz, L.P., Skema, C., Pennington, R.T., & Hughes, C.E. 2009. Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106: 20359–20364.
- Stradic, S.L.E., Silveira, F.A.O., Buisson, E., Cazelles, K., Carvalho, V., Fernandes, G.W., Ird, C., Institut, I., & Biodiversité, M. De. 2015. Diversity of germination strategies and seed dormancy in herbaceous species of campo rupestre grasslands. 2: 537–546.
- Tyler, C.M. 1995. Factors Contributing to Postfire Seedling Establishment in Chaparral: Direct and Indirect Effects of Fire. *The Journal of Ecology* 83: 1009.
- Walter, B.M.T., & Ribeiro, J.F. 2010. Diversidade fitofisionômica e o papel do fogo no bioma Cerrado. In Miranda, H.. (ed.), *Efeitos do Regime do Fogo sobre a Estrutura de Comunidades de Cerrado: Resultados do Projeto Fogo.*, pp. 59–76. IBAMA, Brasília.
- Williams, P.R., Congdon, R.A., Grice, A.C., & Clarke, P.J. 2005. Germinable soil seed banks in a tropical savanna: seasonal dynamics and effects of fire. *Austral Ecology* 30: 79–90.
- Zeileis, A.F., Kleiber, C., & Jackman, S. 2008. Regression Models for count data in R. *Journal of Statistical Software* 27: 1–25.
- Zuur, A.F., Ieno, E.N., Walker, N.J., Saveliev, A.A., & Smith, G.M. 2009. *Mixed effects models and extensions in ecology with R* (M. Gail, K. Krickeberg, J. M. Samet, A. Tsiatis, & W. Wong, Eds.). Spring Science and Business Media, New York.