
Ciências Biológicas

RAFAEL DE BARROS NOVAES

**EFEITOS DOS CHOQUES TÉRMICOS E DA
FUMAÇA NA GERMINAÇÃO DE TRÊS
ESPÉCIES DE POALES**



Rio Claro
2015

RAFAEL DE BARROS NOVAES

EFEITOS DOS CHOQUES TÉRMICOS E DA FUMAÇA NA
GERMINAÇÃO DE TRÊS ESPÉCIES DE POALES

Orientador: Profa. Dra. Alessandra Fidelis

Co-orientador: Msc. Luis Felipe Daibes

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Biociências da Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Câmpus de
Rio Claro, para obtenção do grau de bacharel e
licenciado do curso de Ciências Biológicas
Integral.

Rio Claro
2015

582.0467 Novaes, Rafael de Barros

N936e Efeito dos choques térmicos e da fumaça na germinação de três
espécies de Poales / Rafael de Barros Novaes. - Rio Claro, 2015
24 f. : il., figs., gráfs., tabs.

Trabalho de conclusão de curso (licenciatura e bacharelado - Ciências
Biológicas - Integral) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de
Biociências de Rio Claro

Orientador: Alessandra Fidelis

Coorientador: Luís Felipe Daibes

1. Sementes. 2. Cerrado. 3. Monocotiledoneas. 4. Fogo. I. Título.

A dona Marlene e ao Seu Carlito,

A Dona Tôta e ao Seu Antônio,

A Juliana,

A todos que torceram por mim, ou de algum jeito me deram forças

E a todos, que de algum modo, buscam o caminho da iluminação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a FAPESP 2015/06743-0 e CNPq 455183/2014-7 pelo financiamento do trabalho.

Ao Leveg, por cada oportunidade e por cada momento de aprendizagem. Em especial a Profa. Dra. Alessandra Fidelis e ao Msc. Luís Felipe Daibes por toda, experiência adquirida e pelos momentos de ajuda e apoio para que eu não caísse mais. Agradeço também ao resto dos integrantes pelas vivências e pelas ajudas de última hora, em especial a Jéssica Nunes, Heloiza Zironi, Msc. Talita Zupo, Msc Mariana Rafael, Henrique Zé Pinho, Jonathan Galdi.

A alguns professores, que contribuíram para a minha formação, em especial ao Prof. Dr. Claudio von Zouben, Prof. Dr. Roberto Goiten, Profa. Dra Patricia Paresi.

A todo o corpo de funcionários da Unesp de Rio Claro, eu os saúdo. Em especial a todo o pessoal da Cantina, Vigilância e ao “Marcão da Graduação”.

A todos os amigos e companheiros, que me acompanharam nessa jornada. Em especial Reto, Fiona, Fininho, Emília, Meda, Fronha, Paulinha, Amanda, Vandinha, Aline, Isabele, Forfo, Tassi, Chaves, Bia, Vesper, Coragem, Dom, Chico B., Berne, Mió, Fii, Porteira, Mackenzie, Rep Tijuana, Loucas&Cãimbra, Rep Condado, Rep Villa, Rep Metazoa, Rep Alpha, Rep Formigueiro e mais uma galera. Falta pouco tempo pra entregar a correção do TCC e não vou lembrar de todo mundo. E sem contar que quanto mais escrevo, mais linhas ocupo e vou ter que repaginar tudo.

Aos amigos distantes, mas nem um pouco menos importantes Gustavo, Ticiane, Sodia, Flávio, Maria, Barts, Fer, Peru, Ana Paula, Marcelinha, Lee, Dani, Julianus, Ticão, Pit, Shoiti, Maurício, Primão, Zago, Cíntia e Anna Bia e Anna Lu. Saibam sempre carrego um pedaço de vocês dentro de mim.

A minha família, com um beijo especial pra Juliana, Jairo, José Miguel, Vinícius, Maurício, Fernanda, Maurinho, Tia Lela, Tio Lanza, Tio Maurinho, e mais especial ainda a para Dona Tota e Seu Antônio.

A minha mãe, e meu pai, que além de me doarem metade dos genes cada um, financiaram a minha carreira até aqui e me deram todos os ensinamentos necessários para sobreviver no mundo cão de hoje. Se hoje sou o que sou, devo isso a vocês. E a Mãe-vó e ao Vô também.

Ao Prof. Dr. São Victor José Mendes Cardoso, pela consideração, pelos ensinamentos, pela amizade, pela salvação e por ser decisivo no meu caminho.

“For those about to rock, we salute you!”

AC/DC

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVO	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1.Área de Estudo	11
3.2.Coleta de sementes	11
3.3.Experimento de choque de temperatura	12
3.4.Experimento de fumaça	12
3.5.Germinação e observação	13
3.6.ANÁLIZE DE DADOS	13
4. RESULTADOS	14
4.1.Experimento de Choque de temperatura	14
4.2.Experimento de fumaça	17
5. DISCUSSÃO	20
6. CONCLUSÃO	23
7.REFERÊNCIAS	24

1 INTRODUÇÃO

O fogo é um fenômeno que utiliza a matéria orgânica do ambiente como combustível durante a sua passagem, alterando as 7888 do habitat e, conseqüentemente, afetando os processos vitais dos organismos (WHELAN, 1995). Nos ecossistemas susceptíveis ao fogo, o acúmulo de matéria orgânica seca apresenta grande potencial inflamável. Com o oxigênio disposto na atmosfera, a reação só necessita de uma fonte de ignição, que geralmente é atribuída às tempestades de raios, que ocorrem nas estações chuvosas, e também à ação antrópica (WHELAN, 1995).

Ao longo da história da Terra, estudos mostraram que o fogo é contemporâneo à colonização de plantas no ambiente terrestre, estando presente provavelmente desde o Siluriano (PAUSAS & KEELEY, 2009). Portanto, o fogo pode ser considerado um importante fator evolutivo, pois ao longo do tempo selecionou espécies em ecossistemas susceptíveis à queima. Plantas destes ambientes, portanto, apresentam atributos adaptativos (NAVEH, 1975; KEELEY et al., 2011). Assim sendo, o fogo moldou diversos ecossistemas, assim como influenciou a distribuição e manutenção dos mesmos (BOND & MIDGLEY, 2003).

Espécies endêmicas em ambientes inflamáveis geralmente são dotadas de estruturas ou estratégias que conferem a capacidade de suportar tais condições extremas e persistir em um cenário pós-fogo (BOND & VAN WILGEN, 1996). Estes mecanismos são diversificados, possuindo uma série de adaptações fisiológicas e morfológicas (COUTINHO, 1977; 1982), como a proteção dos meristemas, localizados geralmente na altura do solo (protegidos ou não por estruturas como bainhas foliares) ou abaixo dele (GIGNOUX et al., 1997), a regeneração por rebrotamento pós-fogo, assim como a germinação estimulada pelo fogo (KEELEY et al., 2011)

As espécies da comunidade vegetal podem responder ao fogo de diversas maneiras. O início de floração e frutificação de espécies, como por exemplo, *Vellozia gigantea* (RIBEIRO & RIBEIRO, 2007), a abertura de frutos e dispersão de sementes (COUTINHO, 1977) e quebra de dormência de algumas sementes são atribuídas a passagem do fogo no Cerrado (COUTINHO, 1990).

Os efeitos diretos do fogo nos ecossistemas podem se resumir ao aumento de temperatura na superfície do solo, que pode chegar a 800°C, enquanto que a poucos centímetros abaixo da superfície do solo, o fogo exerce pouca influência

(COUTINHO, 1982, 2000). Assim sendo, muitas sementes enterradas no solo não sofrem ação direta do fogo, resistindo a sua passagem, enquanto que as sementes mais superficiais podem ser ou não destruídas pelas chamas (BAXTER et al., 1994). Portanto, o fogo é um fator natural de diversos ecossistemas, podendo afetar de maneira positiva ou negativa o ambiente dependendo das mudanças que ele promove após a sua passagem (WHELAN, 1995; COCHRANE, 2009).

Após a passagem do fogo, ocorre a “remoção” da biomassa aérea e serapilheira, abrindo novos espaços na vegetação e permitindo que novas espécies se estabeleçam onde espécies dominantes serviam como barreira anteriormente (HOFFMAN, 1996; FIDELIS et al. 2012), influenciando também na dinâmica e estrutura das populações de plantas (WHELAN, 1995), com recrutamento de novos indivíduos a partir do banco de sementes.

Os efeitos do fogo na vegetação podem ser tanto diretos no meio abiótico (alterações na temperatura do solo e/ou nos ciclos de nutrientes), como no meio biótico (aumento da produtividade primária em plantas; seleção de espécies resistentes ao fogo; rebrotamento) (COUTINHO, 1982; WHELAN, 2005; BOND & VAN WILGEN, 2006), propiciando a coexistência entre diferentes espécies em ambientes suscetíveis ao fogo (HIGGINS et al., 2000).

O distúrbio causado pelo fogo pode provocar mudanças na hierarquia de competição, mudanças na estrutura das populações e das comunidades em todo ecossistema (WHELAN, 1995; BOND & VAN WILGEN, 1996). Além disso, ele afeta a ciclagem de nutrientes e pode favorecer processos de recolonização através da germinação e/ou rebrotamento de diversas espécies (COUTINHO 1982, 1990; PIVELLO & COUTINHO, 1982).

Temperaturas elevadas são muitas vezes responsáveis por quebrar a dormência e promover a germinação de sementes de ambientes inflamáveis (LACEY et al., 1982; HODGKINSON, 1991; KEELEY & FOTHERINGHAM, 2000), como no Cerrado (COUTINHO, 1982). Quando as sementes são permeáveis, choque de temperatura pode estimular a germinação, acelerando o processo em espécies com sementes com revestimento permeável à água, enquanto nas espécies com dormência física (espécies impermeáveis), o choque de temperatura pode fazer com que o tegumento sofra uma ruptura na altura da testa da semente, permitindo assim a entrada de água na semente (BASKIN & BASKIN, 2001).

A dormência é um impedimento à germinação mesmo em condições ideais para as sementes (BASKIN & BASKIN, 2004). Ela permite que sementes germinem ao longo do tempo e do espaço, permanecendo por longos períodos no banco de sementes do solo. Tais sementes podem rapidamente serem recrutadas em uma área afetada pelo fogo, aumentando a probabilidade de resultar em plantas adultas (BASKIN et al., 2000; FENNER & THOMPSON, 2005).

Além da temperatura, a fumaça e os resíduos gerados pelo fogo também podem contribuir para a germinação de algumas espécies vegetais. Quando extraída em laboratório, a solução de fumaça aumenta a taxa de germinação de determinadas espécies de plantas (JÄGER et al., 1996). Substâncias presentes nas cinzas, como o butenolídeo (resultado da combustão da celulose) podem ter uma influência positiva na germinação de várias espécies de plantas (FLEMATTI et al., 2004; LIGHT et al., 2009; MOREIRA et al., 2010). Essa resposta seria atribuída a espécies cuja dormência física é ausente, ou até mesmo em espécies em que este tipo de dormência já estivesse rompida (MOREIRA et al., 2010).

Considerado um *hotspot* de biodiversidade (MYERS et al. 2000), o Cerrado ocupa uma grande extensão de área no Brasil (MACHADO et al. 2004). O Cerrado possui uma vegetação considerada pirofítica (COUTINHO, 1990) e abrange diversas fisionomias que vão desde o campo limpo (formação campestre) até o cerradão (formação florestal), além das formações savânicas (campo sujo, campo rupestre e cerrado *sensu stricto*, COUTINHO, 1978).

O Cerrado teve sua maior diversificação de espécies a cerca de 10 milhões de anos, coincidindo com a presença de fogo. Assim sendo, pode-se dizer que o fogo influencia a vegetação do Cerrado há milhões de anos (SIMON et al. 2009). Tendo em vista a importância que o fogo exerce para a manutenção da biodiversidade do Cerrado, é de extrema importância o conhecimento da influência de altas temperaturas sobre as sementes depositadas no solo. A adição de tais informações em um banco de dados pode permitir e auxiliar na elaboração de planos de preservação e manejo com espécies endêmicas da região.

2 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito da passagem do fogo na germinação de sementes de espécies de monocotiledôneas do Cerrado. Pretende-se avaliar tanto o efeito de altas temperaturas, como da fumaça. Para isso, serão coletadas sementes de três famílias distintas da Ordem Poales (Bromeliaceae, Poaceae e Xyridaceae), nativas de áreas de Cerrado da Estação Ecológica de Itirapina e na Reserva Natural Serra do Tombador.

Desta forma, pretende-se:

- Verificar o efeito da exposição das sementes à diferentes choques de temperatura (60, 100, 200°C), durante 1 minuto, além de um controle (sem exposição a altas temperaturas). Tem-se como hipótese que as sementes resistirão à exposição a altas temperaturas, ou seja, após o choque térmico elas germinarão e terão seus embriões viáveis, assim como das sementes que não foram expostas (Controle).

- Avaliar a influência da fumaça na germinação destas espécies. Espera-se que, quando expostas à fumaça, as sementes apresentarão uma maior porcentagem de germinação.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de Estudo

As coletas das sementes ocorreram em duas áreas distintas: Estação Ecológica de Itirapina (EEI) e Reserva Natural Serra do Tombador (RNST). A EEI possui cerca de 2.300 hectares e está localizada entre os municípios de Itirapina e Brotas, no estado de São Paulo (22°12'S; 47°55'W), sendo considerada uma área de regime especial de manejo na área de influência da represa do Lobo (ZANCHETTA & DINIZ, 2006). A área tem clima com inverno seco, com temperatura média anual de 20,8°C e precipitação média anual de 1.523 mm, sendo que a estação chuvosa compreende o período de outubro a março, e a seca, engloba os meses de abril a setembro (GIANOTTI, 1988 apud CABRAL et al., 2006).

Apresenta cobertura vegetal predominantemente constituída por campos limpos e sujos, campos cerrados, florestas ripárias e áreas úmidas (ZANCHETTA et al., 2006). Constitui-se, no entanto, na maior área de campo sujo da região formada pelos municípios de São Carlos, Itirapina, Brotas, Analândia, Corumbataí e Rio Claro (KRONKA et al., 1998).

A outra área de estudo está localizada em Cavalcante-GO (RNST, 13°35'S; 47°45'W). A RNST é a maior Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) do Estado de Goiás e a quarta maior de Cerrado do Brasil, possuindo aproximadamente 8.900 ha (DALDEGAN, 2012).

O clima da região é do tipo savana equatorial com inverno seco, com temperaturas médias acima de 18°C e precipitação no inverno menor do que 60 mm (KOTTEK et al., 2006). A precipitação anual média está entre 1.300 e 1.500 mm e os solos predominantes na área são Latossolos Vermelho amarelos, com grande quantidade de alumínio e pobre em nutrientes (FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO, 2011). A vegetação da RNST é composta por diferentes fisionomias de Cerrado, como campo limpo, campo sujo, cerrado rupestre, cerrado *sensu stricto*, além de florestas de vale (FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO, 2011).

3.2. Coleta das sementes

A coleta foi feita em diferentes indivíduos e populações das espécies selecionadas, durante o pico da maturação dos frutos (de abril a agosto de 2014). Após a coleta, as sementes foram armazenadas em sacos de papel, e

posteriormente, em sacos plásticos hermeticamente fechados, a fim de evitar a troca gasosa do meio externo, mantendo a umidade mínima dentro dos sacos.

Foram utilizadas sementes de três espécies distintas: *Dyckia brasiliiana* L.B.Sm (Bromeliaceae, campo sujo, RNST), *Xyris laxifolia* Mart. (Xyridaceae, campo úmido, EEI), e *Axonopus pressus* (Steud.) Parodi (Poaceae, campo sujo, EEI), todas pertencentes à ordem Poales.

3.3. Experimentos de choque de temperatura

Para cada tratamento, foram utilizadas cinco réplicas com 20 sementes/réplica. Além do controle (não foi exposto a nenhuma temperatura), as sementes foram expostas às seguintes temperaturas por 1 minuto: 60, 100 e 200°C.

Os tratamentos de temperatura foram feitos em uma mufla pré-aquecida com temperatura controlada. As réplicas foram introduzidas na mufla separadamente, evitando assim pseudoréplicas (MORRISON & MORRIS, 2000). Após os tratamentos, as sementes foram colocadas em placas de Petri com dois papéis filtros, previamente esterilizados e embebidos em água destilada. As placas foram colocadas para germinar em câmaras de germinação com período de claro e escuro controlado (12h/12h) e temperatura constante de 27°C.

3.4. Experimento de fumaça

Para cada espécie, foram utilizadas cinco réplicas com 20 sementes/réplica para cada tratamento. Além do controle (que ficou embebido em água destilada durante 24 horas), as sementes foram expostas ao tratamento de fumaça em concentração de 1:1, ficando embebidas por 24h em suas soluções. Após este período, as sementes foram lavadas com água destilada e colocadas para germinar em placas de Petri. A solução de fumaça baseia-se no fundamento de solubilidade, onde a maioria dos compostos químicos são solúveis em água (FLEMATTI, 2004).

A solução de fumaça em concentração 1:1 foi preparada a partir de biomassa coletada nas áreas de estudo, compostas principalmente de gramíneas e herbáceas. Cinco gramas desse material foram aquecidas em uma mufla (240°C), durante 30 minutos. Imediatamente após a remoção do material da mufla, foram adicionados 50 mL de água destilada sobre o material aquecido, deixando em repouso por 10 minutos, logo após sendo filtrado utilizando papel filtro. Para cada réplica foi feita uma solução distinta, sendo medido o pH de cada solução.

3.5. *Germinação e observações*

As observações foram feitas três vezes por semana, para verificar o número de sementes germinadas em cada réplica, durante 30 dias. As sementes foram consideradas germinadas quando observada protrusão radicular (BEWLEY, 1997).

Após o término dos experimentos, foram realizados testes de viabilidade, utilizando-se o protocolo desenvolvido para cada espécie (com tetrazólio, solução 1%, pH=7) nas sementes que não germinaram, para se avaliar se as sementes não possuíam embrião, ou se este não era viável.

3.6. *Análise dos dados*

Na análise dos resultados foi considerada a porcentagem final de germinação, $G\% = (N_g/N_{total}).100$, na qual N_g é número total de sementes germinadas e N_{total} é o número inicial de sementes por placa. Para comparação estatística entre os tratamentos, foi feita análise de variância (one-way ANOVA) por meio de testes de aleatorização utilizando medidas de distância Euclidiana entre unidades amostrais (10000 iterações) para cada espécie do estudo. Foram considerados diferentes os valores de $p < 0,05$ entre tratamentos, a análise foi realizada utilizando o software MULTIV (PILLAR, 2005).

4 RESULTADOS

4.1. Choque de temperatura

Os resultados mostraram que as sementes das espécies estudadas não apresentaram nenhuma resposta significativa em sua germinação quando expostas a diferentes temperaturas ($P > 0,05$). Desta forma, pode-se observar que, quando expostas a 200°C, as espécies estudadas não apresentaram uma queda significativa na porcentagem de germinação e na viabilidade de suas sementes em relação ao controle.

As sementes de *Dyckia brasiliiana* apresentaram a maior porcentagem de germinação ($63 \pm 11\%$) no Controle entre as espécies estudadas. Embora a porcentagem de germinação tenha apresentado uma tendência ao aumento nos tratamentos de 60, 100 e 200°C ($73 \pm 12\%$, $81 \pm 15\%$ e $76 \pm 4\%$, respectivamente), tais diferenças não foram significativas ($P = 0,23$, Figura 1).

Já as sementes de *Xyris laxifolia* germinaram $53 \pm 12\%$ no Controle. Quando expostas a 200°C, as sementes de *X. laxifolia* germinam $57 \pm 8\%$, enquanto que nos demais tratamentos, germinaram com porcentagens de germinação $< 50\%$ ($49 \pm 12\%$ e $46 \pm 16\%$, a 60°C e 100°C respectivamente, $P = 0,58$, Figura 2).

Pode-se observar que as sementes de *Dyckia brasiliiana* apresentavam $76 \pm 10\%$ de sementes viáveis, enquanto que $51 \pm 12\%$ de sementes de *X. laxifolia* coraram após o teste de tetrazólio. Os testes mostraram que o choque térmico não causou queda na viabilidade das sementes (*Dyckia brasiliiana*: $P = 0,22$ e *Xyris laxifolia*: $P = 0,54$, Figura 1 e 2 respectivamente).

As sementes de *Axonopus pressus* apresentaram uma baixa porcentagem de germinação no Controle ($12 \pm 3\%$). Quando expostas a altas temperaturas, a porcentagem de germinação pouco mudou, sendo que a 60°C, $11 \pm 8\%$ germinaram e a 100°C, $7 \pm 7\%$ germinaram e a 200°C, a germinação de *A. pressus* tende a aumentar para $17 \pm 10\%$ ($P = 0,88$, Figura 3).

Figura 1: Porcentagem de germinação (barra branca, média±DP, %) e viabilidade de sementes (barra cinza, média±DP, %) de *Dyckia brasiliiana* nos diferentes tratamentos de choque de temperatura: Controle (sem exposição a altas temperaturas), 60, 100 e 200°C (exposição por 1 minuto).

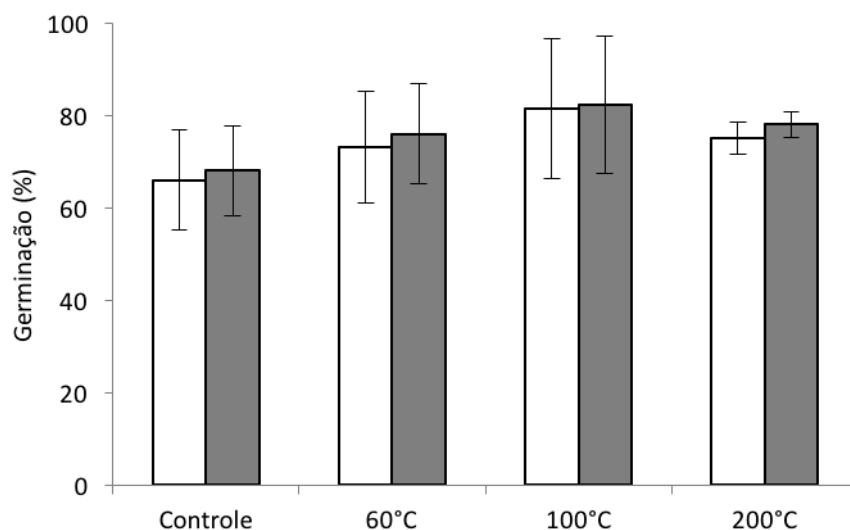
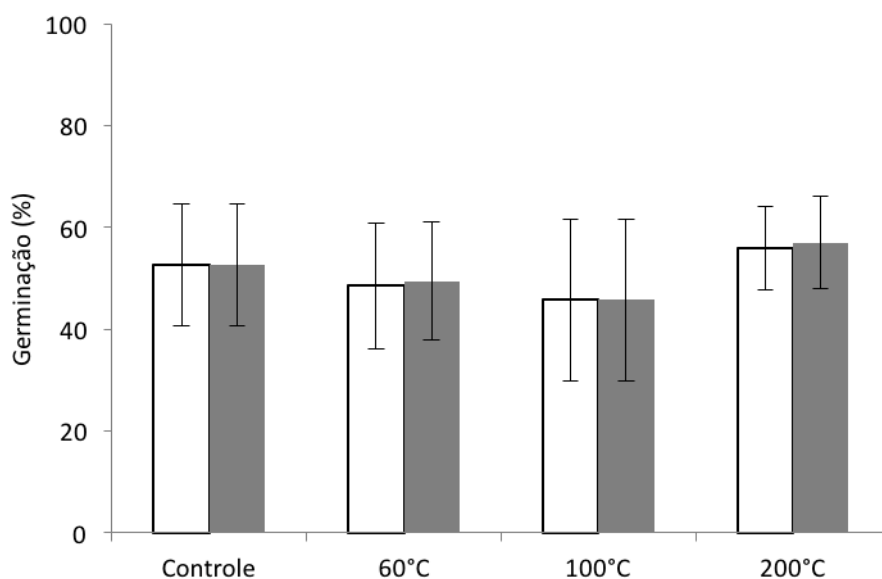


Figura 2: Porcentagem de germinação (barra branca, média±DP, %) e viabilidade de sementes (barra cinza, média±DP, %) de *Xyris laxifolia* nos diferentes tratamentos de choque de temperatura: Controle (sem exposição a altas temperaturas), 60, 100 e 200°C (exposição por 1 minuto).



Após os testes de tetrazólio, observou-se que uma porcentagem das sementes de *A. pressus* encontrava-se viáveis. Durante as observações do experimento de temperatura, percebeu-se também que dentre as sementes de *A. pressus* utilizadas no tratamento de temperatura, boa parte encontrava-se vazia (Tabela 1).

Figura 3: Porcentagem de germinação (barra branca, média±DP, %) e viabilidade de sementes (barra cinza, média±DP, %) de *Axonopus pressus* nos diferentes tratamentos de choque de temperatura: Controle (sem exposição a altas temperaturas), 60, 100 e 200°C (exposição por 1 minuto).

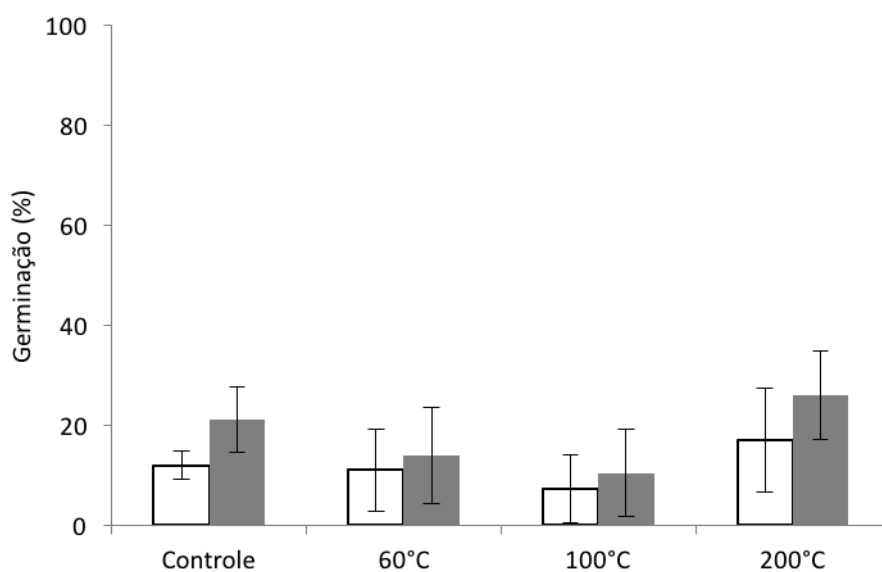


Tabela 1: Porcentagem de sementes de *Axonopus pressus* (média±DP, %) mortas (%M) e vazias (%Vz) após os experimento de choque de temperatura e a realização do teste de tetrazólio.

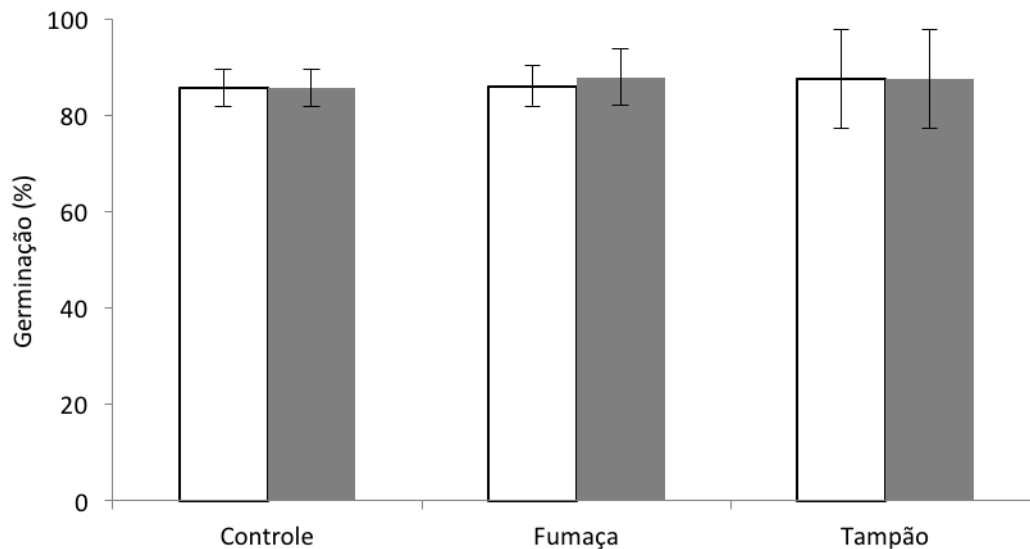
Tratamento	%M	%Vz
Controle	49±9	30±11
60°C	54±14	32±15
100°C	49±17	31±10
200°C	39±18	35±21

4.2.Fumaça

A fumaça também não afetou significativamente a germinação das espécies estudadas. As sementes de *D. brasiliiana* apresentaram alta porcentagem de germinação em todos os tratamentos, germinando mais de 85% (P= 0,9, Figura 4). As sementes de *X. laxifolia* apresentaram uma porcentagem de germinação de 90±13% no Controle, enquanto que com o tratamento de fumaça e tampão, houve uma redução para <80% (77±24% e 73±26%, fumaça e tampão, respectivamente) (Figura 5, P= 0,43).

Após os experimentos e a realização dos testes de tetrazólio, observou-se que >80% das sementes de *Dyckia brasiliiana* e de *Xyris laxifolia* estavam viáveis e a viabilidade não foi afetada pelos experimentos de fumaça (P= 0,9 e P=0,43, para *D. brasiliiana* e *X. laxifolia*, respectivamente).

Figura 4: Porcentagem de germinação (barra branca, média±DP, %) e viabilidade de sementes (barra cinza, média±DP, %) de *Dyckia brasiliiana* nos diferentes tratamentos de fumaça: Controle (embebição em água destilada por 24 h), fumaça (solução aquosa) e tampão.



Devido ao grande número de sementes vazias encontradas em *Axonopus pressus* durante o experimento de choques térmicos, o material utilizado para o experimento de fumaça passou a ser manuseado minuciosamente com o auxílio de uma lupa durante sua triagem. Com isso, as porcentagens de germinação entre os dois experimentos podem ter aumentado, diminuindo assim a proporção de sementes vazias de *A. pressus*.

Mesmo com o aumento na porcentagem de germinação em relação aos experimentos com choque de temperatura, as sementes de *A. pressus* continuaram com baixa germinação ($\leq 35\%$). No Controle, $29 \pm 12\%$ das sementes germinaram, sendo que $33 \pm 13\%$ foi a porcentagem de germinação quando as sementes foram tratadas com fumaça e $30 \pm 15\%$ germinaram com a solução tampão (Figura 6, $P=0,88$).

Figura 5: Porcentagem de germinação (barra branca, média±DP, %) e viabilidade de sementes (barra cinza, média±DP, %) de *Xyris laxifolia* nos diferentes tratamentos de fumaça: Controle (embebição em água destilada por 24 h), fumaça (solução aquosa) e tampão.

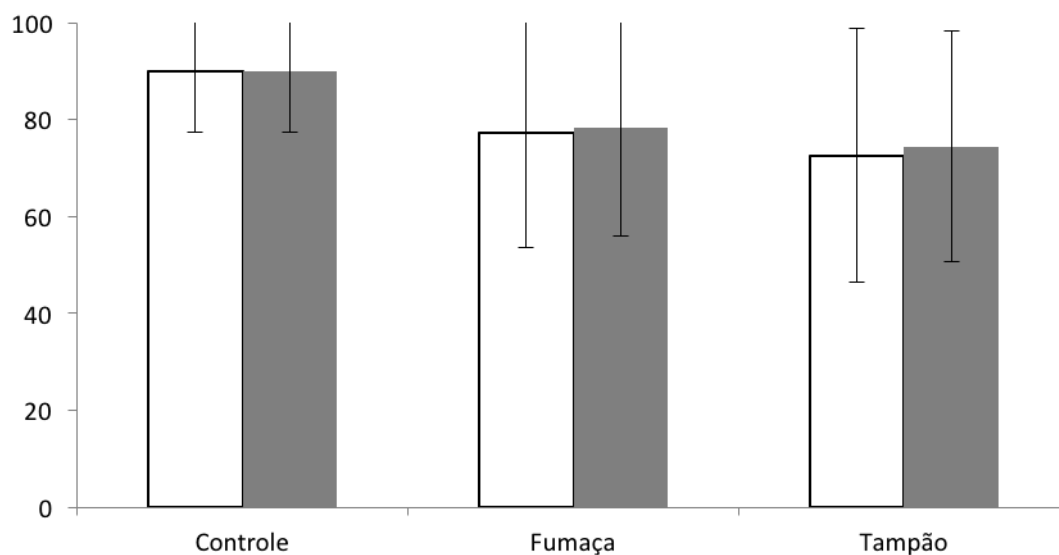
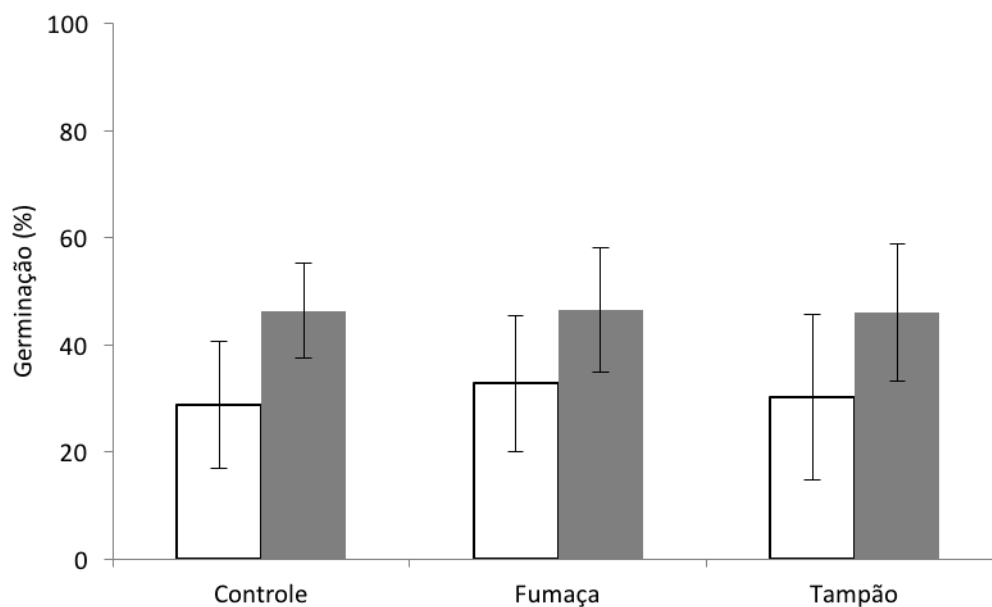


Figura 6: Porcentagem de germinação (barra branca, média±DP, %) e viabilidade de sementes (barra cinza, média±DP, %) de *Axonopus pressus* nos diferentes tratamentos de fumaça: Controle (embebição em água destilada por 24 h), fumaça (solução aquosa) e tampão.



5 DISCUSSÃO

Durante a rápida passagem do fogo em ambientes abertos do Cerrado, a temperatura pode passar dos 500°C na superfície do solo (COUTINHO, 2000). As sementes ali presentes ficam expostas a condições extremas, onde somente as que possuem algum tipo de mecanismo para resistir ou se beneficiar persistem após o distúrbio. A dormência e aumento da germinação de sementes de várias espécies de ecossistemas susceptíveis ao fogo podem ser causadas muitas vezes pelas altas temperaturas produzidas pelo fogo (LACEY et al., 1982; HODGKINSON, 1991; KEELEY & FOTHERINGHAM, 2000). Uma estratégia importante para a sobrevivência das sementes seria sua inserção no banco de sementes do solo, onde as temperaturas não costumam ultrapassar os 120°C na primeira camada (BRADSTOCK & AULD, 1995), em geral não chegando acima dos 55°C no Cerrado (MIRANDA et al., 1993). Portanto, as temperaturas utilizadas neste trabalho tinham como objetivo simular a passagem do fogo no banco de sementes, utilizando temperaturas usualmente encontradas (por exemplo 60°C) e extremas (200°C).

Os resultados deste estudo mostraram que a germinação das sementes das espécies estudadas não foi estimulada pelos tratamentos de choque de temperatura. Entretanto, nossos resultados mostraram que tais sementes são capazes de resistir à passagem do fogo, mesmo a 200°C. Nesta temperatura, duas das espécies estudadas (*D. brasiliiana* e *X. laxifolia*) germinaram com uma porcentagem de germinação superior a 50%. Tal temperatura é considerada letal para sementes de muitas espécies (WHELAN, 1995), demonstrando a resistência destas três espécies, típicas do Cerrado. Geralmente, o aumento da porcentagem de germinação após a exposição a altas temperaturas é considerado um importante atributo adaptativo ao fogo (KEELEY et al. 2011). Vários estudos na Bacia do Mediterrâneo por exemplo, mostraram o efeito positivo do fogo no aumento da germinação de espécies nativas (ver MOREIRA et al. 2010). Porém, como demonstrado por Fichino et al. (no prelo), algumas espécies de Cerrado não apresentam o mesmo comportamento encontrado nas espécies de outros ecossistemas inflamáveis. Alguns estudos mostraram que algumas espécies respondem mais a flutuações diárias de temperatura do que ao choque térmico (SANTANA et al. 2013).

Além das altas temperaturas decorrentes do fogo, a fumaça e as cinzas liberadas no ambiente também podem afetar a germinação de sementes, podendo

estimular ou inibir o desenvolvimento do embrião (MOREIRA et al., 2010). Porém, a fumaça não influenciou a germinação das sementes deste estudo, diferentemente do encontrado para espécies com tegumento permeável da Bacia do Mediterrâneo (MOREIRA et al., 2010): espécies da família Lamiaceae, por exemplo, germinaram mais quando expostas a soluções aquosas de fumaça, mostrando assim, que o estímulo à germinação pela fumaça neste ambiente seria uma adaptação ao fogo (KEELEY et al. 2011). Estudos previamente realizados no Cerrado com espécies de campo úmido e campo sujo também não encontraram evidências de estímulo de germinação pela fumaça (FICHINO et al., no prelo).

Assim, as taxas de germinação das espécies deste estudo não foram afetadas nem pelos choques de temperatura, nem pela presença de fumaça. No entanto, a viabilidade destas sementes não diminuiu com os tratamentos, mostrando que as sementes destas espécies são capazes de resistirem e persistirem a episódios de queima, como demonstrado por Fichino et al. (2012) e Fichino et al. (no prelo) para espécies de campo úmido e campo sujo do Cerrado. Portanto, não somente a quebra da dormência pelas altas temperaturas, mas também a resistência à passagem do fogo deve ser levada em consideração em estudos de germinação de sementes de ambientes sob influência do fogo (FICHINO et al., no prelo).

Somente as sementes de *Axonopus pressus* apresentaram baixa germinação, principalmente devido a presença de uma grande % de sementes vazias e provavelmente dormência fisiológica das sementes viáveis restantes. Quando comparados a outros estudos e outras espécies, tanto do gênero *Axonopus* quanto de outros grupos da família Poaceae, estes dados corroboram que algumas gramíneas possuem baixa taxa de germinação, podendo esta ser atribuída à presença de dormência fisiológica (ZAIDAN, 2008). Contudo, sua alta ocorrência em campo é atribuída à reprodução propagativa através de seu rizoma, que se destaca quando sofre algum tipo de distúrbio do ambiente, como por exemplo, pisoteio de animais ou fogo (COUTINHO, 1977; 1982).

Desta forma, as sementes das três espécies de monocotiledôneas estudadas apresentaram resistência à passagem do fogo, germinando após a exposição de 200°C por 1 minuto e não responderam aos tratamentos de fumaça. Apesar das

espécies não apresentarem respostas positivas aos tratamentos de choque de temperatura e de fumaça, que são considerados respostas adaptativas ao fogo (KEELEY et al. 2011), acreditamos que a resistência a altas temperaturas também deve ser considerado um importante atributo em ecossistemas inflamáveis e portanto, deve ser considerado em estudos de sementes de espécies em tais ambientes.

6 CONCLUSÃO

Os resultados mostraram que as sementes deste estudo resistem a temperaturas de até 200°C, sem diferença estatística entre os tratamentos, mostrando-se resistentes à passagem do fogo. A fumaça não desempenha um papel significativo na germinação das sementes destas espécies, tão pouco inibe ou retarda a germinação das sementes.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASKIN C.C.; BASKIN J.M. A classification system for seed dormancy. **Seed Science Research**, 14: 1-16. 2004.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**. Elsevier, 2001.
- BASKIN J.M.; BASKIN C.C.; Li X. Taxonomy, anatomy and evolution of physical dormancy in seeds. **Plant Species Biology**. 15: 139-152. 2000.
- BAXTER, B.J.M.; VAN STADEN, J.; GRANGER, J.E.; BROWN, N.A.C. Plant-derived smoke and smoke extracts stimulate seed germination of the fire-climax grass *Themeda triandra*. **Environmental and Experimental Botany**, 34: 217–223, 1994.
- BEWLEY, J.D. Seed germination and dormancy. **The Plant Cell** 9: 1055-1066. 1997.
- BOND, W. J.; VAN WILGEN, B. W. Fire and plants. Population and community biology series. **Chapman & Hall, London**.1996.
- BRADSTOCK, R; AUDI, T. Soil temperatures during experimental bushfires in relation to fire intensity: consequences for legume germination and fire management in south-eastern Australia. **Journal of Applied Ecology**. 76-84p.1995.
- COCHRANE, M.; RYAN, K. C. Fire and fire ecology: Concepts and principles. In: Tropical fire ecology: Climate change, Land use and ecosystem dynamics. **UK. Springer**, 25-55, 2009
- COUTINHO, L. M. Aspectos ecológicos do fogo no cerrado, **Bol. Botânica, Universidade de São Paulo** 5: 57-64. 1977
- COUTINHO, L. M. Ecological effects of fire in Brazilian Cerrado. In: Huntley BJ, Walker BH (Ed.). **Ecology of tropical savannas**. Berlin: Springer-Verlag, 273-291. 1982.
- COUTINHO, L. M. Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado. In: Goldammer J (Ed.). **Fire in the tropical biota**. Berlin: Springer-Verlag, 273-291. 1990.
- COUTINHO, L. M. O Bioma do Cerrado. In: A. L. Klein (Ed.); **Eugen Warming e o Cerrado Brasileiro: um século depois**, 77–92, 2000.

DALDEGAN G. A. Análise espaço-temporal de queimadas em áreas nativas de Cerrado: RPPN Serra do Tombador, GO. **Dissertação de Mestrado (Geografia). Brasília: UnB. Instituto de Humanas, Departamento de Geografia.** p56. 2012.

FENNER, F; THOMPSON, K. The ecology of seeds. **Cambridge University Press.** 2005.

FICHINO, B; FIDELIS, A; SCHIMDTI; PIVELLO, V.R. Efeitos de altas temperaturas na germinação de sementes de capim-dourado (*Syngonanthus nitens* (Bong.) Ruhland, Eriocaulaceae): implicações para o manejo. **Acta Botanica Brasilica.** 26: 508-511. 2012.

FICHINO, B; DOMBROSKI, J; PIVELLO, V.R.; FIDELIS, A. Does fire trigger seed germination in the Neotropical Savannas? Experimental tests with six Cerrado species. **Biotropica.** No Prelo.

FIDELIS A.; BLANCO, C.C.; MULLER, S.C.; PILLAR, V.D.; PFADENHAUER, J. Short-term changes caused by fire and mowing in Brazilian Campos grasslands with different long-term fire histories. **Journal of Vegetation Science**, 23: 552-562. 2012.

FLEMATTI, G. R.; GHISALBERTI, E. L.; DIXON, K. W.; TRENGOVE, R. D. A compound from smoke that promotes seed germination. **Science**, 305: 977, 2004.

Fundação Grupo Boticário. **Plano de Manejo da Reserva Natural Serra do Tombador.** 2011.

GIGNOUX, J.; CLOBERT, J.; MENAUT, J.C. Alternative fire resistance strategies in savanna trees. **Oecologia**, 110: 576 - 583. 1997.

HIGGINS, S.; BOND, W.; TROLLOPE, W. Fire, resprouting and variability: a recipe for grass–tree coexistence in savanna. **Journal of Ecology**, 213–229, 2000.

HODGKINSON, K. Shrub recruitment response to intensity and season of fire in a semi-arid woodland. **Journal of Applied Ecology**, 28: 60–70, 1991.

HOFFMANN, W.A. The effects of fire and cover on seedling establishment in a neotropical savanna. **Journal of Ecology**, 84: 383-393. 1996

JÄGER, A.; LIGHT, M.; STADEN, J. VAN. Effects of source of plant material and temperature on the production of smoke extracts that promote germination of light-sensitive lettuce seeds. **Environmental and Experimental Botany**, 36: 421–429, 1996

KEELEY, J. E.; FOTHERINGHAM, C. J. Role of Fire in Regeneration from Seed, ,311–330, 2000.

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: 406–11, 2011. Elsevier Ltd.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**. 15: 259-263. 2006.

LACEY, C. J.; WALKER, J.; NOBLE, I. R. Fire in Australian Tropical Savannas. **Ecology of Tropical Savannas**, 246–272, 1982. Springer-Verlag.

LIGHT, E. M.; DAWS, I. M.; VAN STADEN. Smoke-derived butenolide: towards understanding its biological effects. **South Africa Journal of Botany**, 75: 1-7, 2009.

MACHADO, R.B.; RAMOS-NETO, M.B.; CALDAS, E.; GONSALVES, D.; SANTOS, N.; TADOR, K.; STEININGER, M. Estimativas de perda da área de cerrado brasileiro. Brasília: **C. I. Do Brasil**, p23. 2004

MOREIRA, B.; TORMO, J.; ESTRELLES, E.; PAUSAS, J. G. Disentangling the role of heat and smoke as germination cues in Mediterranean Basin flora. **Annals of Botany**, 105: 627–35, 2010.

MORRISON, D. A.; MORRIS, E. C. Pseudoreplication in experimental designs for the manipulation of seed germination treatments. **Austral Ecology**, 25: 292-296, 2000.

MYERS, N., R.A. MITTERMEIER, C.G. MITTERMEIER, G.A.B. FONSECA; J. KENT. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, 403: p. 853-858, 2000.

NAVEH, Z. The evolutionary significance of fire in the Mediterranean region. **Vegetatio**, 29:. 199–208, 1975.

- NELSON, D. C.; RISEBOROUGH, J.-A.; FLEMATTI, G. R.; et al. Karrikins discovered in smoke trigger Arabidopsis seed germination by a mechanism requiring gibberellic acid synthesis and light. **Plant physiology**, 149: 863–73, 2009.
- PAUSAS, J.G.; KEELEY, J.E. A burning story: the role of fire in the history of life. **BioScience**. 59: 593-601. 2009.
- PILLAR, V.D. MULTIV: Multivariate exploratory analysis, randomization testing and bootstrap resampling. **Coenoses**. 12: 145-148. 2005.
- PIVELLO, V.R.; COUTINHO, L.M. Transfer of macro-nutrients to the atmosphere during experimental burnings in an open cerrado (Brazilian savanna). **Journal of Tropical Ecology** 8: 487-497. 1992
- RIBEIRO, L.; RIBEIRO, K. Floração em massa de *Vellozia gigantea* (Velloziaceae) após a ocorrência do fogo nos campos rupestres da serra do cipó. **Sociedade de Ecologia do Brasil**, 2006–2007, 2007
- SIMON, M.F.; GREYER, R.; QUEIROZ, L.P.; SKEMA, C.; PENNINGTON, R.T.; HUGHES, C.E. Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. **Proceedings of the National Academy of Science** 106: 20.359-20.364. 2009.
- WHELAN, R. J. The Ecology of Fire. **Cambridge: Cambridge University Press**. 346p. 1995.
- ZANCHETTA, D.; DINIZ, F. V. Estudo da contaminação biológica por *Pinus* spp. em três diferentes áreas na Estação Ecológica de Itirapina (SP, Brasil). **Revista do Instituto Florestal, São Paulo**, 18: 1-14, 2006.
- ZAIDAN, L; CARREIRA, R. Seed germination in Cerrado species. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, 20:167-181, 2008

Rio Claro/SP, Outubro de 2015

Profa. Dra. Alessandra Fidelis (orientadora)

MSc. Luís Felipe Daibes (coorientador)

Rafael de Barros Novaes (aluno)