



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA - FACET
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL

Mário Soares Junglos

**A INFLUÊNCIA DO FOGO NA DINÂMICA DA REGENERAÇÃO NATURAL
DE UMA ÁREA EM PROCESSO DE RESTAURAÇÃO E A TOLERÂNCIA AO
CALOR DE DIÁSPOROS DE *Dipteryx alata* VOGEL.**

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL

2020



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA - FACET
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL

Mário Soares Junglos

**A INFLUÊNCIA DO FOGO NA DINÂMICA DA REGENERAÇÃO NATURAL
DE UMA ÁREA EM PROCESSO DE RESTAURAÇÃO E A TOLERÂNCIA AO
CALOR DE DIÁSPOROS DE *Dipteryx alata* VOGEL.**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal da Grande Dourados, como requisito à obtenção do título de Doutor em Ciência e Tecnologia Ambiental, Linha de pesquisa: Ciência Ambiental.

Orientadora: Prof^a Dr^a Zefa Valdivina Pereira

Coorientador: Prof^o Dr. Etenaldo Felipe Santiago

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL

2020

“O que não provoca minha morte faz com que
eu fique mais forte.”
(Friedrich Nietzsche)

Com amor;

Aos meus pais, *Ivanor Junglos e Maria Helena Soares Junglos*

Minha irmã, *Fernanda Soares Junglos*

E minha esposa, *Itamara Oliveira Gimenez*

DEDICO

A todos que contribuíram em minha caminhada nessa grande jornada, com ênfase aos meus professores que contribuíram para minha formação, em especial a *Antônio Luciano da Costa Nunes, Glaucia Almeida de Moraes, Rosilda Mara Mussury, Daiane Mugnol Dresch, Silvana Scalon, Zefa Valdivina Perreira, Etenaldo Felipe Santiago e Kely de Picoli Souza*, cada um a seu modo me tornou um ser humano melhor pelo exemplo de eficiência e humildade.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

O meu processo de doutoramento está longe de ser um doce poema sem tropeços, afinal onde há fumaça, há fogo, e este queimou a área experimental, meus projetos e pensamentos... mas como a chuva que vem pra acalmar a chama, inúmeros parceiros vieram como balsamo, e unidos por uma hipótese, tornaram o processo possível e concreto, pois se a tese de forma paradoxal também não for chama de amor e momentos de satisfação não faria sentido continuar... Assim, abaixo venho enaltecer a gratidão por todos aqueles que participaram da construção desta tese e lembrar que ciência não se faz solitário na bancada do laboratório:

Agradeço primeiramente a força motriz do universo que pela casualidade me concedeu o dom de elucidar uma fração dos mistérios intrínsecos deste pequeno e pálido ponto azul imerso na vastidão do espaço.

A *CAPES* pela bolsa concedida. A *UFGD* e *UEMS* unidade universitária de Dourados pela cedência de espaço físico para realização desta pesquisa, e a *Banca Examinadora* pelas valiosas contribuições no trabalho final.

A minha orientadora, *Zefa Valdivina Pereira*, pela confiança, por sua força que me inspira a nunca desistir e sempre continuar em frente. Obrigada por cada ensinamento, por se aventurar em lindos trabalhos de pesquisa e extensão e pela paciência e amor com que trata tudo a sua volta.

Ao meu coorientador, *Etenaldo Felipe Santiago*, por ser este profissional de inteligência e humildade admirável, um grande mestre, que plantou inúmeras indagações na minha mente e também me ajudou pacientemente a compreendê-las. Sigo na certeza que quando ‘crescer’ quero ser como você, com menos dores nas costas e uns fios de cabelo a mais na cabeça, ops! mas estes já teimam em cair.

A minha Família, pois sem o incentivo e as broncas de cada um de vocês (Pai - *Ivanor Junglos*, Mãe – *Maria Helena Soares Junglos* e Irmã - *Fernanda Soares Junglos*) eu não estaria aqui escrevendo este breve texto para agradecê-los por mais essa grande conquista. Nem todas as palavras juntas conseguiriam expressar meu agradecimento a vocês, seja pela perseverança e desejo de sempre querer ir além, passados por você, meu eterno herói e amigo: *PAI*, seja pelo grande carinho e atenção aos pequenos detalhes: *MÃE*, ou pelo companheirismo inato em nossa jornada de crescimento e conhecimento: *IRMÃ*. Bom, acho que o que melhor expressa meus sentimentos é um **MUITO OBRIGADO** por tudo; se hoje eu sou quem sou, isso se deve a vocês meus amigos, heróis, minha FAMÍLIA!!!

Não posso deixar de citar aquela que agora é parte de mim, você *Itamara Oliveira Gimenez* que me atura todos os dias seja, falando pelos cotovelos querendo explicar desde como a panela de pressão funciona até a teoria das cordas, seja chorando de desespero pelos cantos por conta da tese, obrigado por sempre me acalmar com seu doce e fraterno abraço, tu meu amor, obrigado por pagar minhas contas e propiciar o tempo e materiais necessários para que eu termine essa tese. Obrigado por tudo meu amor!

Fernanda, minha irmã, como eu já disse mais acima: obrigado por sempre me ajudar, por ser o meu exemplo, minha “ídola”, e por sempre estar comigo me incentivando a ser o melhor de mim.

O doutorado me parece um paradoxo temporal, que separa nossa vida num antes e depois, e nesta caminha regada de cafeína, piracetam, desregulações de corticotrofina e serotonina e muita adrenalina, vamos perdendo companhias (Vale rodar um teste estático!), mas sempre permanecem ou aparecem os poucos e bons amigos para tornar a jornada possível e mais agradável, obrigado por estarem comigo: *Tiago Alves da Silva, Glaucia Almeida de Moraes, Patrick Rochefeler Agostinho, Caroline Fróes, Nataskia Nunes, Ana Paula Shwaiger, Maria Juanna Marques de Amurim, Lucivania de Oliveira, Julielen Zanetti, Daiane Mugnol Dresch, Renata Lopes da Cruz, Camila Procópio Bonatto, Mara dos Santos Marques, Lucas dos Santos, Mariane Teles da Silva...* Vocês que sempre estiveram no suporte, seja sendo ouvintes, ajudando na coleta e processamento dos dados desta tese, as vezes pode parecer que não são importantes e seus nomes podem não aparecer ou serem simplificados num *et al.*, mas saibam que a ajuda de vocês foi altamente significativa ($p \leq 0,001$) para a conclusão deste processo.

A todos os meus *Professores*, sem exceções, por compartilharem os seus conhecimentos e um pouco de si, contribuindo direta ou indiretamente na construção desta tese e na minha formação acadêmica e humana. Obrigad o por me inspirarem o lindo dom da docência que pretendo seguir!

Ao Senhor *Adonias & Família* por sempre me receberem de braços abertos com aquele café ou almoço caprichado enaltecendo os sabores nativos do Cerrado, pela cedência da máquina para abrir os frutos de Baru e pelas conversas carregadas de conhecimentos empíricos sobre o Cerrado e a vida. Obrigad o por tudo!

Aos proprietários do Galpão das Artes (Dourados- MS) por acreditarem no meu trabalho, na universidade pública de qualidade, e na ciência, cedendo voluntariamente tempo e o material para construção e readequação das placas utilizadas para fotografar as sementes e frutos de Baru, depois das minhas inúmeras tentativas frustradas.

Por fim, compartilho que no auge das minhas preocupações, com a área experimental já em processo de regeneração natural, a vontade era acender um fósforo pra queimar tudo novamente, todas as normas da ABNT e citações, mas foram vocês que impulsionaram este corpo febril a seguir, trouxeram alegrias e me lembraram da paixão que nos move... A cada linha, foi como um romance, que não tem só resultados esperados, mas que faz compreender que ciência é humana, tem tropeços, é um processo de construção, é amor. E como é bom morrer de amor e continuar vivendo.... Espero que gostem do resultado, vocês que se aventuraram comigo, mas principalmente você que procura este texto pela paixão ao conhecimento.

As palavras finais são **GRATIDÃO** E como uma vez o grande narrador brasileiro Galvão Bueno disse: “*ACABOU, ACABOOOOUUUU, ACABOOOOUUUU, ACABOOOOUUUU, ACABOOOOUUUU, ACABOOOOUUUU*...”-Assim me despeço, e a você uma boa leitura!

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

- Tabela 1. Lista das espécies amostradas na regeneração natural antes e após o fogo nos núcleos de Anderson, localizadas em Dourados-MS em 2017 e 2018. 33
- Tabela 2. Dados fitossociológicos, índice de diversidade e equabilidade da regeneração natural antes e depois da passagem do fogo nos núcleos de Anderson, localizados em Dourados-MS em 2017 e 2018. 39
- Tabela 3. Dados fitossociológicos das famílias que ocorrem na regeneração natural antes e depois da passagem do fogo nos núcleos de Anderson, localizadas em Dourados-MS em 2017 e 2018. 40
- Tabela 4. Número de indivíduos, número de espécies, índice de diversidade e equabilidade da regeneração natural antes e depois da passagem do fogo nos núcleos de Anderson com diferentes densidades e configurações, localizados em Dourados-MS em 2017 e 2018. 42

CAPÍTULO 2

- Tabela 1. Parâmetros médios dimensionais lineares de frutos e sementes de *Dipteryx alata* provenientes de matrizes localizadas em Dourados/MS. **Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 2. Coeficientes de correlação de Person para as variáveis biométricas e físicas de frutos e sementes de *Dipteryx alata* provenientes de matrizes localizadas em Dourados/MS. **Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 3. Quadrado médio do resíduo referente à análise de variância para germinação de sementes (G - %), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG - dias), massa fresca total (MFT - g) e massa seca total de plântulas (MST - g) provenientes de sementes de *Dipteryx alata* expostas nuas ou protegidas pelo fruto à 25°C, 90°C e 150°C por 1 e 5 minutos. **Erro! Indicador não definido.**

CAPÍTULO 3

- Tabela 1. Parâmetros médios dimensionais lineares de sementes e frutos de *Dipteryx alata* por classe de tamanho (pequeno e grande), provenientes de matrizes localizadas em Dourados/MS. 90
- Tabela 2. Quadrado médio do resíduo referente à análise de variância para porcentagem de germinação (%G) de sementes de *Dipteryx alata* oriundas da exposição de sementes e frutos, pequenos e grandes, à 25°C, 90°C e 150°C por 1 e 5 minutos. 95

LISTA DE FIGURAS

INTRODUÇÃO GERAL

Figura 1. Visão geral da vegetação independente, sensível, e dependente do fogo na América do Sul, destacando os biomas brasileiros (Floresta Amazônica, Cerrado, Caatinga, Pantanal, Mata Atlântica, Pampas). Fonte: PIVELLO, 2011. 15

CAPÍTULO 1

Figura 1. Esquema de distribuição das espécies nos núcleos de 5 e dos núcleos de 9 mudas na área experimental. Dourados, MS. N5: Núcleos com 5 mudas, N9: núcleos com 9 mudas, PC: Pioneiras ao centro; NPC: Não pioneira ao cento. 29

Figura 2. Vista geral da área de estudo após incêndio. Dourados, 2017. 30

Figura 3. Diagrama de ordenação NMDS (Escalonamento Multidimensional Não Métrico) da composição de espécies em área avaliada em diferentes condições (antes e após a passagem do fogo) nos núcleos de Anderson com diferentes densidades de mudas e configurações. Os símbolos representam os arranjos dos núcleos, sendo N5PC AF= ■; N5NPC AF= ●; N9PC AF= ▲; N9NPC AF= ◆; N5PC PF= *; N5NPC PF= ☒; N9PC PF= ◇; N9NPC PF= ☓. N5: Núcleos com 5 mudas, N9: núcleos com 9 mudas, PC: Pioneiras ao centro, NPC: Não pioneira ao cento, AF = Antes do fogo, PF= após o fogo. A cor simboliza a condição da área, onde preto representa antes do fogo e cinza após o fogo. 43

Figura 4. Vista geral da área de estudo após o incêndio (a) e 9 meses após a passagem do fogo (b). Dourados-MS em 2017 (a) e 2018 (b). 44

CAPÍTULO 2

Figura 1. Modelo esquemático da superfície de argila confeccionada para abrigar frutos e sementes de *Dipteryx alata* durante os experimentos de tratamento térmico. 60

Figura 2. Morfologia do fruto e da semente de *Dipteryx alata*. (a) Aspecto externo do fruto fechado, (b) porção interna do fruto mostrando suas camadas (ep: epicarpo, me: mesocarpo, em: endocarpo) e a inserção da semente, (c) sementes. Escala: 1cm 62

Figura 3. Distribuição de frequência para os valores dos eixos ortogonais de comprimento, largura e espessura de frutos (a, b, c) e sementes (d, e, f) de *Dipteryx alata*. Dourados/MS. 65

Figura 4. Porcentagem de germinação (a) e tempo médio de germinação (TMG) (b) de sementes de *Dipteryx alata* expostas nuas (SN) ou protegidas pelo fruto (SPF) nas diferentes temperaturas 25°C, 90°C e 150°C. Letras maiúsculas comparam os diferentes tipos (SPF e SN) na mesma temperatura, sendo que médias distintas diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. Letras minúsculas comparam o mesmo tipo (SPF ou SN) nas diferentes temperaturas, sendo que médias distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. 67

Figura 5. Índice de velocidade de germinação de sementes de *Dipteryx alata* expostas nuas (SN) ou protegidas pelo fruto (SPF) à 25°C, 90°C e 150°C por 1 e 5 minutos. Letras maiúsculas em itálico comparam o tempo no mesmo tipo e temperatura sendo que médias distintas diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade, letras maiúsculas comparam os diferentes tipos (SPF e SN) na mesma temperatura e tempo, sendo que médias distintas diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade, e letras minúsculas comparam a temperatura no mesmo tipo e tempo, sendo que médias distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. 68

Figura 6. Massa fresca total (a) e massa seca total (b) de plântulas provenientes de sementes de *Dipteryx alata* expostas nuas (SN) ou protegidas pelo fruto (SPF) submetidas às temperaturas 25°C, 90°C e 150°C. Letras maiúsculas comparam os diferentes tipos (SPF e SN) na mesma temperatura, sendo que médias distintas diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. Letras minúsculas comparam o mesmo tipo (SPF ou SN) nas diferentes temperaturas, sendo que médias distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 68

Figura 127. Plântulas de *Dipteryx alata*, 30 dias após a semeadura, provenientes de sementes expostas nuas (SN) ou protegidas pelo fruto (SPF) submetidas às temperaturas 25°C, 90°C e 150°C por 1 e 5 minutos. Escala:1 cm. 69

CAPÍTULO 3

Figura 1. Frutos e sementes pequenos (superior) e grandes (inferior) de *Dipteryx alata*. Escala: 1 cm. 85

Figura 2. Modelo esquemático da superfície de argila confeccionada para abrigar frutos e sementes de *Dipteryx alata* durante os experimentos de tratamento térmico. 87

Figura 3. Imagem RGB (a) e térmica (b) de amostras de sementes de *Dipteryx alata* durante os experimentos de tratamento térmico. 88

Figura 4. Imagens térmicas de sementes pequenas (SP) e grandes (SG) de *Dipteryx alata* submetidas a 25°C (Controle), 90°C e 150°C por 1 e 5 minutos. (a) 25°C – SP, (b) 25°C – SG, (c) 90°C – 1min – SP, (d) 90°C – 1min – SG, (e) 90°C – 5min – SP, (f) 90°C – 5min – SG, (g) 150°C – 1min – SP, (h) 150°C – 1min – SG, (i) 150°C – 5min – SP, (j) 150°C – 5min – SG. 91

Figura 5. Temperatura relativa (Tr) de sementes grandes (SG) e pequenas (SP) de *Dipteryx alata* submetidas a 90°C (a) e 150°C (b) por 1 (esquerda) e 5 minutos (direita). O tempo 0 representa a temperatura inicial antes do tratamento térmico (Controle) e a linha vertical pontilhada indica a temperatura após a saída do tratamento térmico e troca das placas. * significativo pelo teste t a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). 92

Figura 6. Imagens térmicas de frutos pequenos (SP) e grandes (SG) de *Dipteryx alata* submetidas a 25°C, 90°C e 150°C por 1 e 5 minutos. (a) 25°C – SP, (b) 25°C – SG, (c) 90°C – 1min – SP, (d) 90°C – 1min – SG, (e) 90°C – 5min – SP, (f) 90°C – 5min – SG, (g) 150°C – 1min – SP, (h) 150°C – 1min – SG, (i) 150°C – 5min – SP, (j) 150°C – 5min – SG..... 93

Figura 7. Temperatura relativa (Tr) de frutos grandes (SG) e pequenos (SP) de *Dipteryx alata* submetidas a 90°C (a, b) e 150°C (c, d) por 1 e 5 minutos. O tempo 0 representa a

temperatura inicial antes do tratamento térmico (Controle) e a linha vertical pontilhada indica a temperatura após a saída do tratamento térmico e troca das placas. * significativo pelo teste t a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).	94
Figura 8. Porcentagem de germinação de sementes de <i>Dipteryx alata</i> grandes e pequenas (a), expostas nuas á 25°C, 90°C e 150°C (b). letras distintas diferem pela análise de variância a 5% de probabilidade.	95

RESUMO

Conhecer a influência do fogo na restauração ecológica, bem como a ecologia de espécies frente ao fator fogo e seus subprodutos, como as altas temperaturas, é fundamental para auxiliar as diversas etapas do processo da restauração e contribuir com o sucesso das ações ao longo do tempo. Assim, o objetivo geral desta tese é avaliar o efeito do fogo na dinâmica de regeneração de uma área em processo de restauração ecológica e na ecologia de diásporos (frutos e sementes) de *Dipteryx alata*. Em uma área que está sendo restaurada pela técnica de nucleação com diferentes densidades (5 e 9 mudas) e configurações (pioneira ao centro e não pioneira ao centro), a regeneração natural foi caracterizada florística e estruturalmente aos 3 anos oito meses da implantação da técnica e aos 4 anos e 11 meses (após a passagem do fogo). Nesta área diásporos de *D. alata* - modelo biológico de estudo - foi coletado levando em consideração o número de diásporos disponíveis durante o período de coleta e sua importância ecológica e econômica. Os diásporos foram submetidos a temperaturas de 25°C (temperatura ambiente - controle), 90°C e 150°C por 1 e 5 minutos, sendo os intervalos testados de temperaturas e tempo correspondente aqueles mensurados na superfície do solo durante incêndios. Metade do lote de sementes foi submetido a estas condições dentro do fruto e a outra parte do lote exposto diretamente às temperaturas citadas. Após este procedimento as sementes protegidas pelo fruto foram retiradas e todas foram semeadas em papel Germitest® previamente umedecido, e depositadas em câmara de germinação tipo B.O.D. (*Biochemical Oxygen Demand*). Em outro momento, frutos e sementes separados em classe de tamanho (pequenos e grandes) foram submetidos à 90°C e 150°C por 1 e 5 minutos, e o material vegetal fotografado com auxílio de uma câmera de imagens térmicas por infravermelho. As temperaturas foram aferidas antes do tratamento térmico (controle), logo após a saída da estufa e a cada 30 segundos, por 25 minutos ou até atingir estabilidade térmica. Na área em processo de restauração observou-se que a abundância das espécies foi diferente para a condição da área - antes e após o fogo, bem como para configurações dos núcleos, sendo que a passagem do fogo aumentou a riqueza e diversidade de espécies, diminuiu drasticamente a abundância de indivíduos e abriu nicho para espécies anemocóricas e autocóricas de hábito herbáceo comporem o banco de regenerantes. Em relação aos frutos de *D. alata*, observou-se que estes podem ser considerados bons isolantes térmicos para suas sementes, mantendo os percentuais germinativos próximos a 100%, e prevenindo flutuações negativas na germinação das mesmas, como observado nas sementes expostas nuas ao tratamento térmico. O tamanho dos diásporos desta espécie é importante nas relações de absorção e dissipação de calor e a termografia por infravermelho apresentou-se como uma importante ferramenta para estimar este processo. As informações aqui descritas contribuem para o entendimento da influência do fogo nos processos ecológicos e servem como subsídio para trabalhos de restauração ambiental em áreas sujeitas a passagem do fogo.

Palavras-chave: Área degradada, Choque térmico, Barú, Restauração ecológica, Tamanho de diásporos, Termografia por infravermelho.

ABSTRACT

Know the influence of fire on ecological restoration, as well as the ecology of species against the fire factor and its by-products, such as high temperatures, is essential to assist the various stages of the restoration process and contribute to the success of actions over time. Thus, the general objective of this thesis is to evaluate the effect of fire on the regeneration dynamics of an area undergoing ecological restoration and on the ecology of diaspores (fruits and seeds) of *Dipteryx alata*. In an area that is being restored by the nucleation technique with different densities (5 and 9 seedlings) and configurations (pioneer in the center and not pioneer in the center), natural regeneration was characterized floristically and structurally at 3 years 8 months after the implementation of the technique and at 4 years and 11 months (after the fire has passed). In this area, Diasporas of *D. alata* - biological study model - was collected taking into account the number of diaspores available during the collection period and their ecological and economic importance. The diaspores were subjected to temperatures of 25 ° C (room temperature - control), 90 ° C and 150 ° C for 1 and 5 minutes, with the tested intervals of temperatures and corresponding time being those measured on the soil surface during fires. Half of the seed lot was subjected to these conditions inside the fruit and the other part of the lot was directly exposed to the mentioned temperatures. After this procedure, the seeds protected by the fruit were removed and all were sown on previously moistened Germitest® paper, and deposited in a B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand). At another time, fruits and seeds separated in size class (small and large) were subjected to 90 ° C and 150 ° C for 1 and 5 minutes, and the plant material photographed with the aid of an infrared thermal camera. The temperatures were measured before the thermal treatment (control), right after the study leaves and every 30 seconds, for 25 minutes or until it reaches thermal stability. In the area undergoing restoration, it was observed that the abundance of species was different for the condition of the area - before and after the fire, as well as for configurations of the nuclei, and the passage of fire increased the richness and diversity of species, decreased drastically the abundance of individuals and opened a niche for anemochoric and autochoric species of herbaceous habit to compose the regenerating bank. Regarding the fruits of *D. alata*, it was observed that they can be considered good thermal insulators for their seeds, keeping the germinative percentages close to 100%, and preventing negative fluctuations in their germination, as observed in the seeds exposed to the treatment thermal. The size of the diaspores of this species is important in the relations of absorption and heat dissipation and infrared thermography was presented as an important tool to estimate this process. The information described here contributes to the understanding of the influence of fire on ecological processes and serves as a subsidy for environmental restoration work in areas subject to the passage of fire.

Keywords: Degraded area, Thermal shock, Baru, Ecological restoration, Size of diaspores, Infrared thermography.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	14
REFERÊNCIAS.....	20
CAPÍTULO 1 - IMPACTO DO FOGO SOBRE A DINÂMICA DA REGENERAÇÃO NATURAL EM NÚCLEOS DE ANDERSON COM DIFERENTES DENSIDADES	24
RESUMO.....	24
ABSTRAT.....	25
1. INTRODUÇÃO.....	26
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	27
2.1 Caracterização da Área de estudo.....	27
2.2 Regeneração natural	30
3. RESULTADOS.....	31
3.1 Regeneração natural antes e após o fogo.....	31
3.2 Representatividade das famílias	39
3.3 Representatividade de espécies	41
3.4 Núcleos de Anderson.....	41
3.5 Ordenação da Abundância.....	42
3.6 Visão geral da área pós-fogo.....	43
4. DISCUSSÃO.....	44
5. CONCLUSÃO	48
REFERÊNCIAS.....	48
CAPÍTULO 2 - INTEGRAÇÃO DE CARACTERES MORFOMÉTRICOS EM DIÁPOROS DE <i>DIPTERYX ALATA</i> VOGEL E A TOLERÂNCIA ÀS ALTAS TEMPERATURAS.....	54
RESUMO.....	54
ABSTRACT.....	55
1. INTRODUÇÃO.....	56
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	58
2.1 Seleção de matrizes, coleta e beneficiamento de diásporos	58
2.2 Caracterização morfométrica e física de frutos e sementes.....	58

2.3 Experimento com tratamento térmico	59
2.4 Delineamento estatístico e análise dos dados.....	61
3. RESULTADOS.....	62
4. DISCUSSÃO.....	70
5. CONCLUSÃO	75
REFERÊNCIAS.....	76
CAPÍTULO 3 - ABSORÇÃO E DISSIPACÃO DE CALOR: INFLUÊNCIA DO TAMANHO DE DIÁSPOROS NA GERMINAÇÃO DE <i>DIPTERYX ALATA</i> VOGEL SUBMETIDOS A ALTAS TEMPERATURAS.....	81
RESUMO	81
ABSTRACT.....	82
1. INTRODUÇÃO.....	83
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	85
2.1 Seleção de matrizes, coleta e beneficiamento de diásporos	85
2.2 Caracterização biométrica dos diásporos por classe de tamanho	85
2.3 Experimento com tratamento térmico e termografia por infravermelho	86
2.4 Germinação de sementes oriundas da exposição de sementes e frutos ao tratamento térmico.....	89
3. RESULTADOS.....	89
4. DISCUSSÃO.....	96
5. CONCLUSÃO	98
REFERÊNCIAS.....	98
APÊNDICES	102
Apêndice A. Família, nome popular, síndrome de dispersão (SD) e classificação sucessional (CS) das espécies arbóreas utilizadas nos núcleos N5 PC. Dourados, MS, 2013/2014.	103
Apêndice B. Família, nome popular, síndrome de dispersão (SD) e classificação sucessional (CS) das espécies arbóreas utilizadas nos núcleos N5 NPC. Dourados, MS, 2013/2014.	103
Apendice C. Família, nome popular, síndrome de dispersão (SD) e classificação sucessional (CS) das espécies arbóreas utilizadas nos núcleos N9 PC. Dourados, MS, 2013/2014.	104

Apêndice D. Família, nome popular, síndrome de dispersão (SD) e classificação
sucessional (CS) das espécies arbóreas utilizadas nos núcleos N9 NPC. Dourados,
MS, 2013/2014. 105

INTRODUÇÃO GERAL

O fogo é uma reação química que libera energia na forma de calor e luz, sendo assim, é um dos fatores abióticos que moldam a superfície do planeta terra e seus ecossistemas (COCHRANE, 2003). A combustão gerada pelo fogo altera a estrutura da vegetação convertendo combustíveis em uma série de produtos de combustão que podem permanecer no local (como carvão e cinzas) ou ser transportados do local (como aerossóis) e isso faz com que durante e após o incêndio as condições do espectro de reflexão e emissão de energia sejam alterados (COCHRANE, 2003).

O fogo influencia os padrões e processos atuais da biosfera (BOWMAN et al., 2009) e teve um grande impacto na evolução das plantas por pelo menos 350 milhões de anos, um legado que continua em muitos ecossistemas modernos (BOND; SCOTT, 2010; HE et al., 2016; LAMONT; HE, 2012). Durante o Cretáceo existiram grandes concentrações de oxigênio atmosférico (GLASSPOOL et al., 2015) e por isso foi considerado um período de "grande incêndio" na história da Terra (BROWN et al., 2012).

Assim, registros históricos mostram que incêndios em ecossistemas do mundo todo não são inéditos, e de acordo com sua relação com o fogo podem ser classificados como independentes do fogo, sensíveis ao fogo e dependentes do fogo (HARDESTY et al., 2005; PIVELLO, 2011).

Em ecossistemas independentes do fogo, o mesmo nunca ou muito raramente acontece, porque as condições climáticas não o permitem (muito seco, muito úmido ou muito frio) ou porque não há biomassa suficiente para combustão (HARDESTY et al., 2005; PIVELLO, 2011). Os ecossistemas sensíveis ao fogo são danificados pelo fogo que interrompe os processos ecológicos, mata muitos indivíduos ou até elimina espécies em tais ecossistemas que não evoluíram sob essa força seletiva (HARDESTY et al., 2005; PIVELLO, 2011). Em contraste, os ecossistemas dependentes de fogo evoluíram na presença de incêndios periódicos e dependem deles de forma natural para manter seus processos ecológicos; as espécies são adaptadas ao fogo, inflamáveis e mantidas pelo fogo, e os incêndios são recorrentes (HARDESTY et al., 2005; PIVELLO, 2011).

A maioria dos biomas brasileiros estão sujeitos a incêndios naturais, o que muda é a intensidade e a frequência do evento. Enquanto o Cerrado é um ambiente dependente do fogo, florestas tropicais como a Mata Atlântica e a Floresta Amazônica, por exemplo, são sensíveis (Figura 1) (PIVELLO, 2011). Logo, o ponto crucial do problema de

incêndios florestais não é a introdução do fogo natural, mas a frequência e a intensidade com que ações antrópicas têm intensificado a ocorrência do fogo (COCHRANE, 2003; KEELEY et al., 2011).

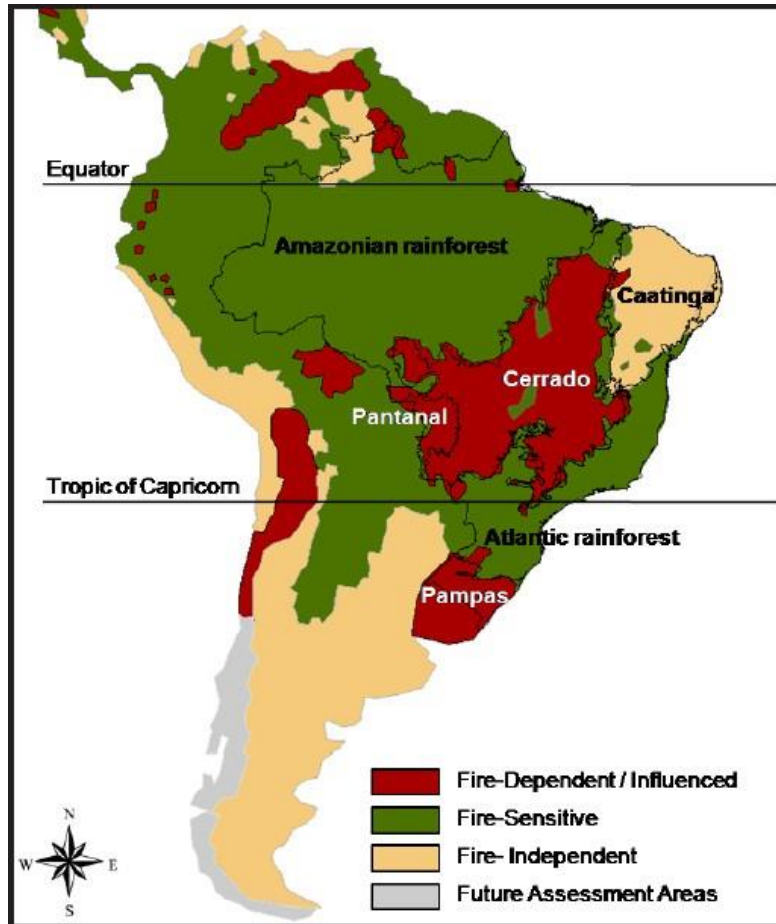


Figura 1. Visão geral da vegetação independente, sensível, e dependente do fogo na América do Sul, destacando os biomas brasileiros (Floresta Amazônica, Cerrado, Caatinga, Pantanal, Mata Atlântica, Pampas). Fonte: PIVELLO, 2011.

Os seres humanos pré-históricos aprenderam a usar o fogo como uma das primeiras ferramentas para gerenciar seu mundo (BOND; KEELEY, 2005) e desde então modificaram os regimes de fogo natural de maneiras distintas (DURIGAN; RATTER, 2016; PIVELLO, 2011), especialmente no último milênio, na qual o fogo antrópico intensificou-se em associação com o desmatamento, que foram seguidos frequentemente pela degradação ambiental (DURIGAN et al., 2020; LIZUNDIA-LOIOLA et al., 2020).

Naturalmente, o intervalo de retorno de um incêndio em florestas tropicais, era estimado entre centenas, senão milhares de anos; o que levou as espécies deste ecossistema a serem mal adaptadas ao regime atual de queima (COCHRANE, 2003).

Com a interferência humana, devido ao aumento de incêndios relacionados à atividade agropecuária, o fogo retorna a cada 5 a 10 anos (COCHRANE, 2009), mesmo sendo uma prática ilegal, conforme consta no Código Florestal (Lei N° 12.651) (BRASIL, 2012) e na lei de Crimes Ambientais (N° 9.605) que prevê multa e prisão de dois a quatro anos para quem promover incêndio em mata ou floresta sem autorização (BRASIL, 1998).

Geralmente incêndios naturais são provocados por raios (MAGALHÃES et al., 2012). E embora o Brasil seja um dos países com maior incidência de raios e os números de descargas atmosféricas tem aumentando rapidamente devido, provavelmente, a eventos climáticos como o fenômeno La Niña e mudanças climáticas globais (PIVELLO, 2011), incêndios desta natureza, geralmente são rapidamente extintos pelas chuvas, diferente dos incêndios antrópicos que geralmente ocorrem no período seco e tem extensas áreas consumidas pela queima (FIEDLER et al. 2006; PIVELLO, 2011; RAMOS-NETO; PIVELLO, 2000).

Os incêndios com cerca de 10 cm de altura em florestas tropicais relativamente intactas, não parecem ser tão intensos, queimando pouco além da serapilheira caída, visto que a propagação do fogo neste sistema é amplamente controlada pelas variações na umidade relativa do ambiente, conseqüentemente do combustível (CAMARGOS et al., 2015; COCHRANE et al., 1999; COCHRANE, 2003; HOLDSWORTH, UHL, 1997). Mesmo com a intensidade e propagação baixa do fogo esses incêndios são capazes de destruir boa parte da vegetação porque resultam em aquecimento considerável das superfícies das cascas das árvores, que neste ambiente geralmente são finas, sobrevivendo aquelas maiores e com cascas mais grossas (COCHRANE et al., 1999; COCHRANE, 2003).

Já os incêndios em florestas tropicais desmatadas e/ou queimadas anteriormente são ainda mais graves, quando comparados com incêndios em áreas intactas, devido a maiores cargas de combustível (árvores que morreram em incêndios anteriores) e menor umidade (COCHRANE et al., 1999; COCHRANE, 2003; HOLDSWORTH; UHL, 1997).

Após intervalos curtos entre incêndios em sistemas sensíveis, além das árvores serem mortas, a matéria orgânica do solo (que é o reservatório de nutrientes das florestas tropicais) é incinerada, a estrutura e a composição florística da floresta mudam e há mudanças na floresta a outro tipo de ecossistema: floresta degradada ou ambiente de savana (COCHRANE et al., 1999; COCHRANE, 2009; PIVELLO, 2011).

Como a frequência de incêndios em ecossistemas sensíveis causam alterações estruturais nas florestas, as áreas degradadas ficam sujeitas a mudanças microclimáticas

e tornam-se mais secas, portanto, propícias a novos eventos de incêndios (COCHRANE, 2003; WHITMAN et al., 2019). Nas bordas observa-se o chamado efeito de borda caracterizado pelo aumento da luminosidade, diminuição da umidade e maior número de árvores mortas, em relação ao interior da floresta (LAURANCE et al. 2001; MELO; DURIGAN, 2010); é comum, ainda, a alta densidade de cipós e de gramíneas exóticas oriundas das pastagens vizinhas. A umidade mais baixa e a maior disponibilidade de material inflamável tornam os fragmentos mais propensos a incêndios recorrentes (COCHRANE 2003; MELO; DURIGAN, 2010; WHITMAN et al., 2019).

Assim, quando uma área sofre um distúrbio, seja por um incêndio, ou por outros fatores como o desmatamento ou abertura de uma clareira, a sucessão secundária pode promover a colonização da área aberta e conduzir a vegetação através de uma série de estádios sucessionais, caracterizados por grupo de plantas que se substituem ao longo do tempo, modificando as condições ecológicas locais até chegar a uma comunidade mais estruturada e estável, processo este que ocorre a longo prazo e chamamos de regeneração natural (MARTINS, 2012).

Muitas áreas tropicais queimadas têm sido capazes de se regenerar naturalmente pós-fogo porque ilhas de floresta não queimadas são fontes de sementes, no entanto, dependendo do histórico da área, este evento pode ser ainda mais lento, ou nem ocorrer. Incêndios recorrentes além destruir a vegetação em regeneração, reduzem rapidamente o tamanho e a densidade dos fragmentos florestais adjacentes, não queimados, esgotando ainda mais a chegada de propágulos, bem como favorece um aumento de gramíneas e outras espécies invasoras, aumentando a competição e retardando ainda mais a regeneração e a resiliência (COCHRANE, 2003; COCHRANE, 2009).

Para reverter o processo de degradação existem técnicas de restauração ecológica com princípios de nucleação, que representam uma forma de restabelecer a dinâmica sucessional natural, tornando-se mais efetiva quanto mais numerosas e diversificadas forem suas técnicas (REIS et al., 2003). Entre as técnicas nucleadoras podemos citar a semeadura direta, os poleiros artificiais, a transposição de serapilheira e da camada superficial do solo (top soil), contendo o banco de sementes, e o plantio de mudas em grupos adensados de alta diversidade (Núcleo de Anderson) (REIS et al., 2003).

O plantio de mudas em grupos adensados consiste no estabelecimento de pequenas ilhas para atrair dispersores de propágulos, e conforme Anderson (1953), pode ter combinações de 3, 5, 9, 16, 21 e 26 mudas. É uma importante técnica, já que esta promove a seleção de espécies com forte poder de nucleação, pois possibilitam a

recolonização por diferentes espécies, o restabelecimento do fluxo gênico. Os grupos formam moitas que inibem o crescimento de gramíneas invasoras e também diminuem o impacto do aquecimento e do vento excessivo, proporcionando a estes núcleos um microclima mais ameno (ALBUQUERQUE et al., 2010; BECHARA, 2006; REIS et al., 2003) e condições para a regeneração natural acontecer.

Apesar das técnicas de nucleação terem mostrado bons resultados, já que a diversidade pode ser restituída em aspecto estrutural e em diferentes nichos, possibilitando maior dinâmica entre as comunidades (BECHARA, 2006), estas áreas em processo de restauração ecológica não estão livres da interferência antrópica, incluído o uso indiscriminado do fogo, pois dependendo do histórico e manejo das áreas do entorno, o fogo advindo da atividade agrícolas pode se estender além do limite pretendido.

Durante a restauração de áreas degradadas o fogo pode ser capaz de interferir na abundância de diásporos e na riqueza de espécies da chuva de sementes, porém estes parâmetros podem se diferenciar significativamente entre os tratamentos de restauração ecológica utilizados antes do fogo (SILVA, 2016).

Conhecer a influência do fogo na restauração ecológica, bem como a ecologia de espécies frente ao fator fogo e seus subprodutos, como as altas temperaturas, é fundamental para auxiliar as diversas etapas do processo da restauração e contribuir com o sucesso das ações ao longo do tempo. No entanto, o monitoramento pós-fogo de áreas degradadas e em processo de restauração ecológica, principalmente em ecossistemas tropicais sensíveis ao fogo, como a Floresta Estacional Semidecidual¹, ainda são insuficientes e, a maioria dos estudos é realizado após incêndios florestais não planejados, não comparando os períodos antes e depois do incêndios, impossibilitando conclusões sobre perdas de biodiversidade (DURIGAN et al., 2020).

O conhecimento existente sobre o efeito do fogo acrescenta uma contribuição limitada para a gestão e conservação dos ambientes e de espécies potenciais para a restauração ecológica, como *Dipteryx alata* Vogel, uma espécie encontrada na área de estudo e escolhida levando em consideração o número de diásporos disponíveis durante o período de coleta e sua importância ecológica e econômica.

¹ Floresta Estacional Semidecidual constitui uma vegetação pertencente ao bioma da Mata Atlântica, situada entre dois climas, um úmido e outro árido (IBGE, 2012). Este sistema foi seriamente reduzido a pequenos fragmentos devido a exploração agrícola e o uso indiscriminado do fogo, mesmo não apresentando características de adaptação a este fator (CAMARGOS et al., 2010).

Dipteryx alata, conhecida popularmente como Baru, é uma frutífera de ocorrência natural no Cerrado, em faixas de transição da Mata Atlântica para o Cerrado (Floresta Estacional Semidecidual) e no Pantanal, sendo uma espécie promissora para utilização comercial, já que toda árvore pode ser aproveitada, principalmente os frutos e a amêndoa, que tem potenciais usos na alimentação, tanto de humanos como de animais, devido aos seus altos teores de proteína e carboidrato, além do sabor agradável (CARVALHO, 2003; SANO et al., 2004).

Árvores desta espécie podem ser utilizadas na arborização urbana, na restauração de áreas degradadas e sua madeira é indicada para construção civil e para a produção de energia. Apresenta propriedades medicinais, é atrativa a fauna, e o óleo extraído das sementes possui inúmeras aplicações na indústria alimentícia e farmacêutica (CARVALHO, 2003; SANO et al., 2004).

Apesar dos diferentes valores ecológicos e econômicos de *D. alata*, existe risco na forma como os recursos desta espécie estão sendo utilizados atualmente, já que em sua grande maioria estes são adquiridos através do extrativismo não planejado, o que pode acarretar na diminuição da ocorrência desta espécie. No estado de São Paulo e no Distrito Federal a espécie já se caracterizada como rara ou em perigo de extinção (CARVALHO, 2003).

Mesmo com esforços para compreender como *D. alata* responde ao aumento de temperatura observado durante incêndios (CARVALHO et al., 2009; JUNGLOS, 2020; RIZINI, 1976), o papel dos frutos, a dimensão dos diásporos, o perfil térmico, bem como as relações de absorção e dissipação de calor associadas aos aspectos dimensionais de frutos e sementes submetidas à altas temperaturas ainda são desconhecidos para esta espécie, sendo necessário entender portanto, o comportamento desta, em resposta ao tratamento térmico, de modo a contribuir para o entendimento da dinâmica da espécie, bem como, para nortear ações que visem a conservação, restauração e o manejo sustentável.

Dentro deste contexto, o objetivo geral desta tese foi avaliar o efeito do fogo na dinâmica de regeneração de uma área em processo de restauração ecológica e na ecologia de diásporos de *Dipteryx alata*. Logo são testadas as seguintes hipóteses: 1. Independentemente das espécies escolhidas no modelo, o fator fogo compromete a restauração por núcleos de Anderson; 2. O efeito do fogo difere de acordo com a densidade das espécies na nucleação; 3. Os frutos de *D. alata* são bons isolantes térmicos para suas sementes; 4. A absorção e dissipação de calor varia de acordo com as

características dimensionais dos diásporos; 5. O maior tamanho dos diásporos está diretamente relacionado à tolerância ao calor; 6. A esfericidade e o volume dos diásporos estão inversamente relacionados à sensibilidade ao calor; 7. Os caracteres biométricos dos diásporos de *Dipteryx alata* tem valor adaptativo na tolerância ao fogo.

Assim, as contribuições científicas foram organizadas e 3 capítulos:

- (I) Impacto do fogo sobre a dinâmica da regeneração natural em núcleos de Anderson com diferentes densidades;
- (II) Integração de caracteres morfométricos em diásporos de *Dipteryx alata* Vogel e a tolerância às altas temperaturas;
- (III) Absorção e dissipação de calor: influência do tamanho de diásporos na germinação de *Dipteryx alata* Vogel submetidos a altas temperaturas.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, L. B.; AQUINO, F. G.; ALONSO, A. M.; LIMA, J. E. W.; BRAGA; SOUSA-SILVA, J. C. **Restauração Ecológica de Matas Ripárias**: uma questão de sustentabilidade. Série Documentos. Brasília: Embrapa Cerrados, p. 75. 2010.

ANDERSON, M. L. Spaced-Group planting. **Unasylva**, v. 7, n. 29, 1953.

BECHARA, F. C. **Unidades Demonstrativas de Restauração Ecológica através de Técnicas Nucleadoras: Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado e Restinga**. 2006, 249 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

BOND W. J.; SCOTT, A. C. Fire and the spread of flowering plants in the Cretaceous. **New Phytologist**, v. 188, p. 1137–1150, 2010.

BOND, W. J.; KEELEY, J. E. Fire as a global ‘herbivore’: the ecology and evolution of flammable ecosystems. **Trends in ecology & evolution**, v. 20, p. 387–394, 2005.

BOWMAN, D. M. J. S.; BLACH, K. B.; ARTAXO, P.; BOND, W. J.; CARLSON, J. M.; COCHRANE, M. A. Fire in the Earth system. **Science**, v. 324, n. 5926, p. 481-484, Apr. 2009.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 mai. 2012.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras

providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 fev. 1998.

BROWN, S. A. E.; SCOTT, A. C.; GLASSPOOL, I. J.; COLLINSON, M. E.; Cretaceous wildfires and their impact on the Earth system. **Cretaceous Research**. v. 36, p. 162–190, 2012.

CAMARGOS, V. L.; MARTINS, S. V.; RIBEIRO, G. A.; CARMO, F. M. S.; SILVA, A. F. Avaliação do impacto do fogo no estrato de regeneração em um trecho de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v. 34, n. 6, p. 1055-1063, 2010.

CAMARGOS, V. L.; RIBEIRO, G. A.; SILVA, A. F.; MARTINS, S. V.; CARMO, F. M. S. Estudo do comportamento do fogo em um trecho de Floresta Estacional Semidecidual no município de Viçosa, Minas Gerais. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 3, p. 537-545, 2015.

CARVALHO, T. C.; SILVA, F. F. B.; OLIVEIRA, A. P. A.; PEREIRA, Z. V.; MUSSURY, R. M. Efeito do fogo natural e diferentes substratos na germinação de *Dipteryx alata* Vogel (Leguminosae). In: Congresso Nacional de Botânica, 60, 2009, Feira de Santana-BA. **Anais...** Feira de Santana-BA: Sociedade Botânica do Brasil, 2009.

COCHRANE, M. A. Fire science for rainforests. **Nature**, v. 421, p. 913-919, 2003.

COCHRANE, M. A. **Tropical fire ecology: climate change, land use and ecosystem dynamics**. Heidelberg-DEU: Springer Praxis Books, 2009.

COCHRANE, M. A.; ALENCAR, A.; SCHULZE, M.D.; SOUZA JR., C. M.; NEPSTAD, D. C.; LEFEBVRE, P.; DAVIDSON, E. A. Positive feedbacks in the fire dynamic of closed canopy tropical forests. **Science**, v. 284, p. 1832–1835, 1999.

DURIGAN, G.; PILON, N. A. L.; ABREU, R. C. R.; HOFFMANN, W. A.; MARTINS, M.; FIORILLO, B. F.; ANTUNES, A. Z.; CARMIGNOTTO, A. P.; MARAVALHAS, J. B.; VIEIRA, J.; VASCONCELOS, H. L. No Net Loss of Species Diversity After Prescribed Fires in the Brazilian Savanna. **Frontiers in Forests and Global Change**, v. 3, n. 13, p. 1-13, 2020.

DURIGAN, G.; RATTER, J. A. The need for a consistent fire policy for Cerrado conservation. **Journal of Applied Ecology**, v. 53, p. 11-15, 2016.

FIEDLER, N. C.; MERLO, D. A.; MEDEIROS, M. B. Ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 2, p. 153-161, 2006.

GLASSPOOL, I. J.; SCOTT, A. C.; WALTHAM, D.; PRONINA, N.; SHAO, L. The impact of fire on the Late Paleozoic Earth system. **Frontiers Plant Science**. 6, 756, 2015.

HARDESTY, J.; MYERS, R.; FULKS, W. 2005. Fire, ecosystems, and people: a preliminary assessment of fire as a global conservation issue. **The George Wright Forum**, v. 22, p. 78–87.

HE, T.; LAMONT, B. B.; MANNING, J. A Cretaceous origin for fire adaptations in the Cape flora. **Scientific Reports**, v. 6, n. 34880, 2016.

HOLDSWORTH, A. R.; UHL, C. Fire in Amazonian selectively logged rain forest and the potential for fire reduction. **Ecological Applications**, v. 7, p. 713-725, 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos**. IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. - 2. ed., Rio de Janeiro, 2012, 276 p.

JUNGLOS, F. S. **Fogo: inimigo ou aliado? Influência de altas temperaturas na ecofisiologia da germinação e crescimento inicial de espécies nativas do cerrado stricto sensu**. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Dourados, 2020.

KEELEY, J. E.; PAUSAS, J. G.; RUNDEL, P. W.; BOND, W. J.; BRADSTOCK, R. A. Fire as an evolutionary pressure shaping plant traits. **Trends in Plant Science**, v. 16, p. 406-411, 2011.

LAMONT, B. B.; HE, T. Fire-adapted Gondwanan Angiosperm floras arose in the Cretaceous. **BMC Evolutionary Biology**, v.12, n.223, 2012.

LAURANCE, W. F.; PEREZ-SALICRUP, D.; DELAMONICA, P.; FEARNSIDE, P. M.; DANIELO, S.; JEROLINSKI, A.; POHL, L.; LOVEJOY, T. E. Rain forest fragmentation and the structure of Amazonian liana communities. **Ecology**, v. 82, p. 105-116, 2001.

LIZUNDIA-LOIOLA, J.; PETTINARI, M. L.; CHUVIECO, E. Temporal anomalies in burned area trends: satellite estimations of the Amazonian 2019 Fire Crisis. **Remote Sensing**, v. 12, n. 151, p. 1-8, 2020.

MAGALHÃES, S. R.; LIMA, G. S.; RIBEIRO, G. A. Avaliação dos incêndios florestais ocorridos no Parque Nacional da Serra da Canastra - Minas Gerais. **Cerne**, v. 18, n. 1, p. 135-141, 2012.

MARTINS, S. V. **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. Viçosa: UFV, 2012. 293 p.

MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. Impacto do fogo e dinâmica da regeneração da comunidade vegetal em borda de Floresta Estacional Semidecidual (Gália, SP, Brasil). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 33, n. 1, p. 37-50, 2010.

PIVELLO, V. R. The Use of Fire in the Cerrado and Amazonian Rainforests of Brazil: Past and Present. **Fire ecology**, v. 7, n. 1, 24-39, 2011.

RAMOS-NETO, M. B.; PIVELLO, V. R. Lightning fires in a Brazilian Savanna National Park: rethinking management strategies. **Environmental Management**, v. 26, n. 6, p. 675-684, 2000.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; ESPÍNDOLA, M. B.; VIEIRA, N. K.; SOUZA, L. L. Restoration of damaged land areas: using nucleation to improve successional processes. **Brazilian Journal of Nature Conservation**, v. 1, n. 1, p. 85-96, 2003.

RIZZINI, C. T. Influência da temperatura sobre a germinação de diásporos do cerrado. **Rodriguesia**, v. 41, p.341-384, 1976.

SILVA, J. L. A. **Efeito do fogo na chuva de sementes em experimento de restauração ecológica no Cerrado, DF**. 2016, 39 p. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Bacharelado em Gestão Ambiental) Faculdade UnB Planaltina, Universidade de Brasília. Planaltina – DF, 2016.

SILVA, J. M. C.; BATES, J. M. Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: A Tropical Savanna Hotspot. **BioScience**, v. 52, n. 3, p. 225-233, 2002.

WHITMAN, E.; PARISIEN, M.; THOMPSON, D. K.; FLANNIGAN, M. D. Short-interval wildfire and drought overwhelm boreal forest resilience. **Scientific Reports**, v. 9, p. 1-12, 2019.

CAPÍTULO 1 - IMPACTO DO FOGO SOBRE A DINÂMICA DA REGENERAÇÃO NATURAL EM NÚCLEOS DE ANDERSON COM DIFERENTES DENSIDADES

Mário Soares Junglos⁽¹⁾, Caroline Quinhones Fróes⁽¹⁾, Fernanda Soares Junglos⁽²⁾,
Patrícia Rochefeler Agostinho⁽¹⁾, Francisco Tiago Alves da Silva⁽²⁾, Etenaldo Felipe
Santiago⁽²⁾ & Zefa Valdivina Perreira⁽¹⁾

(1) Laboratório de Restauração Ambiental (LABRA), Faculdade de Ciências Exatas e
Tecnológicas, Pós-graduação em Ciência e Tecnologia ambiental, Universidade Federal
da Grande Dourados, (2) Grupo de Estudos em Recursos Vegetais, Pós-graduação em
Recursos Naturais, Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul

RESUMO

Durante o processo de restauração de uma área degradada, atividades antrópicas, incluído o uso indiscriminado do fogo, podem representar um importante impacto na dinâmica sucessional. Dentro deste contexto, o objetivo foi avaliar o efeito do fogo sobre a regeneração natural em plantios adensados (Núcleos de Anderson) e verificar se diferentes densidades e arranjos de mudas por núcleos, como técnica de restauração ecológica, interferem neste processo de regeneração pós-fogo. O estudo foi realizado em uma área que está sendo restaurada pela técnica de nucleação com diferentes densidades (5 e 9 mudas) e configurações (pioneira ao centro e não pioneira ao centro), na qual a regeneração natural foi caracterizada florística e estruturalmente aos 3 anos oito meses da implantação da técnica e aos 4 anos e 11 meses (após a passagem do fogo que correu em setembro de 2017). Para tanto, foram montadas parcelas de 5 x 5 m subdivididas em sub-parcelas de 1 x 1 m, onde todos os indivíduos arbóreos, arbustivos, subarbustos, ervas, e lianas, maiores que 0,10 cm e menores ou iguais a 3 m foram amostrados (excluindo os indivíduos plantados dentro de cada núcleo e as gramíneas). Observou-se que a abundância das espécies foi diferente para a condição da área - antes e após o fogo, bem como para configurações dos núcleos, sendo que a passagem do fogo aumentou a riqueza e diversidade de espécies, diminuiu drasticamente a abundância de indivíduos e abriu nicho para espécies anemocóricas e autocóricas de hábito herbáceo comporem o banco de regenerantes da área em processo de restauração ecológica. No entanto, o aumento da diversidade não é um componente benéfico no contexto pós-fogo, pois associado ao aumento gramíneas, dificulta que os processos ecológicos restabeleçam.

Palavras-Chave: Áreas degradadas, Incêndios Florestais, Ilhas de diversidade, Sucessão ecológica.

ABSTRAT

During the process of restoring a degraded area, human activities, including the indiscriminate use of fire, can have an important impact on successional dynamics. Within this context, the objective was to evaluate the effect of fire on natural regeneration in dense plantations (Anderson nuclei) and to verify whether different densities and seedling arrangements per nucleus, as an ecological restoration technique, interfere in this post-fire regeneration process. The study was carried out in an area that is being restored by the nucleation technique with different densities (5 and 9 seedlings) and configurations (pioneer in the center and not pioneer in the center), in which natural regeneration was characterized floristically and structurally at the age of 3 eight months after the implementation of the technique and at 4 years and 11 months (after the passage of the fire that ran in September 2017). For this purpose, 5 x 5 m plots were subdivided into 1 x 1 m subplots, where all trees, shrubs, sub-shrubs, herbs, and lianas, greater than 0.10 cm and less than or equal to 3 m were sampled (excluding individuals planted within each nucleus and grasses). It was observed that the abundance of species was different for the condition of the area - before and after the fire, as well as for configurations of the nuclei, and the passage of fire increased the richness and diversity of species, drastically decreased the abundance of individuals and opened a niche for anemochoric and autochoric species of herbaceous habitats to compose the area's regenerating bank in the process of ecological restoration. However, the increase in diversity is not a beneficial component in the post-fire context, as associated with the increase in grasses, it makes it difficult for ecological processes to re-establish.

Keywords: Degraded areas, Forest Fires, Anderson nuclei, Ecological succession.

1. INTRODUÇÃO

Muitas áreas perturbadas têm sido capazes de se regenerar naturalmente após abandono (CHEUNG; LIEBSCH; MARQUES, 2010). Porém, em algumas situações, este processo pode ser muito lento ou nem ocorrer (CORBIN; HOLL, 2012), o que favorece a degradação do ambiente. Nestes casos, opções satisfatórias para restabelecer e/ou acelerar o processo de restauração ecológica envolvem o plantio de mudas (BRITEZ, 2010; BRUEL; MARQUES), a semeadura direta, a transposição de serapilheira e da camada superficial do solo, contendo o banco de sementes, o plantio de mudas em grupos adensados de alta diversidade (Núcleo de Anderson), além de outros métodos biológicos ou uma combinação de métodos (DIAS et al., 2012; MARTINS, 2012; REIS et al., 2003; RODRIGUES et al., 2009).

O plantio de mudas em grupos adensados consiste no estabelecimento de pequenas ilhas para atrair dispersores de propágulos, e conforme Anderson (1953), pode ter combinações de 3, 5, 9, 16, 21 e 26 mudas. É uma importante técnica, já que esta promove a seleção de espécies com forte poder de nucleação, pois possibilita a recolonização por diferentes espécies e a facilitação da regeneração natural, o restabelecimento do fluxo gênico, a inibição do crescimento de gramíneas invasoras, a diminuição do aquecimento e do vento excessivo proporcionando a estes núcleos um microclima mais ameno (ALBUQUERQUE et al., 2010; BECHARA, 2006; REIS et al., 2003).

Durante o processo de restauração, dependendo do manejo das áreas do entorno, a técnica implantada, bem como, o processo de regeneração, podem ser comprometidos por diferentes atividades antrópicas, incluído o uso indiscriminado do fogo em atividades agrícolas que pode se estender do limite pretendido, pois geralmente é realizado durante a estação seca, atingindo extensas áreas que são consumidas pela queima, contrastando com os incêndios naturais que normalmente são restritos a pequenas manchas, sendo rapidamente extintos pela chuva (FIEDLER et al. 2006; PIVELLO, 2000; PIVELLO, 2011; RAMOS-NETO).

Mesmo em ecossistemas resilientes ao fogo, o impacto deste fator na dinâmica sucessional vai depender da intensidade e frequência (GAWRYSZEWSKI et al., 2020; RIBEIRO et al. 2012), sendo que eventos recorrentes, principalmente em áreas de mata, podem modificar a paisagem e afetar o desenvolvimento das plantas, suas fenofases e as sementes viáveis que se encontram sob o solo (MIRANDA; SATO, 2005).

Somadas às implicações da regeneração do sistema, o descontrole na frequência do regime do fogo pode ainda comprometer as funções da floresta com sérias implicações, para ciclagem de água e carbono, diversidade biológica e, até para a saúde humana e as condições climáticas a nível global (DURIGAN; RATTER, 2016; KLINK; MACHADO, 2005; MORGAN et al., 2019; PIVELLO, 2011).

No Brasil, a negligência, indulgência e afrouxamento de governos quanto ao cumprimento da legislação ambiental, têm estimulado os abusos nas práticas de uso e ocupação dos solos, sendo registrados altos índices de queimadas nos grandes sistemas florestais, aumentando o risco de perda de biodiversidade nos biomas brasileiros. Esse cenário é paradoxal e preocupante, uma vez que a biodiversidade é essencial para manter serviços ambientais vitais para a própria agricultura (água, polinizadores, clima etc.), ainda mais levando em consideração que o Brasil é globalmente importante para a segurança alimentar (KLINK; MACHADO, 2005) e para manutenção da biodiversidade, já que 2 hotspots se encontram neste país (MYERS, et al., 2000).

Apesar dos recentes esforços para entender as respostas das comunidades florestais tropicais frente ao fogo, ainda existem lacunas, incluindo o efeito de incêndios para a Floresta Estacional Semidecidual, especificadamente em relação a áreas em processo de restauração ecológica independentemente do método de restauração utilizado, sendo este último ainda mais escasso (SILVA, 2016). Além disso, a maioria dos estudos é realizado após incêndios florestais não planejados, não comparando os períodos antes e depois de incêndios, impossibilitando conclusões sobre perdas de biodiversidade (DURIGAN et al. 2020).

Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do fogo sobre a regeneração natural em plantios adensados (Núcleos de Anderson) e verificar se diferentes densidades e configurações de mudas por núcleos interferem na de regeneração pós-fogo. Nossa hipótese é que o fogo reduz a abundância de indivíduos e riqueza de espécies, e que a configuração de núcleos mais adensados contribui para a maior abundância e riqueza de espécies pós-fogo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da Área de estudo

O estudo foi realizado na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados a qual localiza-se próximo à BR 463 Dourados

– Ponta Porã, Km 20, na Latitude Sul 22°48'53" e Longitude Oeste 54°44'31" e altitude de 434 m. O solo predominante na área experimental classifica-se como Latossolo Vermelho Distroférrico (EMBRAPA, 2006). O clima da região, segundo a classificação de Köeppen (1948) é considerado do tipo Cfa (clima temperado úmido) com estações de inverno e verão bem definidas, com precipitação média anual de 1.410 mm (ARAI et al., 2010).

Trata-se de uma área de preservação permanente, inserida no bioma Mata Atlântica, com predomínio de gramínea invasora, e que embora localizada próxima a um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, a regeneração natural é quase ausente.

Em outubro de 2013 foram implantados 32 núcleos de diversidade baseado da metodologia de Anderson (1953), com diferentes densidades (número de mudas) e configurações (espécie pioneira ao centro ou espécie não pioneira ao centro), sendo a área preparada com gradagem leve visando o controle das espécies vegetais competidoras exóticas antes da implementação. Posteriormente, o experimento passou por manutenções periódicas para contenção das competidoras, que após um ano de experimento não foram mais necessárias, devido ao sombreamento gerado pelas plantas.

Os núcleos foram arranjados da seguinte forma:

- N5 PC: Núcleos de cinco mudas (Apêndice A), com quatro repetições, formados de acordo com o Modelo Núcleos de Anderson (NA), priorizando espécie pioneira ao centro e não pioneiras ao redor (secundárias iniciais e tardias);

- N5 NPC: Núcleos de cinco mudas (Apêndice B), com quatro repetições, formados conforme Modelo Adaptado (MA), com espécie não pioneira ao centro (secundária tardia), e ao redor composta de secundárias iniciais e pioneiras;

- N9 PC: Núcleos de nove mudas (Apêndice C), com quatro repetições, formados de acordo com o Modelo Núcleos de Anderson (NA), priorizando espécie pioneira ao centro e não pioneiras ao redor; e

- N9 NPC: Núcleos de nove mudas (Apêndice D), com quatro repetições, formados de acordo com o do Modelo Adaptado (MA), com espécie não pioneira ao centro (secundária tardia), e ao redor composta de secundárias iniciais e pioneiras (Figura 1).

O espaçamento entre cada núcleo foi de cinco metros entre núcleos e o espaçamento entre as plantas dentro dos núcleos foi de um metro (Figura 1), e ainda na metade destes foram plantadas a lanço sementes de feijão guandu quinze dias antes do plantio das mudas.

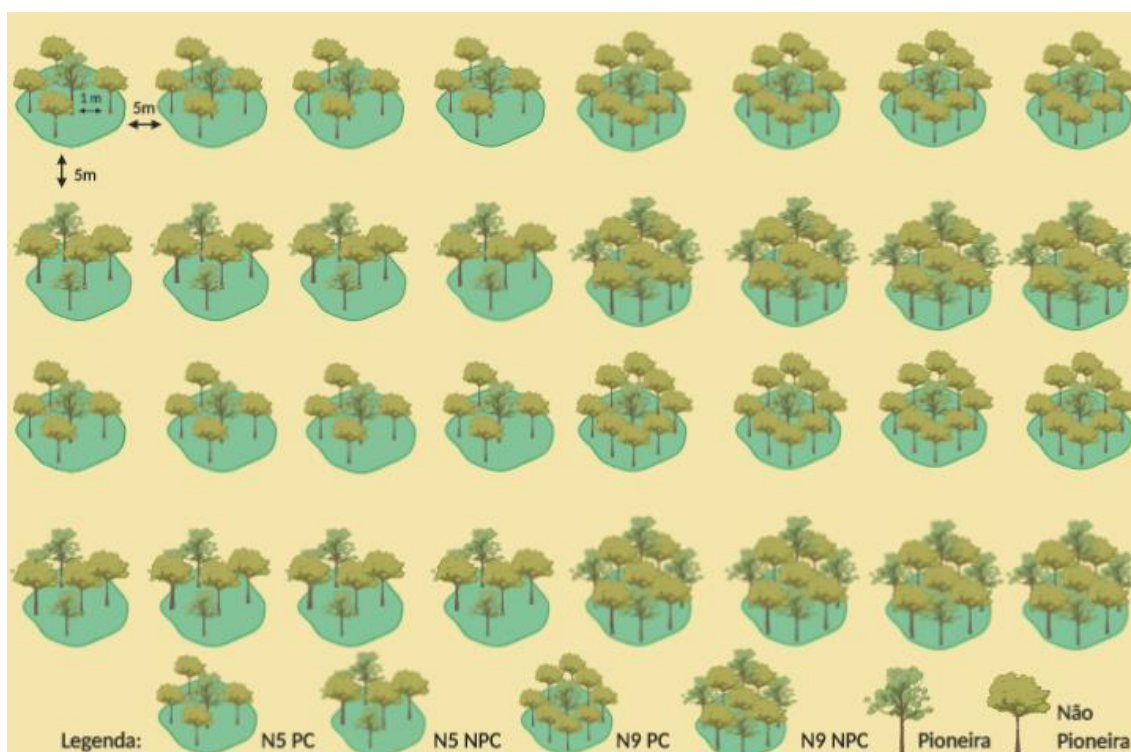


Figura 1. Esquema de distribuição das espécies nos núcleos de 5 e dos núcleos de 9 mudas na área experimental. Dourados, MS. N5: Núcleos com 5 mudas, N9: núcleos com 9 mudas, PC: Pioneiras ao centro; NPC: Não pioneira ao centro.

Para controlar o sombreamento excessivo do feijão guandu, foram realizados cortes manuais, resultando em três podas. Os galhos cortados eram espalhados dentro dos núcleos afim de criar uma cobertura vegetal para a proteção do solo e formação de palha. Passado um ano e meio do plantio, foi realizada mais uma poda nos núcleos com guandu, mas a limpeza de gramíneas já não era mais necessária, pois o fechamento das copas propiciava sombreamento, inibindo-as. Naturalmente, após dois anos de idade o feijão guandu foi excluído do sistema.

Com 3 anos de idade a área já apresentava acúmulo de biomassa conforme observado por Fernandes et al. (2017), sendo que para os núcleos de 5 e 9 mudas a produção era de 1172,22 kg/ha e 1283,33 kg/ha, respectivamente. Além disso, a regeneração natural dos núcleos foi se tornando expressiva, e desta forma em maio de 2017, aos três anos e oito meses após o início do trabalho de restauração, a regeneração natural da área foi inventariada.

Em setembro de 2017, pouco tempo após o início do inventário, um incêndio de origem antrópica queimou toda a área de estudo, comprometendo toda a vegetação acima do solo e carbonizando os primeiros centímetros de serapilheira e solo da área (Figura 2).



Figura 2. Vista geral da área de estudo após incêndio. Dourados, 2017.

2.2 Regeneração natural

A regeneração foi inventariada em maio de 2017 (antes do incêndio) e 9 meses após o incêndio (junho de 2018), em ambas avaliações foram utilizadas as mesmas 32 parcelas de 5 x 5 m (25 m²) subdivididas em sub-parcelas de 1 x 1 m (1 m²). Cada núcleo estava separado por 5 m entre si. A avaliação foi realizada amostrando todos os indivíduos arbóreos, arbustivos, subarbustos, ervas, e lianas, maiores que 0,10 m e menores ou iguais a 3 m (excluindo os indivíduos plantados dentro de cada núcleo e as gramíneas).

As 32 parcelas foram feitas dentro dos núcleos de Anderson com arranjos N5 PC, N5 NPC, N9 PC e N9 NPC. Onde cada um desses arranjos conta com 4 repetições.

A altura dos indivíduos foi determinada com uma fita métrica e o diâmetro com paquímetro (MORO, MARTINS, 2011). A classificação das espécies foi realizada conforme Angiosperm Phylogeny Group (APG 2016) e a atualização taxonômica mediante consulta ao banco de dados na Lista de Espécies da Flora do Brasil (LEFB, 2020).

A partir dos dados obtidos nos dois períodos de amostragem (antes e pós o fogo) foram determinados o Número de Indivíduos (NI); Número de Espécies (NS); Número

de Famílias (NF); Densidade (Dens - Nind.ha⁻¹); Área Basal (AB - m².ha); Altura Média (AM - Metros); Diversidade de Shannon-Wiener (H' - nats.ind.); Equabilidade de Pielou (J'); Área Basal (AB - m².ha); Índice de Valor de Importância (IVI); Índice de Valor de Cobertura (IVC) - com o auxílio do software FITOPAC 2.

Todas as espécies identificadas foram classificadas quanto a síndrome de dispersão, como anemocórica (ANE), zoocórica (ZOO), e autocórica (AUT), e quanto à sua forma de vida, em arbórea (ARV), arbustiva (ARB), subarbusto (SUB), Erva (Erv) e Liana (LIA) (FLORA DO BRASIL, 2020; BARBOSA, 2017. IBGE, 2012).

As identificações botânicas ocorreram mediante consulta a especialistas, chaves de identificação, bibliografias diversas e Herbário Virtual Re flora e Herbário DDMS.

Para verificação de agrupamento das espécies foi utilizada a análise multivariada pelo Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS) (MINCHIN, 1987) e ordenações baseadas na matriz de dissimilaridade de Bray-Curtis por meio do pacote Vegan (OKSANEN et al., 2018) do programa estatístico R versão 3.5.1 (R CORE TEAM, 2018). Foi utilizado o valor do stress (Standardized Residual Sum of Squares) para indicar a representatividade das distâncias representadas no diagrama frente às originais, obtidas na amostragem (MICHIN, 1987). Na análise de variância multivariada (MANOVA) foi testada a significância na variação do conjunto de dados (FRIEDRICH et al., 2016).

Para efeito de análise, os dados obtidos nos diferentes arranjos dos núcleos, primeiramente foram descritos levando em consideração apenas os dois períodos de amostragem (antes e pós o fogo), e posteriormente incluindo os diferentes arranjos dos núcleos.

3. RESULTADOS

3.1 Regeneração natural antes e após o fogo

Antes do fogo foram encontrados 460 indivíduos, com altura média de 0,88 metros que estão distribuídos em 17 famílias e 22 espécies (Tabela 1), destas 2 foram identificadas até o nível de gênero, sendo 82% das espécies de hábito arbóreo, 13,5% lianas e 4,5% ervas. Quanto a síndrome de dispersão, 82% das espécies foram representadas por zoocóricas, 13,5% autocóricas e 4,5% anemocóricas (Tabela 1).

Após a passagem do fogo houve redução no número de indivíduos para 188 e 16 famílias, em contrapartida observou-se um aumento na altura média dos indivíduos

(1,23 metros) e no número de espécies (27) (Tabela 1). Houve redução também na distribuição das formas de vidas que antes era dominada pelo habito arbóreo e após o fogo ficou melhor distribuído entre árvores (41%), ervas (37%), lianas (11%) e subarbustos (11%). Esse mesmo padrão de redução foi observado quando levado em consideração as formas de dispersão, onde houve queda em todos os grupos (52% zoocóricas, 22% autocóricas, 18,5% anemocóricas e 2% não foram possíveis de determinar) (Tabela 1).

Das espécies identificadas 4 foram caracterizadas como morfoespécies (por serem identificadas apenas até o nível de família) e 11 foram identificadas até gênero.

Tabela 1. Lista das espécies amostradas na regeneração natural antes e após o fogo nos núcleos de Anderson, localizadas em Dourados-MS em 2017 e 2018.

FAMÍLIA/ESPÉCIE	OCORRÊNCIA			AF			PF			FV	SD	Referências
	AF	PF	NI	IVI	IVC	NI	IVI	IVC				
Anacardiaceae												
<i>Schinus molle</i> L.	AF	PF	8	7,9%	2,9%	2	3,09%	1,28%	Arv	Zoo	Luz; Kraemer; Baggio (2007)	
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	AF	PF	222	136,93%	118,93%	1	1,55%	0,64%	Arv	Zoo	Barbosa (2017); Flora do Brasil, (2020)	
Asteraceae												
<i>Conyza</i> sp.		PF	-	-	-	5	5,98%	4,16%	Erv	Ane	Peres (2016)	
<i>Eupatorium</i> sp.		PF	-	-	-	19	37,83%	25,1%	Sub	Ane	Peres (2016)	
<i>Bidens pilosa</i> L.		PF	-	-	-	1	1,45%	0,54%	Erv	Zoo	Santos; Cury (2011)	
Morfoespécie 1		PF	-	-	-	32	46,37%	39,1%	Erv	Ane	Peres (2016)	
Morfoespécie 2		PF	-	-	-	26	40,56%	26,93	Erv	Ane	Peres (2016)	
<i>Vernonia</i> sp.		PF	-	-	-	5	9,9%	5,35%	Sub	Ane	Peres (2016)	
Bignoniaceae												

<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	AF		4	2,91%	0,91%	-	-	-	Arv	Ane	Barbosa (2017); Flora do Brasil, (2020).
Cannabaceae						-	-	-			
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	AF		1	2,49%	0,49%	-	-	-	Arv	Zoo	Barbosa (2017); Flora do Brasil (2020)
Commelinaceae											
<i>Commelina</i> sp.	PF					1	2,44%	1,53%	Erv	Aut	Peres (2016)
Convolvulaceae											
<i>Ipomoea</i> sp.	PF					3	4,89%	2,16%	Lia	Aut	Peres (2016)
Euphorbiaceae											
<i>Croton urucurana</i> Baill.	AF		8	12,83%	9,83%	-	-	-	Arv	Aut	Barbosa (2017); Flora do Brasil, (2020)
<i>Sapium haemospermum</i> Müll. Arg.	AF	PF	5	5,8%	3,8%	1	1,56%	0,65%	Arv	Zoo	Oliveira; Mello; Pereira (2018)
<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B.Sm. & Downs	AF	PF	4	3,88%	0,88%	1	1,52%	0,61%	Arv	Aut	Carvalho (2003)

<i>Morfoespécie 3</i>	PF					8	12,53%	7,08%	Erv	-	
Fabaceae											
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	AF		1	1,23%	0,23%	-	-	-	Arv	Zoo	Barbosa (2017); Flora do Brasil (2020)
<i>Inga vera</i> Willd.	AF	PF	1	2,38%	1,38%	1	2,49%	1,58%	Arv	Zoo	Barbosa (2017); Flora do Brasil, (2020)
<i>Mimosa</i> sp.	PF		-	-	-	3	5,3%	3,48%	Sub	Aut	Peres (2016)
Lamiaceae											
<i>Aegiphila sellowiana</i> (Jacq.) Moldenke	AF		11	5,65%	2,65%	-	-	-	Arv	Zoo	Barbosa (2017); Flora do Brasil (2020)
Lauraceae											
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	AF	PF	4	5,06%	1,06%	1	1,88%	0,97%	Arv	Zoo	Barbosa (2017); Flora do Brasil, (2020)
Malvaceae											
<i>Waltheria</i> sp.	PF					33	53,14%	34,95%	Erv	Aut	Peres (2016)
Apocynaceae											
<i>Forsteronia</i> sp.	AF		3	3,15%	1,15%	-	-	-	Lia	Zoo	

Myrtaceae

<i>Eugenia uniflora</i> L.	AF		3	3,73%	0,73%	-	-	-	Arv	Zoo	Lorenzi (2002)
----------------------------	----	--	---	-------	-------	---	---	---	-----	-----	----------------

<i>Pisidium</i> sp.	AF	PF	3	4,83%	1,83%	1	1,8%	0,89%	Arv	Zoo	Peres (2016)
---------------------	----	----	---	-------	-------	---	------	-------	-----	-----	--------------

Menispermaceae

Morfoespécie 4		PF				1	1,85%	0,94%	Lia	-	
----------------	--	----	--	--	--	---	-------	-------	-----	---	--

Orchidaceae

<i>Oeceoclades maculata</i> (Lindl.) Lindl.	AF		2	3,36%	1,36%	-	-	-	Erv	Ane	Cohen; Ackerman (2009)
--	----	--	---	-------	-------	---	---	---	-----	-----	---------------------------

Passifloraceae

<i>Passiflora</i> sp.	AF		1	1,22%	0,22%	-	-	-	Lia	Zoo	Barbosa (2017); Flora do Brasil (2020)
-----------------------	----	--	---	-------	-------	---	---	---	-----	-----	--

Primulaceae

<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	AF	PF	2	2,47%	0,47%	9	8,91%	7,09%	Arv	Zoo	Oliveira; Mello; Pereira (2018)
-----------------------------------	----	----	---	-------	-------	---	-------	-------	-----	-----	------------------------------------

Phyllanthaceae

<i>Phyllanthus</i> sp.		PF	3			3	7,63%	4,9%	Erv	Zoo	Peres (2016)
------------------------	--	----	---	--	--	---	-------	------	-----	-----	--------------

Sapindaceae

<i>Paullinia elegans</i> Cambess.	AF		4	1,89%	0,89%	-	-	-	Arv	Zoo	Barbosa (2017); Flora do Brasil, (2020)
Sapotaceae											
<i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hook. & Arn.) Radlk.	AF		16	15,71%	4,71%	-	-	-	Arv	Zoo	D'orazio; Catharino (2013); Lorenzi (2006)
Smilacaceae											
<i>Smilax brasiliensis</i> Spreng.	AF	PF	65	26,65%	15,65%	14	18,33%	12,88%	Lia	Zoo	Flora do Brasil, (2020); Barros; Ribas; Araujo (2009)
Solanaceae											
<i>Cestrum axillare</i> Vell.	AF	PF	54	30,99%	17,99%	9	16,08%	10,63%	Arv	Zoo	Barbosa (2017); Flora do Brasil, (2020)
<i>Solanum americanum</i> Mill.		PF				2	3,8%	1,98%	Erv	Zoo	Barbosa (2017); Flora do Brasil, (2020)
Urticaceae											
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul.	AF	PF	20	18,94%	11,94%	1	1,47%	0,56%	Arv	Zoo	Oliveira; Mello; Pereira (2018)

Verbenaceae

<i>Cytharexylum myrianthum</i> Cham.	PF	-	-	-	1	1,78%	0,87%	Arv	Zoo	Carvalho (2003)
<i>Verbena</i> sp.	PF	-	-	-	4	5,88%	3,15%	Erv	Aut	Peres (2016)

TOTAL**445****188**

Ocorrência (O): antes do fogo (AF); após o fogo (PF). Forma de vida (FV): Epífitas (Ep); árvore (Arv); arbusto (Arb); Subarbuto (Sub); Liana (Li); Erva (Erv). Número de Indivíduos (NI); índice de valor de importância (IVI); índice do valor de cobertura (IVC). Síndrome de dispersão (SD): anemocórica (Ane); zoocórica (Zoo); autocórica (Aut).

O fator fogo aumentou a diversidade e a uniformidade de espécies da área, mas por outro lado o número de indivíduos foi drasticamente diminuído (Tabela 2).

Tabela 2. Dados fitossociológicos, índice de diversidade e equabilidade da regeneração natural antes e depois da passagem do fogo nos núcleos de Anderson, localizados em Dourados-MS em 2017 e 2018.

Condição da área	NI	NS	NF	DRE	AB	AM	H'	J'
AF	445	22	17	8363,636	0,026	0,88	1,801	0,583
PF	188	27	16	2425,806	0,013	1,23	2,607	0,791

Antes do fogo (AF); Após o fogo (PF); Número de Indivíduos (NI); Número de Espécies (NS); Número de Famílias (NF); Densidade relativa (DRE - Dens - Nind.ha⁻¹); Área Basal (AB - m².ha); Altura Média (AM - Metros); Diversidade de Shannon-Wiener (H' - nats.ind.); e Equabilidade de Pielou (J').

Comparando a regeneração antes e depois do incêndio, apenas 12 espécies foram encontradas em ambos os levantamentos e 12 foram excluídas do sistema depois do fogo (Tabela 1).

3.2 Representatividade das famílias

As famílias de maior riqueza antes do fogo foram Euphorbiaceae (3), Anacardiaceae (2), Fabaceae (2) e Solanaceae (2), as demais famílias apresentaram apenas uma espécie no levantamento. Após o fogo as famílias com maior riqueza foram Asteraceae (6), Euphorbiaceae (3), Anacardiaceae (2), Fabaceae (2), Solanaceae (2) e Verbenaceae (2), as demais famílias tiveram apenas 1 espécie cada (Tabela 3).

Considerando o IVI e o IVC as famílias que apresentaram maior sucesso em se estabelecer antes do fogo foram Anacardiaceae, Solanaceae, Smilacaceae, Euphorbiaceae, Urticaceae e Sapotaceae, já depois da passagem do fogo as famílias que apresentaram maior sucesso na colonização do ambiente levando em consideração o IVI foram: Asteraceae, Malvaceae, Solanaceae, Smilacaceae e Euphorbiaceae (Tabela 3).

8 famílias foram excluídas do sistema após a passagem do fogo e 7 foram inseridas após este fenômeno (Tabela 3).

Tabela 3. Dados fitossociológicos das famílias que ocorrem na regeneração natural antes e depois da passagem do fogo nos núcleos de Anderson, localizadas em Dourados-MS em 2017 e 2018.

Famílias	AF				PF			
	NI	NS	IVI	IVC	NI	NS	IVI	IVC
Anacardiaceae	243	2	142,6%	121,84%	3	2	4,19%	1,92%
Asteraceae	-	-	-	-	88	6	129,59%	101,18%
Apocynaceae	5	1	3,23%	1,15%	-	-	-	-
Bignoniaceae	4	1	3%	0,91%	-	-	-	-
Cannabaceae	2	1	2,57%	0,49%	-	-	-	-
Comelinaceae	-	-	-	-	1	1	2,67%	1,53%
Convolvulaceae	-	-	-	-	3	1	5,57%	2,16%
Euphorbiaceae	16	3	22,84%	14,51%	10		17,43%	8,34%
Fabaceae	2	2	3,69%	1,61%	4	2	8,47%	5,06%
Lamiaceae	11	1	5,78%	2,65%	-	-	-	-
Lauraceae	4	1	5,23%	1,06%	1	1	2,1%	0,97%
Malvaceae	-	-	-	-	33	1	57,68%	34,95%
Menispermaceae	-	-	-	-	1	1	2,07%	0,94%
Myrtaceae	7	2	7,77%	2,56%	1	1	2,03%	0,89%
Orchidaceae	2	1	3,45%	1,36%	-	-	-	-
Passifloraceae	1	1	1,26%	0,22%	-	-	-	-
Primulaceae	2	1	2,55%	0,47%	9	1	9,36%	7,09%
Phyllanthaceae	-	-	-	-	3	1	8,31%	4,9%
Sapindaceae	4	1	1,93%	0,89%	-	-	-	-
Sapotaceae	20	1	16,17%	4,71%	-	-	-	-
Smilacaceae	66	1	27,11%	15,65%	14	1	19,69%	12,88%
Solanaceae	55	1	31,54%	17,99%	11	1	20,56%	12,61%
Urticaceae	16	1	19,23%	11,94%	1	1	1,7%	0,56%
Verbenaceae	-	-	-	-	5	2	8,57%	4,03%
Total	445	22	-	-	188	27	-	-

Antes do fogo (AF); Após o fogo (PF); Número de Indivíduos (NI); Número de espécies (NS); Índice de Valor de Importância (IVI); Índice de Valor de Cobertura (IVC).

3.3 Representatividade de espécies

As espécies com maior densidade de indivíduos antes do fogo foram, *Schinus terebintifolius*, *Smilax brasiliensis*, *Cestrum axillare*, *Cecropia pachystachya* e *Chrysophyllum marginatum* que juntas somam 91,95% dos indivíduos amostrados nesta condição, já após a passagem do fogo as espécies mais representativas foram *Waltheria* sp, Morfoespécies 1 e 2 (ambas pertencentes a família Asteraceae), *Eupatorium* sp e *Smilax brasiliensis* que juntas representam 66% dos indivíduos nessa condição (Tabela 1).

Analisando o IVI das espécies amostradas, *Schinus terebintifolius*, *Smilax brasiliensis*, *Cestrum axillare*, *Cecropia pachystachya*, *Cronton urucurana* e *Aegiphila sellowiana* foram as espécies melhor adaptadas as condições antes do fogo (Tabela 1). Após a passagem do fogo as espécies que melhor colonizaram (segundo o IVI) a área foram, *Waltheria* sp, Morfoespécies 1 e 2, *Eupatorium* sp., *Smilax brasiliensis*, *Cestrum axillare* e Morfoespécie 4 (pertencente à família Euphorbiaceae) (Tabela 1). Sendo assim, essas são as principais colonizadoras desta área nas 2 condições estudadas (AF e PF) (Tabela 1).

3.4 Núcleos de Anderson

O número de indivíduos (NI) e espécies (NS), o índice de diversidade de Shannon (H') e o índice de Equabilidade de Pielou (J') para os diferentes arranjos de núcleos são descritos na Tabela 4, onde é possível verificar que o arranjo que apresenta o maior NI, NS, antes e após o fogo é N9 PC (Tabela 4).

Tabela 4. Número de indivíduos, número de espécies, índice de diversidade e equabilidade da regeneração natural antes e depois da passagem do fogo nos núcleos de Anderson com diferentes densidades e configurações, localizados em Dourados-MS em 2017 e 2018.

NÚCLEOS	NI	NS	H'	J'
AF				
N5 PC	30	8	1,700	0,817
N5 NPC	120	15	6,635	0,699
N9 PC	254	17	1,526	0,539
N9 NPC	41	12	1,985	0,799
PF				
N5 PC	23	9	1,978	0,900
N5 NPC	32	15	2,442	0,902
N9 PC	92	19	2,425	0,824
N9 NPC	41	12	2,067	0,832

AF = Antes do fogo, PF= após o fogo, N5: Núcleos com 5 mudas, N9: núcleos com 9 mudas, PC: Pioneiras ao centro, NPC: Não pioneira ao centro, Número de Indivíduos (NI); Número de Espécies (NS); Diversidade de Shannon-Wiener (H' -nats.ind.); e Equabilidade de Pielou (J').

3.5 Ordenação da Abundância

A variação na abundância de espécies correspondentes a regeneração natural antes e depois do fogo foi representada pela ordenação em duas dimensões ficando classificada segundo a tabela de ajuste de Kruskal (1964) como razoável (stress = 0,13), sendo 92% da variância total na matriz de distância de Bray-Curtis recuperada pela ordenação.

A análise da ordenação NMDS da vegetação revela que a distribuição da abundância das espécies foi diferente para a condição da área - antes e após o fogo (Pillai = 0,80259; gl = 1 e 2; $p = < 3,149e-16$), bem como para configurações dos núcleos (Pillai = 0,38070; gl = 6 e 12; $p = < 0,06656$) (Figura 3). De forma que núcleos apresentam alta dissimilaridade entre a área antes e depois do fogo, e para as diferentes configurações de núcleos existe dissimilaridade, mas ela é menos evidente pois eles são mais similares entre si (Figura 3).

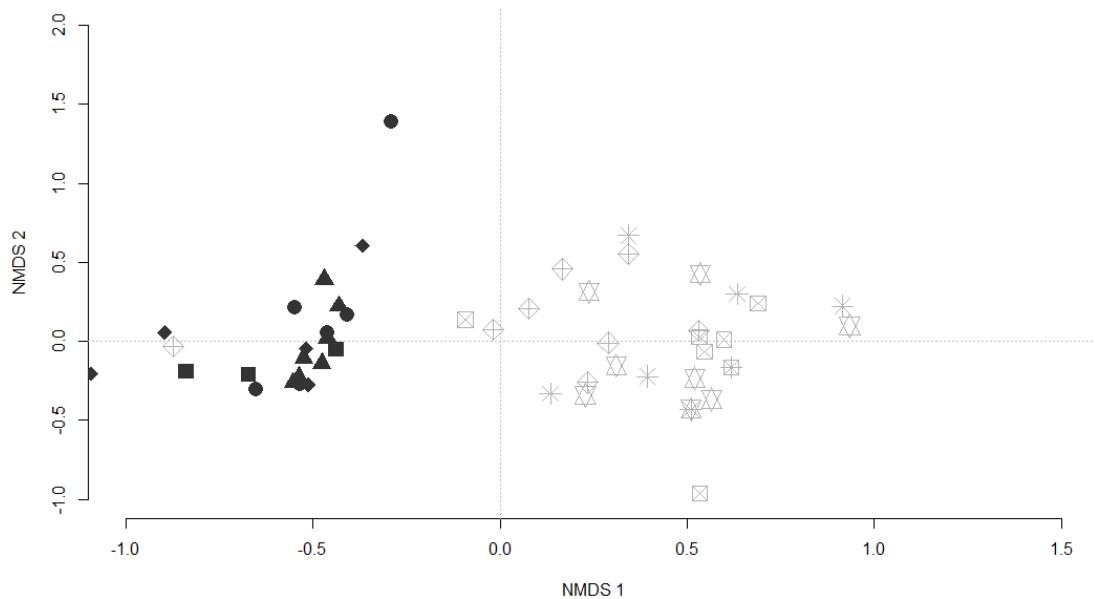


Figura 3. Diagrama de ordenação NMDS (Escalonamento Multidimensional Não Métrico) da composição de espécies em área avaliada em diferentes condições (antes e após a passagem do fogo) nos núcleos de Anderson com diferentes densidades de mudas e configurações. Os símbolos representam os arranjos dos núcleos, sendo N5PC AF= ■; N5NPC AF= ●; N9PC AF= ▲; N9NPC AF= ◆; N5PC PF= *; N5NPC PF= ☒; N9PC PF= ◇; N9NPC PF= ☒. N5: Núcleos com 5 mudas, N9: núcleos com 9 mudas, PC: Pioneiras ao centro, NPC: Não pioneira ao centro, AF = Antes do fogo, PF= após o fogo. A cor simboliza a condição da área, onde preto representa antes do fogo e cinza após o fogo.

3.6 Visão geral da área pós-fogo

Antes do fogo os núcleos anteriormente estabelecidos propiciaram condições microclimáticas para o estabelecimento de regenerantes, e com copas bem desenvolvidas serviam de poleiros (sem registro). Logo após a passagem do fogo este fator comprometeu a vegetação acima do solo, carbonizando os primeiros centímetros de serapilheira e solo da área (Figura 4a). Nove meses após o fogo a comunidade de regenerantes da área em processo de restauração parece prejudicada pelo excesso de braquiária (Figura 4b).



Figura 4. Vista geral da área de estudo após o incêndio (a) e 9 meses após a passagem do fogo (b). Dourados-MS em 2017 (a) e 2018 (b).

4. DISCUSSÃO

Antes da passagem do fogo, os núcleos propiciaram condições microclimáticas que favoreciam a chegada e o estabelecimento de outras espécies, pois as copas bem desenvolvidas, serviam de poleiros e algumas espécies como *Schinus terebinthifolius* e *Croton Urucurana* já haviam florescido e frutificado o que as tornavam atrativas a fauna, ou seja, alguns processos ecológicos básicos para o sucesso da restauração já haviam sido estabelecidos. Porém, o episódio do incêndio interferiu de maneira significativa neste processo.

A passagem do fogo levou a um aumento do número de espécies de gramíneas, arbustos, subarbustos, ervas e lianas, como também observado por Durigan et. al (2020) em área de pastagem queimada, o que nos leva a associar que o fato da área dizimada pelo fogo estar localizada entorno de pastagem, propicia a dominância do estrato rasteiro por *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster e espécies oportunistas.

O recrutamento e a sobrevivência das mudas nas comunidades foi um fator limitante. Muitas árvores mais velhas podem tolerar vários anos de condições estressantes, mas mudas e o banco de plântulas não têm recursos ou estruturas fisiológicas para sobreviver (KEELEY et al., 2019). Sendo assim, o fogo em comunidades não adaptadas pode fazer com que as mudas e o banco de plântulas não consigam se estabelecer, e as populações acabem fadadas a desaparecer (KEELEY et al., 2019). Isso explica o porquê de *Chrysophyllum marginatum*, *Paullinia elegans*, *Passiflora* sp.,

Oeceoclades maculata, *Eugenia uniflora*, *Fosteronia* sp., *Aegiphila selowiana*, *Copaifera langsdorffii*, *Croton urucurana*, *Trema micrantha*, *Handroanthus chrysotrichus*, terem sido excluídas da regeneração dos núcleos indicando que essas espécies não tem adaptações para sobreviverem a incêndios.

As mudas são muito restritas, pois precisam acumular reservas radiculares suficientes para sobreviver rebrotando após o primeiro incêndio e isso deve ocorrer em, apenas uma estação de crescimento (GIGNOUX et al., 2009), esse tipo de restrição pode explicar porque as mudas de árvores florestais são incapazes de sobreviver após o incêndio, o que também implica que as sementes dessas espécies não tenham a capacidade de sobreviver após a passagem do fogo.

As espécies excluídas, em geral, eram de baixa ocorrência antes do fogo, neste período os núcleos começavam a apresentar condições onde estas espécies conseguiam competir e se instalar no ambiente, com o fogo houve uma desestabilização do processo sucessional, modificando as condições de solo e de luminosidade, tornando o mesmo imprevisível (VANDERMEER et al., 2004).

Com o fogo as espécies que começavam a ter condições de se instalar foram excluídas e as que conseguiram permanecer no banco de sementes e germinar após o fogo tiveram sua abundância drasticamente diminuída, podendo, neste estudo, mostrar *Schinus terebinthifolius* que antes do fogo dominava o banco de regenerantes apresentando os maiores valores de IVI e IVC, mas logo após a passagem do fogo contou com apenas 1 indivíduo inventariado e os menores valores para estas variáveis.

Levando em consideração o IVI e o IVC que são bons descritores da adaptabilidade e ocupação do espaço dos indivíduos ao ambiente, uma vez que esses são compilados de várias métricas ecológicas (CAVASSAN et al., 1984), antes da passagem do fogo *Schinus terebinthifolius*, *Smilax brasiliensis*, *Cestrum axillare*, *Chrysophyllum marginatum* e *Aeghyphila sellowiana* eram as espécies mais adaptadas ao ambiente porque melhor ocupavam o banco de plântulas.

Após a passagem do fogo, na época da avaliação, as espécies que melhor exploravam e ocupavam o ambiente foram *Waltheria* sp, Morfoespécies 1 e 2 (ambas pertencentes a família Asteraceae), *Eupatorium* sp e *Smilax brasiliensis*, sendo assim, nota-se uma mudança na composição e hábitos de vida das espécies dominantes.

Observando o hábito de vida das espécies, antes da passagem do fogo 82% das espécies eram do hábito arbóreo e entre as espécies com maior IVI e IVC observasse a

mesma tendência, em contrapartida após o incêndio tivemos uma alteração neste aspecto, onde as espécies com maior IVI e IVC agora pertencem ao hábito herbáceo, porém a maioria das espécies ainda é do estrato arbóreo (41%) e os demais tipos de hábitos são melhor distribuídos: Ervas (37%), Lianas (11%) e Subarbustos (11%).

É possível que esta nova configuração após o fogo esteja relacionada ao fato de que a produção de sementes de muitas espécies do estrato herbáceo-subarbusitivo é muito mais rápida do que para espécies arbustivas e arbóreas, o que resulta na produção de grande número de unidades de dispersão após um incêndio (BARBOSA, 1997).

Quando analisada a equabilidade de Pielou observou-se que após o fogo a diversidade de espécies foi maior em relação ao inventário realizado antes deste evento, já que quanto mais próximo de 1 maior é a diversidade (Antes do fogo $J'' = 0,583$ e após o fogo $J'' = 0,791$) (ZANZINI, 2005). Por outro lado, o número de indivíduos foi drasticamente diminuído.

Outro evento importante foi o surgimento de várias espécies herbáceas que, juntamente com a diminuição do número de espécies, mostra que a exclusão de espécies abriu um nicho no ecossistema que foi colonizado por essas espécies oportunistas. Isso se deve ao fato de que em ambientes onde o fogo não é recorrente e nem comum há uma interferência negativa no desenvolvimento das plantas, suas fenofases, no número de sementes viáveis que se encontram sob o solo, podendo comprometer as funções do ambiente e resultar em fitofisionomias mais abertas (MIRANDA; SATO, 2005).

A colonização de espécies herbáceas é confirmada também nos estudos de Rodrigues et al. (2004, 2005) e Silva et al. (2005), citando que fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual que foram assolados por incêndios tem sua regeneração dificultada pela grande presença de lianas. Melo et al. (2007) reforça que o fogo ocasionou diminuição da densidade e da riqueza do banco de sementes.

A presença de lianas no componente florestal interfere sobre avanços nos estágios sucessionais da área (VALCARCEL; SILVA, 2000), essas plantas também são as principais competidoras com as gramíneas exóticas invasoras (BECHARA, 2006) e fonte de alimento para a avifauna. Essas espécies iniciam o processo de colonização sucessional, pois possuem facilidade de rebrota, participação no banco de sementes do solo, podendo germinar após distúrbios (UHL; VIEIRA, 1989). E mesmo sendo indesejável, do ponto de vista silvicultural, por induzir a diminuição das taxas de

crescimento das árvores hospedeiras, o seu papel é mais benéfico do que negativo sobre a dinâmica e ciclo de regeneração (ENGEL et al., 1998).

Quanto à síndrome de dispersão, a maioria das espécies inventariadas são zoocóricas, mesmo com a redução da porcentagem após a passagem do fogo, elas ainda representam mais que 50%. Diversos estudos também verificaram o predomínio de espécies zoocóricas regenerando no sub-bosque de áreas florestais (CALLEGARO et al., 2013; TURCHETTO et al., 2015; VENZKE et al., 2014).

A zoocoria é fundamental para a ocorrência de maior riqueza florística no interior de plantações florestais (CALLEGARO et al., 2013). A fauna, ao dispersar sementes e propágulos contribui para a regeneração natural da área, permitindo que a mesma recupere sua resiliência e se torne autossustentável novamente (ONOFRE et al., 2010; RESENDE; CARVALHO 2013).

Além disso, o abrigo de fauna é importante no aumento de interações fauna-flora e consequente chegada de propágulos (sementes e frutos) às áreas de restauração, essa chegada, por sua vez, é importante para a regeneração de ambientes degradados (FONSECA et al., 2013; RODRIGUES; GANDOLFI, 2004).

A maior porcentagem de espécies zoocóricas encontradas na comunidade de regenerantes, como neste trabalho, demonstra que este ambiente conta com uma forte contribuição dos agentes dispersores na formação do seu sub-bosque, e que aparentemente, os mesmos são essenciais para o incremento da biodiversidade dessas áreas (COSTA, 2017).

No entanto, é importante ressaltar que a comunidade de regenerantes dessa área em processo de restauração pode ter sido prejudicada pelo excesso de braquiária, visto que essa gramínea se apresenta em grande quantidade num aspecto geral, inserida no entorno, constituído principalmente por agricultura e pastagens e elevada antropização. Antes do fogo os núcleos anteriormente estabelecidos já propiciavam melhorias para o estabelecimento de regenerantes.

Outro fator de destaque é que o próprio fogo favorece o banco de sementes de espécies invasoras em detrimento de espécies nativas (PIVELLO et al., 1999). Assim, a agressividade dessas espécies, principalmente de *Urocloa decumbens*, pode inibir a regeneração de espécies mais tardias na sucessão florestal (ZAHAWI, AUGSPURGER 1999). Trabalhos futuros podem verificar como espécies de lianas e herbáceas oportunistas conseguem ou não competir com as espécies de gramíneas invasoras.

Verificamos ainda que os diferentes arranjos dos núcleos foi fator que interferiu, mesmo que de forma menos evidente, na distribuição da abundância das espécies. Os núcleos antes do fogo com as copas bem formadas serviram de poleiros, o que em sistemas mais adensados representam um maior número de locais que servem de descanso e abrigo para aves. Mesmo após o fogo o adensamento parece contribuir neste aspecto, pois mesmo que o fogo tenha consumido as plantas, as árvores queimadas imitam poleiros secos, permitindo que novas sementes possam colonizar a área degradada, o que pode ajudar a explicar a maior abundância de indivíduos e riqueza de espécies neste arranjo.

Na literatura existem alguns trabalhos que avaliam o efeito do fogo sobre os regenerantes, porém mais estudos devem ser feitos para verificar como o fogo pode afetar a regeneração natural de áreas em processo de restauração e como diferentes métodos implantados antes do fogo podem contribuir para a regeneração após o distúrbio.

5. CONCLUSÃO

Antes do fogo, as condições internas dos núcleos facilitaram a chegada e o estabelecimento de indivíduos.

A passagem do fogo aumentou riqueza e a diversidade de espécies, diminuiu a abundância de indivíduos e abriu nicho para espécies anemocóricas e autocóricas de hábito herbáceo compõem o banco de regenerantes da área em processo de restauração ecológica. No entanto, o aumento da diversidade não é um componente benéfico no contexto pós-fogo, pois associado ao aumento gramíneas, dificulta que os processos ecológicos restabeleçam.

A distribuição da abundância das espécies foi diferente nos diferentes arranjos de núcleos, e a configuração de núcleos mais adensados, com pioneiras ao centro, contribuiu para a maior abundância de indivíduos e riqueza de espécies antes e após o fogo.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, L. B.; AQUINO, F. G.; ALONSO, A. M.; LIMA, J. E. W.; BRAGA; SOUSA-SILVA, J. C. **Restauração Ecológica de Matas Ripárias: uma questão de sustentabilidade.** Série Documentos. Brasília: Embrapa Cerrados, p. 75. 2010.

ANDERSON, M. L. Spaced-Group planting. *Unasylva*, v. 7, n. 29, 1953.

APG (Angiosperm Phylogeny Group) IV. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of Linnean Society**, v. 1816, p. 1-20, 2016.

BARBOSA, A. A. A. **Biologia reprodutiva de uma comunidade de campo sujo, Uberlândia/MG**. 1997. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 1997.

BARBOSA, L. M. (ORG.). **Lista de espécies indicadas para restauração ecológica para diversas regiões do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria de Meio Ambiente. Instituto de Botânica, 2017.

BARROS, A. A. M.; RIBAS, L. A.; ARAUJO, D. S. D. Trepadeiras do Parque Estadual da Serra da Tiririca, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, v. 60, n. 3, p. 681-694, 2009

BECHARA, F. C. **Unidades Demonstrativas de Restauração Ecológica através de Técnicas Nucleadoras: Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado e Restinga**. 2006, 249 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

BRUEL, O. B.; MARQUES, M. C. M.; BRITZ, R. M. Survival and growth of tree species under two direct seedling planting systems. **Restoration Ecology**, v. 18, n. 4, p. 414-417, 2010.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras, v. 2. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2006. v. 2, 627 p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras, v. 1. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2003. v. 1039 p.

CAVASSAN, O.; CESAR, O.; MARTINS, F. R. Fitossociologia da vegetação arbórea da Reserva Estadual de Bauru, Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 7, p. 91-106, 1984.

CHEUNG, K. C.; LIEBSCH, D.; MARQUES, M. C. M. Forest recovery in newly abandoned pastures in southern Brazil: Implications for the Atlantic Rain Forest resilience. **Brazilian Journal of Nature Conservation**, v. 8, n. 1, p. 66-70, 2010.

COHEN, I. M.; ACKERMAN, J. D. *Oeceoclades maculata*, an alien tropical orchid in a Caribbean rainforest. **Annals of Botany**, v. 104, p. 557-563, 2009.

CORBIN, J. D.; HOLL, K. D. Applied nucleation as a forest restoration strategy. **Forest Ecology and Management**, v. 265, p. 37-46, 2012.

COSTA, N. C. F.; STEDILLE, L. I. B.; FERREIRA, P. L.; GOMES, J. P.; MANTOVANI, A. Dispersão e Caracterização de Frutos de *Myrceugenia euosma* em Floresta Ombrófila Mista no Sul do Brasil. **Floresta e Ambiente**. v. 24, p. 1-11, 2017.

DIAS, A. T. C.; BOZELLI, R. L.; DARIGO, R. M.; ESTEVES, F. A.; SANTOS, H. F.; FIGUEIREDO-BARROS, M. P.; NUNES, M. F. Q. S.; ROLAND, F.; ZAMITH, L. R.; SCARANO, F. R. Rehabilitation of a bauxite tailing substrate in central Amazonia: The effect of litter and seed addition on flood-prone forest restoration. **Restoration Ecology**, v. 20, n. 4, p. 483-489, 2012.

D'ORAZIO, F. A. E.; CATHARINO, E. L. M. Estrutura e florística de dois fragmentos de florestas aluviais no Vale do rio Paraíba do Sul, SP, Brasil. **Hoehnea**. v.40, n.3, p.567-582. 2013

DURIGAN, G.; PILON, N. A. L.; ABREU, R. C. R.; HOFFMANN, W. A.; MARTINS, M.; FIORILLO, B. F.; ANTUNES, A. Z.; CARMIGNOTTO, A. P.; MARAVALHAS, J. B.; VIEIRA, J.; VASCONCELOS, H. L. No Net Loss of Species Diversity After Prescribed Fires in the Brazilian Savanna. **Frontiers in Forests and Global Change**, v. 3, n. 13, p. 1-13, 2020.

DURIGAN, G.; RATTER, J. A. The need for a consistent fire policy for Cerrado conservation. **Journal of Applied Ecology**, v. 53, p. 11-15, 2016.

FERNANDES, A. C. Q.; BRACHTVOGEL, C.; MELLO, L. S.; LINE, J. D. B.; FRÓES, C. Q.; PEREIRA, Z. V. Quantificação inicial da serapilheira de áreas em processo de restauração por diferentes técnicas. In: IV ENEPEX - Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão - 8º EPEX/UEMS e 11º ENEPE/UFGD, 2017, Dourados-MS. **Anais... Dourados-MS: UEMS/UFGD, 2017.**

FIEDLER, N. C.; MERLO, D. A.; MEDEIROS, M. B. Ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 2, p. 153-161, 2006.

FLORA DO BRASIL 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 05 Abr. 2020

FRIEDRICH, S.; KONIETSCHKE, F.; PAULY, M. 2018. MANOVA. RM: Analysis of Multivariate Data and Repeated Measures Designs (R Package Version 0.0.4). <https://arxiv.org/abs/1801.08002>.

GAWRYSZEWSKI, F. M.; SATO, M. N.; MIRANDA, H. S. Frequent fires alter tree architecture and impair reproduction of a common fire-tolerant savanna tree. **Plant Biology**, v. 22, p. 106-112, 2020.

GIGNOUX, J.; LAHOREAU, G.; JULLIARD, R.; BAROT, S. Establishment and early persistence of tree seedlings in an annually burned savanna. **Journal of Ecology**, v. 97, p. 484-495, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira:** sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos. Rio de Janeiro: IBGE-Diretoria de Geociências, 2012. 271 p.

KEELEY, J. E.; VAN MANTGEM, P.; FALK, D. A. Fire, climate and changing forests. **Nature Plants**, v. 5, p. 774-775, 2019.

- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v. 19, p. 707-713, 2005.
- KRUSKAL, J. B. Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a nonmetric hypothesis. **Psychometrika**, v.29, p. 1–27, 1964.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 4 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. v. 1, 368 p.
- LUZ, M.; KRAEMER, M. F. E.; BAGGIO, R. **Viveiro de Mudanças Florestais com Espécies de Importância Ecológica e Econômica em Assentamentos de Reforma Agrária**. Porto Alegre, 2007.
- MARTINS, S. V. **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. Viçosa: UFV, 2012. 293 p.
- MELO, A. C. G.; DURIGAN, D.; GORENSTEIN, M. R. Efeito do fogo sobre o banco de sementes em faixa de borda de Floresta Estacional Semidecidual, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 21, p. 927-934, 2007.
- MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. Impacto do fogo e dinâmica da regeneração da comunidade vegetal em borda de Floresta Estacional Semidecidual (Gália, SP, Brasil). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 33, n. 1, p. 37-50, 2010.
- MINCHIN, P. R. An evaluation of the relative robustness of techniques for ecological ordination. **Vegetatio**, n. 69, p. 89-107, 1987.
- MIRANDA, H. S.; SATO, M. N. Efeitos do fogo na vegetação lenhosa do Cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUZA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2005. 439 p.
- MORGAN, W. T.; DARBYSHIRE, E.; SPRACKLEN, D. V.; ARTAXO, P.; COE, H. Non-deforestation drivers of fires are increasingly important sources of aerosol and carbon dioxide emissions across Amazonia. **Scientific Reports**, v. 9, p. 1-15, 2019.
- MORO, M. F.; MARTINS, F. R. Métodos de Levantamento do Componente Arbóreo-Arbustivo. In: FELFILI, J. M.; EISENLOHR, P. V.; MELO, M. M. R. F.; ANDRADE, L. A.; MEIRA-NETO, J. A. A. (Eds.). **Fitossociologia no Brasil: Métodos e Estudos de Casos**. v. 1. Editora UFV: Viçosa, 2011.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858. 2000.
- OKSANEN, J.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; O'HARA, B.; SIMPSON, G. L. M.; HENRY, H.; WAGNER, S. H. Vegan: Community Ecology Package. R package version 1, 13-1, 2018. Disponível em: <http://vegan.r-forge.r-project.org/>.
- OLIVEIRA, M. D.; MELLO, L. S.; PEREIRA, Z. P. Caracterização da Chuva de Sementes em Áreas de Preservação Permanente no Município de Sidrolândia/MS. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 2, 2018.

- PERES, M. K. **Estratégia de dispersão de sementes no bioma Cerrado: Considerações ecológicas e filogenéticas**. Tese (Doutorado em Botânica), Universidade de Brasília, Brasília-DF. 2016.
- PIVELLO, V. R. The Use of Fire in the Cerrado and Amazonian Rainforests of Brazil: Past and Present. **Fire ecology**, v. 7, n. 1, 24-39, 2011.
- PIVELLO, V. R.; SHIDA, C. N.; MEIRELLES, S. T. Alien grasses in Brazilian savannas: a threat to the biodiversity. **Biodiversity & Conservation**, v. 8, n. 9, p. 1281-1294, 1999.
- R CORE TEAM. 2018. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org>.
- RAMOS-NETO, M. B.; PIVELLO, V. R. Lightning fires in a Brazilian Savanna National Park: rethinking management strategies. **Environmental Management**, v. 26, n. 6, p. 675-684, 2000.
- REIS, A.; BECHARA, F. C.; ESPÍNDOLA, M. B.; VIEIRA, N. K.; SOUZA, L. L. Restoration of damaged land areas: using nucleation to improve successional processes. **Brazilian Journal of Nature Conservation**, v. 1, n. 1, p. 85-96, 2003.
- RIBEIRO, M. N.; SANCHEZ, M.; PEDRONI, F.; PEIXOTO, K. S. Fogo e dinâmica da comunidade lenhosa em cerrado sentido restrito, Barra do Garças, Mato Grosso. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, p. 203-217, 2012.
- RODRIGUES, R. R.; MARTINS, S. V.; MATTHES, L. H. F. Post-fire regeneration in a semideciduous mesophytic forest, south-eastern Brazil. In: BURK, A. R. **New research on forest ecosystems**. New York: Nova Science Publishers, p. 1-19, 2005.
- RODRIGUES, R. R.; TORRES, R. B.; MATTHES, L. A. F.; PENHA, A. F. Trees species resprouting from root buds in a semideciduous forest affected by fires, Campinas, southeast Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, p. 127-133, 2004.
- RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. de F. (eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, 2004. p. 235-247.
- RODRIGUES, R. R.; LIMA, R. A. F.; GANDOLFI, S.; NAVE, A. G. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1242-1251, 2009.
- SANTOS, J. B.; CURY, J. P. Picão preto: uma planta daninha especial em solos tropicais. **Plantas Daninhas**, v. 29, p. 1159-1171, 2011.
- SILVA, J. L. A. **Efeito do fogo na chuva de sementes em experimento de restauração ecológica no Cerrado, DF**. 2016, 39 f. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Bacharelado em Gestão Ambiental), Faculdade UnB Planaltina, Universidade de Brasília. Planaltina – DF, 2016.

VANDERMEER J.; CERDA, I. G.; PERFECTO, I.; BOUCHER, D.; RUIZ, J.; KAUFMANN, A. Multiple basins of attraction in a tropical forest: evidence for nonequilibrium community structure. **Ecology**, v. 85, n. 2, p. 575 – 579, 2004.

VOGT, J. V.; SAFRIEL, U.; VON MALTITZ, G.; SOKONA, Y.; ZOUGMORE, R.; BASTIN, G.; HILL, J. Monitoring and assessment of land degradation and desertification: Towards new conceptual and integrated approaches. **Land Degradation & Development**, v. 22. p. 150–165, 2011.

ZAHAWI, R.A.; AUGSPURGER, C.K. Early plant succession in abandoned pastures in Ecuador. **Biotropica**, v.31, p.540-552, 1999.

ZANZINI, A. C. S. **Descritores quantitativos de riqueza e diversidade de espécies**. Curso de Pós-graduação: “Lato Sensu” (Especialização) a distância manejo de florestas nativas. Universidade Federal de Lavras-UFLA, Lavras-MG, 2005.

CAPÍTULO 2 - INTEGRAÇÃO DE CARACTERES MORFOMÉTRICOS EM DIÁPOROS DE *Dipteryx alata* Vogel E A TOLERÂNCIA ÀS ALTAS TEMPERATURAS

Mário Soares Junglos ⁽¹⁾, Fernanda Soares Junglos ⁽²⁾, Patrícia Rochefeler Agostinho ⁽¹⁾, Etenaldo Felipe Santiago ⁽²⁾ & Zefa Valdivina Pereira ⁽¹⁾

(1) Laboratório de Restauração Ambiental (LABRA), Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Pós-graduação em Ciência e Tecnologia ambiental, Universidade Federal da Grande Dourados, (2) Grupo de Estudos em Recursos Vegetais, Pós-graduação em Recursos Naturais, Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul

RESUMO

Durante incêndios florestais os frutos podem ser danificados juntamente com suas sementes ou, de modo diferente, conferir isolamento térmico às mesmas, sendo a magnitude da resposta relacionada às características dos frutos, à extensão dos danos às partes vegetativas, bem como à intensidade e frequência do fogo. Conhecer as respostas das espécies frente ao fator fogo é fundamental no entendimento de quão integrados estão os caracteres morfológicos às informações ambientais geradas no ambiente de ocorrência das espécies, bem como, auxiliar em diversas etapas do processo da restauração em áreas sujeitas ao fogo. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi descrever a morfometria de frutos e sementes de *Dipteryx alata* Vogel e avaliar o efeito de altas temperaturas, simulando o efeito do fogo, na germinação de suas sementes, expostas nuas e/ou protegidas pelo fruto. Para tanto, as sementes foram submetidas a temperaturas de 25°C (temperatura ambiente - controle), 90°C e 150°C por 1 e 5 minutos, sendo os intervalos testados de temperaturas e tempo correspondente aqueles àqueles mensurados na superfície do solo durante incêndios. Metade do lote de sementes foi submetido a estas condições dentro do fruto e a outra parte do lote exposto diretamente às temperaturas citadas. Após este procedimento as sementes protegidas pelo fruto foram retiradas e todas foram semeadas em papel Germitest® previamente umedecido, e depositadas em câmara de germinação tipo B.O.D. (*Biochemical Oxygen Demand*). As sementes nuas apresentaram menor %G e demoraram mais tempo para germinar quando submetidas ao tratamento térmico e comparadas àquelas protegidas pelo fruto. Ainda que o tratamento térmico tenha afetado a germinabilidade das sementes nuas, os percentuais germinativos foram superiores a 80%, inclusive nas temperaturas mais altas. Os caracteres fenotípicos dos frutos de *D. alata*, mesmo que não decorrentes de processos de seleção pelo fogo, estão integrados à informação ambiental em locais sujeitos ao fogo. Assim, os frutos de *D. alata* podem ser considerados bons isolantes térmicos para suas sementes, sendo estas tolerantes às elevadas temperaturas compatíveis com as encontradas em ambientes submetidos a incêndios naturais.

Palavras-Chave: Barú, Choque Térmico, Ecofisiologia Vegetal, Fogo.

ABSTRACT

During forest fires, the fruits can be damaged together with their seeds or, differently, provide thermal insulation to them, the magnitude of the response being related to the characteristics of the fruits, the extent of damage to the vegetative parts, as well as the intensity and frequency of the fire. Knowing the responses of species to the fire factor is fundamental in understanding how integrated the morphological characters are to the environmental information generated in the environment where species occur, as well as assisting in various stages of the restoration process in areas subject to fire. Thus, the objective of this work was to describe the morphometry of fruits and seeds of *Dipteryx alata* Vogel and to evaluate the effect of high temperatures, simulating the effect of fire, on the germination of its seeds, exposed naked and / or protected by the fruit. For that, the seeds were submitted to temperatures of 25 ° C (room temperature - control), 90 ° C and 150 ° C for 1 and 5 minutes, with the tested intervals of temperatures and time corresponding to those measured on the soil surface during fires. Half of the seed lot was subjected to these conditions inside the fruit and the other part of the lot was directly exposed to the mentioned temperatures. After this procedure, the seeds protected by the fruit were removed and all were sown on previously moistened Germitest® paper, and deposited in a B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand). The bare seeds showed lower% G and took longer to germinate when subjected to heat treatment and compared to those protected by the fruit. Although the heat treatment affected the germinability of the naked seeds, the germinative percentages were higher than 80%, even at the highest temperatures. The phenotypic characters of the *D. alata* fruits, even if they do not result from fire selection processes, are integrated with environmental information in places subject to fire. Thus, the fruits of *D. alata* can be considered good thermal insulators for their seeds, which are tolerant to high temperatures compatible with those found in environments subjected to natural fires.

Keywords: Baru, Thermal Shock, Plant Echophysiology, Fire.

1. INTRODUÇÃO

O fogo em florestas tropicais, geralmente é de superfície (CAMARGOS et al., 2015), conseqüentemente, os frutos dispostos nas árvores nem sempre são afetados diretamente pelas chamas, mas podem ser danificados pelo fluxo de ar quente e perdidos alguns dias após o incêndio (NARDOTO et al., 2006).

Por outro lado, o fogo pode coincidir com a maturação e dispersão de diásporos, podendo comprometer a reprodução sexuada de algumas espécies devido a danos nos frutos, a combustão de sementes nos frutos abertos ou ainda dos frutos/sementes presentes na superfície do solo (SATO; MUSSO; MIRANDA, 2018). Caso não haja tempo suficiente para a incorporação das sementes ao banco de sementes do solo estas são expostas a altas temperaturas durante a passagem do fogo (DAIBES et al., 2018).

Ainda que estudos mostrando o comportamento do fogo em florestas semidecíduas seja insuficiente, as temperaturas na superfície do solo são muito inferiores às do ar, e as temperaturas abaixo da superfície do solo (onde estão as sementes do banco de sementes) são ainda mais baixas devido a sua característica isolante. Camargos et al. (2015) avaliando o comportamento do fogo neste sistema observou um o tempo médio de queima de 5 minutos. No Cerrado temperaturas acima de 60°C na superfície do solo não duram mais do que este tempo (5 min), no entanto, estas temperaturas e tempos observados podem ser suficientes para causar danos aos propágulos (MIRANDA et al., 1993; MIRANDA et al., 2002; NARDOTO et al., 2006).

A incorporação das sementes ao banco implica em evento protetivo contra o calor podendo estas resistir aos efeitos das altas temperaturas quando enterradas (DAIBES et al., 2017), por permanecerem protegidas em lacunas de vegetação (solo nu – *gaps*) (DAIBES et al., 2018), em pequenas frestas no solo.

Características morfológicas e/ou dispersivas dos frutos também podem implicar em proteção contra o calor, por exemplo, quando os frutos ou agrupamento de pequenos frutos oferecem isolamento térmico, sendo a magnitude dos efeitos, geralmente relacionada às características dos frutos, a extensão dos danos e a intensidade e frequência do fogo (CIRNE; MIRANDA, 2008; HUSS et al., 2019; JUDD; ASHTON, 1991; SATO; MUSSO; MIRANDA, 2018). Para frutos de maiores dimensões (no geral superiores a 10 mm) a resistência ao fogo deve estar menos associada à fatores casuísticos, sendo relevantes a morfologia, dureza do tegumento, teor de umidade, entre outros fatores.

As relações dimensionais de um sistema (como a morfologia dos frutos) estão diretamente vinculadas às relações de absorção e dissipação de calor, bem como à quantidade e velocidade com que a energia é conduzida da superfície até a região central do sistema (neste caso da superfície do fruto até o seu interior onde está esta abrigada a semente) (CIRNE; MIRANDA, 2008; HUSS et al., 2019). A condução de calor em sólidos é influenciada pela regularidade das estruturas microcristalinas bem como propriedades como a espessura (da parede) e superfície, estas propriedades influenciam o fluxo de calor e conseqüentemente afetam a condutibilidade do sólido (HUSS et al., 2019).

A superfície e a esfericidade são variáveis dimensionais que possuem relação diretamente proporcional à transferência de calor. Nas relações termodinâmicas, quanto maior a superfície do sistema, maiores serão as trocas de calor neste sistema (RUPRECHT et al., 2013; GÓMEZ-GONZÁLEZ et al., 2016; HUSS et al., 2019), em condições ambientais, sementes e/ou frutos mais esféricos ou mais achatados podem ter diferentes superfícies expostas ao calor. Os parâmetros de esfericidade, superfície e volume podem ser obtidos a partir de três variáveis dimensionais básicas: o comprimento, a largura e a espessura (MCCABE; SMITH; HARRIOT, 2005; MOHSENIN, 1986) e implicam em caracteres morfológicos plásticos dentro das populações.

O valor adaptativo expresso no tamanho, forma e evidentemente demais caracteres (como teor e tipos de reserva, pigmentos entre outros compostos), reflete a informação selecionada à luz das pressões ambientais tanto a favor do desenvolvimento (oferta balanceada de água, nutrientes no solo, presença frequente de dispersores, entre outros) quanto sob condições de estresse (BICALHO et al., 2016; GÓMEZ-GONZÁLEZ et al., 2016; RUPRECHT et al., 2013).

Neste contexto, selecionou-se *Dipteryx alata* Vogel (Fabaceae) como modelo biológico de estudo. Conhecida popularmente como Baru, a espécie é de grande importância ecológica e econômica; dispersores consomem a polpa dos frutos caídos no chão ou o fruto inteiro e eliminam o endocarpo com a semente, sendo as sementes raramente encontradas expostas diretamente no solo (MAPA, 2012; SANO; RIBEIRO; BRITO, 2004).

Em trabalhos de restauração ambiental utilizando técnicas de semeadura direta, após o lançamento, as sementes ficam sujeitas aos condicionantes ambientais, sendo necessário entender, portanto, as relações entre a morfologia e o comportamento dos

propágulos em resposta ao fator fogo, de modo a auxiliar as diversas etapas do processo da restauração.

Assim, se objetivou descrever a morfometria de frutos e sementes de *Dipteryx alata* Vogel e avaliar o efeito de altas temperaturas, simulando o fogo, na germinação de suas sementes expostas nuas e/ou protegidas pelo fruto, a fim de responder aos seguintes questionamentos: 1) As sementes nuas e as protegidas em frutos fechados são capazes de sobreviver e germinar após exposição às altas temperaturas? 2) As características morfométricas do fruto de *D. alata* podem oferecer proteção as suas sementes contra os efeitos deletérios do tratamento térmico? 3) Os frutos de *D. alata* são bons isolantes térmicos para suas sementes?

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Seleção de matrizes, coleta e beneficiamento de diásporos

Os frutos de *D. alata* foram coletados de diferentes matrizes plantadas em 2010 na área de estudo caracterizada no capítulo 1, Dourados– MS. Em seguida os diásporos coletados foram selecionados quanto à integridade, uniformidade e coloração, sendo que metade do lote de frutos foi mantido intacto e na outra os frutos foram abertos para retirada das sementes com auxílio de um equipamento mecânico manual tipo morsa pertencente à cooperativa de agricultores familiares do Assentamento Lagoa Grande (Distrito de Itahum, Dourados – MS), a utilização do mesmo foi necessária devido ao pericarpo rígido que envolve as sementes.

2.2 Caracterização morfométrica e física de frutos e sementes

Em amostras de 200 frutos e 200 sementes foram determinados o comprimento (C - mm); largura (L - mm); e espessura (E – mm) dos diásporos com auxílio de um paquímetro digital de 150 mm, e a partir destas foi possível efetuar os cálculos para as demais variáveis biométricas:

- Índice de volume (IV) obtido pelo produto do “C x L x E” (VIEIRA et al., 2008);
- Diâmetros médios; geométrico (DMG), equivalente (DME) e aritmético (DMA), determinados de acordo com as fórmulas propostas por Sahay e Singh (1994):

$$DMG = (abc)^{1/3}$$

$$DME = \left[a \frac{(b+c)}{4} \right]^{1/3}$$

$$DMA = \frac{(a+b+c)}{3}$$

- Área superficial (A_s) (em mm^2) utilizando-se as equações de McCabe; Smith e Harriot (2005):

$$\dot{A}_s = \pi DMG^2;$$

- Relação de aspecto (R_a) segundo Varnamkhisti et al. (2008):

$$R_a = \frac{b}{a} 100\%$$

- Volume (V) (em mm^3) usando as expressões descritas por Mohsenin (1986):

$$V = \pi \frac{abc}{6}$$

- Esfericidade (\emptyset), em porcentagem (%), por meio dos valores observados nos eixos ortogonais (MOHSEIN, 1986):

$$\emptyset = \left[\frac{(abc)^{0,33}}{a} \right] 100$$

Em que, para todas as fórmulas descritas, os valores de “ a , b e c ” representam respectivamente o comprimento, a largura e a espessura dos diásporos.

A variável \emptyset foi utilizada para classificar a forma dos frutos e sementes, sendo considerados com formato esférico quando os valores foram mais próximos de 100% (1,0), ou achatadas quanto mais próximos de 0% (MOHSEIN, 1986).

A massa das sementes foi obtida individualmente, em balança analítica (0,0001g) e o teor de água (%) foi determinado a 105 ± 3 °C por 24 h, pelo método de estufa (BRASIL, 2009). Para os frutos, após abertura transversal, foram determinados a espessura da parede do fruto e a profundidade do espaço interno com auxílio de um paquímetro digital e os dados expressos em milímetro (mm).

2.3 Experimento com tratamento térmico

Com o auxílio de uma estufa de esterilização e secagem pré-aquecida com temperatura controlada, tanto as sementes protegidas pelos frutos (SPF), quanto as extraídas dos mesmos, portanto sementes nuas (SN), foram submetidas às seguintes temperaturas: $25^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ (temperatura ambiente - controle), 90°C e 150°C por 1 e 5 minutos, sendo as sementes previamente dispostas sobre uma placa de argila medindo 17,

23, 2,8 cm (L,C,E), nas 20 concavidades de 2,2 cm de diâmetro e 0,5 cm de profundidade (Figura 1) planejada para permitir contraste entre as sementes e o substrato de fundo em experimentos termográficos (dados apresentados no capítulo 3). As réplicas foram colocadas separadamente para evitar pseudo-repetições. Dessa forma, cada conjunto de 20 sementes numa placa (amostra) foi considerada como uma repetição.

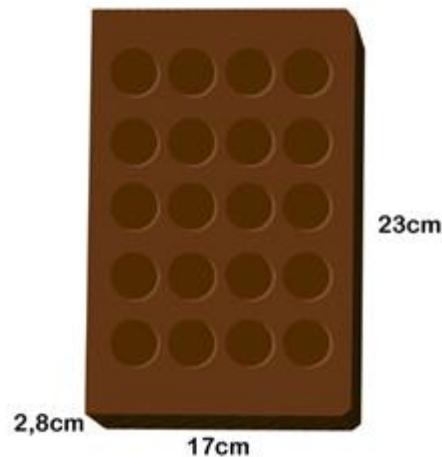


Figura 1. Modelo esquemático da superfície de argila confeccionada para abrigar frutos e sementes de *Dipteryx alata* durante os experimentos de tratamento térmico.

Os intervalos de temperaturas e tempos utilizados foram semelhantes àqueles utilizados em estudos simulando o efeito do fogo na germinação de sementes e correspondem ao que é mensurado na superfície do solo durante incêndios em ecossistemas brasileiros (FICHINO et al. 2016; FIDELIS et al., 2010; FIDELIS et al. 2016; MIRANDA et al., 1993). Embora estudos que apresentem o comportamento do fogo em florestas semidecíduas sejam insuficientes, neste sistema o tempo médio de queima observado foi de 5 minutos (CAMARGOS et al., 2015).

Após o tratamento térmico, as sementes protegidas pelos frutos (SPF) foram retiradas, e de modo simultâneo, utilizando as sementes expostas nuas (SN), foram montados os experimentos germinativos. Assim, tanto SPF quanto SN foram pré-condicionadas em gerbox com tela por 24 horas para evitar danos causados pela rápida embebição. Então sementes dos diferentes tratamentos foram semeadas entre papel Germitest® previamente umedecido, e depositadas em câmara de germinação tipo B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand), com fotoperíodo de 12 horas e na temperatura constante de 25°C (BRANCALION et al., 2010).

Diariamente, até completar 30 dias, as sementes foram acompanhadas, sendo determinados os seguintes parâmetros:

- Porcentagem de germinação (%G), considerando como germinação a protrusão da raiz primária maior que 2 mm;

- Índice de velocidade de germinação (IVG) calculado pelo somatório do número de sementes germinadas a cada dia, dividido pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a germinação (MAGUIRE, 1962):

$$IVG = \left(\frac{G1}{N1}\right) + \left(\frac{G2}{N2}\right) + \left(\frac{G3}{N3}\right) + \dots + \left(\frac{Gn}{Nn}\right),$$

Na qual: G1, G2, G3,..., Gn = número de sementes germinadas computados na primeira, segunda, terceira e última contagem; N1, N2, N3,..., Nn = número de dias da semeadura à primeira, segunda, terceira e última contagem;

- Tempo médio de germinação (TMG), com base no número de sementes germinadas em cada avaliação multiplicado pelo respectivo tempo, dividido o resultado pelo número total de sementes germinadas ao final do teste (SILVA; NAKAGAWA, 1995);

- Massa fresca total (MFT) e Massa seca total (MST) de plântulas, medidas em quatro indivíduos de cada repetição por tratamento (N=16) em balança analítica de precisão (0,0001g), a partir de plântulas frescas e secas, sendo o peso seco obtido a partir de plantas secas em estufa regulada a 70°C até ser obtida a massa constante.

2.4 Delineamento estatístico e análise dos dados

Os dados biométricos de frutos e sementes foram submetidos ao teste de D'Agostino-Pearson para verificação da normalidade de sua distribuição, calculado o coeficiente de correlação de *Pearson* e realizado a distribuição de frequências.

O experimento de tratamento térmico foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 2x3x2, sendo 2 tipos (sementes protegidas pelo fruto e sementes nuas) x 3 temperaturas (25°C - controle, 90°C e 150°C) x 2 tempos de exposição (1 e 5 minutos), com 4 repetições de 20 sementes.

Os dados coletados também foram submetidos à análise de variância (Anova) a 5% de probabilidade, sendo as médias comparadas pelo teste t para o tamanho de semente e tempos de exposição e pelo teste de Tukey para temperaturas, e a interação entre os fatores.

3. RESULTADOS

A tabela 1 apresenta os resultados para as médias das variáveis dimensionais de frutos e sementes de *D. alata*. A análise de normalidade dos dados evidenciou a ausência de aderência à distribuição normal de valores para os parâmetros avaliados (Tabela 1).

Os frutos de *D. alata* são do tipo drupa, possuindo uma única semente que pode apresentar poliembrionia segundo o trabalho Melhem (1974), as mesmas são protegidas por um fruto constituído por endocarpo lenhoso de difícil rompimento, um mesocarpo (polpa) fibroso e farináceo, e um epicarpo (casca) marrom-claro, macio e fino; estas camadas representam em média 10 mm de espessura (Figura 2a, 2b).

O formato do fruto se aproxima de uma esfera ($\varnothing = 77,5\%$) e o espaço interno é quase todo ocupado pela semente (Figura 2b), apresentando cerca de 7,6 mm de profundidade. As sementes com peso médio de 0,9 g e com teor de água de 6,1 % apresentam formato elipsoide ($\varnothing = 52,7\%$), cor creme e são recobertas por uma testa marrom escura (Tabela 1, Figura 2c).

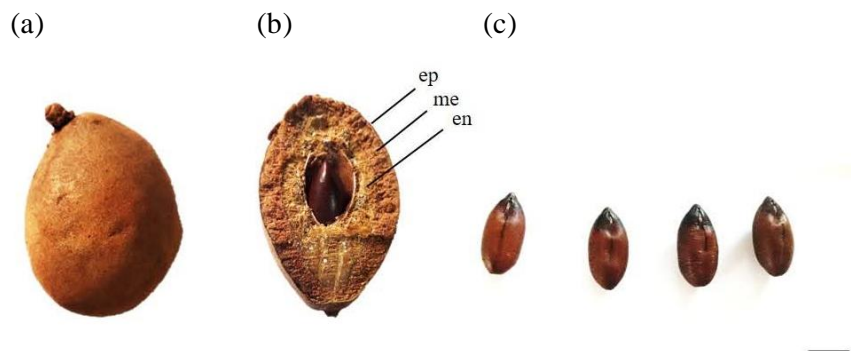


Figura 2. Morfologia do fruto e da semente de *Dipteryx alata*. (a) Aspecto externo do fruto fechado, (b) porção interna do fruto mostrando suas camadas (ep: epicarpo, me: mesocarpo, em: endocarpo) e a inserção da semente, (c) sementes. Escala: 1cm

A matriz de correlação de *Pearson* entre as características biométricas de frutos e sementes são descritos na Tabela 2. Nos frutos foi verificada correlação linear positiva perfeita (*Pearson* = 1,0; $p < 0,001$) entre as variáveis de diâmetro médio equivalente (DME), aritmético (DMA) e área superficial (A_s) com o diâmetro médio geométrico (DMG) bem como entre A_s e o índice de volume (IV), e ainda entre o volume (V) e o IV;

já a esfericidade (\emptyset) e o comprimento (C) são inversamente proporcionais ($Person = -0,54$).

Para as sementes, a máxima correlação positiva ($Person=1,0$; $p<0,001$) foi observada entre V e A_s em relação ao IV, bem como entre A_s e o DMG. Entre esfericidade (\emptyset) e relação de aspecto R_a quando correlacionadas ao comprimento (C) observa-se que as variáveis são inversamente proporcionais ($Person = -0,59$ e $-0,51$) (Tabela 2).

Tabela 1. Parâmetros médios dimensionais lineares de frutos e sementes de *Dipteryx alata* provenientes de matrizes localizadas em Dourados/MS.

Frutos				
Parâmetros	Mín	Média \pm Desvio Padrão	Máx	CV(%)
C (mm)	31,8	46,1 \pm 4,4 ^{ns}	59,5	9,6
L (mm)	25,4	36,0 \pm 3,1 ^{ns}	46,1	8,6
E (mm)	18,0	27,5 \pm 2,6 ^{ns}	37,5	9,4
IV (%)	14571,0	46463,0 \pm 10686,3 ^{ns}	99606,1	23,0
DMG (mm)	24,4	35,7 \pm 2,9 ^{ns}	46,4	8,1
DME (mm)	24,7	36,0 \pm 2,9 ^{ns}	46,5	8,0
DMA (mm)	25,1	36,6 \pm 2,9 ^{ns}	47,2	8,1
A_s (mm ²)	1874,2	4035,1 \pm 633,8 ^{ns}	6750,6	15,7
V (mm ³)	7629,4	24328,0 5595,4 ^{ns}	52153,2	23,0
\emptyset (%)	65,8	77,5 \pm 3,9 ^{ns}	91,1	5,1
R_a	0,6	0,8 \pm 0,2 ^{ns}	1,3	18,8
Sementes				
Parâmetros	Mín	Média \pm Desvio Padrão	Máx	CV(%)
C (mm)	12,4	22,8 \pm 1,6 ^{ns}	26,4	7,0
L (mm)	4,5	9,3 \pm 0,9 ^{ns}	10,7	9,5
E (mm)	5,5	8,2 \pm 0,7 ^{ns}	10,1	8,5
IV (%)	721,4	1742,3 \pm 280,1 ^{ns}	2358,6	16,1
DMG (mm)	9,0	12,0 \pm 0,7 ^{ns}	13,3	5,9
DME (mm)	9,1	12,1 \pm 0,7 ^{ns}	14,0	5,8
DMA (mm)	10,4	13,4 \pm 0,7 ^{ns}	14,9	5,7
A_s (mm ²)	252,7	453,4 \pm 50,8 ^{ns}	556,6	11,2
V (mm ³)	377,7	912,3 \pm 146,7 ^{ns}	1234,9	16,1
\emptyset (%)	43,0	52,7 \pm 3,1 ^{ns}	82,3	5,9
R_a	0,2	0,4 \pm 0,1 ^{ns}	0,9	12,6

ns = Apresentou ausência de distribuição normal pelo teste de D'Agostino-Pearson a 5% de probabilidade; C = comprimento; L = largura; E = espessura; IV = índice de volume; DMG = diâmetro médio geométrico; DME = diâmetro médio equivalente; DMA = diâmetro médio aritmético; A_s = área superficial; V = volume; \emptyset = esfericidade; R_a = relação de aspecto; CV = coeficiente de variação.

Tabela 2. Coeficientes de correlação de Person para as variáveis biométricas e físicas de frutos e sementes de *Dipteryx alata* provenientes de matrizes localizadas em Dourados/MS.

Frutos											
	C	L	E	IV	DMG	DME	DMA	A _s	V	Ø	R _a
C	1,00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
L	0,56	1,00	---	---	---	---	---	---	---	---	---
E	0,67	0,82	1,00	---	---	---	---	---	---	---	---
IV	0,82	0,88	0,93	1,00	---	---	---	---	---	---	---
DMG	0,85	0,88	0,93	0,99	1,00	---	---	---	---	---	---
DME	0,84	0,90	0,93	0,98	1,00	1,00	---	---	---	---	---
DMA	0,88	0,86	0,91	0,98	1,00	1,00	1,00	---	---	---	---
A _s	0,83	0,89	0,93	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00	---	---	---
V	0,82	0,88	0,93	1,00	0,99	0,98	0,98	1,00	1,00	---	---
Ø	-0,54	0,33	0,22	0,02	-0,02	-0,01	-0,09	0,00	0,02	1,00	---
R _a	-0,41	0,06	-0,06	-0,16	-0,17	-0,12	-0,20	-0,16	-0,16	0,52	1,00
Sementes											
	C	L	E	IV	DMG	DME	DMA	A _s	V	Ø	R _a
C	1,00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
L	0,20	1,00	---	---	---	---	---	---	---	---	---
E	0,39	0,01	1,00	---	---	---	---	---	---	---	---
IV	0,75	0,63	0,67	1,00	---	---	---	---	---	---	---
DMG	0,73	0,66	0,65	0,99	1,00	---	---	---	---	---	---
DME	0,72	0,58	0,53	0,89	0,88	1,00	---	---	---	---	---
DMA	0,89	0,53	0,58	0,96	0,96	0,88	1,00	---	---	---	---
A _s	0,74	0,64	0,66	1,00	1,00	0,89	0,96	1,00	---	---	---
V	0,75	0,63	0,67	1,00	0,99	0,89	0,96	1,00	1,00	---	---
Ø	-0,59	0,47	0,19	0,07	0,10	-0,01	-0,17	0,09	0,07	1,00	---
R _a	-0,51	0,70	-0,21	0,03	0,07	0,01	-0,15	0,05	0,03	0,87	1,00

C = comprimento; L = largura; E = espessura; IV = índice de volume; DMG = diâmetro médio geométrico; DME = diâmetro médio equivalente; DMA = diâmetro médio aritmético; A_s = área superficial; V = volume; Ø = esfericidade; R_a = relação de aspecto.

Para os frutos de *D. alata* os valores médios de comprimento (C), largura (L) e espessura (E) foram de 46,1, 36,0 e 27,5 mm, respectivamente (Tabela 1), sendo que 73,5% dos frutos apresentaram C em quatro classes de frequência concentradas entre 45,7 a 47,7, 47,7 a 49,6, 49,6 a 51,6 e 51,6 a 53,6 mm (Figura 3a). Para L a frequência se concentrou em duas classes que representam 53,0% da amostra: 35,8 a 37,2 e 37,2 a 38,7 (Figura 3b). Já para E 55,5% da amostra está distribuída em duas classes de frequências entre 27,8 a 29,2, e 29,2 a 30,6 (Figura 3c). De modo geral, as variáveis C, L e E apresentaram suas frequências mais próximas da distribuição normal (Figura 3a, 3b, 3c).

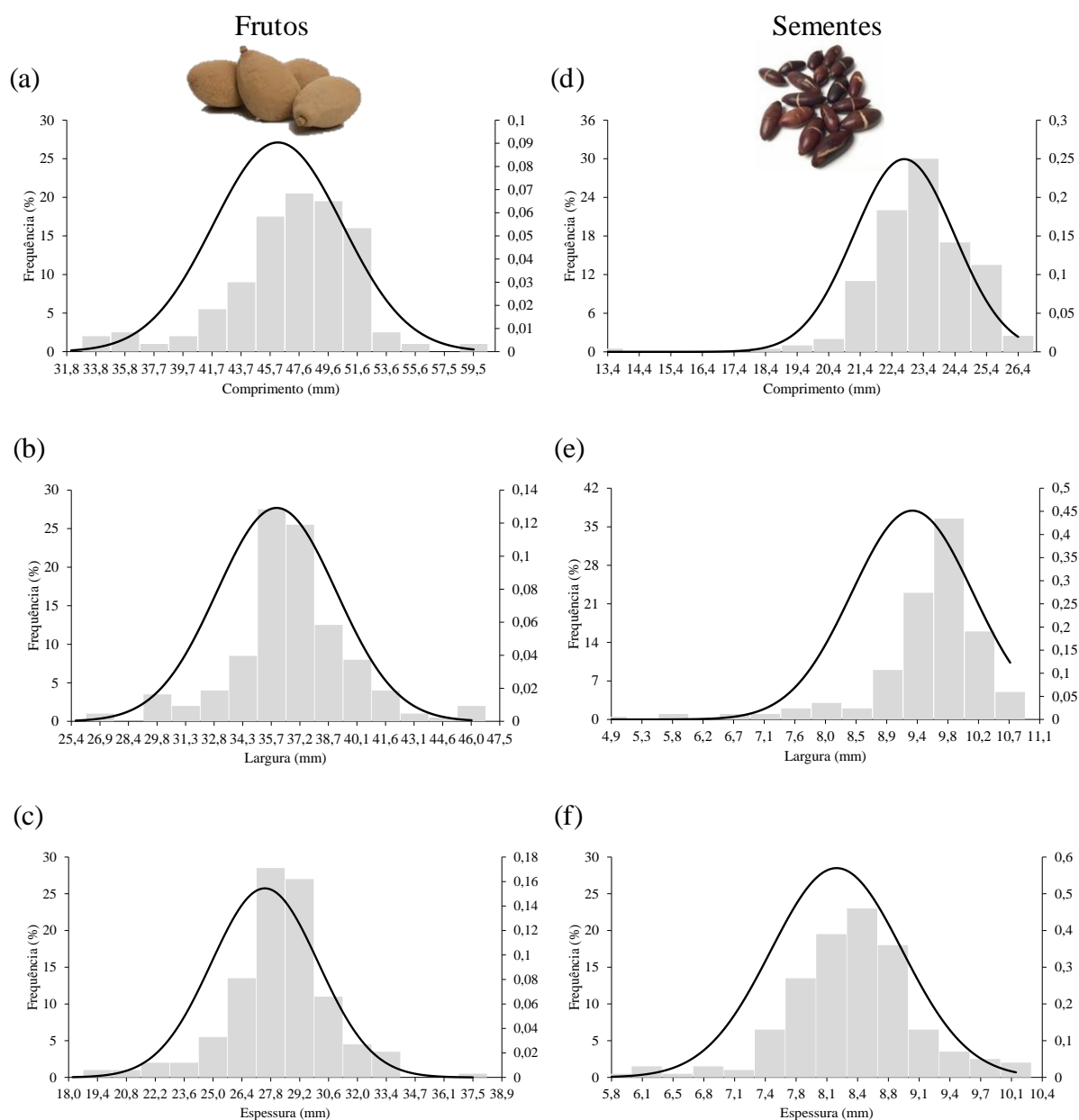


Figura 3. Distribuição de frequência para os valores dos eixos ortogonais de comprimento, largura e espessura de frutos (a, b, c) e sementes (d, e, f) de *Dipteryx alata*. Dourados/MS.

A biometria de sementes de *D. alata* revelou valor médio de C, L e E de 22,8; 9,3 e 8,2 mm, respectivamente (Tabela 1), sendo verificado pela distribuição da frequência que as mesmas apresentam C concentrado em quatro classes que compreende de 22,4 a 23,4, 23,4 a 24,4, 24,4 a 25,4 e 25,4 a 26,4 mm; o que representa 82,5% das sementes (Figura 3d). Para L (Figura 3e) a distribuição da frequência concentra-se em entre 9,8 a

10,3 mm, o que representa 36,5% das sementes. Tanto para C quanto para L as frequências observadas foram mais próximas da distribuição assimétrica negativa, estando a moda deslocada para a direita. A E se concentrou em três classes, representando 60,5% das sementes entre 8,1 a 8,5, 8,5 a 8,8 e 8,8 a 9,1 mm, cuja frequência foi mais próxima da distribuição normal (Figura 3f).

Em relação aos resultados do experimento de tratamento térmico houve interação entre tipo (SPF e SN) e temperaturas (Tabela 3) para todas as variáveis analisadas, sendo que sementes nuas (SN) apresentaram menor %G quando submetidas ao tratamento térmico (Figura 3a) e demoram mais tempo para iniciar este processo quando comparadas a aquelas aquecidas protegidas pelo fruto (SPF) (Figura 3b), estas por sua vez não tiveram a %G e o TMG afetados pelas altas temperaturas (Figura 3).

Tabela 3. Quadrado médio do resíduo referente à análise de variância para germinação de sementes (G - %), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG - dias), massa fresca total (MFT - g) e massa seca total de plântulas (MST - g) provenientes de sementes de *Dipteryx alata* expostas nuas ou protegidas pelo fruto à 25°C, 90°C e 150°C por 1 e 5 minutos.

Fator	QMR				
	%G	IVG	TMG	MFT	MST
Tipo	0,00*	0,00*	0,004*	0,00*	0,00*
Temperatura	0,00*	0,00*	0,31	0,00*	0,002*
Tempo	0,30	0,0002*	0,86	0,17	0,06*
Tipo x Temperatura	0,00*	0,00*	0,04*	0,001*	0,00*
Tipo x Tempo	0,30	0,11	0,86	0,27	0,81
Temperatura x Tempo	0,70	0,01*	0,97	0,61	0,33
Tipo x Temperatura x Tempo	0,70	0,01*	0,97	0,53	0,93
CV ¹ (%)	6,18	6,06	6,48	32,14	21,75

* significativo a 5% de probabilidade pela análise de variância (ANOVA).

¹CV: Coeficiente de variação

Apesar das SN apresentarem redução da %G, os valores foram superiores a 80% em todos os tratamentos testados e quando comparadas aquelas não expostas ao fluxo de calor (controle) a redução só foi observada quando submetida à maior temperatura testada

(150°C) (Figura 4a). Independente da forma que as sementes foram aquecidas (SPF ou SN), ao final do teste, todas as sementes que não germinaram estavam visivelmente mortas.

As SN após o choque térmico apresentaram fissuras transversais visíveis no seu tegumento escuro (testa) evidenciando a cor creme do seu interior (cotilédone), estas fissuras por sua vez foram aparentemente mais evidentes conforme o aumento da temperatura e tempo.

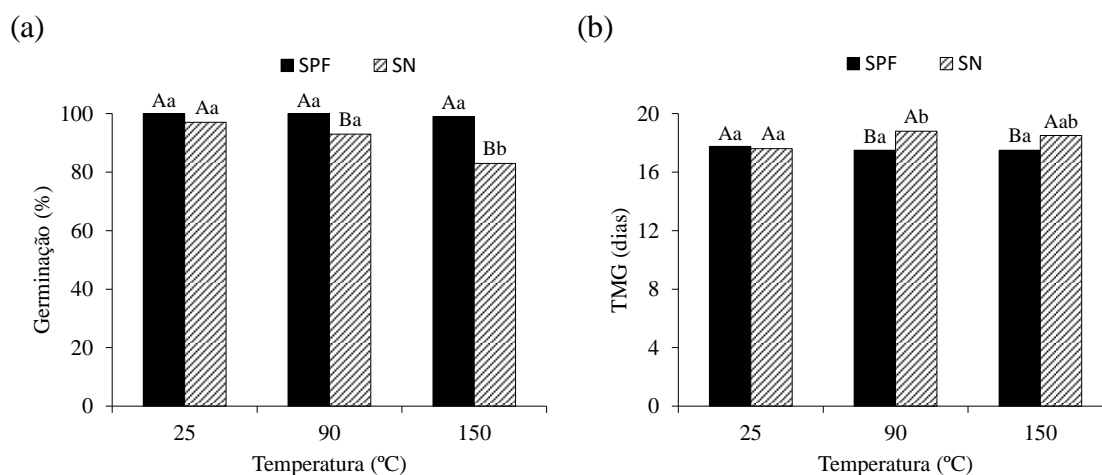


Figura 4. Porcentagem de germinação (a) e tempo médio de germinação (TMG) (b) de sementes de *Dipteryx alata* expostas nuas (SN) ou protegidas pelo fruto (SPF) nas diferentes temperaturas 25°C, 90°C e 150°C. Letras maiúsculas comparam os diferentes tipos (SPF e SN) na mesma temperatura, sendo que médias distintas diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. Letras minúsculas comparam o mesmo tipo (SPF ou SN) nas diferentes temperaturas, sendo que médias distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o IVG se observou interação tripla entre os fatores (Tipo x Temperatura x Tempo) (Tabela 3), mostrando que sementes expostas ao choque térmico protegidas pelo fruto (SPF) apresentaram maiores valores em comparação àquelas nuas e ao tratamento controle (sementes não expostas ao fluxo de calor) (Figura 5). Ainda para esta variável foi possível verificar que SPF durante o choque térmico de 90°C apresentaram aumento deste valor no maior tempo de exposição (5min) quando comparadas àquelas submetidas a 1 min (Figura 5).

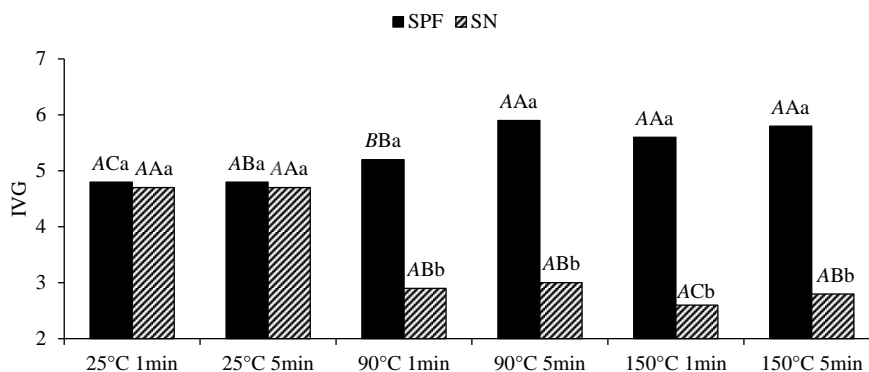


Figura 5. Índice de velocidade de germinação de sementes de *Dipteryx alata* expostas nuas (SN) ou protegidas pelo fruto (SPF) à 25°C, 90°C e 150°C por 1 e 5 minutos. Letras maiúsculas em itálico comparam o tempo no mesmo tipo e temperatura sendo que médias distintas diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade, letras maiúsculas comparam os diferentes tipos (SPF e SN) na mesma temperatura e tempo, sendo que médias distintas diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade, e letras minúsculas comparam a temperatura no mesmo tipo e tempo, sendo que médias distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Por outro lado, a MFT e MST de plântulas provenientes de sementes expostas ao choque térmico protegidas pelo fruto foi menor do que aquelas expostas nuas, e estas por sua vez apresentaram maiores valores de biomassa quando submetidas a 90°C e os menores valores no tratamento controle (25°C) (Figura 6). Além disso, todas as plântulas provenientes de SN submetidas ao choque térmico, ao final do teste germinativo, ainda apresentavam os cotilédones, enquanto as plântulas provenientes de SPF perderam esta estrutura (Figura 7).

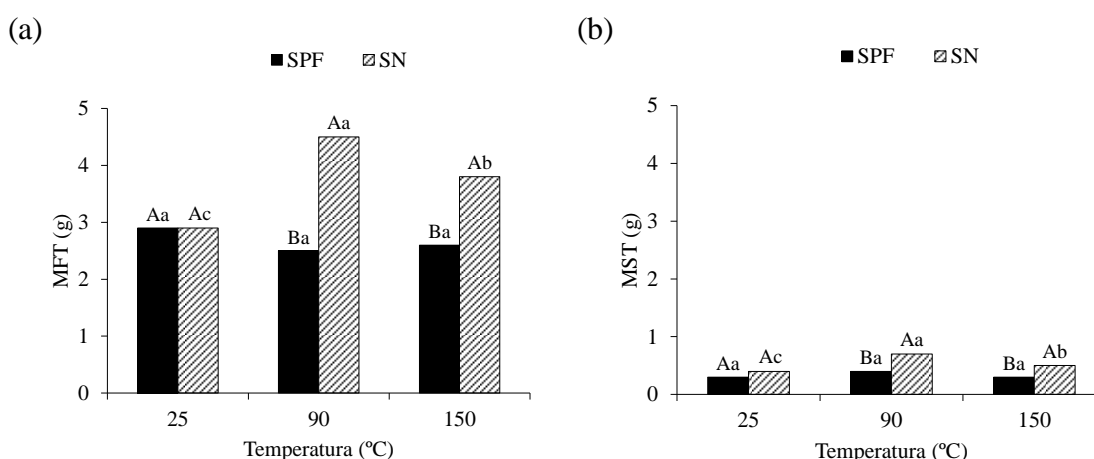


Figura 6. Massa fresca total (a) e massa seca total (b) de plântulas provenientes de sementes de *Dipteryx alata* expostas nuas (SN) ou protegidas pelo fruto (SPF) submetidas às temperaturas 25°C, 90°C e 150°C. Letras maiúsculas comparam os diferentes tipos (SPF e SN) na mesma temperatura, sendo que médias distintas diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. Letras minúsculas comparam o mesmo tipo (SPF ou SN) nas diferentes temperaturas, sendo que médias distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

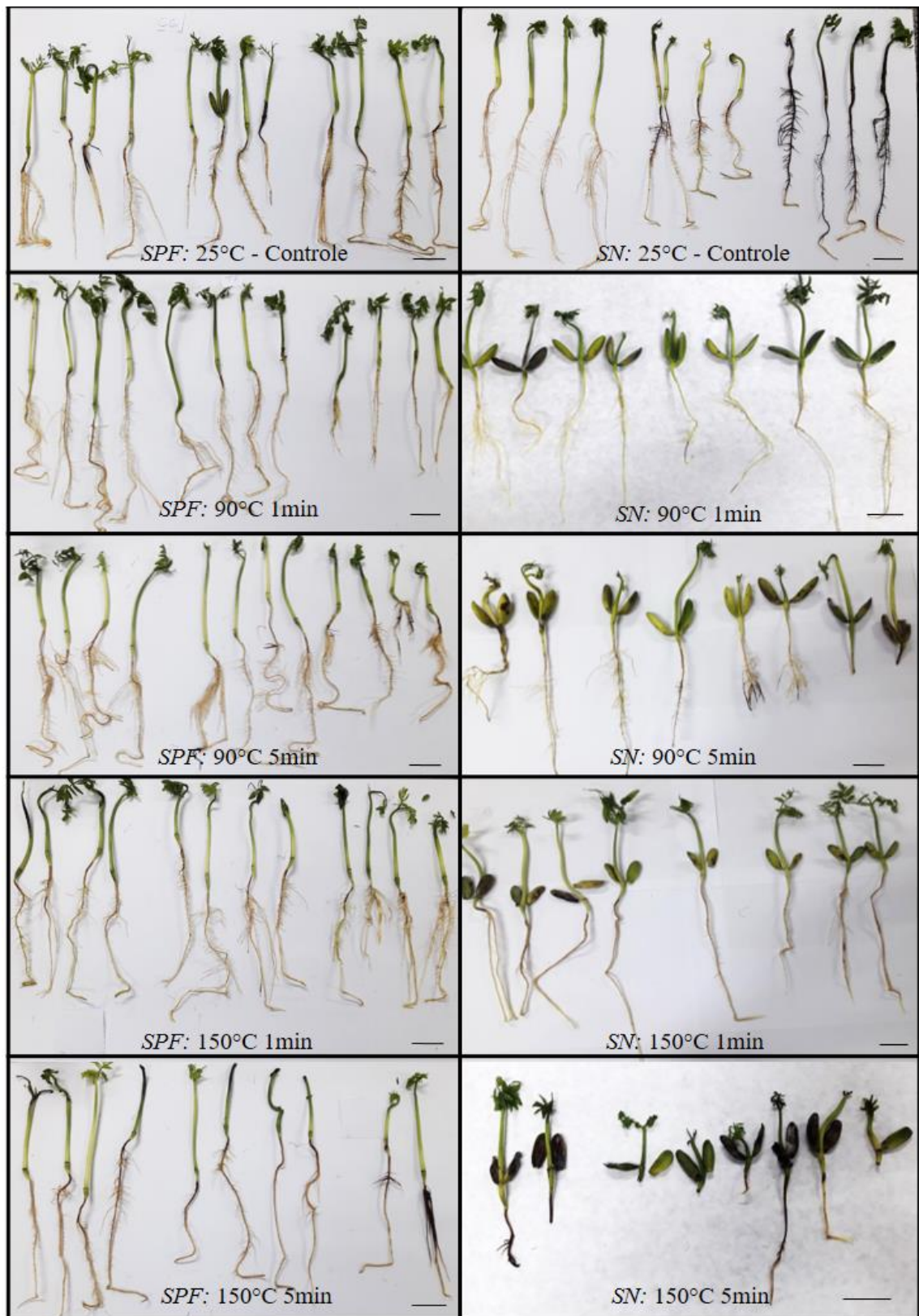


Figura 7. Plântulas de *Dipteryx alata*, 30 dias após a semeadura, provenientes de sementes expostas nuas (SN) ou protegidas pelo fruto (SPF) submetidas às temperaturas 25°C, 90°C e 150°C por 1 e 5 minutos. Escala:1 cm.

4. DISCUSSÃO

As características morfológicas e variáveis dimensionais observadas para os frutos e sementes de *D. alata* apresentam distinções aos dados relatados por Sano; Vivaldi e Spehar (1999) que descreveram valores médios dos frutos 38,9; 31,5 e 36,1% superiores para as variáveis C, L, E respectivamente, bem como para as sementes 47,8; 55,4 e 35,2% superiores nas mesmas variáveis, por outro lado, estes mesmos autores observaram em seu estudo variações interpopulacionais e, numa mesma população, entre os anos de coleta, sugerindo a variabilidade genética e sazonalidade das condições ambientais como elementos importantes para explicar as diferenças morfológicas observadas.

Variações morfológicas e físicas dos propágulos de *D. alata* associadas à procedência do material também são abordadas nos trabalhos de Bottezelli et al. (2000) e Zuffo; Andrade; Zuffo Júnior (2014). Ainda que, de modo geral, as variações dimensionais dos propágulos de *D. alata* não afetem outras características, como por exemplo, os percentuais germinativos sob condições ideais de germinação (BOTEZELLI, DAVIDE; MALAVASI, 2000), as variações morfológicas podem ser relevantes, por exemplo, quando considerados aspectos de dificuldade de padronização na seleção de sementes em mesas gravitacionais, importância ecológica quanto à preferências dos dispersores, bem como germinação, crescimento inicial e estabelecimento das plantas sob condições naturais e sob estresse, incluído a tolerância ao fogo ou ao calor (DRESCH et al., 2013; JUNGLOS et al., 2018; PONTES et al., 2018 a, b; RUPRECHET et al., 2013).

A correlação positiva observada para as variáveis de diâmetro médio (DME, DMA) e área superficial (A_s) com o diâmetro médio geométrico (DMG) evidencia a influência deste último sobre a área superficial nos frutos de *D. alata* que são largos (a largura é em média somente 20,1% inferior ao comprimento), este parâmetro ainda apresentou grande regularidade dentro da amostra uma vez que a maioria das unidades amostrais (propágulos) apresentaram valores em torno da média, portanto, distribuição normal (Figura 2b). A largura dos frutos também exerceu grande influência sobre a correlação positiva entre A_s e o índice de volume (IV), em outras palavras os frutos de *D. alata* são de modo geral grandes e volumosos.

A correlação inversamente proporcional entre a esfericidade (\emptyset) e o comprimento (C) ajuda a explicar que quanto mais alongado for o propágulo, mais distante da forma esférica ele será (PONTES et al., 2018b). As relações entre as variáveis dimensionais das

sementes de *D. alata* foram de modo geral semelhantes às aquelas observadas para os frutos (excetuando-se a distribuição das classes de tamanho). Semelhanças entre as variáveis fundamentais C, L e E para frutos e sementes em *D. alata* também são descritas por Botezelli, Davide, Malavasi (2000).

A morfologia e relações dimensionais dos propágulos constituem importantes fatores capazes de influenciar aspectos germinativos sob condições limitantes do meio. O fato das sementes de *D. alata*, aquecidas com a proteção dos frutos (SPF), não reduzirem seu desempenho germinativo, sugere a eficácia desta estrutura para atenuar os efeitos das altas temperaturas, esta característica assume elevada importância em ambientes naturais sob elevado risco de impacto do fogo de origem antrópica como é o caso do Cerrado, e Pantanal, áreas onde está espécie geralmente ocorre.

O papel do fruto de *D. alata* na proteção das sementes durante o tratamento térmico é também enfatizado pela redução da %G e IVG, bem como o aumento do TMG entre as sementes que foram expostas nuas (SN). Este comportamento parece estar relacionado com o curto tempo de permanência dos frutos às altas temperaturas (por 1 ou 5 minutos), assim o fruto atuou como isolante, reduzindo o aumento da temperatura interna.

A condutividade térmica de materiais ligno-lenhosos é baixa quando comparada a de outros materiais (HUSS et al., 2019; SILVA et al., 2005), por isso a capacidade isolante dos frutos de *D. alata* também está associada à espessura da parede (10 mm), ao seu tamanho e relações dimensionais. De modo geral, o teor de água também implica na redução dos valores da temperatura interna, uma vez que a evaporação da água impede que a temperatura interna exceda 100°C (CIRNE; MIRANDA, 2008; HUSS et al., 2019, JUDD, 1993; MERCER; GILL; WEBER, 1994).

Após tratamento térmico, ainda que a temperatura no interior do fruto seja alterada (CIRNE; MIRANDA, 2008; HUSS et al., 2019; RIZZINI, 1976), baseado nos dados germinativos é possível afirmar que esta temperatura é inferior a considerada letal para sementes sem um tegumento duro, tratadas por alguns autores como 70°C (MERCER et al., 1994). Vê-se que o embrião de *D. alata* quando protegido pelos frutos e submetidos a 100°C está indene dos efeitos do calor, sobretudo a 5 e 10 minutos, enquanto que períodos prolongados de calor podem ser deletérios às sementes (RIZZINI, 1976). Isso explica, em nosso estudo, a manutenção do %G das SPF após a exposição à altas

temperaturas e o aumento do IVG, reforçando a hipótese de temperatura abaixo da condição letal, e ainda capaz de promover aceleração da germinação.

Ainda que as características morfológicas, dimensionais e químicas dos frutos sejam relevantes como fatores protetivos contra os efeitos lesivos das altas temperaturas, o tempo de exposição constitui fator determinante na resposta. Mesmo que os efeitos do tempo em frutos grandes como *D. alata* sejam atenuados possibilitando a germinação das sementes (CARVALHO et al., 2009; ROCHA; MARTINS, 2013), a intensidade e tempo de duração do estresse deve ser sempre considerado (LARCHER, 2000), pois um choque rápido de temperatura alta dentro dos padrões normais encontrados no Cerrado, por exemplo, não afetam a germinação, porém temperatura alta por período prolongado é prejudicial às sementes (RIZINI, 1976; SANTANA et al., 2019).

De modo semelhante ao observado em nosso estudo, Carvalho et al. (2009) e Rocha e Martins (2013), verificaram tolerância ao calor em sementes de *D. alata* protegidas pelos frutos. Mesmo que em condições experimentais seja atestada certa sensibilidade ao calor pelas SN de *D. alata*, nas condições de campo, as sementes raramente permanecem expostas.

O fato dos frutos funcionarem como uma barreira protetora para as sementes, reduzindo o aumento da temperatura interna (além de outros fatores) os mesmos ainda reduzem a perda de água das sementes, promovendo sua qualidade fisiológica, conforme demonstrado em estudo de Silva et al (2013) com frutos de *D. alata* submetidos a dessecação (37 e 57°C ± 2 por 0, 2, 4, 6, 8, 10 e 12 dias), no qual os autores observaram que com o aumento da temperatura e tempo, havia queda exponencial no teor de água dos frutos, porém sem perdas significativas de água ou qualidade fisiológica das sementes presentes no interior dos frutos.

Em nosso estudo, testando tempos curtos de choque térmico, o período de exposição de SN à altas temperaturas não foi suficiente para reduzir o teor de água das sementes que mantiveram 6,1% (dados não apresentados).

Para outras espécies descritas como tolerantes ao calor, tal comportamento de modo geral é relacionado à estrutura do fruto, de qualquer modo, a existência desta camada protetora não é interpretada como uma adaptação direta para resistir ao fogo, e sim uma exaptação (BICALHO et al., 2016; RUPRECHET et al., 2013). É provável que tais atributos de sementes resistentes ao calor tenham evoluído em resposta a outros

fatores seletivos, como endozoocoria ou seca, mas essas características também podem permitir que as sementes resistam ao fogo (GÓMEZ-GONZÁLEZ et al., 2016).

Uma vez que os frutos funcionam como estruturas isolantes, as sementes da *D. alata* que foram expostas às altas temperaturas, sem esta proteção, experimentaram reduções no %G e IVG, bem como aumentaram o TMG, este comportamento em sementes submetidas ao choque térmico pode ser desencadeado por processos como desnaturação de proteínas, alteração nas atividades enzimáticas necessárias à germinação e até mesmo danos mais severos nas estruturas celulares, como danos às membranas e a componentes internos das células (BOUCHARDET et al., 2015; CARVALHO et al., 2001; FERREIRA; BORGHETTI, 2004).

Estudo com outra finalidade observou que o choque térmico de 200°C por 15 minutos em sementes de *D. alata* reduziu a quantidade de alguns aminoácidos como a lisina, triptofano, tirosina, histidina, isoleucina, serina e arginina (TOGASHI e SCARBIERI, 1994). Em condições adversas a produção de aminoácidos pode ser afetada, interferindo também no metabolismo hormonal e no desempenho fisiológico de sementes (LEMES et al., 2016), estes fatores podem ter contribuído para a redução da %G das SN submetidas à altas temperaturas.

O fato das SN apresentarem maior MFT e MST do que aquelas submetidas ao choque térmico protegidas pelos frutos se deve ao fato do atraso germinativo, assim ao final do teste germinativo estas ainda apresentavam os cotilédones. Por outro lado, mesmo que as SN que foram submetidas aos efeitos das altas temperaturas tenham apresentado atraso e redução da %G, os valores para germinação foram acima de 80%, e quando comparadas àquelas não expostas ao fluxo de calor (controle) a redução só foi observada quando submetida a 150°C.

Considerando que durante incêndios as temperaturas na superfície do solo são inferiores às observadas na altura da chama/ou ar e que os pulsos de calor, geralmente não duram mais que 5 minutos (CAMARGOS et al., 2015; MIRANDA et al., 1993), é possível sugerir que as sementes da espécie aqui estudada, mesmo quando expostas sem a proteção dos frutos são tolerantes à exposição às altas temperaturas, apresentando baixa mortalidade, mesmo se não estiverem em locais seguros (*gaps*) (DAIBES et al., 2018) ou protegidas pelos frutos, podendo reabastecer o banco de sementes pós-fogo, podendo ainda germinar quando as condições ambientais são ótimas (na estação chuvosa, por exemplo) (FICHINO et al., 2016).

A sobrevivência de sementes às altas temperaturas, quando sem a proteção de frutos, tem sido historicamente associada à impermeabilidade do tegumento, no entanto, no caso de sementes de *D. alata* (que não apresentam dormência física) outros fatores devem atuar para contribuir com a baixa mortalidade. Características morfológicas das sementes, como forma e massa, podem explicar tais respostas, visto que, em geral espécies de sementes maiores (como é o caso de *D. alata*), quando submetidas ao choque térmico, apresentam maior sobrevivência que espécies de sementes pequenas, independentemente do ecossistema em que as espécies ocorrem, como por exemplo o Cerrado ou outros sistemas florestais (RIBEIRO et al., 2015).

Sementes de *D. alata* apresentam características anatômicas importantes, como sua epiderme com uma cutícula delgada e paliçada formada por uma única camada de células fortemente unidas entre si, conhecidas como células de Malpighi, sendo perpendicularmente dispostas em relação à superfície, com forma prismática, com ápice geralmente arredondado e paredes espessas (MELHEM, 1972). Essa estrutura da semente, característica geral das Fabaceae, torna a germinação estimulada pelo fogo um fenômeno mais universal, mesmo em espécies de ecossistemas não propensos ao fogo (RUPRECHET et al., 2013).

Pensando no uso da espécie deste estudo em trabalhos de restauração por semeadura direta, e levando em consideração a ocorrência natural da espécie em sistemas sujeitos à incêndios periódicos, incluindo os incêndios criminosos e abusivos, cabe ponderar que os frutos configuram proteção às sementes durante o choque térmico, porém, se utilizados na prática de semeadura direta, as sementes encerradas dentro dos frutos podem ter a germinação mais lenta e reduzida uma vez que o endocarpo representa uma barreira à germinação (PAGLIARINI et al., 2012; RODRIGUES; RIBEIRO, 2018; SANO; RIBEIRO; BRITO, 2004). Por outro lado, nosso estudo mostrou que as SN também têm a germinação reduzida após o aquecimento, ainda que apresentem certa tolerância às altas temperaturas.

Outros autores que não testaram o efeito do choque térmico e reconheceram que abertura dos frutos é trabalhosa, indicam o uso das SN (sem pericarpo) para o plantio por ser mais eficiente (PAGLIARINI et al., 2012; RODRIGUES; RIBEIRO, 2018; SANO; RIBEIRO; BRITO, 2004). Logo, seria importante em trabalhos futuros incluir no teste o resultado das sementes aquecidas e mantidas nos frutos inteiros e escarificados.

Considerando que nas ações de restauração ecológica, os padrões germinativos devem respeitar as variabilidades naturais das espécies, diferente da visão silvicultural que valoriza padrões germinativos mais homogêneos (MARTINS, 2012), as sementes de *D. alata* protegidas pelos frutos também apresentam potencial para serem utilizadas na técnica de semeadura direta em áreas sujeitas a incêndios, já que o fruto, neste caso, funciona como uma barreira protetora para as sementes, possibilitando ainda uma maior distribuição da germinação.

A germinação lenta de sementes de *D. alata* se mantidas protegidas pelo fruto (PAGLIARINI et al., 2012; RODRIGUES; RIBEIRO, 2018; SANO; RIBEIRO; BRITO, 2004) pode, portanto, servir para o enriquecimento do banco de sementes, especialmente porque, dependendo do histórico de áreas degradadas e da distância dos remanescentes naturais, o banco de sementes pode se tornar muito comprometido ou mesmo inexistente (BARBOSA et al., 2012) e neste caso a regeneração requer intervenção humana (REIS; BECHARA; TRES, 2010).

Por fim, nossos resultados contribuem para o entendimento da dinâmica de *D. alata* frente ao fator fogo e trazem informação que servem como subsídio para trabalhos de restauração ambiental por semeadura direta, visto que após o lançamento, os frutos e/ou sementes ficam sujeitas ao fogo. Mas é importante destacar que sementes de espécies que apresentam capacidade de sobreviver após a exposição às altas temperaturas, como *D. alata*, não são tolerantes ao fogo em si, mas ao seu regime, podendo ter a sobrevivência ameaçada por interferência antrópica, que de modo geral altera a frequência e intensidade do fogo nos ambientes naturais (KEELEY et al., 2011).

5. CONCLUSÃO

Para os propágulos de *D. alata*, tanto as sementes nuas quanto as protegidas em frutos fechados são capazes de sobreviver e germinar após exposição às altas temperaturas.

As características morfológicas dos frutos de *D. alata* funcionam como uma proteção para atenuar os efeitos das altas temperaturas nas sementes, prevenindo flutuações negativas na germinação das mesmas, como observado nas sementes expostas nuas ao tratamento térmico.

Ainda que não decorrentes de processos de seleção pelo fogo, os caracteres fenotípicos dos frutos de *D. alata* estão integrados à informação ambiental em locais sujeitos ao fogo. Assim, os frutos de *D. alata* podem ser considerados bons isolantes térmicos para suas sementes mantendo os percentuais germinativos próximos a 100%, por outro lado, cabe destacar a tolerância das sementes de *D. alata* que mesmo expostas nuas às altas temperaturas (90 e 150°C por 1 e 5 minutos) apresentaram percentuais germinativos acima de 80%.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, J. M.; EISENLOHR, P. V.; RODRIGUES, M. A.; BARBOSA, K. C. Ecologia da dispersão de sementes em Florestas tropicais. In: MARTINS, S. V. **Ecologia de florestas tropicais do Brasil**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2012. p. 85-101.
- BICALHO, E. M.; ROSA, B. L.; SOUZA, A. E.; RIOS, C. O.; PEREIRA, E. G. Do the structures of macaw palm fruit protect seeds in a fire-prone environment? **Acta Botanica Brasilica**, v. 30, n. 4, p. 540-548, 2016.
- BOTEZELLI, L.; DAVIDE, A. C.; MALAVASI, M. M. Características dos frutos e sementes de quatro procedências de *Dipteryx alata* Vogel (Baru). **Cerne**, v. 6, n. 1, p. 09-18, 2000.
- BOUCHARDET, D. A.; RIBEIRO, I. M.; SOUSA, N. A.; AIRES, S. S.; MIRANDA, H. S. Efeito de altas temperaturas na germinação de sementes de *Plathymenia reticulata* Benth. e *Dalbergia miscolobium* Benth. **Revista Árvore**, v. 39, p. 697-705, 2015.
- BRANCALION, P. H. S.; NOVENBRE, A. D. L. C.; RODRIGUES, R. R. Temperatura ótima de germinação de sementes de espécies arbóreas brasileiras. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 4, p. 15-21, 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009.
- CAMARGOS, V. L.; RIBEIRO, G. A.; SILVA, A. F.; MARTINS, S. V.; CARMO, F. M. Estudo do comportamento do fogo em um trecho de Floresta Estacional Semidecídua no município de Viçosa, Minas Gerais. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 3, p. 537-545, 2015.
- CARVALHO, P. G. B.; BORGETTI, F.; BUCKERIDGE, M. S.; MORHY, L.; FERREIRA FILHO, E. X. Temperature dependent germination and endo beta mannanase activity in sesame seeds. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, n. 2, p. 139-148, 2001.
- CARVALHO, T. C.; SILVA, F. F. B.; OLIVEIRA, A. P. A.; PEREIRA, Z. V.; MUSSURY, R. M. Efeito do fogo natural e diferentes substratos na germinação de *Dipteryx alata* Vogel (Leguminosae). In: Congresso Nacional de Botânica, 60, 2009, Feira de Santana-BA. **Anais...** Feira de Santana-BA: Sociedade Botânica do Brasil, 2009.

CIRNE, P.; MIRANDA, H. S. Effects of prescribed fires on the survival and release of seeds of *Kielmeyera coriacea* (Spr.) Mart. (Clusiaceae) in savannas of Central Brazil. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 20, n. 3, p. 197-204, 2008.

DAIBES, L. F.; GORGONE-BARBOSA, E.; SILVEIRA, F. A. O.; FIDELIS, A. Gaps critical for the survival of exposed seeds during Cerrado fires. **Australian Journal of Botany**, v. 66, p. 116-123, 2018.

DAIBES, L. F.; ZUPO, T. Z.; SILVEIRA, F. A. O.; FIDELIS, A. A field perspective on effects of fire and temperature fluctuation on Cerrado legume seeds. **Seed Science Research**, v. 27, p. 74-83, 2017.

DRESCH, D. M.; SCALON, S. P. Q.; MASETTO, T. E.; VIEIRA, M. C. Germinação e vigor de sementes de gabioba em função do tamanho do fruto e da semente. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 3, p. 262-271, 2013.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323 p.

FICHINO, B. S.; DOMBROSKI, J.; PIVELLO, V. R.; FIDELIS, A. Does Fire Trigger Seed Germination in the Neotropical Savannas? Experimental Tests with Six Cerrado Species. **Biotropica**, v. 48, n. 2, p. 181-187, 2016.

FIDELIS, A.; DAIBES, L. F.; MARTINS, A. R. To resist or to germinate? The effect of fire on legume seeds in Brazilian subtropical grasslands. **Acta Botânica Brasilica**, v. 30, n. 1, p. 147-151, 2016.

FIDELIS, A.; DELGADO-CARTAY, M. D.; BLANCO, C. C.; MÜLLER, S. C.; PILLAR, V. D.; PFADENHAUER, J. Fire intensity and severity in Brazilian campos grasslands. **Interciencia**, v. 35, p. 739-745, 2010.

GÓMEZ-GONZÁLEZ, S.; OJEDA, F.; TORRES-MORALES, P.; PALMA, J. E. Seed pubescence and shape modulate adaptive responses to fire cues. **Plos one**, v. 11, n. 7, p. 1-17, 2016.

HUSS, J. C.; FRATZL, P.; DUNLOP, J. W. C.; MERRITT, D. J.; MILLER, B. P.; EDER, M. Protecting Offspring Against Fire: Lessons From Banksia Seed Pods. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 1-12, 2019.

JUDD, T. S. Seed survival in small myrtaceous capsules subjected to experimental heating. **Oecologia**, v. 93, p. 576-581, 1993.

JUDD, T. S.; ASHTON, D. H. Fruit clustering in the Myrtaceae: seed survival in capsules subjected to experimental heating. **Australian Journal of Botany**, v. 39, p. 241-245, 1991.

JUNGLOS, F. S.; JUNGLOS, M. S.; SILVA, F. T. A.; BRANDANI, J. Z.; SCALON, S. P. Q.; SANTIAGO, E. F. Variáveis dimensionais de sementes de espécies nativas do Cerrado *sensu stricto*: influência nas respostas germinativas sob diferentes tratamentos térmicos. In: Simpósio Científico de Recursos Naturais, SCR�, 2, 2018, Dourados-MS. **Anais...** Dourados-MS: Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais, 2018.

- KEELEY, J. E.; PAUSAS, J. G.; RUNDEL, P. W.; BOND, W. J.; BRADSTOCK, R. A. Fire as an evolutionary pressure shaping plant traits. **Trends in Plant Science**, v. 16, p. 406-411, 2011.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima, 2004. 531 p.
- LEMES, E. S.; DIAS, L.; ROSA, T. D.; GEHLING, V. M.; OLIVEIRA, S.; MENDONÇA, A. O.; MENEGHELLO, G. E. Physiological potential of irrigated rice seeds treated with amino acids and under salt stress. **Bioscience Journal**, v. 32, n. 6, p. 1452-1461, 2016.
- LIMA, Y. B. C.; DURIGAN, G.; SOUZA, F. M. Germinação de 15 espécies vegetais do cerrado sob diferentes condições de luz. **Bioscience Journal**, v.30, p. 864-1872, 2014.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.
- MARTINS, S. V. **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. Viçosa: UFV, 2012. 293 p.
- MCCABE, W. L.; SMITH, J. C.; HARRIOT, P. **Unit operation of chemical engineering**. New York: McGraw-Hill, 2005. 1140 p.
- MELHEM, T. S. A. Entrada de água na semente de *Dipteryx alata* Vog. **Hoehnea**, v. 4, p. 33-48, 1974.
- MELHEM, T. S. A. **Fisiologia do desenvolvimento de *Dipteryx alata* Vog.: contribuição ao seu estudo**. 1972. 215 p. Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências/USP, São Paulo-SP, 1972.
- MERCER, G. N.; GILL, A. M.; WEBER, R. O. A time-dependent model of fire impact on seed survival in woody fruits. **Australian Journal of Botany**, v. 42, p. 71-81, 1994.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável orgânico - Barú: *Dipteryx alata* VOG**. Brasília: MAPA/ACS, 2012. 25p.
- MIRANDA, A. C.; MIRANDA, H. S.; DIAS, I. F. O.; DIAS, B. F. S. Soil and air temperatures during prescribed Cerrado fires in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 9, p. 313-320, 1993.
- MIRANDA, H. S.; BUSTAMANTE, M. M. C.; MIRANDA, A. C. The fire factor. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. **The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York: Columbia University Press, p. 51-68, 2002.
- MIRANDA, H. S.; SATO, M. N.; NETO, W. N.; AIRES, F. S. Fires in the cerrado, the Brazilian savanna. In: COCHRANE, M. A. (Ed.). **Tropical Fire Ecology: Climate change, land use and ecosystem dynamics**. Berlin: Springer-Praxis, 2009. p. 427-450.

MOHSENIN, N. N. **Physical properties of plant and animal materials**. 2th ed. New York: Gordon ad Breach, 1986. 891 p.

NARDOTO, G. B.; BUSTAMANTE, M. M. C.; PINTO, A. S.; KLINK, C. A. Nutrient use efficiency at ecosystem and species level in savanna areas of Central Brazil and impacts of fire. **Journal of Tropical Ecology**, v. 22, p. 191-201, 2006.

PAGLIARINI, M. K.; FELICIANO, M. E.; CASTILHO, R. M. M.; CONTI, M. Superação de dormência em sementes de Baru. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 6, n. 1, p. 19-22, 2012.

PONTES, S. P.; MONTEFUSCO-PEREIRA C. V.; MISRAD, B. B.; RIBEIRO-JUNIOR, H. L.; GRACIANO, D. E.; SANTOS, J. S.; NOBREGA, M. A. S.; FERNANDES, S. S. L.; CAIRES, A. R. L.; SANTIAGO, E. F. High-throughput phenotyping by applying digital morphometrics and fluorescence induction curves in seeds to identifying variations: A case study of *Annona* (Annonaceae) species. **Information Processing In Agriculture**, v. 5, n. 4, p. 443-455, 2018a.

PONTES, S. P.; SANTIAGO, E. F.; NOBREGA, M. A. S.; FREITAS, V. M. B. Caracterização morfológica usando dimensões lineares sobre os atributos biométricos em sementes de *Annona reticulata* (L.) Vell. (Annonaceae). **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, p. 696-707, 2018b.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; TRES, D. R. Nucleation in tropical ecological restoration. **Scientia Agricola**, v. 67, n. 2, p. 244-250. 2010.

RIBEIRO, L. C.; BARBOSA, E. R. M.; LANGEVELDE, F. V.; BORGHETTI, F. The importance of seed mass for the tolerance to heat shocks of savanna and forest tree species. **Journal of Vegetation Science**, v. 26, p. 1102-1111, 2015.

RISSI, M. N.; BAEZA, M. J.; GORGONE-BARBOSA, E.; ZUPO, T.; FIDELIS, A. Does season affect fire behaviour in the Cerrado? **International Journal of Wildland Fire**, v. 26, p. 427-433. 2017.

ROCHA, L. G. S.; MARTINS, R. C. C. Estudo da germinação das sementes *Dipteryx alata* Vog. em condições de laboratório e viveiro florestal. In: Reunião anual da sociedade brasileira para o progresso da ciência-SBPC, 65, 2013, Recife. **Anais...** Recife: SBPC, 2013. p. 1-2.

RODRIGUES, I. B.; RIBEIRO, V. A. Efeitos de diferentes métodos de preparo da semente na germinação de Baru. **Ipê Agronomic Journal**, v. 2, n. 1, p. 31-37, 2018.

RUPRECHT, E.; FENESI, A.; FODOR, E. I.; KUHN, T. Prescribed burning as an alternative management in grasslands of temperate Europe: The impact on seeds. **Basic and Applied Ecology**, v. 14, n. 8, p. 642-650, 2013.

SAHAY, K. M.; SINGH, K. K. **Unit operations of agricultural processing**. New Delhi: Vikas Publishing House Pvt, 1994. 340 p.

SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F.; BRITO, M. A. **Baru: Biologia e Uso**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004.

- SANO, S. M.; VIVALDI, L. J.; SPEHAR, C. R. Diversidade morfológica de frutos e sementes de Baru (*Dipteryx alata* Vog.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 4, p. 513-518, 1999.
- SANTANA, T. F.; FERNANDES, H. E.; GIONGO, M.; MOURA, W. S.; CABRAL, K. P.; SOUZA, P. B. Influência do fogo na germinação de três espécies do bioma Cerrado. **Biodiversidade**, v. 18, n. 1, p. 18-27, 2019.
- SATO, M. N.; MUSSO, C.; MIRANDA, H. S. Fire-induced damage to *Qualea multiflora* Mart. seeds depends on fruit protection and the position in the tree crown. **Plant Biology**, v. 20, n. 6, p. 1036-1041, 2018.
- SILVA, G. P. **Qualidade fisiológica de sementes de Baru e Pequi submetidas à secagem e ao armazenamento**. 2013. 106 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus de Rio Verde, 2013.
- SILVA, J. B. C.; NAKAGAWA, J. Estudos de fórmulas para cálculo de germinação. **Informativo ABRATES**, v. 5, n. 1, p. 62-73, 1995.
- SILVA, S. P.; SABINO, M. A.; FERNANDES, E. M.; CORRELO, V. M.; BOESEL, L. F.; REIS, R. L. Cork: properties, capabilities and applications. **International Materials Reviews**, v. 50, n. 6, p. 345–365, 2005.
- TOGASHI, M.; SCARBIERI, V. C. Caracterização química do fruto do Baru (*Dipteryx alata* Vog.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 14, n. 1, p. 85-95, 1994.
- VARNAMKHAISTI, M. G.; MOBLIA, H.; JAFARIA, A.; KEYHANIA, A. R.; HEIDARI SOLTANABADIB, M.; RAFIEEA, S.; KHEIRALIPOURA, K. Some physical properties of rough rice (*Oryza sativa* L.) grain. **Journal of Cereal Science**, v. 47, n. 3, p. 496–501, 2008.
- VIEIRA, L. M.; PEREIRA, W. V. S.; OLIVEIRA, T. G. S.; AQUINO, F. F.; RIBEIRO, L. M.; MERCADANTE-SIMÕES, M. O. Análise biométrica de frutos e sementes de *Passiflora setacea*. In: Simpósio Nacional de Cerrado, 9, Simpósio Internacional de Savanas Tropicais, 2., 2008, Brasília-DF. **Anais...** Brasília-DF, 2008. p. 1-6.
- ZIRONDINE, L. H.; SILVEIRA, F. A. O.; FIDELIS, A. Fire effects on seed germination: Heat shock and smoke on permeable vs impermeable seed coats. **Flora**, v. 253, p. 98-106, 2019.
- ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R.; ZUFFO JUNIOR, J. M. Caracterização biométrica de frutos e sementes de Baru (*Dipteryx alata* Vog.) na região leste de Mato Grosso, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 37, n. 4, p. 463-471, 2014.

CAPÍTULO 3 - ABSORÇÃO E DISSIPAÇÃO DE CALOR: INFLUÊNCIA DO TAMANHO DE DIÁSPOROS NA GERMINAÇÃO DE *Dipteryx alata* Vogel SUBMETIDOS A ALTAS TEMPERATURAS

Mário Soares Junglos⁽¹⁾, Fernanda Soares Junglos⁽²⁾, Patrícia Rochefeler Agostinho⁽¹⁾, Francisco Tiago Alves da Silva⁽²⁾; Etenaldo Felipe Santiago⁽²⁾ & Zefa Valdivina Perreira⁽¹⁾

(1) Laboratório de Restauração Ambiental (LABRA), Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Pós-graduação em Ciência e Tecnologia ambiental, Universidade Federal da Grande Dourados, (2) Grupo de Estudos em Recursos Vegetais, Pós-graduação em Recursos Naturais, Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul

RESUMO

O tamanho dos diásporos é crucial para a sobrevivência das sementes durante os incêndios, visto que as relações de absorção e dissipação de energia na forma de calor por um sistema é dependente desta variável. Aqui, descrevemos o perfil térmico de frutos e sementes de *Dipteryx alata* submetidas às altas temperaturas, simulando aquelas observadas na superfície do solo durante incêndios, com objetivo de investigar se os tamanhos dos diásporos interferem nas relações de absorção e dissipação de calor e nas respostas germinativas, bem como as suas relações. Para isso, submetemos frutos e sementes separados em classe de tamanho (pequenos e grandes) à 90°C e 150°C por 1 e 5 minutos. Posteriormente, o material vegetal foi fotografado com auxílio de uma câmera de imagens térmicas por infravermelho, sendo as temperaturas das sementes aferidas, antes do tratamento térmico (controle), logo após a saída da estufa e a cada 30 segundos, até atingir estabilidade térmica. A temperatura relativa da superfície de sementes de *D. alata*, na primeira avaliação após a saída do tratamento térmico, foi maior em SG quando comparadas a SP, conseqüentemente a classe de SG levou mais tempo para dissipar o calor e obter temperatura próxima a temperatura ambiente (estabilidade térmica). Frutos seguem o mesmo padrão de comportamento das sementes, no entanto, o aumento da temperatura é ainda maior, levando ainda mais tempo para dissipar o calor, se comparado as sementes. O tamanho dos frutos não influencia diretamente a germinação das sementes e estas expressarem seu maior desempenho mesmo após a exposição ao choque térmico, enquanto sementes grandes apresentam maior resistência a altas temperaturas.

Palavras-Chave: Baru, Choque Térmico, Fogo, Termografia por infravermelho.

ABSTRACT

During forest fires, the fruits can be damaged together with their seeds or, differently, provide thermal insulation to them, the magnitude of the response being related to the characteristics of the fruits, the extent of damage to the vegetative parts, as well as the intensity and frequency of the fire. Knowing the responses of species to the fire factor is fundamental in understanding how integrated the morphological characters are to the environmental information generated in the environment where species occur, as well as assisting in various stages of the restoration process in areas subject to fire. Thus, the objective of this work was to describe the morphometry of fruits and seeds of *Dipteryx alata* Vogel and to evaluate the effect of high temperatures, simulating the effect of fire, on the germination of its seeds, exposed naked and / or protected by the fruit. For that, the seeds were submitted to temperatures of 25 ° C (room temperature - control), 90 ° C and 150 ° C for 1 and 5 minutes, with the tested intervals of temperatures and time corresponding to those measured on the soil surface during fires. Half of the seed lot was subjected to these conditions inside the fruit and the other part of the lot was directly exposed to the mentioned temperatures. After this procedure, the seeds protected by the fruit were removed and all were sown on previously moistened Germitest® paper, and deposited in a B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand). The bare seeds showed lower% G and took longer to germinate when subjected to heat treatment and compared to those protected by the fruit. Although the heat treatment affected the germinability of the naked seeds, the germinative percentages were higher than 80%, even at the highest temperatures. The phenotypic characters of the *D. alata* fruits, even if they do not result from fire selection processes, are integrated with environmental information in places subject to fire. Thus, the fruits of *D. alata* can be considered good thermal insulators for their seeds, which are tolerant to high temperatures compatible with those found in environments subjected to natural fires.

Keywords: Baru, Thermal Shock, Plant Echophysiology, Fire.

1. INTRODUÇÃO

Historicamente incêndios são registrados em ecossistemas do mundo todo, com diferentes frequências e intensidades (HARDESTY et al., 2005; PIVELLO, 2011) e apresentam um grande impacto na evolução das plantas por pelo menos 350 milhões de anos (BOND; SCOTT, 2010; ELE et al., 2016; LAMONT; HE, 2012), impulsionando a evolução de muitas características em plantas de ambientes dependentes do fogo, incluindo respostas em toda a planta (regeneração de órgão vegetativos por meio da rebrota pós incêndio e regeneração da vegetação via sementes armazenadas no solo), investimentos em estruturas de proteção como cascas grossas, frutos lenhosos e serotinosos (armazenamento de sementes nos frutos), e germinação de sementes e floração estimuladas pelos subprodutos do fogo - fumaça e calor (KEELEY et al. 2011; PAUSAS; LAMONT, 2018).

Estas características das plantas para sobreviver ao fogo fornecem proteção e isolamento térmico aos tecidos sensíveis quando do aumento de temperatura, impedindo exposição direta ao fogo (CIRNE; MIRANDA, 2008; HUSS et al., 2019; SATO; MUSSO; MIRANDA, 2018). Além deste aspecto as respostas de sobrevivência ao choque térmico vão depender da frequência e intensidade deste fator, de forma que o ponto crucial do problema não é a ocorrência do fogo natural, mas o efeito que a atividade antrópica tem exercido no processo através de práticas de manejo dos solos com o uso do fogo predatório (COCHRANE, 2003).

As propriedades químicas do fruto, teor de umidade, espessura da camada protetora são variáveis que fornecem isolamento térmico, de modo que a temperatura no interior dos frutos não seja letal para os embriões das sementes (CIRNE; MIRANDA, 2008; HUSS et al., 2019). Além destas variáveis, o tamanho dos diásporos se mostra crucial para a sobrevivência das sementes durante os incêndios, visto que as relações de absorção e dissipação de energia na forma de calor por um sistema, bem como à quantidade e velocidade com que a energia é conduzida da superfície do fruto até o seu interior onde está acondicionada a semente, está diretamente vinculado com as suas relações dimensionais (HUSS et al., 2019).

Diásporos maiores e mais arredondadas parecem proteger melhor os embriões dos choques térmicos (GÓMEZ-GONZÁLEZ et al., 2016; JUNGLOS, 2020; RIBEIRO et al., 2015) e Bouchardet et al. (2015) discutem que esta resposta está relacionada ao fato das

a sementes maiores possivelmente demorarem mais tempo para atingir o equilíbrio com a temperatura ambiente, portanto o embrião ficaria menos tempo exposto a altas temperaturas.

O uso de ferramentas modernas e multidisciplinares, como a termografia por infravermelho (imagens térmicas), tem contribuído para o entendimento de respostas de ajuste e/ou adaptação de plantas a diferentes condicionantes ambientais e se mostrado eficaz e para o diagnóstico precoce de estresse em plantas (SOARES et al., 2020; ZARCO-TEJADA et al., 2012). Além disso, estudos tem avançado propondo esta ferramenta para prever a viabilidade de sementes (FERNÁNDEZ-MARÍN et al., 2019; KIM et al., 2014; KRANNER et al. 2010; MEN et al. 2017). Por outro lado, a utilização da termografia para elucidar o processo de absorção e dissipação de calor em frutos e sementes submetidas à altas temperaturas, simulando o efeito do fogo, é pioneiro.

No caso de *Dipteryx alata* Vogel (Fabaceae), conhecida popularmente como Baru, espécie alvo deste estudo e de grande importância ecológica e econômica, dispersores consomem a polpa dos frutos caídos no chão ou o fruto inteiro e eliminam o endocarpo com a semente, sendo as sementes raramente encontradas expostas diretamente no solo (MAPA, 2012; SANO; RIBEIRO; BRITO, 2004). Por outro lado, em trabalhos de restauração ambiental com a técnica de semeadura direta, após o lançamento, as sementes ficam sujeitas aos condicionantes ambientais, sendo necessário, portanto, entender as relações entre o tamanho e o comportamento de frutos e sementes em resposta ao choque térmico – subproduto do fogo, considerando as implicações diretas no sucesso das ações de restauração ecológica.

Desta forma, propomos utilizar a termografia por infravermelho, método não convencional em estudos com diásporos, para descrever o perfil térmico de frutos e sementes de *Dipteryx alata* submetidas à altas temperaturas, simulando as condições observadas na superfície do solo durante incêndios, com objetivo de investigar se o tamanho dos diásporos interferem nas relações de absorção e dissipação de calor e nas respostas germinativas, bem como suas relações.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Seleção de matrizes, coleta e beneficiamento de diásporos

Os frutos de *D. alata* foram coletados de matrizes plantadas em 2010 na área de estudo caracterizada no capítulo 1, Dourados - MS. Em sequência os diásporos foram selecionados quanto à integridade, uniformidade e coloração, sendo que metade do lote de frutos foi mantido intacto e na outra os frutos foram abertos para retirada das sementes com auxílio de um equipamento mecânico manual tipo morsa pertencente à cooperativa de agricultores familiares do Assentamento Lagoa Grande (Distrito de Itahum, Dourados – MS), a utilização do mesmo foi necessária devido ao pericarpo rígido que envolve as sementes.

2.2 Caracterização biométrica dos diásporos por classe de tamanho

Frutos e sementes foram separados em duas classes de tamanho (Figura 1). Estas classes foram definidas determinando a relação comprimento-largura da superfície dos diásporos em uma amostra de 200 frutos e 200 sementes, sendo considerado Fruto pequeno (FP) e Semente pequena (SP), frutos/sementes com proporção \leq à média para espécie, e frutos grandes (FG) e sementes grandes (SG) aqueles com proporção $>$ que à média para espécie.



Figura 1. Frutos e sementes pequenos (superior) e grandes (inferior) de *Dipteryx alata*. Escala: 1 cm.

Para cada classe de tamanho, sendo 100 amostras por classe, foram mensurados às suas variáveis biométricas: comprimento (C - mm); largura (L - mm); e espessura (E - mm) com auxílio de um paquímetro digital de 150 mm. A partir destas variáveis (C, L, E) foi possível efetuar os cálculos para as demais variáveis biométricas:

- Índice de volume (IV) obtido pelo produto do “C x L x E” (VIEIRA et al., 2008);
- Diâmetros médios; geométrico (DMG), equivalente (DME) e aritmético (DMA),

determinados de acordo com as fórmulas propostas por Sahay e Singh (1994):

$$DMG = (abc)^{1/3}$$

$$DME = \left[a \frac{(b+c)}{4} \right]^{1/3}$$

$$DMA = \frac{(a+b+c)}{3}$$

- Área superficial (A_s) (em mm^2) utilizando-se as equações de McCabe; Smith e Harriot (2005):

$$A_s = \pi DMG^2;$$

- Relação de aspecto (R_a) segundo Varnamkhasti et al. (2008):

$$R_a = \frac{b}{a} 100\%$$

- Volume (V) (em mm^3) usando as expressões descritas por Mohsenin (1986):

$$V = \pi \frac{abc}{6}$$

- Esfericidade (\emptyset), em porcentagem (%), por meio dos valores observados nos eixos ortogonais (MOHSEIN, 1986):

$$\emptyset = \left[\frac{(abc)^{0,33}}{a} \right] 100$$

Em que, para todas as fórmulas descritas, os valores de “a, b e c” representam respectivamente o comprimento, a largura e a espessura dos diásporos.

As classes de tamanho dos diásporos foram comparadas para cada uma das variáveis biométricas pelo teste t a 5% de probabilidade.

2.3 Experimento com tratamento térmico e termografia por infravermelho

Para avaliação da dinâmica térmica dos diásporos foram confeccionadas placas em argila (placas de contraste) medindo 17, 23, 2,8 cm (L, C, E), nas quais foram efetuados 20 concavidades de 2,2 cm de diâmetro e 0,5 cm de profundidade (Figura 2), estas serviram para abrigar as amostras constituídas por frutos ou sementes, nas respectivas classes de tamanho.

A escolha da argila como material de confecção das placas foi planejada devido suas propriedades físicas e químicas, como por exemplo, a plasticidade, que facilita a modelagem no material *in natura* permitindo efetuar as concavidades com o objetivo de abrigar os diásporos, e o fato de que, mesmo em se tratando de placas já queimadas em forno, as relações exo e endotérmicas, assim como termomecânicas são distintas do comportamento das sementes, permitindo o contraste necessário aos testes termográficos.

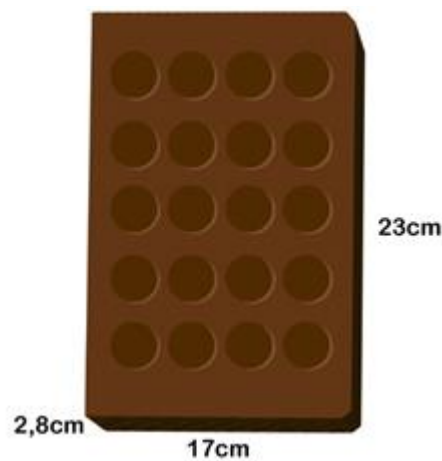


Figura 2. Modelo esquemático da superfície de argila confeccionada para abrigar frutos e sementes de *Dipteryx alata* durante os experimentos de tratamento térmico.

As amostras de frutos (FP e FG) e sementes (SP e SG), separadamente, foram submetidas a 90°C e 150°C por 1 e 5 minutos em estufa de esterilização e secagem, pré-aquecida com temperatura controlada. As temperaturas determinadas foram semelhantes àquelas utilizadas por Fichino et al. (2016) e Fidelis et al. (2016) simulando o efeito do fogo na germinação de sementes e correspondem àqueles mensurados na superfície do solo durante incêndios, nos quais temperaturas superiores a 60°C não duram mais de 5 minutos (FIDELIS et al., 2010; MIRANDA et al., 1993).

Para a obtenção do contraste térmico entre o material biológico e a placa de fundo, imediatamente após a retirada da placa mantida na estufa, as amostras foram repassadas a uma placa semelhante, mas não aquecida (placa em temperatura ambiente), o procedimento de transferência foi executado mais uma vez, utilizando uma terceira placa, de modo que a superfície exposta das amostras dos diásporos fossem as mesmas do tratamento térmico para efeito da obtenção dos dados termográficos.

Os diásporos avaliados foram fotografados com auxílio de uma câmera de imagens térmicas por infravermelho (modelo Flir one Gen 1) com sensibilidade de 0,1°C,

sendo as temperaturas da superfície aferidas antes do início do tratamento térmico (Controle), logo após a saída da estufa e troca das placas, e a cada 30 segundos, por 25 minutos ou até atingir estabilidade térmica, ou seja, até que não houvesse contraste entre amostras e o ambiente (placa).

As fotos foram registradas sempre com apoio de um suporte à 28 cm de distância da placa e uma imagem convencional (RGB) e outra térmica capturadas pela câmera infravermelha, respectivamente, são mostradas na Figura 3.

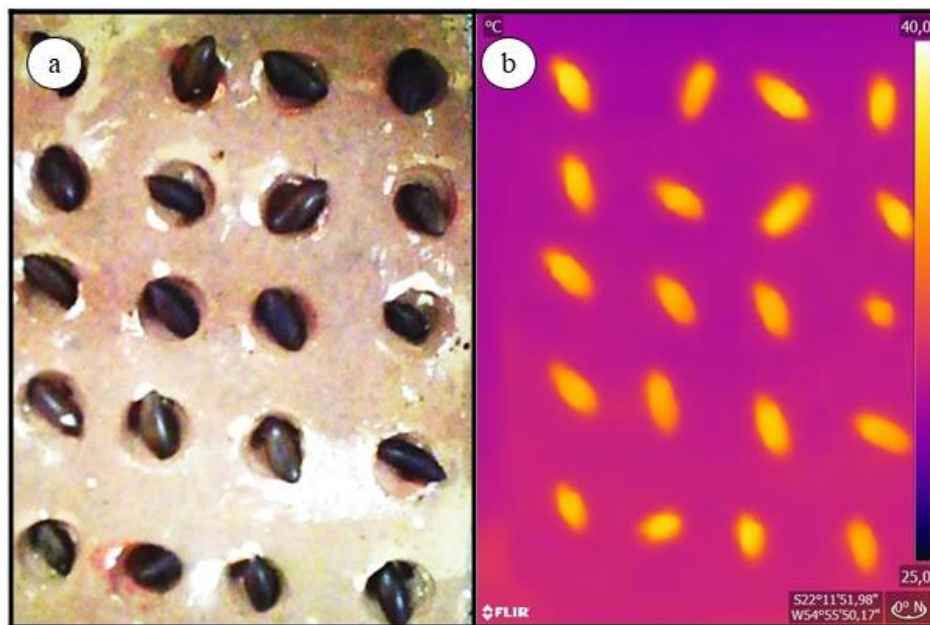


Figura 3. Imagem RGB (a) e térmica (b) de amostras de sementes de *Dipteryx alata* durante os experimentos de tratamento térmico.

As imagens foram analisadas com auxílio do software FLIR Tools, sendo determinadas as temperaturas absolutas: mínimas, máximas e médias das áreas correspondentes de frutos e sementes nas imagens de infravermelho.

No programa FLIR Tools a emissividade foi fixada em 0,96, como é normalmente recomendado para material vegetal (FERNÁNDEZ-MARÍN et al., 2019), e a temperatura e umidade relativa do ambiente conforme o que foi registrado durante as avaliações com auxílio de um higrômetro. Durante o processo também foram uniformizados os tempos entre a saída da estufa até o início do registro fototérmico como forma de se minimizar os erros na aferição do calor.

Com o objetivo de corrigir o valor da temperatura absoluta foi calculado a temperatura relativa (T_r), definida pela diferença de temperatura entre a área do diásporo

(fruto/semente) e a área do ambiente, sendo: $Tr\ (^{\circ}C) = T_{diásporo} - T_{ambiente}$ (KRANNER et al., 2010), na qual a temperatura do diásporo é aquela observada na superfície de frutos ou sementes e a área da placa de argila não aquecida definida como a temperatura ambiente (*Tambiente*). Este cálculo permitiu considerar os efeitos específicos da amostra subtraindo a *Tambiente*.

As temperaturas máximas após a saída da estufa e troca das placas foi apresentada nas imagens térmicas e as temperaturas relativas foram comparadas em cada intervalo de tempo pelo teste t a 5% de probabilidade.

2.4 Germinação de sementes oriundas da exposição de sementes e frutos ao tratamento térmico

Para cada classe de tamanho, após o tratamento térmico, as sementes protegidas pelos frutos foram retiradas, e de modo simultâneo, utilizando as sementes expostas nuas, foram montados os experimentos germinativos. Assim, tanto as sementes expostas ao tratamento térmico protegidas pelos frutos quanto as sementes nuas foram pré-condicionadas em gerbox com tela por 24 horas para evitar danos causados pela rápida embebição. Então sementes dos diferentes tratamentos foram semeadas entre papel Germitest® previamente umedecido, e depositadas em câmara de germinação tipo B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand), com fotoperíodo de 12 horas e na temperatura constante de 25°C (BRANCALION et al., 2010).

Diariamente, até completar 30 dias, as sementes foram acompanhadas, sendo determinados a porcentagem de germinação (%G) considerando a protrusão da raiz primária maior que 2 mm.

Para sementes aquecidas protegidas pelos frutos e nuas, separadamente, a %G foi submetida à análise de variância (Anova) a 5% de probabilidade, sendo as médias comparadas pelo teste t para o tamanho (sementes/frutos pequenos e grandes) e pelo teste de Tukey para temperaturas (25°C - Controle, 90°C, e 150°C), tempos de exposição (1 e 5 minutos) e para a interação entre os fatores.

3. RESULTADOS

As variáveis biométricas de sementes e frutos de *D. alata* apresentaram heterogeneidade quanto ao tamanho, com exceção da relação de aspecto (Ra) que não diferenciou entre sementes grandes e pequenas (Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros médios dimensionais lineares de sementes e frutos de *Dipteryx alata* por classe de tamanho (pequeno e grande), provenientes de matrizes localizadas em Dourados/MS.

	C (mm)	L (mm)	E (mm)	IVS (%)	DMG (mm)	DME (mm)	DMA (mm)	As (mm ²)	V (mm ³)	Ø (%)	R _a
<i>Sementes</i>											
<i>SP</i>	21,7 b	9,1 b	8,0 b	1574,4 b	11,6 b	11,8 b	12,9 b	423,6 b	824,4 b	53,7 a	0,9 a
<i>SG</i>	24,0 a	9,5 a	8,4 a	1912,9 a	12,4 a	12,7 a	14,0 a	483,7 a	1001,6 a	51,8 b	0,9 a
<i>Frutos</i>											
<i>FP</i>	42,3 b	34,8 b	26,0 b	39091,4 b	33,7 b	33,9 b	34,4 b	3592,0 b	20468,2 b	79,7 a	0,8 a
<i>FG</i>	48,9 a	36,7 a	28,6 a	50892,8 a	40,0a	37,2 a	37,9 a	4306,5 a	26647,4 a	75,7 b	0,7 b

Médias seguidas de mesma letra, na mesma coluna, e para cada variável e tipo (fruto e semente), não diferem pelo teste t a 5% de probabilidade. SP = sementes pequenas; SG = sementes grandes; FP = fruto pequeno; FG: fruto grande; C = comprimento; L = largura; E = espessura; IVS = índice de volume das sementes; DMG = diâmetro médio geométrico; DME = diâmetro médio equivalente; DMA = diâmetro médio aritmético; As = área superficial; V = volume; Ø = esfericidade; Ra = relação de aspecto.

Após o tratamento térmico, na superfície das SG que foram aquecidas sem proteção dos frutos a 90°C por 1 e 5 minutos, as temperaturas máximas absolutas registradas foram 37,7 e 46,4°C, respectivamente (Figura 4d, 4f), enquanto que nas SP as temperaturas máximas foram menores (29,4 e 38,3°C) (Figura 4c, 4e). Quando as SG foram submetidas a 150°C por 1 e 5 minutos as temperaturas máximas observadas na superfície foram ainda maiores, chegando a 46,0 e 68,9°C, respectivamente (Figura 4h, 4j), enquanto as SP apresentaram 39,1°C e 63,2°C (Figura 4g, 4i).

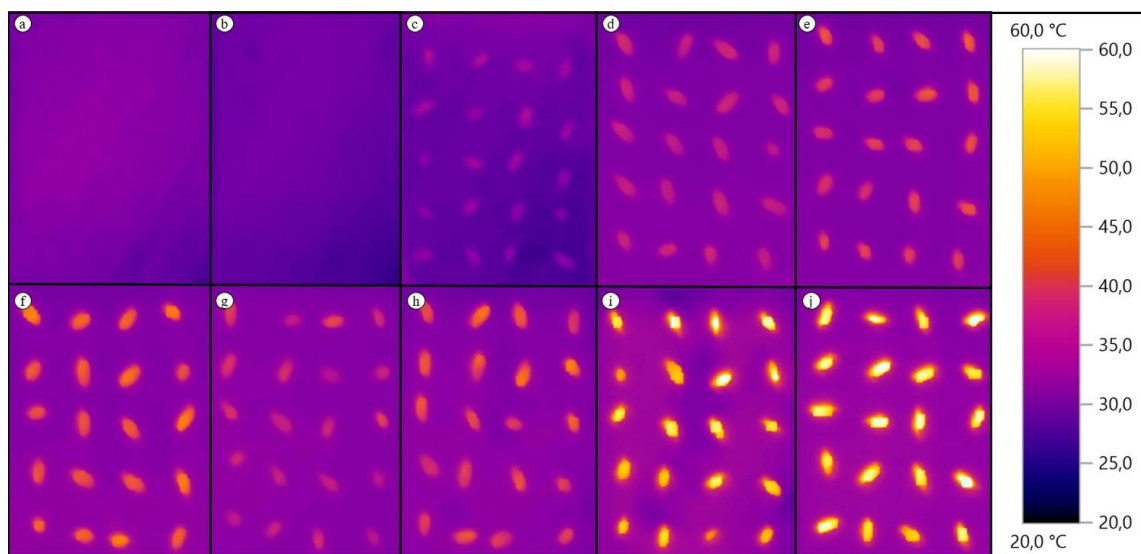


Figura 4. Imagens térmicas de sementes pequenas (SP) e grandes (SG) de *Dipteryx alata* submetidas a 25°C (Controle), 90°C e 150°C por 1 e 5 minutos. (a) 25°C – SP, (b) 25°C – SG, (c) 90°C – 1min – SP, (d) 90°C – 1min – SG, (e) 90°C – 5min – SP, (f) 90°C – 5min – SG, (g) 150°C – 1min – SP, (h) 150°C – 1min – SG, (i) 150°C – 5min – SP, (j) 150°C – 5min – SG.

Logo, nas diferentes temperaturas e tempos testados, a T_r da superfície de sementes de *D. alata*, ou seja o aumento de temperatura em relação a temperatura ambiente, na primeira avaliação após o aquecimento, foi maior em *SG* quando comparadas a *SP*, sendo que nas condições extremas de temperatura e tempo testados (150°C a 5 minutos) este aumento de temperatura foi 25,7% maior para *SG* em relação as *SP* (Figura 5), conseqüentemente a classe de *SG* levou mais tempo para dissipar o calor e obter temperatura próxima à temperatura ambiente ($T_r = 0$) (Figura 5).

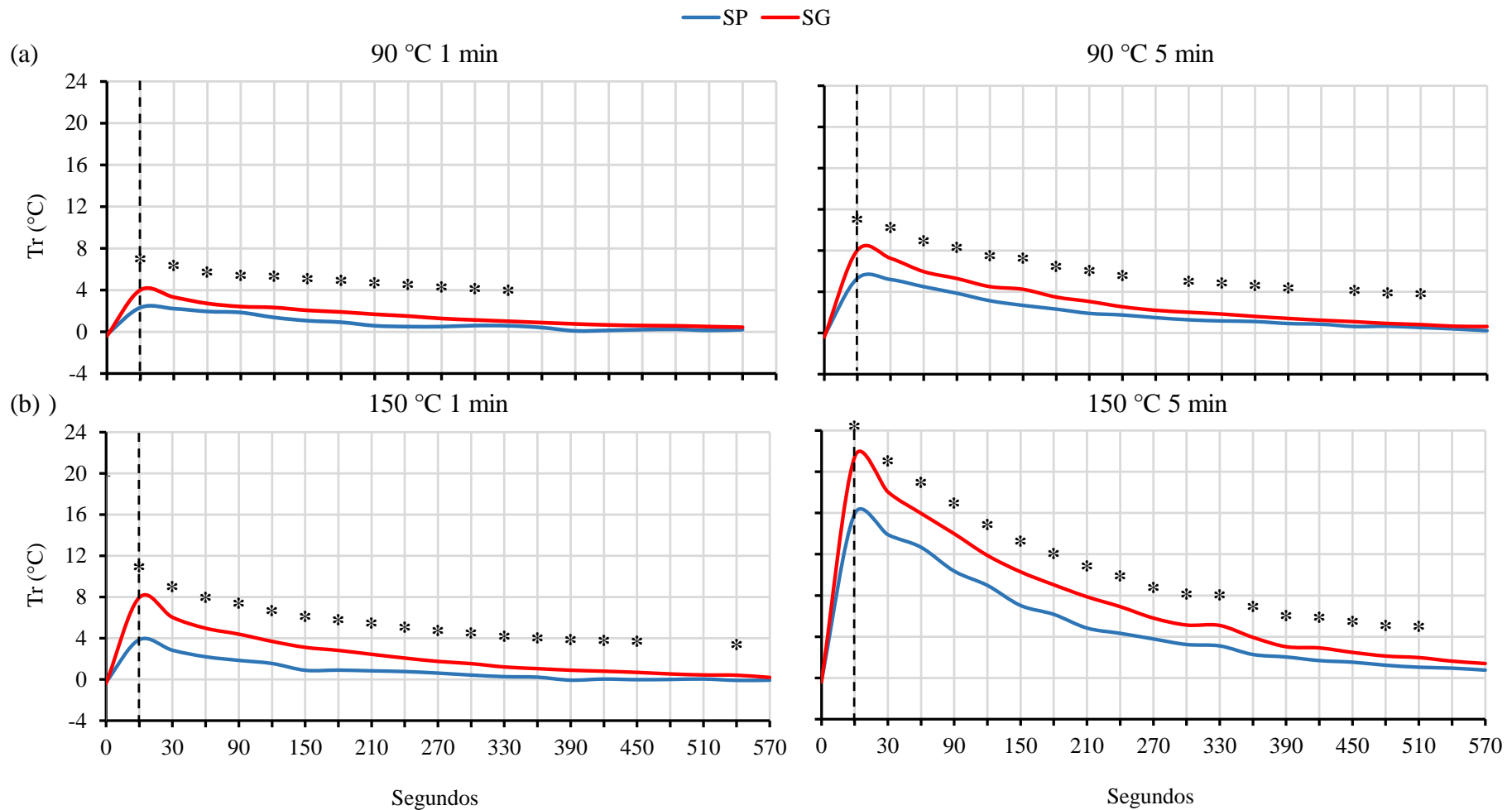


Figura 5. Temperatura relativa (Tr) de sementes grandes (SG) e pequenas (SP) de *Dipteryx alata* submetidas a 90°C (a) e 150°C (b) por 1 (esquerda) e 5 minutos (direita). O tempo 0 representa a temperatura inicial antes do tratamento térmico (Controle) e a linha vertical pontilhada indica a temperatura após a saída do tratamento térmico e troca das placas. * significativo pelo teste t a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

A temperatura máxima observada na superfície dos frutos, após os tratamentos de choque térmico variaram de 34,5 °C á 76,3 °C, aumentando de acordo com a temperatura e tempo de exposição (Figura 6). Enquanto a T_r na superfície dos frutos seguiu o mesmo padrão observado nas sementes, cujo o aumento da temperatura é maior em FG, quando comparado a FP, levando ainda mais tempo para dissipar o calor e obter temperatura próxima à temperatura ambiente, se comparado as sementes (Figura 7).

Por outro lado, em frutos, houve maior diferença térmica entre FP e FG após o aquecimento á 5 minutos (Figura 7), de forma que a 1 minuto a relação entre as superfícies e o volume dos frutos foram menos relevantes (Figura 7a, 7c).

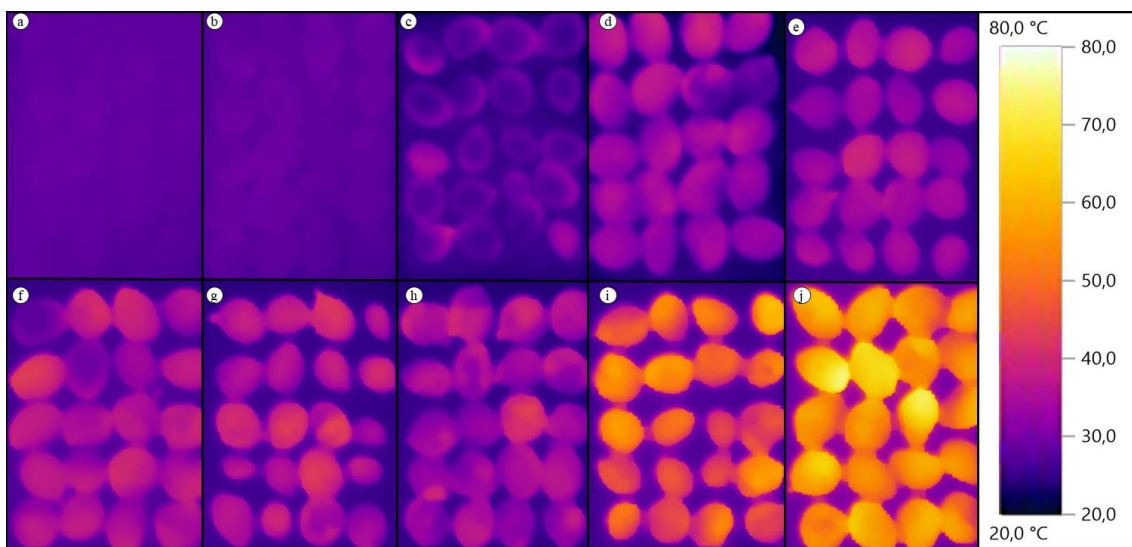


Figura 6. Imagens térmicas de frutos pequenos (SP) e grandes (SG) de *Dipteryx alata* submetidas a 25°C, 90°C e 150°C por 1 e 5 minutos. (a) 25°C – SP, (b) 25°C – SG, (c) 90°C – 1min – SP, (d) 90°C – 1min – SG, (e) 90°C – 5min – SP, (f) 90°C – 5min – SG, (g) 150°C – 1min – SP, (h) 150°C – 1min – SG, (i) 150°C – 5min – SP, (j) 150°C – 5min – SG.

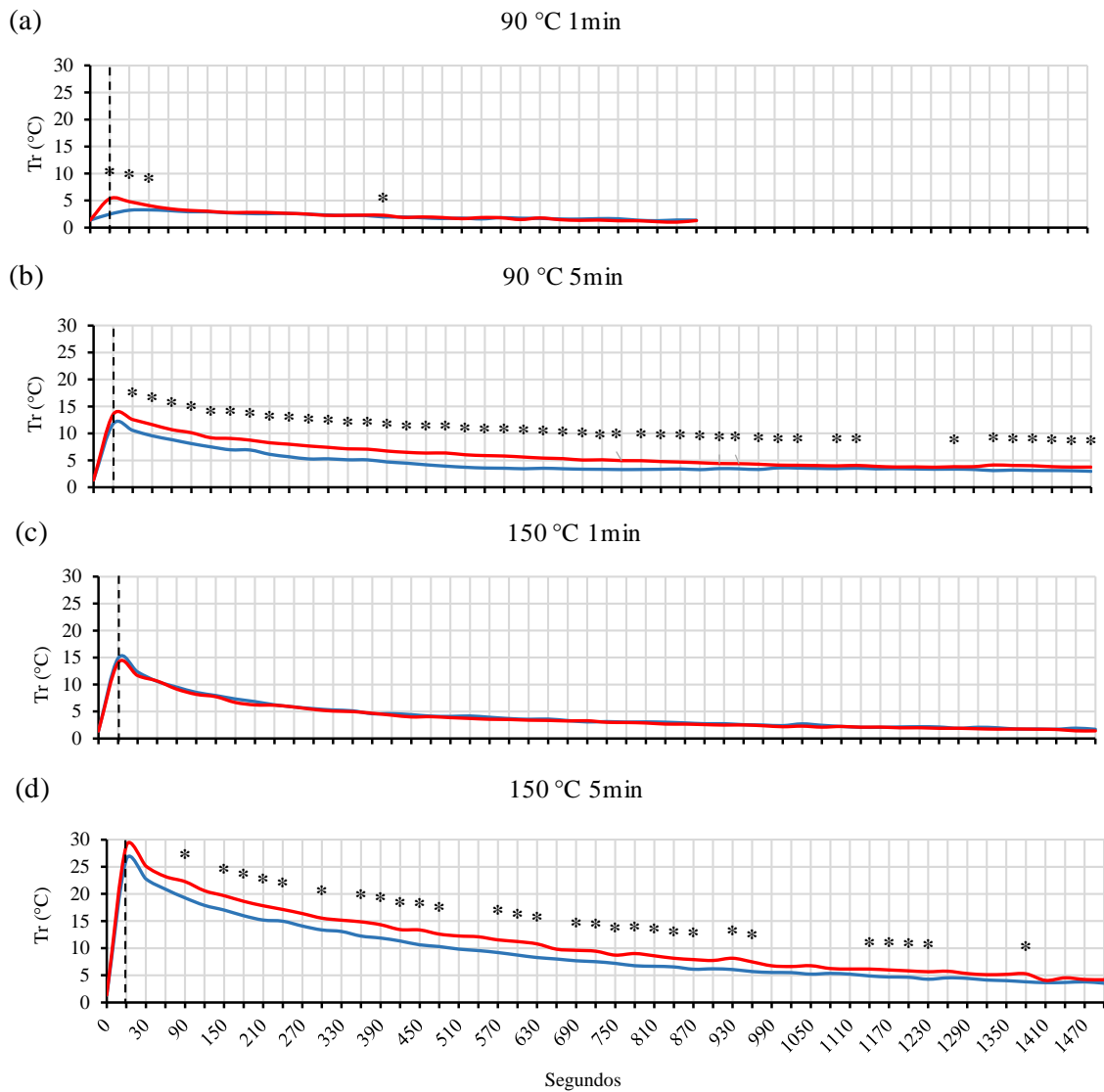
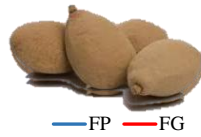


Figura 7. Temperatura relativa (Tr) de frutos grandes (SG) e pequenos (SP) de *Dipteryx alata* submetidas a 90°C (a, b) e 150°C (c, d) por 1 e 5 minutos. O tempo 0 representa a temperatura inicial antes do tratamento térmico (Controle) e a linha vertical pontilhada indica a temperatura após a saída do tratamento térmico e troca das placas. * significativo pelo teste t a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Para a %G as sementes aquecidas nuas de forma isolada apresentaram diferenças em função do tamanho (SP e SG) e temperaturas (Tabela 2), onde SP apresentam menor %G quando comparado a SG (Figura 8a), e diminuíram seu desempenho germinativo quando expostas a 150°C (Figura 8b).

Tabela 2. Quadrado médio do resíduo referente à análise de variância para porcentagem de germinação (%G) de sementes de *Dipteryx alata* oriundas da exposição de sementes e frutos, pequenos e grandes, à 25°C, 90°C e 150°C por 1 e 5 minutos.

<i>QMR</i>	
Fator	%G
<i>Sementes</i>	
Tamanho	352,1*
Temperatura	868,8*
Tempo	75,0
Tamanho x Temperatura	152,1
Tamanho x Tempo	0,0
Temperatura x Tempo	25,0
Tamanho x Temperatura x Tempo	25,0
CV ¹ (%)	8,5
<i>Frutos</i>	
Tamanho	2,1
Temperatura	2,1
Tempo	0,0
Tamanho x Temperatura	2,1
Tamanho x Tempo	0,0
Temperatura x Tempo	0,0
Tamanho x Temperatura x Tempo	0,0
CV ¹ (%)	1,2

* significativo a 5% de probabilidade pela análise de variância (ANOVA).

¹CV: Coeficiente de variação

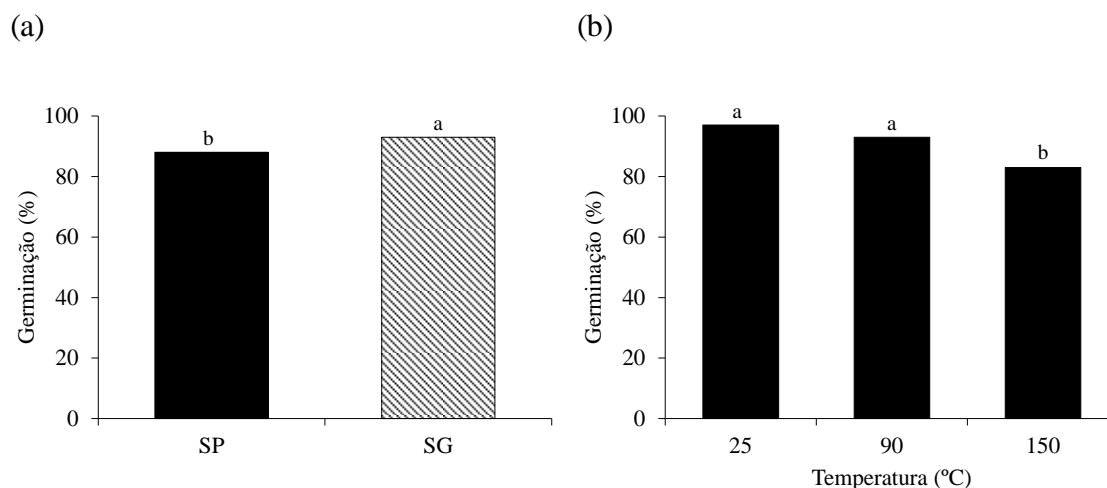


Figura 8. Porcentagem de germinação de sementes de *Dipteryx alata* grandes e pequenas (a), expostas nuas á 25°C, 90°C e 150°C (b). Letras distintas diferem pela análise de variância a 5% de probabilidade.

O tamanho dos frutos não influenciou a %G das sementes aquecidas dentro deles (Tabela 2), expressando seu máximo potencial (100%) independentemente da temperatura e tempo. E independentemente da forma que as sementes foram aquecidas

(protegidas pelo fruto ou nuas), ao final do teste, todas as sementes que não germinaram estavam visivelmente inviáveis.

As sementes desta espécie quando expostas nuas ao choque térmico apresentaram fissuras visíveis na sua casca, aumentando gradativamente com o aumento da temperatura e tempo.

4. DISCUSSÃO

Os aspectos dimensionais dos diásporos de *D. alata* mostram as diferenças entre as classes de tamanhos, permitindo separá-los em grandes e pequenos. Esta diferença encontrada no tamanho dos diásporos pode estar relacionada com a variabilidade genética das matrizes, associada a fatores ambientais (DRECH et al., 2013; SANO; VIVALDI E SPEHAR, 1999) e seguramente estão associados aos princípios de absorção e dissipação térmica e, conseqüentemente, aos efeitos do calor sobre elas.

As relações da dinâmica térmica em sistemas não biológicos envolvendo materiais bom condutores estão bem descritas em estudos no campo da física, nestes são evidenciados os efeitos da massa e da forma sobre a absorção e dissipação do calor, e podem servir como referência para entendimento das relações térmicas entre diásporos. No entanto, para materiais mal condutores, em especial em sistemas biológicos ativos, além da carência de dados desta natureza, sementes demonstram maior complexidade nas relações térmicas, considerando os demais fatores de variação inerentes às sementes (variações dimensionais das amostras, teor de água, natureza da reserva e entre outros) (JUNGLOS, 2020).

No presente estudo sementes grandes de *D. alata* expostas ao calor em altas temperaturas por 1 e 5 minutos apresentaram um aumento de temperatura relativa ainda maior que as sementes pequenas, quando mensurado logo após a saída da estufa, o mesmo foi verificado em frutos quando aquecidos por 5 minutos. Assim, evidenciamos que as relações dimensionais são muito importantes nas respostas de absorção e dissipação de calor corroborando com os achados de Junglos (2020) em estudo realizado com sementes de diferentes espécies do Cerrado.

Independentemente da classe de tamanho das sementes, as temperaturas máximas observadas na superfície após a saída da estufa não foi superior à temperatura considerada letal para sementes sem um tegumento duro (70°C; MERCER et al., 1994), o que explica

a germinação das sementes nuas desta espécie após exposição a altas temperaturas, simulando a passagem do fogo.

Em temperaturas e tempos mais extremos (150°C por 5 min), frutos grandes experimentaram temperaturas acima de 70°C, e o tempo de passagem de calor do fruto para o substrato de fundo até o equilíbrio é maior quando comparado a frutos pequenos. Logo, baseado no fato que as sementes aquecidas protegidas pelos frutos não tiveram sua capacidade germinativa diminuída após o choque térmico, nos leva a inferir que mesmo que a temperatura no interior dos frutos possa ser alterada lentamente conforme observado por RIZZINI (1976), é inferior a aquela considerada letal (70°C) por Mercer et al. (1994), demonstrando a capacidade isolante dos frutos.

Ainda que as características morfológicas, dimensionais e químicas dos frutos sejam relevantes para isolar o embrião dos efeitos lesivos das altas temperaturas, o curto tempo de exposição dos frutos a altas temperaturas (de 1 a 5 minutos) também contribuem para esta resposta, já que períodos prolongados de calor podem ser deletérios às sementes de *D. alata*, mesmo que protegidas pelo fruto (RIZZINI, 1976; ROCHA; MARTINS, 2013). Por outro lado, a passagem do fogo geralmente é rápida, e nestas condições sementes de *D. alata* provenientes de frutos queimados ou parcialmente queimados foram tolerantes ao fogo (CARVALHO et al., 2009).

A tolerância de sementes sem a proteção dos frutos a passagem do fogo, tem sido associadas a dormência tegumentar, no entanto, muitas sementes que não possuem dormência física, como as do presente estudo, sobrevivem às altas temperaturas (TANGNEY et al., 2019; ZIRONDI et al., 2019), neste caso o tamanho e forma estão associadas à sobrevivência das sementes frente a este fator, onde sementes maiores apresentaram maior sobrevivência quando submetidas ao choque térmico (RIBEIRO et al., 2015) podendo estar ser uma exaptação da espécie estudada.

Em geral, as sementes de maior tamanho dentro de uma população ou subpopulação de uma mesma espécie indicam que foram mais bem nutridas durante o seu desenvolvimento e apresentam maior quantidade de reservas, aumentando assim a probabilidade de sucesso na germinação e, conseqüentemente, no estabelecimento de plântulas sob condições naturais e sob estresse, incluído a tolerância ao fogo ou ao calor (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000; DRESCH et al., 2013; HAIG; WESTOBY, 1991, PONTES et al., 2018 a, b; RUPRECHET et al., 2013).

Este trabalho traz informações relevantes sobre a ecologia de *D. alata*, de forma compreender melhor seus mecanismos de resposta frente ao choque térmico. Além disso, as informações servem de subsídio para trabalhos de restauração ambiental por semeadura direta em áreas sujeitas ao fogo, de modo a indicar a escolha da espécie e tamanho de sementes que possam contribuir com o sucesso das ações.

5. CONCLUSÃO

O tamanho dos diásporos de *Dipteryx alata* são importantes nas relações de absorção e dissipação de calor e a termografia por infravermelho apresentou-se como uma importante ferramenta para estimar este processo.

Independente da classe de tamanho, os frutos ganharam mais calor e levaram mais tempo para dissipar o calor e obter estabilidade térmica quando comparados as sementes, porém os dados germinativos demonstram o papel isolante dos frutos aos danos provocados pelo choque térmico.

Apesar do tamanho dos frutos não influenciar diretamente a germinação das sementes e estas expressarem seu maior desempenho mesmo após a exposição ao choque térmico, sementes grandes apresentam maior resistência a altas temperaturas.

Sementes submetidas ao choque térmico de 150°C sem a proteção dos frutos reduzem seu potencial germinativo, no entanto, os valores para germinação não são inferiores a 80%, demonstrando a tolerância da espécie ao choque térmico.

REFERÊNCIAS

BOND W. J.; SCOTT, A. C. Fire and the spread of flowering plants in the Cretaceous. **New Phytologist**, v. 188, p. 1137–1150, 2010.

BOUCHARDET, D. A.; RIBEIRO, I. M.; SOUSA, N. A.; AIRES, S. S.; MIRANDA, H. S. Efeito de altas temperaturas na germinação de sementes de *Plathymenia reticulata* Benth. e *Dalbergia miscolobium* Benth. **Revista Árvore**, v. 39, p. 697-705, 2015.

BRANCALION, P. H. S.; NOVENBRE, A. D. L. C.; RODRIGUES, R. R. Temperatura ótima de germinação de sementes de espécies arbóreas brasileiras. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 4, p. 15-21, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009.

- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência tecnologia e produção**. Jaboticabal: Funep, 2000. 588 p.
- CARVALHO, T. C.; SILVA, F. F. B.; OLIVEIRA, A. P. A.; PEREIRA, Z. V.; MUSSURY, R. M. Efeito do fogo natural e diferentes substratos na germinação de *Dipteryx alata* Vogel (Leguminosae). In: Congresso Nacional de Botânica, 60, 2009, Feira de Santana-BA. **Anais...** Feira de Santana-BA: Sociedade Botânica do Brasil, 2009.
- CIRNE, P.; MIRANDA, H. S. Effects of prescribed fires on the survival and release of seeds of *Kielmeyera coriacea* (Spr.) Mart. (Clusiaceae) in savannas of Central Brazil. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 20, n. 3, p. 197-204, 2008.
- COCHRANE, M. A. Fire science for rainforests. **Nature**, v. 421, p. 913-919, 2003.
- DRESCH, D. M.; SCALON, S. P. Q.; MASETTO, T. E.; VIEIRA, M. C. Germinação e vigor de sementes de gabioba em função do tamanho do fruto e da semente. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 3, p. 262-271, 2013.
- FERNÁNDEZ-MARÍN, B.; BUCHNER, O.; KASTBERGER, G. Non-invasive diagnosis of viability in seeds and lichens by infrared thermography under controlled environmental conditions. **Plant Methods**, v. 15, n. 147, p. 1-15, 2019.
- FICHINO, B. S.; DOMBROSKI, J.; PIVELLO, V. R.; FIDELIS, A. Does Fire Trigger Seed Germination in the Neotropical Savannas? Experimental Tests with Six Cerrado Species. **Biotropica**, v. 48, n. 2, p. 181-187, 2016.
- FIDELIS, A.; DAIBES, L. F.; MARTINS, A. R. To resist or to germinate? The effect of fire on legume seeds in Brazilian subtropical grasslands. **Acta Botânica Brasilica**, v. 30, n. 1, p. 147-151, 2016.
- FIDELIS, A.; DELGADO-CARTAY, M. D.; BLANCO, C. C.; MÜLLER, S. C.; PILLAR, V. D.; PFADENHAUER, J. Fire intensity and severity in Brazilian campos grasslands. **Interciencia**, v. 35, p. 739-745, 2010.
- GÓMEZ-GONZÁLEZ, S.; OJEDA, F.; TORRES-MORALES, P.; PALMA, J. E. Seed pubescence and shape modulate adaptive responses to fire cues. **Plos one**, v. 11, n. 7, p. 1-17, 2016.
- HAIG, D.; WESTOBY, M. Seed size, pollination casts and angiosperm success. **Evolutionary Ecology**, v. 5, n. 2, p. 231-247, 1991.
- HARDESTY, J.; MYERS, R.; FULKS, W. 2005. Fire, ecosystems, and people: a preliminary assessment of fire as a global conservation issue. **The George Wright Forum** v. 22, p. 78-87.
- HE, T.; LAMONT, B. B.; MANNING, J. A Cretaceous origin for fire adaptations in the Cape flora. **Scientific Reports**, v. 6, n. 34880, 2016.
- HUSS, J. C.; FRATZL, P.; DUNLOP, J. W. C.; MERRITT, D. J.; MILLER, B. P.; EDER, M. Protecting Offspring Against Fire: Lessons from *Banksia* Seed Pods. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 1-12, 2019.

JUNGLOS, F. S. **Fogo: inimigo ou aliado? Influência de altas temperaturas na ecofisiologia da germinação e crescimento inicial de espécies nativas do cerrado *stricto sensu*.** Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Dourados, 2020.

KEELEY, J. E., PAUSAS, J. G.; RUNDEL, P. W.; BOND, W. J.; BRADSTOCK, R. A. Fire as an evolutionary pressure shaping plant traits. **Trends in Plant Science**, v. 16, p. 406-411, 2011.

KIM, G.; KIM, G. H.; LOHUMI, S.; KANG, J. S.; CHO, B. K. Viability estimation of pepper seeds using time-resolved photothermal signal characterization. **Infrared Physics & Technology**, v. 67, p. 214-221, 2014.

KRANNER, I.; KASTBERGERB, G.; HARTBAUER, M.; PRITCHARDA, H. W. Noninvasive diagnosis of seed viability using infrared thermography. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 107, n. 8, p. 3912-3917, 2010.

LAMONT, B. B.; HE, T. Fire-adapted Gondwanan Angiosperm floras arose in the Cretaceous. **BMC Evolutionary Biology**, v.12, n.223, 2012.

MEN, S.; YAN, L.; LIU, J.; QIAN, H.; LUO, Q. A Classification Method for Seed Viability Assessment with Infrared Thermography. **Sensors**, v. 17, n. 4, p. 845, 2017.

MERCER, G. N.; GILL, A. M.; WEBER, R. O. A time-dependent model of fire impact on seed survival in woody fruits. **Australian Journal of Botany**, v. 42, p. 71-81, 1994.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável orgânico - Baru: *Dipteryx alata* VOG.** Brasília: MAPA/ACS, 2012. 25 p.

MIRANDA, A. C.; MIRANDA, H. S.; DIAS, I. F. O.; DIAS, B. F. S. Soil and air temperatures during prescribed Cerrado fires in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 9, p. 313-320, 1993.

PAUSAS, J. G.; LAMONT, B. B. Ecology and biogeography in 3D: the case of the Australian Proteaceae. **Journal of Biogeography**, v. 45, p. 1469-1477, 2018.

PONTES, S. P.; MONTEFUSCO-PEREIRA C. V.; MISRAD, B. B.; RIBEIRO-JUNIOR, H. L.; GRACIANO, D. E.; SANTOS, J. S.; NOBREGA, M. A. S.; FERNANDES, S. S. L.; CAIRES, A. R. L.; SANTIAGO, E. F. High-throughput phenotyping by applying digital morphometrics and fluorescence induction curves in seeds to identifying variations: A case study of *Annona* (Annonaceae) species. **Information Processing in Agriculture**, v. 5, n. 4, p. 443-455, 2018a.

PONTES, S. P.; SANTIAGO, E. F.; NOBREGA, M. A. S.; FREITAS, V. M. B. Caracterização morfológica usando dimensões lineares sobre os atributos biométricos em sementes de *Annona reticulata* (L.) Vell. (Annonaceae). **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, p. 696-707, 2018b.

- RIBEIRO, L. C.; BARBOSA, E. R. M.; LANGEVELDE, F. V.; BORGHETTI, F. The importance of seed mass for the tolerance to heat shocks of savanna and forest tree species. **Journal of Vegetation Science**, v. 26, p. 1102-1111, 2015.
- RIZZINI, C T. Influência da temperatura sobre a germinação de diásporos do Cerrado. **Rodriguesia**, v. 41, p. 341-384, 1976.
- ROCHA, L. G. S.; MARTINS, R. C. C. Estudo da germinação das sementes *Dipteryx alata* Vog. em condições de laboratório e viveiro florestal. In: Reunião anual da sociedade brasileira para o progresso da ciência-SBPC, 65, 2013, Recife. **Anais...** Recife: SBPC, 2013. p. 1-2.
- RUPRECHT, E.; FENESI, A.; FODOR, E. I.; KUHN, T. Prescribed burning as an alternative management in grasslands of temperate Europe: The impact on seeds. **Basic and Applied Ecology**, v. 14, n. 8, p. 642-650, 2013.
- SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F.; BRITO, M. A. **Baru: Biologia e Uso**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004.
- SANO, S. M.; VIVALDI, L. J.; SPEHAR, C. R. Diversidade morfológica de frutos e sementes de Baru (*Dipteryx alata* Vog.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 4, p. 513-518, 1999.
- SATO, M. N.; MUSSO, C.; MIRANDA, H. S. Fire-induced damage to *Qualea multiflora* Mart. seeds depends on fruit protection and the position in the tree crown. **Plant Biology**, v. 20, n. 6, p. 1036-1041, 2018.
- SILVA, J. B. C.; NAKAGAWA, J. Estudos de fórmulas para cálculo de germinação. **Informativo ABRATES**, v. 5, n. 1, p. 62-73, 1995.
- SOARES, J. S; SANTIAGO, E. F.; SORGATO, J. C. Conservation of *Schomburgkia crispa* Lindl. (Orchidaceae) by reintroduction into a fragment of the Brazilian Cerrado. **Journal for Nature Conservation**, v. 53, p. 1-9, 2020.
- TANGNEY, R.; MERRITT, D. J.; FONTAINE, J. B.; MILLER, B. P. Seed moisture content as a primary trait regulating the lethal temperature thresholds of seeds. **Journal of Ecology**, v. 107, n. 3, p. 1093-1105, 2019.
- ZIRONDI, H. L.; SILVEIRA, F. A.O.; FIDELIS, A. Fire effects on seed germination: heat shock and smoke on permeable vs impermeable seed coats, **Flora**, v. 253, p. 98-106, 2019.
- ZARCO-TEJADA, P. J.; GONZÁLEZ-DUGO, V.; BERNI, J. A. J. FLUORESCENCE. Temperature and Narrow-Band Indices Acquired from A UAV Platform for Water Stress Detection Using A Micro-Hyperspectral Imager and A Thermal Camera. **Remote Sensing of Environment**, n. 117, p. 322-337, 2012.

APÉNDICES

Apêndice A. Família, nome popular, síndrome de dispersão (SD) e classificação sucessional (CS) das espécies arbóreas utilizadas nos núcleos N5 PC. Dourados, MS, 2013/2014.

Nome Científico	Família	Nome popular	SD	CS
<i>Aegiphila sellowiana</i> Cham.	Lamiaceae	Tamanqueiro	ZO	P
<i>Eugenia uniflora</i> L.	Myrtaceae	Pitanga	ZO	ST
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	Anacardiaceae	Aroeira	ANE	ST
<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	Bignoniaceae	Ipê roxo	ANE	SI
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	Myrtaceae	Capororoca	ZO	SI

Classificação Sucessional (CS): (P) Pioneira; (SI) Secundária Inicial; (ST) Secundária Tardia. Síndrome de dispersão (SD): (AN) anemocórica, (AUT) autocórica, (ZO) zoocórica.

Apêndice B. Família, nome popular, síndrome de dispersão (SD) e classificação sucessional (CS) das espécies arbóreas utilizadas nos núcleos N5 NPC. Dourados, MS, 2013/2014.

Nome Científico	Família	Nome popular	SD	CS
<i>Poecilanthe parviflora</i> Benth.	Fabaceae	Coração-de-negro	AUT	ST
<i>Croton urucurana</i> Baill.	Euphorbiaceae	Sangra d'água	AUT	P
<i>Trema micranta</i> (L.) Blume	Cannabaceae	Candiúva	ZO	P
<i>Inga vera</i> Willd.	Fabaceae	Ingá	ZO	SI
<i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart.	Bignoniaceae	Jacarandá	ANE	SI

Classificação Sucessional (CS): (P) Pioneira; (SI) Secundária Inicial; (ST) Secundária Tardia. Síndrome de dispersão (SD): (AN) anemocórica, (AUT) autocórica, (ZO) zoocórica.

Apendice C. Família, nome popular, síndrome de dispersão (SD) e classificação sucessional (CS) das espécies arbóreas utilizadas nos núcleos N9 PC. Dourados, MS, 2013/2014.

Nome Científico	Família	Nome popular	SD	CS
<i>Trema micranta</i> (L.) Blume	Cannabaceae	Candiúva	ZO	P
<i>Eugenia uniflora</i> L.	Myrtaceae	Pitanga	ZO	ST
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae	Jatobá	ZO	ST
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	Anacardiaceae	Aroeira	ANE	ST
<i>Aspidosperma parvifolium</i> A.DC.	Apocynaceae	Guatambu	ANE	ST
<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Bignoniaceae	Ipê amarelo	ANE	SI
<i>Inga vera</i> Willd.	Fabaceae	Ingá	ZO	SI
<i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart.	Bignoniaceae	Jacarandá	ANE	SI
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	Myrtaceae	Capororoca	ZO	SI

Classificação Sucessional (CS): (P) Pioneira; (SI) Secundária Inicial; (ST) Secundária Tardia. Síndrome de dispersão (SD): (AN) anemocórica, (AUT) autocórica, (ZO) zoocórica.

Apêndice D. Família, nome popular, síndrome de dispersão (SD) e classificação sucessional (CS) das espécies arbóreas utilizadas nos núcleos N9 NPC. Dourados, MS, 2013/2014.

Nome Científico	Família	Nome popular	SD	CS
<i>Eugenia uniflora</i> L.	Myrtaceae	Pitanga	ZO	ST
<i>Croton urucurana</i> Baill.	Euphorbiaceae	Sangra d'água	AUT	P
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	Fabaceae	Tamboril	ZO	P
<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	Fabaceae	Amendoim- bravo	ANE	P
<i>Phytolacca dioica</i> L.	Phytolaccaceae	Cebolão	AUT	P
<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Bignoniaceae	Ipê amarelo	ANE	SI
<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	Bignoniaceae	Ipê roxo	ANE	SI
<i>Dipteryx alata</i> Vogel	Fabaceae	Baru	ZO	SI
<i>Sapindus saponaria</i> L.	Sapindaceae	Saboneteira	ZO	SI

Classificação Sucessional (CS): (P) Pioneira; (SI) Secundária Inicial; (ST) Secundária Tardia. Síndrome de dispersão (SD): (AN) anemocórica, (AUT) autocórica, (ZO) zoocórica.