



PATRICK SANTOS SILVA

**TRATAMENTO DE SEMENTES DE *Solanum lycocarpum* St.
Hill. E *Solanum granulosoleprosum* Dunal. COM EXTRATO
AQUOSO DE FUMAÇA**

LAVRAS - MG

2020

PATRICK SANTOS SILVA

TRATAMENTO DE SEMENTES DE *Solanum lycocarpum* St. Hill. E *Solanum granulosoleprosum* Dunal. COM EXTRATO AQUOSO DE FUMAÇA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para obtenção do título de Mestre.

Dr. Anderson Cleiton José

Orientador

LAVRAS – MG

2020

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Silva, Patrick Santos.

Tratamento de sementes de *Solanum Lycocarpum* St. Hill. e
Solanum granulosoleprosum Dunal. com extrato aquoso de fumaça
/ Patrick Santos Silva. - 2020.

42 p. : il.

Orientador(a): Anderson Cleiton José.

Coorientador(a): José Marcio Rocha Faria.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2020.

Bibliografia.

1. Sementes. 2. Silvicultura. 3. Ciências Florestais. I. José,
Anderson Cleiton. II. Faria, José Marcio Rocha. III. Título.

PATRICK SANTOS SILVA

TRATAMENTO DE SEMENTES DE *Solanum lycocarpum* St. Hill. E *Solanum granulosoleprosum* Dunal. COM EXTRATO AQUOSO DE FUMAÇA

TREATMENT OF *Solanum lycocarpum* St. Hill. AND *Solanum granulosoleprosum* Dunal. SEEDS WITH SMOKED WATER

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 20 de fevereiro de 2020.

Prof. Dr. Anderson Cleiton José – UFLA.

Prof. Dr. José Marcio Rocha Faria – UFLA.

Prof. Dr. Edvaldo Aparecido Amaral da Silva – UNESP.

Prof. Dr. Anderson Cleiton José

Orientador

LAVRAS - MG

2020

*À minha mãe pelo incentivo, dedicação e apoio em
todas as etapas e por ser o meu maior exemplo de vida.
Dedico*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, por estar sempre ao meu lado, me iluminando e guiando meus passos.

A Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Ciências Florestais.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de mestrado.

A minha mãe e irmã, por todo apoio, incentivos, ensinamentos e amor.

A minha vó Irene, pelo amor, exemplo e ensinamentos que serão lembrados por toda a minha vida.

A Ana Clara pelo apoio e dedicação.

Ao meu orientador Anderson Cleiton José, pelo tempo dedicado a me ajudar durante todo o curso.

A todos os amigos do Viveiro Florestal e do Laboratório de Sementes Florestais pelo apoio dado para o desenvolvimento do trabalho.

Ao meu amigo Rogério Rufino pela amizade e aos amigos da NOVALUZ pela oportunidade e confiança.

Aos meus amigos do curso de Engenharia de Segurança do Trabalho do UNILAVRAS

Ao meu amigo Tiago Lopes pela confiança e pelo apoio.

E enfim, a todos que contribuíram para a realização deste trabalho, seja de forma direta ou indireta, fica registrado aqui:

Muito obrigado!

*Se a educação sozinha não transforma a sociedade,
sem ela tampouco a sociedade muda.*

Paulo Freire

RESUMO GERAL

Os extratos de fumaça são uma alternativa de baixo custo e de grande resposta para otimizar a germinação de sementes. Vários trabalhos mostram que esses extratos podem acelerar a germinação de algumas espécies, superar alguns tipos de dormência e aumentar o desenvolvimento das plântulas. O objetivo foi de avaliar o efeito de diferentes doses de extrato de fumaça na germinação de sementes de *Solanum lycocarpum* e *Solanum granulosoleprosum*. Foi utilizado um lote de *S. granulosoleprosum* coletado em 2016 e outro coletado em junho de 2019, ambos na região de Lavras, Minas Gerais. As sementes de *S. lycocarpum* foram coletadas na região de lavras em junho de 2019. O extrato de fumaça foi preparado a partir de folhas e galhos de *Eucalyptus grandis*, sendo utilizadas as seguintes concentrações nos testes de germinação: 0 (água destilada, controle) e o extrato bruto diluído em água destilada (v:v) nas seguintes proporções: 1:5, 1:10, 1:20, 1:40 e 1:80. A germinação foi realizada em placas de Petri em câmara de germinação tipo BOD com temperatura alternada de 20/30 °C com 12 horas de fotoperíodo. A germinação foi avaliada diariamente, após a embebição, pela contagem da protrusão de radicular e, ao final do teste, o crescimento das plântulas, fazendo-se a medição do comprimento das raízes. Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, sendo os dados submetidos à Análise de Variância e teste de normalidade. As médias comparadas através do teste de tukey ($p < 0,05$). O experimento com *S. granulosoleprosum* foi conduzido em fatorial duplo (2 lotes x 6 concentrações). *Solanum lycocarpum* não apresentou resposta ao tratamento com extrato aquoso de fumaça. O lote armazenado de *Solanum granulosoleprosum* apresentou germinação e IVG superiores ao lote novo. O tratamento das sementes de *S. granulosoleprosum* do lote de 2019, com extrato aquoso de fumaça diluído nas proporções de 1/5 e 1/20 aumentaram significativamente a germinação e IVG. Todos os tratamentos aumentaram a germinação e IVG, quando comparado a água, com diferenças entre as concentrações de extrato.

Palavras-chave: Extrato aquoso de fumaça. Germinação. Tecnologia de sementes.

GENERAL ABSTRACT

Smoked water presents as a low cost and high response alternative to optimize seed germination. The objective was to evaluate the effect of different doses of smoked-water on the germination of *Solanum lycocarpum* and *Solanum granulosoleprosum*. It was used seed lots of *S. granulosoleprosum* collected in 2016 and 2019. Seeds of *S. lycocarpum* seeds were collected in June 2019. Smoked water was used in the following concentrations: 0 (distilled water, control) , 1: 5, 1:10, 1:20, 1:40 and 1:80 (v/v). For germination seeds a were incubated in a BOD with alternating temperature (20/30 °C with 12h photoperiod). Seedling root lengt was measured after germination completion using 5 seedlings per treatment. The experiments were conducted in a randomized design with data submitted to analysis of variance. Means wre compared by the Tukey test ($p < 0.05$). The experiment with *S. granulosoleprosum* was conducted in double factorial (2 seed lots x 6 concentrations). *Solanum lycocarpum* did not showed response to treatment with smoked water. *Solanum granulosoleprosum* collected in 2016 and stored for 3 years presented higher germination and IVG than the new lot. The treatments using smoked water (1:5 and 1:20 dillution) showed significant increase in germination and IVG of *S. granulosoleprosum* when applied in seeds recently collected. All treatments showed increase in seed germination, when compared to water.

Keywords: Smoke water. Germination. Seed Technology.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES	13
2.1.1 LOBEIRA	13
2.1.1 GRAVITINGA	14
2.2 GERMINAÇÃO DE SEMENTES	15
2.3 DORMÊNCIA DE SEMENTES	17
2.5 EXTRATO AQUOSO DE FUMAÇA.....	19
3 CONCLUSÃO.....	21
REFERÊNCIAS	23
TRATAMENTO DE SEMENTES DE <i>Solanum lycocarpum</i> St. Hill. E <i>Solanum</i> <i>Granulosoleprosum</i> Dunal COM EXTRATO AQUOSO DE FUMAÇA*	28
INTRODUÇÃO.....	29
MATERIAL E MÉTODOS.....	30
RESULTADOS	32
DISCUSSÃO.....	38
CONCLUSÃO.....	40
REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a procura por sementes de qualidade é cada vez maior. Esse aumento, está atrelado as mudanças de comportamento da sociedade frente as questões ambientais, que estão sendo vistas com maior seriedade e estão sendo cobradas com maior rigor.

Diante disso, com a crescente demanda desse recurso para projetos de recuperação ambiental, o desenvolvimento de técnicas que proporcionem a produção de mudas que atendam aos critérios de qualidade e que apresente boa uniformidade e boa taxa de germinação é de extrema relevância.

Sementes de boa qualidade permitem a produção de mudas com qualidade superior, o que garante um bom desenvolvimento do plantio, garantindo o resultado com custo inferior.

Algumas técnicas são utilizadas para melhorar da qualidade e promover aumento taxa da germinação, como superação da dormência, condicionamento fisiológico e várias outras.

Porém, a utilização de extrato aquoso de fumaça no tratamento de sementes vem se mostrando um método muito eficiente e de fácil acesso.

Essa fumaça de origem vegetal solubilizada em água pode aumentar a germinação das sementes (CROSTI et al., 2006), promove superação de dormência (JUSAITIS et al., 2004) e aumenta o vigor das sementes (VAN STADEN et al., 2006).

Esse extrato, já foi testado em várias espécies, apresenta efeito estimulante na germinação, tanto em espécies adaptadas a ocorrência do fogo, quanto em espécies de outras regiões. Sementes de espécies que são produzidas em larga escala apresentaram resultados positivos com o uso do extrato de fumaça, como alface (JÄGER et al., 1996), arroz (KULKARNI et al., 2006), tomate (KULKARNI et al., 2007; VAN STADEN et al., 2007; ARRUDA et al., 2012) e milho (SPARG et al., 2006; VAN STADEN et al., 2006).

No entanto, o efeito pode variar em função da espécie (JÄGER et al., 1996), do tipo de material utilizado na combustão e com a concentração de fumaça na água (BROWN & VAN STADEN, 1997; MINORSKY, 2000).

Esse extrato, possui substâncias chamados de “karrikins”, que são os compostos responsáveis pelas respostas positivas na germinação e no crescimento de plantas ocasionado pelo extrato aquoso de fumaça. São formados a partir da queima de diversos produtos vegetais, como celulose.

Com a transformação desses gases em extrato além da redução da quantidade de gases liberado na atmosfera, um produto com altíssimo potencial de utilização é gerado, visto que há

indícios que esse produto tem ação antifúngica, melhora qualidade do solo e possui componentes que aumentam a capacidade das plantas em se nutrir, além de diversos outros efeitos que ainda estão sendo estudados, inclusive em sementes florestais.

Há relatos na China e na Índia antiga relacionando o uso desse extrato com o tratamento de doenças em plantas, porém, só em 1813 na Inglaterra que se iniciou a produção em larga escala.

Com o crescimento populacional e com o desenvolvimento de tecnologias, a utilização de subprodutos, como o extrato aquoso de fumaça, tem chamado atenção de pesquisadores como alternativa para aumento de produtividade e da qualidade dos cultivos. Em muitos lugares do mundo o uso extrato aquoso de fumaça já é reconhecido como fertilizante e defensivo para produção vegetal (CAMPOS, 2007; GUERREIRO et al., 2012).

No entanto, são necessários mais estudos para determinar a eficácia desse produto nas diferentes espécies e nas diferentes etapas de seu desenvolvimento. Para que posteriormente, embasado em resultados sólidos, se possa utilizar em escala comercial viabilizando economicamente o uso desse produto.

Lobeira e gravitinga são duas espécies da família Solanaceae com grande potencial para uso em recuperação de áreas degradadas. Elas apresentam grande capacidade de estabelecimento em ambientes de estresse, principalmente com baixa disponibilidade hídrica e muita luminosidade (DAVIDE et al., 1995; VIDAL et al., 1999, ELIAS, 2001).

A germinação das sementes dessas espécies é lenta e desuniforme, devido a presença de dormência fisiológica (PINTO et al., 2007). Essa característica torna a produção de mudas um processo oneroso, o que dificulta as atividades de viveiro e impedem o uso em semeadura direta. A hipótese é de que o tratamento com o extrato aquoso de fumaça afeta positivamente a germinação e o desenvolvimento inicial de plântulas dessas espécies.

Com isso, surge a oportunidade de avaliar a eficácia do extrato aquoso de fumaça e determinar o efeito do mesmo na germinação das sementes e no desenvolvimento inicial das plântulas de *Solanum lycocarpum* St. Hill. e *Solanum granuloseprosum* Dunal. quando submetidas ao tratamento com esse extrato.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES

2.1.1 LOBEIRA

Solanum lycocarpum St. Hill., popularmente conhecida como lobeira, é uma arvoreta ou arbusto pertencente à família Solanaceae (ALMEIDA et al., 1998). Ocorre em todo o Brasil, com predominância na região do Cerrado (LORENZI et al., 1998).

Possui fruto indeiscente, carnoso, do tipo baga, globoso e polispérmico, com epicarpo verde mesmo após maduro, tomentoso e com tricomas que se desprendem com o toque. Os frutos completam seu amadurecimento no solo, quando exalam odores fortes e típicos, além de estar macio e com coloração mais amarelada (DALPONTE e LIMA, 1999; PINTO et al., 2007). Possui polpa suculenta, amarelada e aromática. (CASTELLANI et al., 2008).

As sementes apresentam em média 7,04 milímetros de comprimento, 5,33 milímetros de largura e 1,71 milímetro de espessura. São albuminosas, com endosperma de coloração esbranquiçada. O embrião é cilíndrico e circinado (CASTELLANI et al., 2008). A figura 1 ilustra o fruto e as sementes de lobeira.



Figura 1. (A) Frutos de Lobeira presos à árvore, (B) Frutos após a coleta e (C) sementes de Lobeira durante a germinação

Fonte: Do autor.

É uma espécie decídua, heliófita, seletiva xerófila, pioneira, ocorre somente em formações abertas. Mais frequentemente encontrada em áreas com solos bem drenados e de baixa fertilidade (LORENZI, 1998).

A lobeira apresenta uma grande resistência ao déficit hídrico e o excesso de água pode atrasar sua germinação (VIDAL et al., 1999), o que propicia seu desenvolvimento em regiões de estresse, como áreas degradadas e áreas de pastagens, onde há ressecamento rápido do solo.

Apresenta estratégias fenológicas que possibilitam a assimilação de carbono, com altas taxas reprodutivas durante todo o ano. Também apresenta adaptações fisiológicas e anatômicas que tornam possível sua utilização em programas de reflorestamentos para recuperação de áreas degradadas do Cerrado (ELIAS, 2001).

A espécie parece ser promissora no que diz respeito a produção natural de compostos medicinais antioxidantes, anti-inflamatórios e bactericidas e no combate a doenças como diabetes (FARINA et al., 2010; MUNARI et al., 2014; COSTA et al. 2015).

Sua germinação é relativamente lenta e desuniforme, o que pode trazer problemas durante o processo de produção de mudas (VIDAL et al., 1999; PINTO et al., 2007), entretanto, alguns tratamentos já se mostraram promissores para acelerar o processo germinativo. O condicionamento hídrico oferece a possibilidade de melhorar a qualidade das sementes após a colheita e permite a superação de dormência, levando a um aumento na germinação final, bem como na velocidade e uniformidade da germinação (ANESE et al., 2011).

Pinto et al. (2007) verificaram que sementes de lobeira apresentam germinação lenta. Foram necessários 40 dias para a germinação atingir 90%, nas condições ideais de germinação de 12h de fotoperíodo (20/30 °C). O comportamento trifásico da curva de germinação se faz presente para essa espécie.

2.1.1 GRAVITINGA

Solanum granulosoleprosum Dunal., conhecida também como gravitinga, é uma espécie pertencente à família Solanaceae. Ocorre na região sudeste e sul do Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina (ROE, 1972).

Seus frutos são indeiscentes, carnosos, do tipo baga, globosos e polispérmicos. Possuem de 0,5 a 1,89 mm de diâmetro, com epicarpo verde mesmo após maduro. Mesocarpo e endocarpo são constituídos por polpa branco-amarela (CASTELLANI et al., 2008).

As sementes de *S. granulosoleprosum* Dunal. são menores e mais leves, quando comparadas as de *S. lycocarpum* St. Hill., são albuminosas, com endosperma de coloração esbranquiçada. O embrião é axial, linear, contínuo, curvo e espiralado (CASTELLANI et al., 2008).



Figura 2. (A) Frutos de gravitinga na árvore. (B) Frutos após a coleta. (C) Sementes de gravitinga durante a germinação.

Fonte: Do autor.

Essa espécie apresenta grande potencial para a utilização em programas de recuperação de áreas degradadas (DAVIDE et al., 1995). Ferreira et al. (2007) observaram que a altura média das plantas dessa espécie, implantadas em uma área de recuperação foi de 3,30m e diâmetro do colo de 36,05 mm, aos 24 meses, com taxa de sobrevivência de 70,21%. Resende e Pinto (2013) identificaram que essa espécie apresentou sobrevivência de 13,33% aos 300 dias após sementeira direta associada com feijão-gandu em sulco através de muvuca.

Fowler e Carpanezzi (1997) em estudo avaliando efeito de temperatura e substrato na germinação de sementes de *Solanum granulosoleprosum* Dunal., verificou uma germinação de 60% nas temperaturas de 25 e 35°C em todos os substratos testados.

2.2 GERMINAÇÃO DE SEMENTES

Germinação de sementes em teste de laboratório é a emergência e desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, demonstrando sua aptidão para produzir uma planta normal, sob condições favoráveis de campo (BRASIL, 2009).

Fisiologicamente, o processo de germinação inicia-se com a absorção de água pela semente e termina com o início do alongamento de eixo embrionário, podendo ser identificado pela protrusão da radícula (BEWLEY e BLACK, 2012).

Conhecer as condições que proporcionam germinação rápida e uniforme das sementes é extremamente útil para fins de sementeira, pois reduzem os cuidados por parte dos viveiristas, uma vez que as mudas se desenvolverão mais rapidamente, promovendo um povoamento mais uniforme no campo (PACHECO et al., 2006), ou mesmo, propiciando uma melhor chance de

sobrevivência em caso de semeadura direta, pois, a plântula se instalará mais rapidamente em campo.

Sabe-se que o ambiente apresenta profunda influência na germinação das sementes. Os principais fatores que influenciam a germinação de sementes são a água, temperatura e o substrato onde elas são colocadas para germinar (BASKIN e BASKIN, 2004).

A água é o fator de maior influência para a germinação e para o estabelecimento das plântulas, pois participa da composição dos mais variados tecidos dos vegetais e é solvente em diversos processos biológicos. O teor de água presente nas células e o seu potencial hídrico são características que estão diretamente ligadas ao metabolismo das sementes, sendo estas não só reguladoras das velocidades desses processos, mas também responsáveis pela ocorrência dos mesmos (OLIVEIRA, 2012).

A temperatura afeta diretamente a velocidade, porcentagem e uniformidade da germinação, sendo denominada como ótima quando seu valor proporciona uma alta taxa de germinação em um curto período (MARCOS-FILHO, 2005). Segundo Bewley e Black (2012) a temperatura é capaz de regular a germinação de três formas distintas: Determina a capacidade e a taxa de germinação; remove a dormência primária ou secundária; e/ou induz a condição de dormência secundária. A germinação só vai ocorrer dentro de certos limites de temperatura, sendo que dentro desses limites a temperatura ótima é essencialmente uma faixa na qual esse processo vai ocorrer com a máxima eficiência possível.

Existem espécies em que o processo germinativo é favorecido por alternância de temperatura, porém, essa necessidade pode estar associada à dormência das sementes, embora a alternância de temperatura possa acelerar a germinação de sementes não dormentes (COPELAND e MCDONALD, 2012).

Outro fator importante na germinação das sementes é o tipo de substrato utilizado, que deve ser capaz de atender às necessidades específicas da espécie, bem como possibilitar o estabelecimento posterior de plântulas até um nível que possibilite as verificações experimentais. É ideal que, durante a condução de um teste de germinação, a umidade do substrato trabalhado mantenha-se constante até o final, como forma de prevenir que alterações no padrão germinativo das sementes aconteçam (OLIVEIRA, 2012).

Para comparação de tratamentos em laboratório são utilizadas diversas análises. Dentre as mais utilizadas, encontram-se a avaliação do percentual final de germinação e o índice de velocidade de germinação (IVG). Percentual germinativo corresponde à proporção do número de sementes que produziu plântulas classificadas como normais, em condições e períodos específicos (BRASIL, 2009). O índice de velocidade de germinação (IVG) representa a

velocidade de germinação, refletindo a capacidade de um lote se estabelecer antes de outro e é definido pela equação proposta por Maguire (1962):

$$IVG = \frac{G1}{N1} + \frac{G2}{N2} + \frac{G3}{N3} + \dots + \frac{GN}{NN}$$

Onde:

G1, G2, G3, ..., GN = Número de plântulas normais a cada dia;

N1, N2, N3, ..., NN = Número de dias decorridos entre a sementeira e a germinação.

2.3 DORMÊNCIA DE SEMENTES

O estudo de dormência em sementes de espécies vem ganhando destaque devido ao valor dessa informação no processo de germinação e de produção de mudas. Com essa informação é possível ajustar métodos para superação de dormência para que se obtenha uma homogeneidade maior na germinação das sementes e conseqüentemente um processo produtivo mais lucrativo.

A dormência é caracterizada como a incapacidade de sementes maduras, viáveis, germinarem, mesmo quando colocadas em condições favoráveis para a germinação, em certo período (BEWLEY, 2012). A presença de dormência em sementes permite que elas tenham maiores chances de resistir a fatores desvantajosos do ambiente, evitando a germinação até que encontrem condições favoráveis para o estabelecimento da plântula. O que controla a germinação em um período mais adequado são os fatores genéticos e as características do próprio meio onde essas sementes foram dispersas (BASKIN e BASKIN, 2004).

Entender detalhadamente o tipo e os mecanismos relacionados à dormência em sementes é de extrema importância para a escolha correta de métodos para a sua superação, ou mesmo para entender como determinada espécie se comporta durante seu ciclo natural de reprodução.

A dormência é uma característica adaptativa das sementes que regula a germinação e é característica predominante em espécies vegetais que crescem em zonas climáticas temperadas, mas que também ocorre em espécies tropicais (BASKIN e BASKIN, 2004). Protege as sementes contra a germinação em condições inadequadas, permitindo uma permanência maior no banco de sementes e devido aos fatores ambientais propícios a germinação, apresentam maior crescimento e um melhor estabelecimento de mudas (BLACK et al., 2008).

A dormência adquirida pelas sementes durante seu desenvolvimento é chamada de dormência primária. Após a dispersão, caso passem por algum estresse ambiental severo, as sementes também podem desenvolver dormência, nesse caso sendo chamada de dormência secundária (GUBLER et al., 2005).

A esses tipos de dormência estão associados mecanismos que definem a principal causa da heterogeneidade da germinação, que podem ser divididos em dormência fisiológica, quando causada por inibidores químicos presentes na semente; morfológica, ocasionada pela falta do desenvolvimento completo do embrião; física, devido a impermeabilidade do tegumento; e dormência combinada, quando a semente apresenta dois dos anteriores, sendo a dormência fisiológica a mais comum (BASKIN e BASKIN, 2004).

Quando se trata da dormência fisiológica, o ácido abscísico (ABA), um hormônio vegetal relacionado a diversos processos metabólicos nas plantas, apresenta função central na aquisição e manutenção da dormência primária. Em sementes com dormência ocasionada por esse hormônio, a superação ocorre acompanhada de um decréscimo nos níveis de ABA no embrião da semente, ou pela perda da sensibilidade a esse hormônio, em paralelo a um aumento nos níveis de giberelinas (GAs), outro hormônio vegetal relacionado a germinação (FINKELSTEIN et al., 2002).

O desequilíbrio nos hormônios vegetais, principalmente o ácido abscísico (ABA) e giberélico (GA), é considerado um dos principais fatores que regulam a dormência (LUCKWILL, 1952, KOORNNEEF et al. 2002). O ABA é um inibidor da germinação com grande resposta à indução e manutenção da dormência (HILHORST, 1995).

Giberelinas estão diretamente relacionadas com o início e conclusão da germinação. Durante a germinação, a GA promove o crescimento embrionário e / ou reduz a restrição física imposta pelo endosperma e testa que permite a protrusão radicular. A proporção de sinalização ABA para GA, mais ainda que as quantidades absolutas desses hormônios, parece ser crítica para a superação da dormência (OLSZEWSKI et al., 2002).

A síntese de giberelinas nas plantas ocorre em três estágios. Primeiramente o GGDP é convertido em ent-caureno nos proplastídeos, através das enzimas ent-copalil difosfato sintase (CPS) e ent-caureno sintase (KS). No segundo estágio é formada a GA₁₂, reação catalisada pelas enzimas ent-caureno oxidase (KO) e ácido ent-caurenóico oxidase (KAO), que pode ser convertida em GA₅₃ pelo 13-hidroxilação. No terceiro estágio, GA₁₂ e GA₅₃ são convertidas em diversos tipos de GAs ativas biologicamente, incluindo GA1 e GA4 (OLSZEWSKI et al., 2002).

A desativação é importante para a regulação eficaz das concentrações de hormônios bioativos nas plantas. As giberelinas são desativadas pelo *elongated uppermost internode* (EUI) através de 16 α , 17-epoxidação e pelas metiltransferases de giberelina (GAMTs) por metilação (YAMAGUCHI, 2008)

Duas rotas possíveis foram sugeridas para a biossíntese de ABA, uma direta e outra indireta, na qual o ABA é derivado do composto farnesil pirofosfato C₁₅ ou de um carotenóide C₄₀, sendo que recentes estudos mostraram que a rota indireta é a que ocorre com maior frequência. O ABA é sintetizado a partir de carotenóides C₄₀ (fitoeno, ζ -caroteno, licopeno e β -caroteno)

O catabolismo do ABA ocorre principalmente através de uma via de oxidação, (NAMBARA e MARION-POLL, 2005). A família CYP707A de citocromo P450 foi caracterizada como ABA 8'-hidroxilases. Mutações nesses genes levam ao aumento dos níveis de ABA nas sementes maduras e à redução na capacidade de germinação (OKAMOTO et al, 2006).

2.5 EXTRATO AQUOSO DE FUMAÇA

Algumas espécies possuem uma ligação muito próxima com os incêndios florestais, sendo que em alguns casos, a perpetuação e a sobrevivência, dependem diretamente da ação do fogo para conseguir completar seu ciclo (HE e LAMONT, 2017).

Há estudos que apontam a ação do fogo na germinação de algumas espécies florestais, seja pela deterioração do tegumento impermeável da semente, ou pela ação de substâncias presentes na fumaça que promovem aumento na taxa de germinação ou aumento no vigor das plântulas (BELL et al., 1993).

Existem algumas espécies, principalmente, as do bioma Cerrado que estão associadas ao processo de queima, porém, algumas espécies de outros biomas também apresentam resposta positiva quando na presença de componentes presentes na fumaça, podendo ser encontradas no extrato pirolenhoso e em extrato aquoso de fumaça (FLEMATTI, 2015).

Com a análise da função dos componentes químicos liberados pela fumaça na germinação de sementes, surge a possibilidade de utilização desses subprodutos obtidos a partir da carbonização da madeira, por exemplo na produção de carvão vegetal. Durante o processo de combustão da madeira, a fumaça gerada pode ser condensada e transformada em líquido pirolenhoso. No entanto, é através do borbulho da fumaça pela água que é produzida o extrato

aquoso de fumaça, que pode ser aplicada em diversas finalidades. Ambas soluções, devem ser submetidas a um processo de separação do alcatrão e de purificação desse líquido, é obtido o extrato, que é riquíssimo em compostos químicos e permite inúmeros usos na agricultura (CAMPOS, 2007).

Os resultados positivos da aplicação desse produto em vegetais são nítidos em diversos experimentos. Guerreiro et al. (2012) concluíram que a incorporação do extrato em substrato de fibra de coco para cultivo de tomate não apresentou nenhum efeito fitotóxico e propiciou um maior desenvolvimento das mudas, influenciando o tamanho da planta e peso de parte aérea e sistema radicular.

Dependendo da dose utilizada esse composto pode apresentar efeito tóxico para plantas e sementes, como foi relatado por Zeferino et al. (2018), onde sementes das espécies de plantas daninhas *Brachiaria decumbens* (capim-brachiaria), *Bidens pilosa* (Picão-preto) e *Amaranthus viridis* (Caruru-de-mancha), foram tratadas e o extrato apresentou função adjuvante de herbicida pré-emergente em todas as plantas daninhas testadas, funcionando também como herbicida, onde inibiu a germinação de 100% das sementes em dose elevada.

Após os primeiros trabalhos publicados nos anos 90, iniciou-se uma busca por qual composto químico seria responsável pela melhora na germinação propiciada pelo tratamento com extrato pirolenhoso. Baldwin et al. (1994) identificaram 71 compostos na fração ativa da fumaça, porém, nenhum desses compostos promoveu a germinação em sementes de *Nicotiana attenuata*.

Diversos outros experimentos foram realizados a fim de encontrar o composto ativo da fumaça capaz de promover a germinação, porém, não tiveram êxito (BALDWIN et al., 1994; VAN STADEN et al., 1995; DREWES et al., 1995), devido ao fato de haver um grande número de componentes no extrato e pela baixa concentração do composto ativo, comparado a outros componentes presentes na fumaça (MAGA, 2018).

Van Staden et al. (2004) foram os responsáveis pela caracterização do composto ativo presente no extrato de fumaça capaz de promover a germinação de sementes, chamado de *3-methyl-2H-furo[2,3-c]pyran-2-one*, popularmente conhecido como butenolóide. A estrutura química é ilustrada na figura 3.

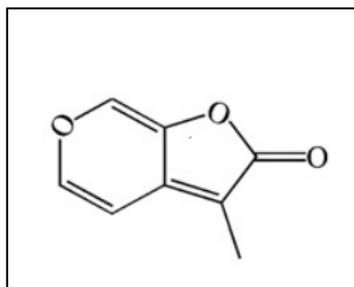


Figura 3. Estrutura química do *3-methyl-2H-furo[2,3-c]pyran-2-one* (KAR₁) (VAN STADEN et al., 2004). Adaptado de Light et al. (2009).

Flematti et al. (2004) elucidam que existem diversos compostos dentro da família dos butenolóides, identificados como KAR₁, KAR₂, KAR₃, KAR₄, Strigol e GR-24. Também chamados de *Karrikins*, esses compostos podem ser considerados uma nova classe de reguladores de crescimento para plantas, com ação direta nas rotas de ABA e GAs (NELSON et al., 2009).

Os *Karrikins* são compostos somente por C, H e O e contém duas estruturas em anéis. O composto puro é uma substância cristalina, com ponto de fusão de 118-119 °C, facilmente diluído em solventes orgânicos e com moderação em água (FLEMATTI et al., 2015).

O KAR₁ estimula a germinação de sementes sensíveis à luz de maneira semelhante ao ácido giberélico (GARDNER et al., 2001; MERRITT et al., 2005).

O butenolóide age através da ação das rotas de giberelinas em semente, tendo um efeito similar a GA₃. A vantagem, quando comparado a esse composto, é que o butenolóide não gera entrenós prolongados nas plântulas, o que normalmente estão associados a aplicação de GA₃. (MERRITT et al., 2006; DAWS et al., 2007).

Além dessa relação com as giberelinas, o butenoloide também apresenta similaridade com as estrigolactonas, podendo substituir esse composto para estímulo da germinação, assim como uma grande similaridade com auxinas (DAWS et al., 2008), as quais também apresentam papel importante durante a germinação de sementes (GUANGWU e XUWEN, 2014).

3 CONCLUSÃO

Nas condições em que foram desenvolvidos os experimentos com *Solanum lycocarpum* St. Hill e *Solanum granuloseprosum* Dunal. é possível concluir que:

- Semente de *S. lycocarpum* tratadas com o extrato aquoso de fumaça não apresentaram resposta na germinação e no crescimento inicial das plântulas;

- O armazenamento afeta a resposta germinativa de sementes de *S. granulosoleprosum*;
- Sementes de *S. granulosoleprosum* apresentam aumento no percentual de germinação e IVG quando tratadas com extrato aquoso de fumaça;
- O tratamento das sementes com extrato aquoso de fumaça não afeta o crescimento do sistema radicular de plântulas de *S. granulosoleprosum*.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, S. P. de et al. Cerrado: espécies vegetais úteis. **Planaltina: Embrapa-CPAC**, v. 464, 1998.
- ARRUDA, Y. M. B. C.; FERRAZ, I. D. K.; ALBUQUERQUE, M. C. F. Fontes e concentrações de águas de fumaça na germinação de sementes e no vigor de plântulas de tomate. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 293-299, 2012.
- ANESE, S. et al. Seed priming improves endosperm weakening, germination, and subsequent seedling development of *Solanum lycocarpum* St. Hil. **Seed Science and Technology**, v. 39, n. 1, p. 125-139, 2011.
- Balanco Energético Nacional 2018: Ano base 2017 / Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2018.
- BALDWIN, I. T.; STASZAK-KOZINSKI, L.; DAVIDSON, R.. Up in smoke: I. Smoke-derived germination cues for postfire annual, *Nicotiana attenuata* Torr. Ex. Watson. **Journal of Chemical Ecology**, v. 20, n. 9, p. 2345-2371, 1994.
- BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C. A classification system for seed dormancy. **Seed science research**, v. 14, n. 1, p. 1-16, 2004.
- BELL, D. T.; PLUMMER, J. A.; TAYLOR, S. K. Seed germination ecology in southwestern Western Australia. **The Botanical Review**, v. 59, n. 1, p. 24-73, 1993.
- BEWLEY, J. D. et al. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. Springer Science & Business Media, 2012.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M.. **Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination: volume 2: viability, dormancy, and environmental control**. Springer Science & Business Media, 2012.
- BLACK, M.; BEWLEY, J. D.; HALMER, P. The Encyclopedia of Seeds: Science, Technology and uses Wallingford. **CAB International**, 2008.
- BRASIL, M. C. T. I. Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil. 2016.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. 2009.
- BROWN, N. A. C.; VAN STADEN, J.; DAWS, M. I. A summary of patterns in the seed germination response to smoke in plants from the Cape Floral Region. In: SMITH RD; DICKIE JB; LININGTON SH; PRITCHARD HW; PROBERT RJ (eds). Seed conservation: turning science into practice. London: The Royal Botanical Gardens. p. 564-574, 1997.
- CAMPOS, A. D.. Técnicas para produção de extrato pirolenhoso para uso agrícola. **Embrapa Clima Temperado-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2007.

CASTELLANI, E. D. et al. Morfologia de frutos e sementes de espécies arbóreas do gênero *Solanum* L. **Revista Brasileira de Sementes**, p. 102-113, 2008.

CHIANG, G. C. K. et al. DOG1 expression is predicted by the seed-maturation environment and contributes to geographical variation in germination in *Arabidopsis thaliana*. **Molecular ecology**, v. 20, n. 16, p. 3336-3349, 2011.

COPELAND, L. O.; MCDONALD, M. F. **Principles of seed science and technology**. Springer Science & Business Media, 2012.

COSTA, G. A. F. et al. Antioxidant, antibacterial, cytotoxic, and anti-inflammatory potential of the leaves of *Solanum lycocarpum* A. St. Hil.(Solanaceae). **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2015, 2015.

CROSTI, R.; LADD, P. G.; DIXON, K. W.; PIOTTO, B. Post-fire germination: the effect of smoke on seeds of selected species from the central Mediterranean basin. **Forest Ecology and Management**, v. 221, p.306-312, 2006.

DALPONTE, J. C.; LIMA, E. de S. Disponibilidade de frutos e a dieta de *Lycalopex vetulus* (Carnivora-Canidae) em um cerrado de Mato Grosso, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, n. 2, p. 325-332, 1999.

DAVIDE, A. C.; FARIA, JMR; BOTELHO, S. A. **Propagação de espécies florestais. Belo Horizonte**. CEMIG/UFLA/FAEPE, 1995. 40p.

DAWS, M. I.; PRITCHARD, H. W.; VAN STADEN, J. Butenolide from plant-derived smoke functions as a strigolactone analogue: evidence from parasitic weed seed germination. **South African Journal of Botany**, v. 74, n. 1, p. 116-120, 2008.

DAWS, M. I. et al. Butenolide from plant-derived smoke enhances germination and seedling growth of arable weed species. **Plant Growth Regulation**, v. 51, n. 1, p. 73-82, 2007.

DE RESENDE, L. A.; PINTO, L. V. A.. Emergência e desenvolvimento de espécies nativas em área degradada por disposição de resíduos sólidos urbanos. **Revista Agrogeoambiental**, v. 5, n. 1, 2013.

DREWES, F. E.; SMITH, M. T.; VAN STADEN, J. The effect of a plant-derived smoke extract on the germination of light-sensitive lettuce seed. **Plant Growth Regulation**, v. 16, n. 2, p. 205-209, 1995.

ELIAS, S. R. M. **Anatomia foliar, deficiência hídrica e fenologia em *Solanum lycocarpum* st. Hil.(Solanaceae)**. 2001.

FARINA, F. et al. Glycemic and urinary volume responses in diabetic mellitus rats treated with *Solanum lycocarpum*. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 35, n. 1, p. 40-44, 2010.

FERREIRA, R. A. et al. Semeadura direta com espécies arbóreas para recuperação de ecossistemas florestais. **Cerne**, v. 13, n. 3, p. 271-279, 2007.

FINKELSTEIN, R. R.; GAMPALA, S. S. L.; ROCK, C. D. Abscisic acid signaling in seeds and seedlings. **The Plant Cell**, v. 14, n. suppl 1, p. S15-S45, 2002.

FLEMATTI, G. R. et al. A compound from smoke that promotes seed germination. **Science**, v. 305, n. 5686, p. 977-977, 2004.

FLEMATTI, G. R.; DIXON, K. W.; SMITH, S. M. What are karrikins and how were they 'discovered' by plants?. **BMC biology**, v. 13, n. 1, p. 108, 2015.

GARDNER, M. J. et al. Does smoke substitute for red light in the germination of light-sensitive lettuce seeds by affecting gibberellin metabolism?. **South African Journal of Botany**, v. 67, n. 4, p. 636-640, 2001.

GUANGWU, Z.; XUWEN, J.. Roles of gibberellin and auxin in promoting seed germination and seedling vigor in *Pinus massoniana*. **Forest Science**, v. 60, n. 2, p. 367-373, 2014.

GUBLER, F.; MILLAR, A. A.; JACOBSEN, J. V. Dormancy release, ABA and pre-harvest sprouting. **Current opinion in plant biology**, v. 8, n. 2, p. 183-187, 2005.

GUERREIRO, J. C. G.; BENTO, F. S. B.; SILVESTRE, C. S.. Efeito da incorporação de extrato pirolenhoso em substrato no desenvolvimento inicial de mudas de tomate. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 8, n. 1, 2012.

HE, H. et al. Interaction between parental environment and genotype affects plant and seed performance in Arabidopsis. **Journal of experimental botany**, v. 65, n. 22, p. 6603-6615, 2014.

HE, T.; LAMONT, B. B. Baptism by fire: the pivotal role of ancient conflagrations in evolution of the Earth's flora. **National Science Review**, v. 5, n. 2, p. 237-254, 2017.

HILHORST, H. W. M. A critical update on seed dormancy. I. Primary dormancy. **Seed Science Research**, v. 5, n. 2, p. 61-73, 1995.

JÄGER, A. K.; LIGHT, M. E.; VAN STADEN, J. 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**, v. 36, p. 421-429, 1996.

JUSAITIS M; POLOMKA L; SORENSEN B. Habitat specificity, seed germination and experimental translocation of the endangered herb *Brachycome muelleri* (Asteraceae). **Biological Conservation**, v. 116, p. 251-266, 2004.

KOORNNEEF, M.; BENTSINK, L.; HILHORST, H.. Seed dormancy and germination. **Current opinion in plant biology**, v. 5, n. 1, p. 33-36, 2002.

KULKARNI, M. G.; SPARG, S. G.; LIGHT, M. E.; VAN STADEN, J. Stimulation of rice (*Oryza sativa* L.) seedling vigour by smoke-water and butenolide. **J. Agronomy & Crop Science**, v. 192, p. 395-398, 2006.

- KULKARNI, M. G.; ASCOUGH, G. D.; VAN STADEN, J. Effects of foliar applications of smoke-water and a smoke-isolated butenolide on seedling growth of okra and tomato. **Hortscience**, v. 42, p. 179-182, 2007.
- LIGHT, M. E.; DAWS, M. I.; VAN STADEN, J. Smoke-derived butenolide: towards understanding its biological effects. **South African Journal of Botany**, v. 75, n. 1, p. 1-7, 2009.
- LORENZI, H.. **Arvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 1998.
- LUCKWILL, L. C. Growth-inhibiting and growth-promoting substances in relation to the dormancy and after-ripening of apple seeds. **Journal of Horticultural Science**, v. 27, n. 1, p. 53-67, 1952.
- MAGA, J. A. **Smoke in food processing**. CRC Press, 2018.
- MAGUIRE, J. D. Speed of Germination—Aid In Selection And Evaluation for Seedling Emergence And Vigor 1. *Crop science*, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.
- MERRITT, D. J. et al. Effects of a butenolide present in smoke on light-mediated germination of Australian Asteraceae. **Seed Science Research**, v. 16, n. 1, p. 29-35, 2006.
- MERRITT, D. J. et al. Recent findings on the activity of butenolide—a compound isolated from smoke that promotes seed germination. In: **Eighth International Workshop on Seeds: Germinating New Ideas. Brisbane, Australia**. 2005.
- MINORSKY P. V. Smoke-induced germination. **Plant Physiology**, v. 128, p. 1167- 1168, 2000.
- MIYASAKA, S.; OHKAWARA, T.; UTSUMI, B.. Ácido Pirolenhoso: uso e fabricação. **Boletim AgroEcológico**, v. 3, p. 14, 1999.
- MUNARI, C. C. et al. Antiproliferative activity of *Solanum lycocarpum* alkaloidic extract and their constituents, solamargine and solasonine, in tumor cell lines. **Journal of natural medicines**, v. 68, n. 1, p. 236-241, 2014.
- NAMBARA, E.; MARION-POLL, A.. Abscisic acid biosynthesis and catabolism. **Annu. Rev. Plant Biol.**, v. 56, p. 165-185, 2005.
- NELSON, D. C. et al. Karrikins discovered in smoke trigger Arabidopsis seed germination by a mechanism requiring gibberellic acid synthesis and light. **Plant physiology**, v. 149, n. 2, p. 863-873, 2009.
- OKAMOTO, M. et al. CYP707A1 and CYP707A2, which encode abscisic acid 8'-hydroxylases, are indispensable for proper control of seed dormancy and germination in Arabidopsis. **Plant Physiology**, v. 141, n. 1, p. 97-107, 2006.

OLIVEIRA, L. M. et al. Tratamentos pré-germinativos em sementes de *Samanea tubulosa* Bentham (Leguminosae-Mimosoideae). **Revista Árvore**, v. 36, n. 3, p. 433-440, 2012.

OLSZEWSKI, N.; SUN, T.; GUBLER, F. Gibberellin signaling: biosynthesis, catabolism, and response pathways. **The Plant Cell**, v. 14, n. suppl 1, p. S61-S80, 2002.

PACHECO, M. V. et al. Efeito de temperaturas e substratos na germinação de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (Anacardiaceae). **Revista Árvore**, v. 30, n. 3, p. 359-367, 2006.

PINTO, L. V. A. et al. Mechanism and control of *Solanum lycocarpum* seed germination. **Annals of Botany**, v. 100, n. 6, p. 1175-1187, 2007.

ROE, K. E. A revision of *Solanum* section *Brevantherum* (Solanaceae). **Brittonia**, v. 24, n. 3, p. 239-278, 1972.

SEO, M.; KOSHIBA, Tomokazu. Complex regulation of ABA biosynthesis in plants. **Trends in plant science**, v. 7, n. 1, p. 41-48, 2002.

SPARG, S. G.; KULKARNI, M. G.; VAN STADEN, J. Aerosol smoke and smoke-water stimulation of seedling vigor of a commercial maize cultivar. **Crop Science**, v. 46, p. 1336-1340, 2006.

VAN STADEN, J.; DREWES, F. E.; JÄGER, A. K. The search for germination stimulants in plant-derived smoke extracts. **South African Journal of Botany**, v. 61, n. 5, p. 260-263, 1995.

VAN STADEN, J.; SPARG, S. G.; KULKARNI, M. G.; LIGHT, M. E. Post-germination effects of the smoke-derived compound 3-methyl-2H-furo[2,3-c]pyran-2-one, and its potential as a preconditioning agent. *Field Crops Research*, v. 98, p. 98-105, 2006.

VAN STADEN, J.; KULKARNI, M. G.; ASCOUGH, G. D. The promotion of tomato and okra seedling growth by foliar applications of smoke-water and a smoke-isolated butenolide. *South African Journal of Botany* v. 73, p. 318, 2007.

VIDAL, M. C.; STACCIARINI-SERAPHIN, E.; CÂMARA, H. H. L. L. Crescimento de plântulas de *Solanum lycocarpum* St. Hil.(lobeira) em casa de vegetação. **Acta Botanica Brasilica**, v. 13, n. 3, p. 271-275, 1999.

YAMAGUCHI, S. Gibberellin metabolism and its regulation. **Annu. Rev. Plant Biol.**, v. 59, p. 225-251, 2008.

ZEFERINO, I.; DE LIMA, E. A.; VIEIRA, E. S. N. Uso do extrato pirolenhoso como adjuvante de herbicida. **Embrapa Florestas-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2018.

Artigo 1 – Elaborado de acordo com a norma NBR6022 da ABNT

TRATAMENTO DE SEMENTES DE *Solanum lycocarpum* St. Hill. E *Solanum granulosoleprosum* Dunal COM EXTRATO AQUOSO DE FUMAÇA*

Patrick Santos Silva**

Anderson Cleiton José***

José Marcio Rocha Faria***

RESUMO

O extrato aquoso de fumaça é uma alternativa de baixo custo e com grande potencial para melhoria da resposta sementes durante a germinação. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses de extrato aquoso de fumaça na germinação de sementes de *Solanum lycocarpum* St. Hill. e *Solanum granulosoleprosum* Dunal. Foi utilizado um lote de *S. granulosoleprosum* Dunal. coletado em 2016 e outro coletado em junho de 2019, ambos na região de Lavras, Minas Gerais. As sementes de *S. lycocarpum* St, Hill. foram coletadas na região de Lavras em junho de 2019. As concentrações utilizadas para germinação foram: 0 (água destilada, controle), e os extratos diluídos em água nas seguintes proporções 1:5, 1:10, 1:20, 1:40 e 1:80 (v/v). A germinação foi realizada em placas de Petri, sobre papel em câmaras tipo BOD com temperatura alternada de 20/30 °C, com 12 horas de fotoperíodo. Para comparação dos comprimentos das raízes, foram utilizadas 5 plântulas de cada tratamento, logo após a conclusão dos testes de germinação. Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, sendo os dados submetidos à Análise de Variância e as médias comparadas através do teste de Tukey ($p < 0,05$). O experimento com gravitinga foi conduzido em fatorial duplo (2 lotes x 6 concentrações). Sementes de *S. lycocarpum* St. Hill. não responderam ao tratamento com extrato aquoso de fumaça. O lote armazenado de *S. granulosoleprosum* Dunal. apresentou germinação e IVG superiores ao lote novo. Os tratamentos com extrato nas diluições de 1/5 e 1/20 proporcionaram melhora significativa na germinação e IVG de sementes de gravitinga no lote novo

Palavras-chave: Smoked water. Germinação. Tecnologia de sementes.

* Artigo apresentado para a conclusão do curso de pós-graduação em Engenharia Florestal da UFLA.

** Mestrando em Engenharia Florestal pela UFLA.

*** Professor da UFLA.

*** Professor da UFLA.

1 INTRODUÇÃO

2 A família Solanaceae é reconhecida mundialmente por sua importância em termos de
3 vegetais cultivados e a ampla gama de utilidades agronômicas de suas espécies (The
4 International Solanaceae Genome Project, 2004). Dentro dessa família, o gênero *Solanum* L. é
5 o maior e mais variado, com cerca de 1500 espécies e 5000 epípetos, com ocorrência nas regiões
6 tropicais e subtropicais do mundo e tendo a América do Sul como centro de diversidade e
7 distribuição (SILVA, 2003).

8 *Solanum lycocarpum* St. Hill., popularmente conhecida como lobeira, é uma árvoreta
9 ou arbusto pertencente à família Solanaceae (ALMEIDA et al., 1998). Ocorre em praticamente
10 todo o Brasil, com predominância na região do Cerrado (LORENZI et al., 1998).

11 *Solanum granuloseprosum* Dunal., conhecida também como gravitinga, é uma
12 espécie pertencente à família Solanaceae. Ocorre na região sudeste e sul do Brasil, Paraguai,
13 Uruguai e Argentina (ROE, 1972). Apresenta grande potencial para a utilização em programas
14 de recuperação de áreas degradadas (DAVIDE et al., 1995).

15 Espécies essas, são amplamente utilizadas em programas de recuperação de áreas
16 degradadas por serem espécies pioneiras e por apresentar frutos que são atrativos da fauna, o que
17 favorece um resultado ainda melhor na revegetação (LORENZI et al., 1998). Porém, a *S.*
18 *lycocarpum* St. Hill. e a *S. granuloseprosum* Dunal. são espécies que possuem sementes que
19 germinam de maneira desuniforme em condições de campo, dificultando assim o processo de
20 produção em larga escala dessas espécies.

21 Algumas espécie tem demonstrado resultado positivo ao tratamento com extrato aquoso
22 de fumaça, com melhora significativa na qualidade germinativa e no vigor das plântulas,
23 resultado esse que melhora a taxa de germinação e a uniformidade de sementes que
24 anteriormente eram consideradas difíceis de serem obtidas. Por isso, esse extrato vem sendo
25 observado como uma alternativa de tratamento das sementes que além de oferecer um bom
26 desempenho, é uma alternativa viável economicamente e passível de ser implantada
27 operacionalmente.

28 O extrato aquoso de fumaça pode ser definido como “um produto resultante da
29 passagem da fumaça expelida durante a queima material vegetal, sob temperatura relativamente
30 alta em um recipiente contendo água, o qual após solubilização da fumaça contém mais de 200
31 componentes químicos” (ENCARNAÇÃO, 2001; ARRUDA et al., 2012). Dentre esses
32 compostos, os “Karrikins” são considerados os mais promissores para promover a germinação

33 de sementes, pois atua nas rotas das giberelinas, tendo efeitos parecidos ou superiores ao GA₃
34 (MERRITT et al., 2006; DAWS et al., 2007).

35 O trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes doses de
36 extrato pirolenhoso na germinação de *Solanum lycocarpum* St. Hill. e *Solanum*
37 *granulosoleprosum* Dunal.

38

39 **2 DESENVOLVIMENTO**

40 **MATERIAL E MÉTODOS**

41 Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Sementes Florestais da
42 Universidade Federal de Lavras. Foram utilizados lotes de duas espécies arbustivas da família
43 Solanaceae: *Solanum lycocarpum* St. Hill. e *Solanum granulosoleprosum* Dunal..

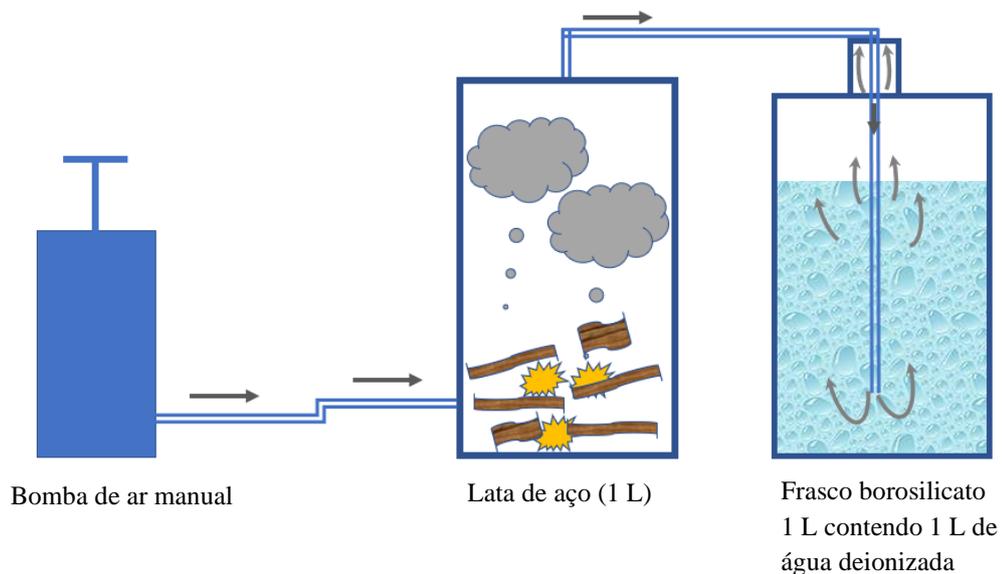
44 Para o experimento com a *Solanum granulosoleprosum* Dunal. foi utilizado um lote de
45 sementes coletado em 2016 e outro coletado em junho de 2019, ambos na região de Lavras,
46 Minas Gerais. As sementes foram coletadas em frutos maduros. Frutos com início da queda
47 espontânea e macios ao toque, foram considerados maduros.

48 Após a coleta, os frutos foram levados imediatamente para o laboratório, abertos com uma faca
49 para remoção da polpa contendo as sementes e colocada sobre uma peneira. Foi realizada a
50 maceração sob água corrente até a remoção da polpa. As sementes beneficiadas foram
51 colocadas sobre papel mata borrão em sala climatizada (20°C / 65% UR) para secagem. As
52 sementes secas foram armazenadas em câmara fria a 7°C em embalagem hermética até o uso.

53 As sementes de *S. lycocarpum* St. Hill. foram coletadas na região de lavras em junho de
54 2019. Foram coletados frutos que já estavam no solo, como recomendado por Pinto et al.(2007).

55 O extrato de fumaça foi obtido pela condensação dos gases da carbonização de folhas e
56 galhos de *Eucalyptus grandis*. Foram utilizados 200 g de material vegetal, o qual foi colocado
57 em um recipiente metálico com mangueiras acopladas a um frasco contendo água destilada.
58 Após o início da combustão do material fez-se o bombeamento forçado usando uma bomba
59 manual para impelir os gases da combustão para o fundo do frasco com água destilada até que
60 todo o conteúdo fosse consumido pelo fogo (Figura 1). Após as devidas diluições, foram feitas
61 medições do pH utilizando pHmetro, e todas as concentrações os valores de ficaram entre 6,6
62 e 7,1. O frasco contendo o extrato aquoso de fumaça foi fechado e armazenado a 10°C, no
63 escuro até o uso.

64



65

66

67

68

69

Figura 1. Esquema representativo do equipamento utilizado na produção do extrato aquoso de fumaça. A queima do material vegetal foi realizada no recipiente de aço e os gases da combustão foram forçados através da água em um frasco.

70

71

72

As soluções de trabalho foram preparadas a partir do extrato bruto obtido, diluído em água destilada nas seguintes proporções (volume/volume): 1:5, 1:10, 1:20, 1:40 e 1:80. Como controle foi utilizada água destilada.

73

74

75

A assepsia das sementes antes da montagem dos testes foi realizada fazendo-se a imersão das mesmas em solução de hipoclorito de sódio a 1% por cinco minutos. Após esse tratamento as sementes foram imediatamente lavadas em água corrente.

76

77

78

79

80

81

Nos testes de germinação foram usadas 5 repetições de 25 sementes, por tratamento. A germinação foi realizada em placas de Petri, sobre duas folhas de papel de germinação embebido com as soluções de extrato aquoso de fumaça, nas diferentes diluições. O total de solução adicionado inicialmente em cada placa foi de 2 mL, sendo repostado sempre que necessário para manter o papel úmido. As placas foram vedadas com filme plástico para reduzir a evaporação.

82

83

84

85

86

87

88

As placas com sementes foram incubadas em câmara de germinação do tipo BOD com temperatura alternada de 20 e 30°C e com fotoperíodo de 12 horas (PINTO et al., 2007). A germinação foi avaliada diariamente, usando como critério a protrusão radicular (2 milímetros). As contagens foram realizadas até os 40 dias após a embebição. Ao final desse período foram contabilizadas as plântulas normais, plântulas anormais, sementes mortas e sementes duras. Foram determinados com esses dados o percentual final de germinação e o índice de velocidade de germinação (IVG) foi calculado pelo somatório do número de plântulas normais germinadas

89 (G1, G2, G3... GN) a cada dia, dividido pelo número de dias decorridos (N1, N2, N3 ... NN)
90 entre a semeadura e a germinação, de acordo com a fórmula descrita por Maguire (1962):

91

$$92 \quad IVG = \frac{G1}{N1} + \frac{G2}{N2} + \frac{G3}{N3} + \dots + \frac{GN}{NN}$$

93 Para avaliação dos comprimentos das raízes, foram utilizadas 5 plântulas selecionadas
94 aleatoriamente de cada repetição ao final do teste de germinação. As plântulas foram
95 fotografadas e as medições foram realizadas utilizando o software *Image J*.

96 Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado (DIC),
97 sendo os dados submetidos à Análise de Variância, teste de homogeneidade (Levene),
98 normalidade (Shapiro-Wilk) e as médias comparadas através do teste de Tukey ($p < 0,05$). O
99 experimento com gravitinga foi conduzido em fatorial duplo (2 lotes x 6 concentrações).

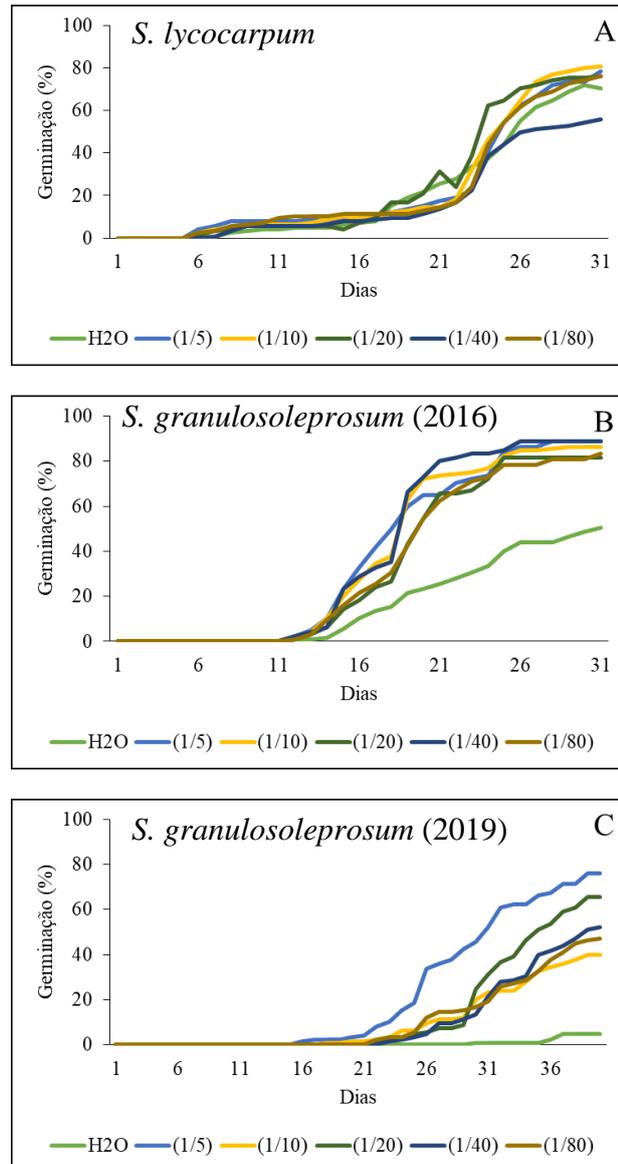
100 As análises foram realizadas usando o software R for Windows (R Development Core
101 Team, 2012).

102

103 **RESULTADOS**

104 **Efeito do extrato aquoso de fumaça na germinação de sementes de lobeira e gravitinga**

105 Pode-se observar a influência dos perfis de germinação das espécies estudadas, de
106 acordo com a concentração de extrato aquoso de fumaça utilizada (Figura 2). É possível
107 perceber que para lobeira, todos os tratamentos apresentaram um comportamento similar
108 (Figura 3), o que indica a baixa influência do tratamento para sementes dessa espécie.



109

110

111

Figura 2. Germinação acumulada em sementes de lobeira (A), gravitinga lote coletado em 2016 e armazenado em câmara fria (B) e gravitinga lote novo (coletado em 2019) (C).

112

113

114

115

116

Entretanto, em sementes de gravitinga pode se observar resultados superiores no que diz respeito ao tratamento com extrato aquoso de fumaça. Sementes germinadas somente em água apresentaram germinação bem inferior quando comparadas aquelas germinadas em soluções de extrato aquoso de fumaça.

117

118

119

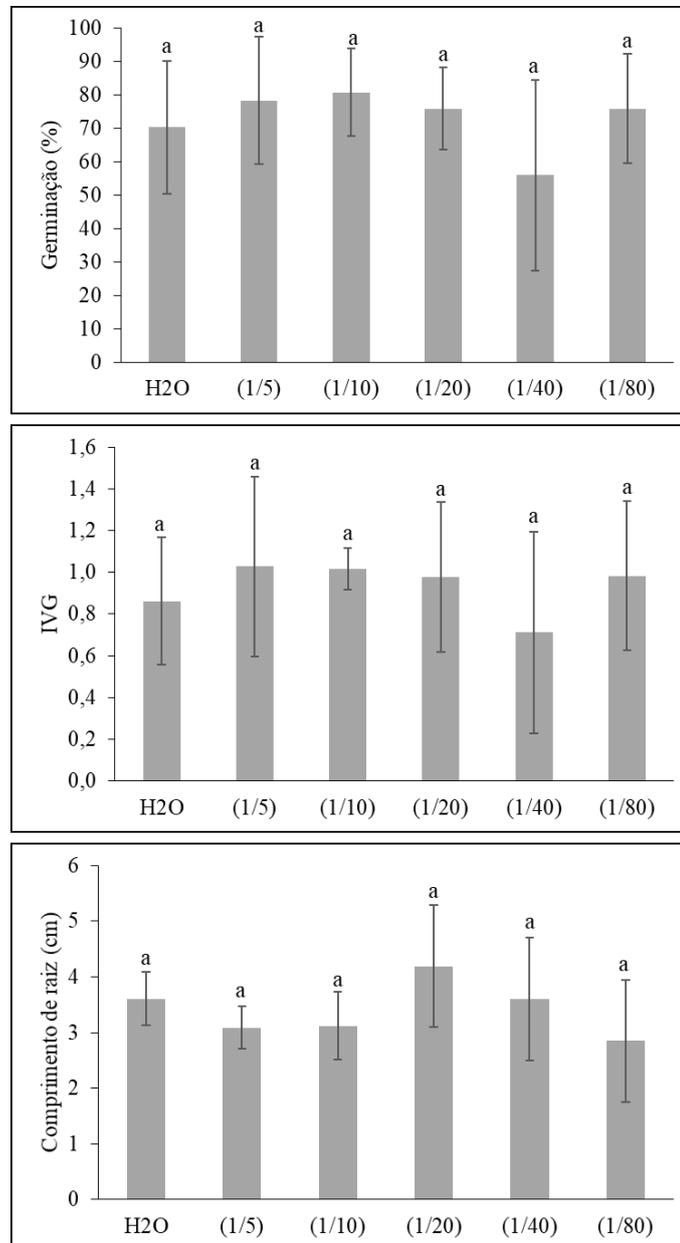
Para o lote que passou por armazenamento não houve diferença na germinação das sementes nas diferentes concentrações de extrato aquoso de fumaça, no entanto, quando comparado ao controle (germinadas em água) observa-se um efeito positivo dos tratamentos.

120

121

Quanto ao lote novo, pode-se notar que todos os tratamentos utilizando extrato de fumaça obtiveram influência positiva na germinação das sementes dessa espécie.

122 Quando analisados isoladamente a porcentagem de germinação, índice de velocidade
 123 de germinação e comprimento de raízes, observa-se que não houve diferença significativa entre
 124 os tratamentos em sementes de lobeira, onde a germinação média final dos tratamentos foi de
 125 $72,9 \pm 8,9\%$, o IVG de $0,92 \pm 0,12$ e o comprimento de raízes $3,41 \pm 0,48$ cm.
 126



127
 128
 129
 130

Figura 3. Germinação, IVG e comprimento de raiz em sementes de lobeira aos 40 dias após a embebição. Letras iguais não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). As barras representam o desvio padrão.

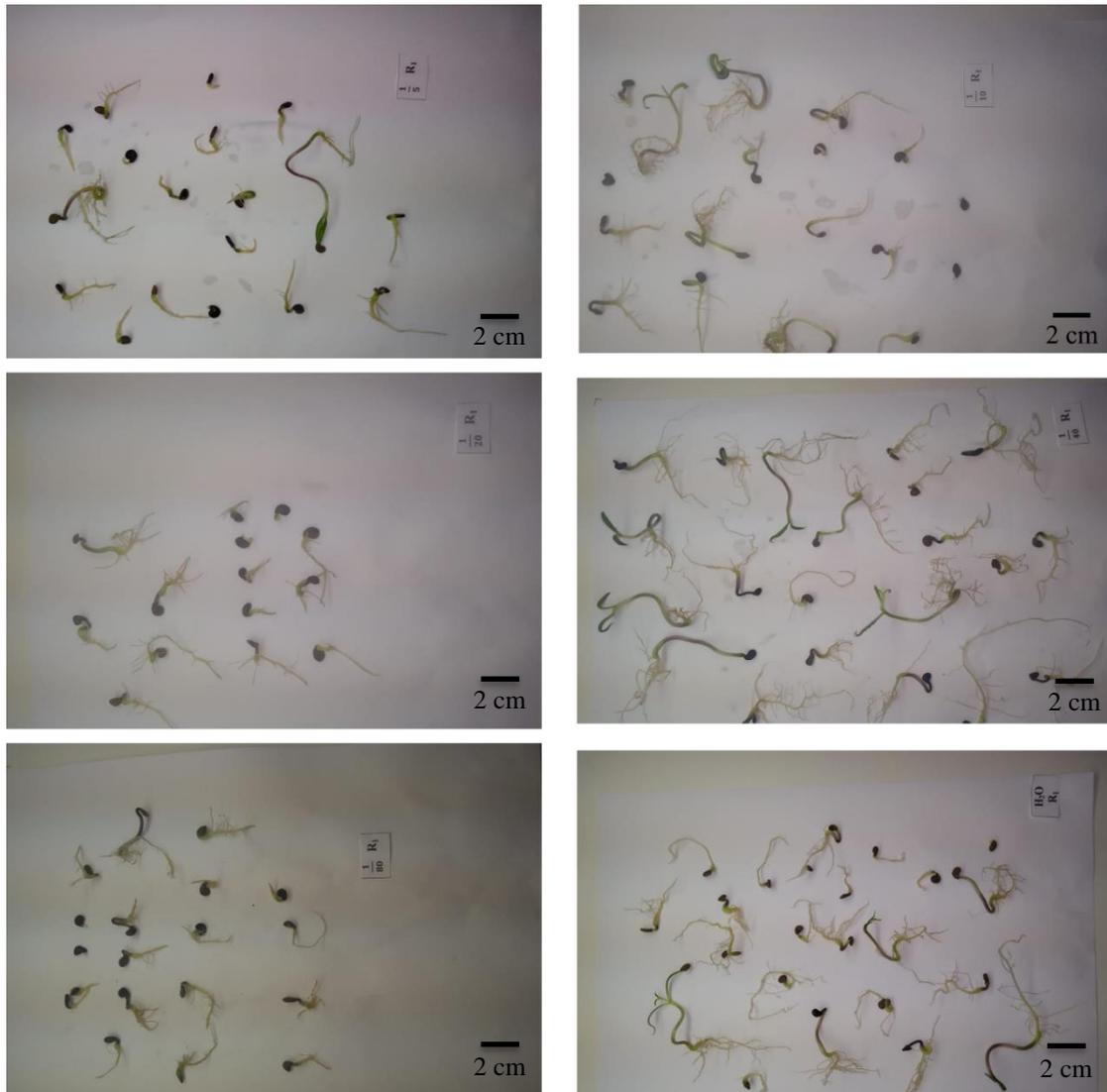


Figura 4. Plântulas de lobeira, após tratamento com extrato aquoso de fumaça.

131

132

133

134 Houve interação significativa entre os fatores para os lotes de sementes de gravitinga.

135 Verificou-se efeito positivo da aplicação de extrato de fumaça durante a germinação (figura 4).

136 O extrato de fumaça foi eficaz para aumentar o potencial germinativo quando comparado com

137 sementes germinadas somente em água, tanto para o lote armazenado, quanto para o lote novo.

138 No lote novo, a germinação em sementes não tratadas foi próxima de 0, enquanto no tratamento

139 onde foi realizada a diluição do extrato na proporção de 1/5, obteve-se valores de germinação

140 próximos a 80%.

141 Ainda no lote coletado em 2019, foi possível observar que o tratamento na concentração

142 de 1/5 e 1/20 apresentaram resultados significativamente superiores ($p < 0,05$), tanto na

143 germinação, quanto no IVG. Os tratamentos 1/40 e 1/80 não diferiam entre si e todos foram

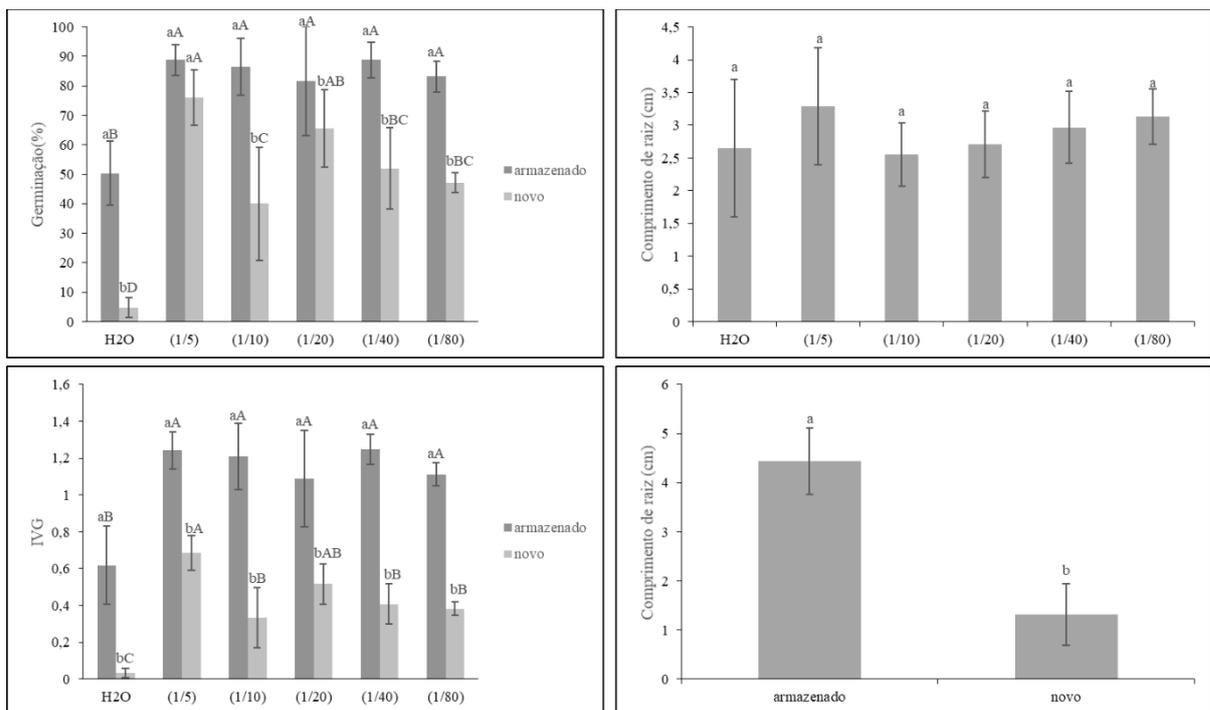
144 superiores a sementes germinadas somente em água.

145 Não houve interação significativa entre os fatores para o comprimento de raízes, sendo
 146 que o lote armazenado apresentou uma média de 4,44 cm e o novo de 1,3 cm, diferindo
 147 estatisticamente entre eles ($p < 0,05$). Não houve diferença significativa entre as concentrações
 148 para essa variável.

149 O lote armazenado apresentou germinação superior ao novo nas concentrações 1/5,
 150 1/10, 1/20, 1/40, 1/80 e água.

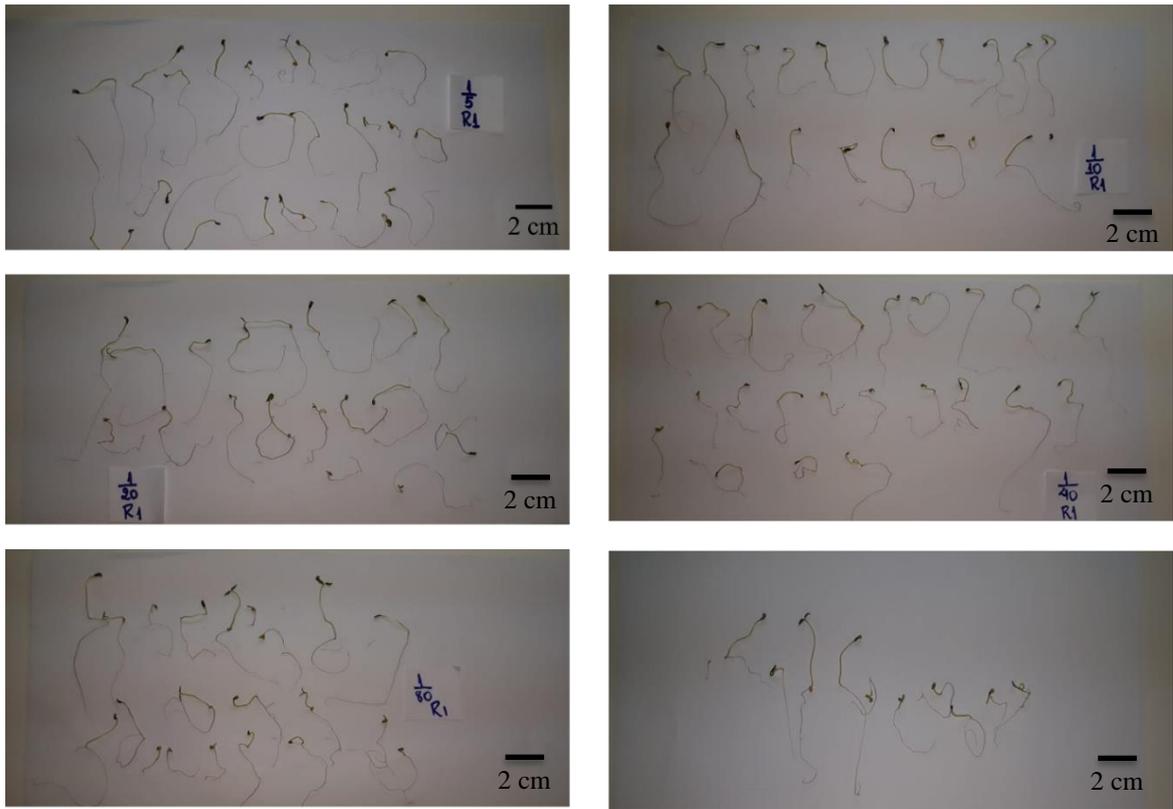
151 Não houve nenhum efeito fitotóxico da aplicação do extrato aquoso de fumaça em
 152 sementes das espécies estudadas. Guerreiro et al. (2012) também não encontraram toxicidade
 153 desse composto quando aplicado em mudas de tomate.

154



155

156 Figura 5. Germinação, IVG e comprimento de raiz em sementes de gravitinga lote novo (2019) e armazenado
 157 (2016) aos 40 dias após a embebição. Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa pelo teste de
 158 Tukey ($p < 0,05$) dentro de cada concentração. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa pelo
 159 teste de Tukey ($p < 0,05$) entre as concentrações, em cada armazenamento. As barras representam o desvio
 160 padrão.



161
162
163
164
165

Figura 6. Plântulas de gravatinga 40 dias a embebição (lote coletado em 2016), após tratamento com diferentes doses de extrato aquoso de fumaça.

166 DISCUSSÃO

167 A germinação de sementes é um dos mais importantes estágios do ciclo de vida da
168 planta. Esse processo que determinará o sucesso do estabelecimento e desenvolvimento do
169 vegetal. Tratamentos pré germinativos que propiciem a germinação mais rápida e uniforme de
170 sementes florestais estão sendo cada vez mais requisitados, visto a importância do uso dessas
171 para a recuperação de áreas degradadas, uso paisagístico e para o cultivo com fins comerciais.

172 Nesse estudo, foram investigadas as respostas fisiológicas da germinação de sementes
173 de lobeira e gravitinga em diversas concentrações de extrato aquoso de fumaça, através de
174 medidas de germinação, IVG e comprimento de raízes. O extrato aquoso de fumaça diluído em
175 água pode ser considerado um estimulante natural para a germinação de sementes em um amplo
176 número de espécies que ocorrem em ecossistemas com ocorrência natural de fogo (LIGHT et
177 al., 2009). O butenolóide, composto orgânico de baixo peso molecular foi identificado como
178 responsável por essa resposta positiva, quando em baixas concentrações (VAN STADEN et al.,
179 2004).

180 Nesse estudo, as duas espécies apresentam ocorrência em lugares com presença regular
181 ou baixa de fogo. Considerando o desempenho germinativo, as espécies diferem em sua
182 resposta às aplicações de extrato aquoso de fumaça. Em lobeira, o composto não apresentou
183 diferença entre os tratamentos, enquanto em gravitinga, houve uma melhora no potencial
184 germinativo em algumas concentrações.

185 Formas diferentes de resposta ao tratamento com extrato aquoso de fumaça são comuns
186 na literatura, mesmo em espécies da mesma família (BROWN, 1993). Pode-se observar
187 diferenças dentro da própria espécie, dependendo da diferença da dormência entre os lotes de
188 sementes. Dentre 18 espécies lenhosas analisadas no Chile, apenas três (*Acacia caven*,
189 *Baccharis vernalis* e *Trevoa quinquenervia*) apresentaram melhor germinação após a aplicação
190 do extrato (GÓMEZ-GONZÁLEZ et al., 2008).

191 Respostas positivas ao extrato aquoso de fumaça foram mostradas no padrão de
192 germinação de cinco espécies arbóreas da Amazônia, que não sofrem fogo regularmente em
193 seus habitats naturais. As espécies que tinham lotes de sementes com baixo vigor ou com longos
194 períodos de germinação apresentaram melhor resposta ao tratamento (FERRAZ et al., 2013).
195 Tratamentos com extrato aquoso de fumaça e cinzas foram eficazes em 5 das 12 espécies de
196 árvores que ocorrem em áreas com frequência de fogo no México (ZULOAGA-AGUILAR et
197 al., 2011). King e Menges (2018) relataram que o tratamento de sementes com o extrato

198 aumentou significativamente o sucesso da germinação em três espécies estudadas (*Chrysopsis*
199 *highlandsensis*, *Eryngium cuneifolium* e *Lechea cernua*).

200 Nesse trabalho, foi possível observar que o tratamento não foi eficiente para aumentar
201 o porcentual germinativo, a velocidade de germinação ou o crescimento das plântulas em
202 sementes de lobeira, diferindo das respostas observadas para sementes de gravitinga.

203 A presença de dormência fisiológica nessas espécies pode ser a possível causa dessa
204 variação nos resultados. Sementes de gravitinga armazenadas podem ter passado por um
205 processo de degradação de ABA, reduzindo sua dormência quando comparado com o lote
206 recém coletado.

207 Os lotes de gravitinga apresentaram comportamentos diferentes quanto à germinação.
208 O lote coletado em 2016 e armazenado apresentou em média maior porcentual de germinação
209 comparado com o lote recém coletado ($p < 0,05$), o que indica uma redução na dormência devido
210 ao armazenamento

211 O armazenamento apresenta relação direta com a viabilidade de lotes (VICENTE et al.,
212 2015; JESUS, et al, 2018). Sementes ortodoxas e com dormência fisiológica muitas vezes
213 apresentam aumento na germinação após certo período de armazenamento (GRZYBOWSKI et
214 al., 2019). A superação da dormência devido a estratificação por frio é um dos métodos mais
215 utilizados em sementes de espécies de clima temperado e o mesmo processo utilizado pode
216 ocorrer no armazenamento em condições de baixa temperatura e umidade (OBA, et al., 2017).
217 Foi observado que as sementes de gravitinga armazenadas apresentaram germinação superior
218 nas concentrações de 1/10, 1/20, 1/40, 1/80 e água.

219 Em sementes de gravitinga, de maneira geral, a concentração mais alta (1/5) foi mais
220 eficiente que as demais para promoção da germinação das sementes. Daws et al. (2006)
221 observam efeito positivo na porcentagem de germinação, em relação ao controle, para pelo
222 menos 18 espécies de ervas africanas, porém, também encontraram efeito negativo para duas
223 espécies.

224 Essa melhora na germinação ocorreu possivelmente devido a interação dos compostos
225 presentes nesse extrato, como butenolóide na rota de hormônios estimuladores da germinação,
226 como as giberelinas. Sabe-se que esse composto apresenta efeito similar na germinação ao GA₃
227 na germinação de sementes de espécies da família Asteraceae oriundas da Austrália (VAN
228 STADEN et al., 2000). O butenolóide pode ser até mesmo mais eficaz na germinação de
229 sementes que a própria aplicação de GA₃ (DAWS et al., 2006), com a vantagem de não provocar
230 alongamento ou estiolamento, que são tipicamente associados ao GA₃.

231

232 **CONCLUSÕES**

233 Nas condições em que foram desenvolvidos os experimentos com *Solanum lycocarpum* St. Hill
234 e *Solanum granulosoleprosum* Dunal. é possível concluir que:

- 235 • Semente de *S. lycocarpum* tratadas com o extrato aquoso de fumaça não apresentaram
236 resposta na germinação e no crescimento inicial das plântulas;
- 237 • O armazenamento afeta a resposta germinativa de sementes de *S granulosoleprosum*;
- 238 • Sementes de *S. granulosoleprosum* apresentam aumento no percentual de germinação e
239 IVG quando tratadas com extrato aquoso de fumaça;
- 240 • O tratamento das sementes com extrato aquoso de fumaça não afeta o crescimento do
241 sistema radicular de plântulas de *S. granulosoleprosum*.

242

243

244 TREATMENT OF LOBEIRA AND GRAVITINGA SEEDS WITH SMOKE-WATER

245

246

ABSTRACT

247

248

249

250

251

252

253

254

255

256

257

258

259

260

261

262

263

264

265

Smoked water presents as a low cost and high response alternative to optimize seed germination. The objective was to evaluate the effect of different doses of smoked-water on the germination of *Solanum lycocarpum* and *Solanum granuloso-leprosum*. One lot of *S. granuloso-leprosum* collected in 2016 and one collected in June 2019 were used, both in Lavras, Minas Gerais. *S. lycocarpum* seeds were collected in June 2019. The concentrations used for germination were: Distilled water (H₂O), 1: 5, 1:10, 1:20, 1:40 and 1:80. Seed plates were incubated in BOD with alternating temperature of 20 and 30 °C (12h photoperiod). For comparison of root lengths, 5 seedlings of each treatment were used, soon after the germination tests were completed. The experiments were conducted in a randomized design with data submitted to analysis of variance and means compared by the Tukey test (p <0.05) and difference in standard deviation bars. The experiment with gravitinga was conducted in double factorial (2 stores x 6 concentrations). *Solanum lycocarpum* showed no response to treatment with smoked water. The stored lot of *Solanum granuloso-leprosum* presented higher germination and IVG than the new lot. The treatments of 1/5 and 1/20 showed significant improvement in germination and IVG of gravitinga seeds in the new batch. All treatments showed improvement, when compared to water.

Keywords: Smoked water. Germination. Seed Technology.

REFERÊNCIAS

266

267

268 ALMEIDA, S. P. et al. Cerrado: espécies vegetais úteis. **Planaltina: Embrapa-CPAC**, v.
269 464, 1998.

270

271 ARRUDA Y. M. B. C.; FERRAZ I. D. K.; ALBUQUERQUE M. C. F. Fontes e
272 concentrações de águas de fumaça na germinação de sementes e no vigor de plântulas de
273 tomate. **Horticultura Brasileira** 30: 293-299, 2012.

274

275 BROWN, N. A. C. Promotion of germination of fynbos seeds by plant-derived smoke. **New**
276 **Phytologist**, v. 123, n. 3, p. 575-583, 1993.

277

278 DAVIDE, A. C.; FARIA, JMR; BOTELHO, S. A. **Propagação de espécies florestais. Belo**
279 **Horizonte. CEMIG/UFLA/FAEPE**, 1995. 40p.

280

281 DAWS, M. I. et al. Butenolide from plant-derived smoke enhances germination and seedling
282 growth of arable weed species. **Plant Growth Regulation**, v. 51, n. 1, p. 73-82, 2007.

283

284 DAWS, M. I. et al. Butenolide from plant-derived smoke enhances germination and seedling
285 growth of arable weed species. **Plant Growth Regulation**, v. 51, n. 1, p. 73-82, 2007.

286

287 ENCARNAÇÃO, F.. Redução do impacto ambiental na produção de carvão vegetal e
288 obtenção do ácido pirolenhoso como alternativa para proteção de plantas. **Agroecologia e**
289 **Desenvolvimento Rural Sustentável**, v. 2, n. 4, 2001.

290

291 FERRAZ, I. D. K.; ARRUDA, Y. M. B. C.; VAN STADEN, J. Smoke-water effect on the
292 germination of Amazonian tree species. **South African journal of botany**, v. 87, p. 122-128,
293 2013.

294

295 GÓMEZ-GONZÁLEZ, S.; SIERRA-ALMEIDA, A.; CAVIERES, L. A. Does plant-derived
296 smoke affect seed germination in dominant woody species of the Mediterranean matorral of
297 central Chile?. **Forest Ecology and Management**, v. 255, n. 5-6, p. 1510-1515, 2008.

298

299 GRZYBOWSKI, C. R. S. et al. Investigação de dormência e potencial de armazenamento de
300 sementes de maracujazeiro amarelo nativo. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 3, p. 367-374,
301 2019.

302

303 GUERREIRO, J. C. G.; BENTO, F. S. B.; SILVESTRE, C. S.. Efeito da incorporação de
304 extrato pirolenhoso em substrato no desenvolvimento inicial de mudas de tomate. **Periódico**
305 **Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 8, n. 1, 2012.

306

307 JESUS DANTAS, S. et al. Viabilidade e vigor de sementes armazenadas de *Sapindus*
308 *saponaria* Linnaeus. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, v. 3, n. 1, p. 6570, 2018.

309

310 KING, R. A.; MENGES, E. S. Effects of heat and smoke on the germination of six Florida
311 scrub species. **South African Journal of Botany**, v. 115, p. 223-230, 2018.

312

- 313 LIGHT, M. E.; DAWS, M. I.; VAN STADEN, J. Smoke-derived butenolide: towards
314 understanding its biological effects. **South African Journal of Botany**, v. 75, n. 1, p. 1-7,
315 2009.
- 316
317 LORENZI, H.. **Arvores brasileiras manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas**
318 **do Brasil**. 1998.
- 319
320 MAGUIRE, J. D. Speed of Germination—Aid In Selection And Evaluation for Seedling
321 Emergence And Vigor 1. *Crop science*, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.
- 322
323 MERRITT, D. J. et al. Effects of a butenolide present in smoke on light-mediated germination
324 of Australian Asteraceae. **Seed Science Research**, v. 16, n. 1, p. 29-35, 2006.
- 325
326 OBA, G. C. et al. Dormência das sementes de cártamo: efeito do armazenamento e
327 estratificação a frio. **Journal of Seed Science**, v. 39, n. 4, p. 433-439, 2017.
- 328
329 PINHEIRO, J et al. the R Development Core team. 2012. **Nlme: Linear and nonlinear**
330 **mixed effects models. R package version**, v. 3, p. 1-137, 2008.
- 331
332 PINTO, L. V. A. et al. Mechanism and control of *Solanum lycocarpum* seed
333 germination. **Annals of Botany**, v. 100, n. 6, p. 1175-1187, 2007.
- 334
335 ROE, K. E. A revision of *Solanum* section *Brevantherum* (Solanaceae). **Brittonia**, v. 24, n. 3,
336 p. 239-278, 1972.
- 337
338 SILVA, T. M. S. et al. Ocorrência de flavonas, flavonóis e seus glicosídeos em espécies do
339 gênero *Solanum* (Solanaceae). **Química Nova**, v. 26, n. 4, p. 517-522, 2003.
- 340
341 The International Solanaceae Genome Project (SOL). 2004. Systems Approach to Diversity
342 and adaptation. Em: <http://www.sgn.cornell.edu/solanaceae-project/>; consulta: 21 de outubro
343 de 2019.
- 344
345 VAN STADEN, J. et al. Isolation of the major germination cue from plant-derived smoke.
346 2004.
- 347
348 VICENTE, D. et al. Viabilidade de sementes de *Ocotea puberula* (Rich.) Ness ao longo do
349 armazenamento. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 3, p. 418-426, 2016.
- 350
351 ZULOAGA-AGUILAR, S.; BRIONES, O.; OROZCO-SEGOVIA, A.. Seed germination of
352 montane forest species in response to ash, smoke and heat shock in Mexico. **Acta Oecologica**,
353 v. 37, n. 3, p. 256-262, 2011.
- 354