



**THAYANE FERREIRA CARVALHO**

**TRATAMENTO DE SEMENTES FLORESTAIS COM  
INSETICIDAS VISANDO A SEMEADURA DIRETA**

**LAVRAS-MG**

**2021**

**THAYANE FERREIRA CARVALHO**

**TRATAMENTO DE SEMENTES FLORESTAIS COM  
INSETICIDAS VISANDO A SEMEADURA DIRETA**

Tese 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 Doutor.

Prof. Dr. Anderson Cleiton José  
Orientador

Prof. Dr. José Márcio Rocha Faria  
Co-orientador

**LAVRAS-MG**

**2021**

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

Carvalho, Thayane Ferreira.

Tratamento de sementes florestais com inseticidas visando a  
semeadura direta / Thayane Ferreira Carvalho. - 2021.

122 p.

Orientador(a): Anderson Cleiton José.

Coorientador(a): José Márcio Rocha Faria.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2021.

Bibliografia.

1. Inseticidas. 2. Sementes florestais. 3. Semeadura direta. I.  
José, Anderson Cleiton. II. Faria, José Márcio Rocha. III. Título.

**THAYANE FERREIRA CARVALHO**

**TRATAMENTO DE SEMENTES FLORESTAIS COM INSETICIDAS  
VISANDO A SEMEADURA DIRETA  
TREATMENT OF FOREST SEEDS WITH INSECTICIDES AIMING FOR  
DIRECT SOWING**

Tese 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 Doutor.

APROVADA em 30 de abril de 2021.

Prof. Dr. Anderson Cleiton José	UFLA
Prof. Dr. José Márcio Rocha Faria	UFLA
Prof. Dr. Everson Reis Carvalho	UFLA
Prof. Dr. Israel Marinho Pereira	UFVJM
Prof. Dra. Luciana Magda de Oliveira	UDESC

Prof. Dr. Anderson Cleiton José

Orientador

Prof. Dr. José Márcio Rocha Faria

Coorientador

**LAVRAS – MG**

**2021**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus por ter colocado esta oportunidade em meu caminho, e boas pessoas com quem pude contar ao longo da jornada.

À Nossa Senhora, que sempre pude contar em meus momentos de oração, me dando força e coragem para nunca desistir.

Aos meus pais, por sempre me darem força e acreditarem em meus sonhos. Por fazerem o possível e impossível para me verem bem e feliz. Amo vocês mais que tudo. Vocês são a razão da minha existência.

À minha avó Delurdes, pelas intensas orações e pelo amor que sempre me deu. Ao Professor Anderson, pelos anos de orientação, paciência e ensinamentos.

Ao Cleber, pela grande ajuda prestada. Sem seu apoio, parte deste trabalho não seria possível.

Ao meu amor e agora esposo, Talles, pela constante companhia em todos os momentos, principalmente nos difíceis, em que estive ao meu lado, me ajudando e acalmando. Pela ajuda na tese, quando achei que não conseguiria, sem você ao meu lado, me dando suporte e amor, não teria chegado aqui.

Às minhas companheiras de laboratório, Amanda e Pauliana, pelo companheirismo e momentos de amizade e distração, amo vocês.

Aos meus amigos que se tornaram família, Isabela, Douglas, Júlio, Alisson, Douglas, Heverton e Luiz Otávio, amo todos vocês e as levarei no coração para sempre.

À minha melhor amiga de Lavras, Isabela, pelos conselhos, por suportar-me nas horas de estresse, pelos momentos de diversão. Te amo *migle*.

A Olívia, que sempre me deu suporte em todas minhas dúvidas, sempre com paciência para me ajudar, e claro por sempre ouvir minhas lamentações diárias, sobre as dificuldades da vida, da tese, de tudo. Você foi um grande presente que Lavras me deu.

Ao professor José Márcio, sempre disposto a ajudar em nossas dúvidas e claro a bater um bom papo. Sentirei saudades dos momentos do café, os bons causos e risadas.

Aos professores da banca, por terem aceitado o convite, e pelas valiosas contribuições oferecidas ao meu trabalho.

A UFLA e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, pela oportunidade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal do Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida.

Dedico a tese a todos vocês! Muito obrigada!

## RESUMO GERAL

A degradação florestal tem sido crescente, fazendo-se dessa forma necessário o desenvolvimento de técnicas que sejam viáveis e eficazes. Dentre as técnicas viáveis destaca-se a semeadura direta, apresentando baixo custo e maior acessibilidade. No entanto, para que a técnica seja eficaz, alguns pontos devem ser desenvolvidos, como o combate a predação das sementes. Necessitando, assim, desenvolver soluções que minimizem esse problema. O objetivo foi o de avaliar a fitotoxicidade e o efeito bioativador dos inseticidas tiametoxam e ciantraniliprole, em sementes de espécies florestais. Para tanto, foram instalados três experimentos, onde no primeiro objetivou-se avaliar o efeito do tratamento de sementes com inseticidas sobre a germinação e desenvolvimento inicial das plântulas em sementes de espécies nativas. O segundo, analisar a eficiência em campo do inseticida tiametoxam contra a predação de sementes por insetos e seu efeito bioativador em cinco espécies florestais e o terceiro, avaliar a influência do tiametoxam no desempenho fisiológico das sementes de duas espécies florestais durante o armazenamento. Foi verificado que em condições laboratoriais, o uso de tiametoxam e ciantraniliprole apresentam efeito positivo em *P. dubium*. para os resultados dos testes de vigor e desenvolvimento de plântulas. Em *E. contortisiliquum* houve efeitos positivos, com excessão do IVG, quando utilizado o tiametoxam. Em *G. ulmifolia*, *H. courbaril* e *Bowdichia virgioides* observou-se efeitos fitotóxicos, quando utilizados os dois inseticidas. Em condições de campo, o tiametoxam apresentou efeito positivo para variável comprimento de parte aérea para a espécie *E. contortisiliquum* e número de folhas em *G. ulmifolia*. Para o comprimento de raiz primária em *E. contortisiliquum* foi observado efeito negativo nas sementes tratadas. Houve predação somente na espécie *S. multijuga*, onde todos os indivíduos foram atacados por formigas, independente do tratamento após 30 dias da semeadura. A variável germinação foi maior no tratamento onde houve a aplicação do tiametoxam, na espécie *S. multijuga*, quando avaliadas as sementes armazenadas em bolsas de nylon sob fina camada de solo no campo. Para sementes armazenadas, o tratamento de sementes com tiametoxam não alterou de forma negativa a qualidade fisiológica de sementes de *P. dubium* e *E. contortisiliquum*. O tiametoxam não prejudica a qualidade fisiológica das sementes de *P. dubium* armazenadas, e apresenta efeito bioativador sobre plântulas.

Palavras-chave: tratamento de sementes, inseticidas, sementes florestais, qualidade fisiológica, predação de sementes, espécies nativas.

## GENERAL ABSTRACT

Forest degradation has increased, making it necessary to develop techniques that are viable and effective. Among the viable techniques, direct seeding stands out, with low cost and greater accessibility. However, for the technique to be effective, some points must be developed, such as reducing seed predation. Therefore, it is necessary to develop solutions that minimize this problem. The objective was to evaluate the phytotoxicity and the bioactivating effect of the insecticides thiamethoxam and cyantraniliprole, in seeds of forest species. Therefore, three experiments were installed, with the first one aimed to evaluate the effect of seed treatment with insecticides on germination and initial development of seedlings of native species. The second experiment aimed to analyze the efficiency of the insecticide thiamethoxam in the field against seed predation by insects and its bioactivator effect on five forest species. The third experiment aimed to evaluate the influence of thiamethoxam on the physiological performance of seeds of two forest species during storage. It was found that under laboratory conditions positive effect of the use of thiamethoxam and cyantraniliprole in *P. dubium*. when analysed the seed vigor and seedling development. In *E. contortisiliquum* there were positive effects, with the exception of IVG, when thiamethoxam was used. In *G. ulmifolia*, *H. courbaril* and *Bowdichia virgioides*, phytotoxic effects were observed when both insecticides were used. Under field conditions, thiamethoxam had a positive effect when analysed seedling shoot length for *E. contortisiliquum* and leaf number for *G. ulmifolia*. For the primary root length in *E. contortisiliquum*, a negative effect was observed in treated seeds. There was observed seed predation 30 days after sowing only in *S. multijuga*, where all individuals were attacked by ants, regardless of seed treatment. Germination of *S. multijuga* seeds was higher in when treated with thiamethoxam, when the seeds stored in nylon bags, kept under a thin layer of soil in the field. For stored seeds, seed treatment with thiamethoxam did not negatively alter the physiological quality of *P. dubium* and *E. contortisiliquum* seeds. Thiamethoxam does not affect the physiological quality of stored *P. dubium* seeds and has a bioactivating effect on seedlings.

Key words: seed treatment, insecticides, forest seeds, physiological quality, seed predation, native species.

## LISTA DE FIGURAS

### SEGUNDA PARTE

#### ARTIGO 1

Figura 1. Tratamento de sementes com Ciantraniliprole (A) e Tiametoxam (B)..... 53

Figura 2. Sementes de *Guazuma ulmifolia* colocadas para germinar em papel germitest e em areia..... 54

#### ARTIGO 2

Figura 1. Tratamento de sementes com tiametoxam. .... 81

Figura 2. Imagem anterior e posterior ao preparo do solo (esquerda para direita)..... 81

Figura 3. Deposição das amostras contendo a testemunha de *Peltophorum dubium*. .... 83

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO 1

Tabela 1. Métodos utilizados para quebra de dormência de sementes de espécies florestais .....	51
Tabela 2. Porcentagem média de germinação, sementes mortas, duras e plântulas anormais, provenientes de sementes de <i>P. dubium</i> , <i>S. multijuga</i> , <i>E. contortisiliquum</i> , <i>G. ulmifolia</i> , <i>B. virgilioides</i> e <i>H. courbaril</i> , testemunha e sementes tratadas com tiametoxam (*) e ciantraniliprole (**). .....	57
Tabela 3. Comprimento médio de raiz primária e parte aérea de <i>P. dubium</i> , <i>S. multijuga</i> , <i>E. contortisiliquum</i> , <i>G. ulmifolia</i> , <i>B. virgilioides</i> e <i>H. courbaril</i> , de sementes sem tratamento e tratadas com tiametoxam (*) e ciantraniliprole (**) germinadas em dois substratos. ....	60
Tabela 4. : Índice de velocidade de germinação, proveniente de sementes de <i>P. dubium</i> , <i>S. multijuga</i> , <i>E. contortisiliquum</i> , <i>G. ulmifolia</i> , <i>B. virgilioides</i> e <i>H. courbaril</i> , testemunha e sementes tratadas com tiametoxam (*) e ciantraniliprole (**). .....	62

### ARTIGO 2

Tabela 1. Métodos utilizados para superação da dormência das sementes de <i>G. ulmifolia</i> , <i>B. virgilioides</i> , <i>S. multijuga</i> e <i>P. dubium</i> . .....	79
Tabela 2. Modelos globais selecionados admitindo que variáveis com correlação maior  0.6  foram retiradas, como critério para multicolinearidade (3 primeiras linhas) e submodelos selecionados pelo Critério de Informação de Akaike de segunda ordem (AICc), para as ocorrências de sementes germinadas, mortas, duras e predadas. ....	85
Tabela 3. Relação das variáveis comprimento de parte aérea, diâmetro (DAS) e número de folhas para todas espécies avaliadas, tratadas e não tratadas com tiametoxam (*). ....	87
Tabela 4. Relação das variáveis emergência e mortalidade das sementes emergidas para todas espécies avaliadas, nas sementes tratadas com tiametoxam (*) e testemunha. ....	89
Tabela 5. Relação das variáveis raiz primária e massa seca, para todas as espécies avaliadas, nas sementes tratadas com tiametoxam (*) e testemunha. ....	89
Tabela 6. Predação das mudas de <i>Senna multijuga</i> , oriundas da semeadura direta, nas sementes tratadas com tiametoxam (*) e testemunha. ....	90
Tabela 7. Relação das variáveis germinação, mortalidade, sementes duras e predadas, nas sementes tratadas com tiametoxam (*) e testemunha. ....	91

### ARTIGO 3

Tabela 1. Porcentagem média de germinação, sementes mortas, duras, plântulas anormais e comprimento médio de parte aérea e raiz primária de plântulas normais, provenientes de sementes não tratadas (testemunha) e tratadas com tiametoxam (*) em diferentes tempos de armazenamento, 0, 3 e 6 meses, para a espécie <i>P. dubium</i> . .....	111
Tabela 2. Índice de velocidade de germinação, proveniente de sementes não tratadas (testemunha) e tratadas com tiametoxam (*) em diferentes tempos de armazenamento (0, 3 e 6 meses), para a espécie <i>P. dubium</i> . .....	113
Tabela 3. Porcentagem média de germinação, sementes mortas, duras, plântulas anormais e comprimento médio de parte aérea e raiz primária de plântulas normais, provenientes de sementes não tratadas (testemunha) e tratadas com tiametoxam (*) em diferentes tempos de armazenamento, 0, 3 e 6 meses, para a espécie <i>E. contortisiliquum</i> . .....	114
Tabela 4. Índice de velocidade de germinação, proveniente de sementes não tratadas (testemunha) e tratadas com tiametoxam (*) em diferentes tempos de armazenamento, 0, 3 e 6 meses, para a espécie <i>E. contortisiliquum</i> . .....	115

## SUMÁRIO

<b>PRIMERA PARTE</b> .....	<b>14</b>
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>14</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>16</b>
2.1. Objetivo geral.....	16
2.2. Objetivos específicos.....	16
<b>3. REVISÃO BIBLOGRÁFICA</b> .....	<b>17</b>
3.1. SEMEADURA DIRETA .....	17
3.2. Germinação .....	20
3.3. Vigor .....	21
3.4. Predação .....	21
3.5. Tratamento de sementes .....	23
3.6. Inseticidas .....	24
3.7. Classificação dos inseticidas .....	25
3.8. Agroquímicos de controle hormonal.....	28
3.9. Biotivadores.....	29
3.10. Tiametoxam.....	30
3.11. Ciantraniliprole .....	32
3.12. Referências bibliográficas .....	33
<b>ARTIGO 1 - DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE ESPÉCIES NATIVAS TRATADAS COM TIAMETOXAM E CIANTRANILIPROLE</b> .....	<b>46</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>49</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>51</b>
2.1. LOCAL DO ESTUDO .....	51
2.2. Material biológico .....	51
2.3. Caracterização inicial.....	51
2.3.1. Determinação do teor de água nas sementes .....	51
2.4. Superação de dormência .....	51
2.5. Tratamento químico das sementes.....	52
2.6. O experimento.....	54
2.7. Análise dos dados.....	55
<b>3. RESULTADOS</b> .....	<b>55</b>
<b>4. DISCUSSÃO</b> .....	<b>63</b>
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	<b>66</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>66</b>

**ARTIGO 2- CONTROLE DA PREDACÃO E EFEITO BIOATIVADOR EM  
SEMENTES FLORESTAIS TRATADAS COM TIAMETOXAM EM**

<b>SEMEADURA DIRETA.....</b>	<b>73</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>77</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>79</b>
<b>2.1. Local do estudo .....</b>	<b>79</b>
<b>2.2. Espécies estudadas.....</b>	<b>79</b>
<b>2.3. Caracterização inicial.....</b>	<b>79</b>
<b>2.3.1. Determinação do conteúdo de água nas sementes .....</b>	<b>79</b>
<b>2.4. Superação de dormência .....</b>	<b>79</b>
<b>2.5. Tratamento das sementes.....</b>	<b>80</b>
<b>2.6. Preparo da área .....</b>	<b>81</b>
<b>2.7. Delineamento experimental e variáveis analisadas .....</b>	<b>82</b>
<b>2.7.1 – Tratamento de sementes de cinco espécies nativas com tiametoxam, para semeadura direta, na restauração florestal.....</b>	<b>82</b>
<b>2.7.2 – Avaliação do comportamento de sementes de cinco espécies nativas tratadas com tiametoxam em área degradada.....</b>	<b>83</b>
<b>2.8. Análise dos dados.....</b>	<b>84</b>
<b>2.8.1. Tratamento de sementes de cinco espécies nativas com tiametoxam, para semeadura direta, na restauração florestal.....</b>	<b>84</b>
<b>2.8.2. Avaliação do comportamento de sementes de cinco espécies nativas tratadas com tiametoxam em área degradada.....</b>	<b>84</b>
<b>3. RESULTADOS .....</b>	<b>85</b>
<b>3.1. Tratamento de sementes de cinco espécies nativas com tiametoxam, para semeadura direta, na restauração florestal.....</b>	<b>85</b>
<b>3.2. Avaliação do comportamento de sementes de cinco espécies nativas tratadas com tiametoxam em área degradada.....</b>	<b>90</b>
<b>4. DISCUSSÃO .....</b>	<b>93</b>
<b>4.1. Tratamento de sementes de cinco espécies nativas com tiametoxam, para semeadura direta, na restauração florestal.....</b>	<b>93</b>
<b>4.2. Avaliação do comportamento de sementes de cinco espécies nativas tratadas com tiametoxam em área degradada.....</b>	<b>96</b>
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>97</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>98</b>
<b>ARTIGO 3 -.....</b>	<b>103</b>

<b>DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE <i>Peltophorum dubium</i> E</b>	
<b><i>Enterolobium contortisiliquum</i> TRATADAS COM TIAMETOXAM DURANTE</b>	
<b>O ARMAZENAMENTO .....</b>	<b>103</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>106</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>107</b>
<b>2.1. Local do estudo .....</b>	<b>107</b>
<b>2.2. Material biológico .....</b>	<b>107</b>
<b>2.3. Caracterização inicial.....</b>	<b>107</b>
<b>2.3.1. Determinação do teor de água nas sementes.....</b>	<b>107</b>
<b>2.4. Superação de dormência .....</b>	<b>107</b>
<b>2.5. Caracterização do experimento.....</b>	<b>107</b>
<b>2.6 Análise dos dados.....</b>	<b>109</b>
<b>3. RESULTADOS .....</b>	<b>110</b>
<b>4. DISCUSSÃO .....</b>	<b>116</b>
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>118</b>
<b>6. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>119</b>

## **PRIMERA PARTE**

### **1. INTRODUÇÃO GERAL**

Com a constante degradação florestal, advindas da expansão da agropecuária, atividade de mineração e o aumento populacional, o ambiente tem se tornado cada vez mais degradado e a vegetação mais fragmentada (CHEUNG et al., 2010). Nesse contexto, atualmente, a população mundial vive um grande desafio ambiental, onde a perda de biodiversidade tem chegado a níveis globais, problemas cada vez maiores gerados pela poluição, além de alterações climáticas cada vez mais evidentes (MENZ et al., 2013).

Diante desse contexto, em 1º de março de 2019, a Assembléia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU) declarou 2021-2030, a “Década das Nações Unidas sobre Restauração de Ecossistemas”. De acordo com a ONU mais de 33% dos solos do planeta apresentam algum tipo de degradação. Nesse contexto, o Brasil tem o compromisso assumido de restaurar 12 milhões de hectares até 2030.

O que nos sugere a necessidade constante em desenvolver, ou até mesmo melhorar, técnicas de restauração já existentes, de forma a termos métodos adequados e cada vez mais eficazes (RODRIGUES et al., 2009). Sendo, portanto, indispensável a realização de pesquisas que visem promover técnicas de fácil acesso, baixo custo e maior facilidade de implantação, além de uma alta efetividade (SILVA et al., 2015).

Perante o exposto, a semeadura direta vem sendo apontada como uma técnica promissora, tanto para pequenas propriedades rurais, já que pode ser realizada a baixo custo, quanto para áreas maiores, como grandes de pastagens e áreas agrícolas uma vez que possibilita a mecanização e redução de custos (MARTINS, 2009). Além disso, vem se destacando pelo seu aspecto social, pois possibilita o envolvimento de comunidades tradicionais como indígenas e quilombolas na coleta, beneficiamento e comercialização dessas sementes para programas de restauração.

No entanto, para que a prática da restauração florestal por meio da semeadura direta seja viável, alguns pontos devem ser considerados, como as características da espécie a ser semeada e de suas sementes, a susceptibilidade da espécie a fatores abióticos negativos, como escassez de água e altas temperaturas, além de haver necessidade de constante proteção das sementes e plântulas contra a predação, por aves, roedores e, principalmente, insetos (UHL et al., 1991; MATTEI, 1997).

O combate a predação é um fator importante, para que a semeadura direta seja eficaz, uma vez que, devido a ela as sementes perdem o poder germinativo, pois as estruturas internas da semente sofrem injúrias ou são completamente consumidos, o que torna a proteção das sementes com inseticidas uma ferramenta importante pós-semeadura para reduzir ou evitar perdas com predação, um dos pontos mais críticos para o sucesso do estabelecimento das plantas (FENNER, 1985) via semeadura direta na restauração florestal, uma vez que, a predação é responsável pela ineficiência da semeadura, gerando perdas de 30 a 80% de sementes e mudas em desenvolvimento inicial (UHL et al., 1991). Em vista disso, o uso de tratamentos das sementes, visando a sua proteção, é necessário, como sugerido por Moraes et al. (2009), que testaram o uso de alguns inseticidas, na produção de mudas de pau-rosa, e observaram que houve uma redução significativa na predação e um maior desenvolvimento dos indivíduos tratados.

Dessa forma, faz-se necessário conhecer inseticidas que sejam adequados à proteção de sementes florestais nativas, para isso, deve-se ressaltar que para um tratamento químico ser eficaz, o produto utilizado deve ser eficiente no combate às pragas, não ser tóxico às plantas, ao homem e ao ambiente, ser estável, apresentar aderência e cobertura, ser barato e acessível e apresentar compatibilidade de outros produtos (LUCCA FILHO, 2006). Seguindo essas premissas, os inseticidas tiametoxam e ciantraniliprole são amplamente utilizados nos cultivos agrícolas de grandes culturas.

O tiametoxam é um inseticida sistêmico, pertencente ao grupo dos neonicotinóides, destacando-se por sua alta eficiência e versatilidade, podendo ser aplicado via solo, pulverização ou no tratamento de sementes (LAWSON et al., 2000; MASON et al., 2000). Já o ciantraniliprole é um inseticida sistêmico, derivado da rianodina, com amplo espectro de ação, sendo eficiente no controle de insetos sugadores e mastigadores (SATTELLE et al., 2008), sua molécula possui alta seletividade para os receptores de rianodina dos insetos o que leva a uma baixa toxicidade para mamíferos (CORDOVA et al., 2007).

Dentre esses inseticidas o tiametoxam tem sido associado a diversas outras moléculas, demonstrando em algumas situações efeito bioativador (SANTOS et al., 2019). De acordo com Dan et al., (2014). Os bioativadores conferem proteção às plantas, alteram ou promovem certos efeitos fisiológicos de maneira a auxiliar no crescimento e desenvolvimento das plantas (DAN et al., 2012). Dessa forma, além de conferir proteção às sementes e plântulas, pode favorecer a formação e desenvolvimento das plântulas.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo geral

Avaliar a proteção contra predação e os efeitos fitotóxico e bioativador dos inseticidas tiametoxam e ciantraniliprole, em sementes de espécies florestais nativas.

### 2.2. Objetivos específicos

- Avaliar o efeito do tratamento de sementes com inseticidas sobre a germinação e desenvolvimento inicial das plântulas em sementes de *Peltophorum dubium*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Bowdichia virgilioides*, *Senna multijuga*, *Guazuma ulmifolia* e *Hymenaea courbaril*.
- Testar a eficiência em campo do inseticida tiametoxam contra a predação de sementes por insetos e possíveis efeitos bioativadores em cinco espécies florestais (*Peltophorum dubium*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Bowdichia virgilioides*, *Senna multijuga*, *Guazuma ulmifolia*) semeadas em uma área de pastagem degradada.
- Avaliar a influência do tiametoxam no desempenho fisiológico das sementes armazenadas de *Peltophorum dubium* e *Enterolobium contortisiliquum*.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1. Semeadura direta**

Com a expansão da agropecuária, as atividades de mineração e o aumento populacional, o ambiente tem se tornado cada vez mais degradado e a vegetação mais fragmentada, com perdas de habitat, extinção de espécies, erosões acentuadas no solo, aumento da seca, assoreamento dos rios e córregos, entre outros (CHEUNG et al., 2010). Diante disso, a discussão sobre a necessidade de se recuperar o meio ambiente tem se tornado cada vez mais recorrente (RODRIGUES et al., 2009), de forma a buscar saídas para os problemas ainda existentes, como a definição de técnicas adequadas e eficazes.

Vários modelos têm sido desenvolvidos para a recomposição florestal no Brasil, no entanto, a maior parte deles desenvolve-se a partir do plantio de mudas, diferindo-se apenas em composição, disposição e espaçamento das espécies, em diferentes estágios sucessionais, desprezando-se muitas vezes o potencial presente em outras técnicas viáveis, como a semeadura direta (KLIPPEL et al., 2015).

O plantio de mudas, apesar de ser o mais utilizado, ainda é muito caro e limitado, pela dificuldade de encontrar mudas de um maior número de espécies nos viveiros da maioria das regiões do Brasil, o que faz com que a alta diversidade, importante na restauração de ecossistemas tropicais, na maioria das vezes, não seja contemplada nestes plantios. Além disso, essa técnica demanda de muita mão-de-obra e infraestrutura para a produção das mudas. Desta forma, a pesquisa de métodos alternativos, de maior acesso, menor custo, e maior facilidade de implantação, além de uma alta efetividade, é necessária (SILVA et al., 2015). Pensando nestes requisitos, destaca-se a semeadura direta, que tem tido bons resultados em pesquisas até então realizadas.

O uso da semeadura direta na restauração florestal tem apresentado uma redução de até 29 vezes nos custos básicos quanto comparado ao método de plantio de mudas (PALMERLEE; YOUNG, 2010).

No Brasil, estudos visando avaliar o efeito da superação da dormência de sementes e de protetor físico no desenvolvimento inicial de espécies arbóreas após semeadura direta na restauração. Em conclusão, os autores sugerem que essa técnica é uma estratégia eficaz na restauração de áreas degradadas (FERREIRA et al., 2007). Portela et al. (2010) utilizaram a semeadura direta de gramíneas e leguminosas como meio para a restauração estrutural de um solo contra a erosão hídrica, tendo sido a semeadura direta uma técnica eficaz em melhorar o solo para que, posteriormente, a área tenha estrutura para ser

recuperada. Apesar da semeadura direta ser uma técnica considerada promissora para a restauração florestal, nem todas as espécies utilizadas apresentam bom desempenho, o que evidencia a necessidade de mais estudos para as diferentes espécies (Silva et al. (2015), considerando a elevada diversidade encontradas nos biomas brasileiros. Segundo esses mesmos autores, para superar os problemas de emergência e sobrevivência, a técnica de semeadura precisa ser melhorada ajustando-se a profundidade do plantio, mantendo a viabilidade, reduzindo a incidência de patógenos e herbívoros, inibindo ervas daninhas e reduzindo a exposição a altas temperaturas para evitar a dessecação de sementes, além do desenvolvimento de técnicas que permitam maior resistência a altas temperaturas e baixa disponibilidade de água.

Meli et al. (2018) investigaram os resultados da semeadura direta de 16 espécies nativas da Mata Atlântica semeadas, manualmente, em três densidades de semeadura, em linhas de plantio. Os autores não obtiveram alta taxa de germinação, no entanto, conseguiram um número de plantas semelhante ou superior ao que seria encontrado caso fosse usado o plantio de mudas, evidenciando que a semeadura direta pode ser um método de restauração viável para promover um desenvolvimento rápido e eficaz de árvores nativas.

Souza e Engel (2018) realizaram um experimento de campo, em uma área desmatada no sul do Brasil, para testar a viabilidade técnica e econômica de um sistema de semeadura direta com alta diversidade de espécies de árvores para restaurar a floresta tropical sazonal. A maioria das espécies apresentou baixa emergência e estabelecimento de plântulas, mas altas taxas de sobrevivência, implicando que a baixa emergência de plântulas é a principal barreira no uso da semeadura.

Estudos com 75 espécies nativas do Cerrado de diferentes formas de vida apontam resultados muito promissores da semeadura direta na restauração ecológica em quatro locais no Brasil Central aos 2,5 anos, com estabelecimento de aproximadamente, 84% das plantas provenientes de sementes de espécies arbóreas e herbáceas e 75% para as gramíneas (PELLIZZARO et al., 2017). Campos-Filho et al. (2013) testaram a eficácia da restauração por semeadura direta no Xingu, eles observaram a eficiência da técnica com alta germinação emergência e sobrevivência das plântulas, além de constatarem o menor custo quando este método é utilizado em relação ao plantio de mudas \$ 1.845 ha<sup>-1</sup> contra US \$ 5.106 ha<sup>-1</sup>), sendo esta a principal vantagem da técnica. De acordo com Moraes (2016), os custos da semeadura direta são de aproximadamente R\$ 5.200,00/ha, enquanto o do plantio de mudas é de cerca de R\$13.000,00/ha.

Apesar dos avanços observados nos estudos com semeadura direta nas últimas décadas, ainda há muitas lacunas nos procedimentos técnicos envolvidos na semeadura direta, principalmente, no que concerne, as características fisiológicas das sementes e seleção adequada das espécies a serem utilizadas. Além disso, a quebra de dormência artificial ainda não é dominada para muitas espécies tropicais. Conhecimentos neste âmbito são fundamentais para apoiar o uso do método em programas de restauração florestal em larga escala (MELI et al., 2018). A técnica mostra-se, ainda, de alta eficácia, podendo ser usada em diferentes condições de sítio, com níveis de degradação e perturbação variados, sendo sua implantação viável na maioria das vezes (LE BOURLEGAT et al., 2013).

A semeadura gera um impacto muito menor no solo e na vegetação durante as operações de trabalho, que são mais fáceis de realizar, têm maior flexibilidade em termos de tempo e permite a restauração em áreas onde o plantio de mudas é muito caro ou difícil, segundo os mesmos autores a técnica reduz o risco de transmissão de doenças do viveiro para o campo, o que pode acontecer quando se utiliza mudas (CASTRO et al., 2015). De acordo com esses autores, seu uso é, alternativamente, recomendado, em locais onde a chegada de propágulos é limitada, não permitindo uma regeneração natural eficaz, ou onde o plantio é dificultado, por problemas de acesso à área, condições de solo precárias e baixa disponibilidade orçamentária. No entanto, para que a semeadura direta seja eficaz, deve-se atentar ao tipo de habitat a ser restaurado e ao estágio de sucessão em que a área se encontra, de forma a escolher as espécies certas, para que haja sucesso na restauração pelo método (COLE et al., 2011). Ainda segundo esses mesmos autores, após realizar uma revisão de trabalhos que utilizaram semeadura direta, não está claro se a técnica pode ser aplicada de forma satisfatória em áreas onde o estágio de sucessão é inicial, ou primária, ou a sua alta eficácia ocorre somente quando utilizada como etapa suplementar em locais onde inicialmente foram utilizados o plantio de mudas e há uma necessidade de enriquecimento ou adensamento do plantio.

O sucesso da semeadura está diretamente relacionado ao tamanho e tipos de sementes, além da presença de predação por insetos, aves e roedores (UHL et al., 1991). Sendo imprescindível que haja sucesso da semeadura direta a adoção medidas de proteção das sementes contra predação, além de constante monitoramento, nas fases iniciais da semeadura (MATTEI, 1997).

Neste contexto, constata-se que ainda existem várias lacunas no conhecimento que precisam ser elucidadas para se obter melhores resultados na técnica de semeadura direta na restauração florestal.

### **3.2. Germinação**

O processo de germinação consiste na retomada do crescimento embrionário de uma semente, após um período de espera por condições ambientais favoráveis ao processo. A germinação tem início a partir de um primeiro processo denominado embebição, que consiste na absorção de água pelas sementes. Tal processo é caracterizado pela entrada de água por meio da difusão, esta etapa é de suma importância, pois é a partir dela que uma série de eventos físicos, fisiológicos e bioquímicos ocorrem até a formação de uma nova plântula. Posteriormente, as atividades enzimáticas das sementes são ativadas, com a quebra, translocação e uso do material de reserva, para que haja fornecimento de energia necessário à retomada do crescimento embrionário e conseqüentemente a protrusão da raiz primária, culminando no final do processo germinativo (BEWLEY et al., 2013).

As sementes colocadas para germinar, quando em condições ideais de temperatura e umidade apresentam um modelo específico de embebição denominado padrão trifásico (BEWLEY; BLACK, 1994). A primeira fase é caracterizada por sua rapidez na absorção da água, neste ponto o processo é puramente físico, ocorrendo pela diferença de potencial hídrico entre a semente e o meio. Esta fase é capaz de ocorrer também em sementes dormentes, dependendo do tipo de dormência, e inviáveis. Após este período a absorção de água é drasticamente reduzida, ficando quase estável, os potenciais hídricos beiram ao equilíbrio, sendo a principal característica do período a ativação dos processos metabólicos preparatórios da germinação, tal período denomina-se fase II (SUTHARUT; SUDARAT, 2012).

A fase III é caracterizada pela retomada da embebição, uma vez que ao se degradar o material de reserva em moléculas menores e osmoticamente ativas, o potencial osmótico fica reduzido, têm-se ainda, uma reorganização do material digerido nas fases I e II, produzindo substâncias mais complexas, que formarão novas células, e com isso o crescimento do eixo embrionário (figura 1) (RAJJOU et al., 2012).

O sucesso da germinação é influenciado por uma série de fatores, que interferem diretamente na porcentagem, uniformidade e velocidade da germinação. Segundo

Marcos-Filho (2015), entres fatores podem ser intrínsecos (isto é, inerentes às sementes) e extrínsecos (inerentes ao ambiente onde ela está inserida).

### **3.3. Vigor**

É uma importante medida do potencial fisiológico das sementes. De acordo com Krzyzanowsk e Neto (2001), para entender o que o vigor representa, antes é necessário entender o que é deterioração e como ela acontece. Segundo esses mesmos autores, a deterioração constitui-se na perda da capacidade das sementes em constituir uma plântula normal, durante a germinação. Tal situação pode ocorrer por diversos motivos, sendo eles, quando há alterações de ordem física com alterações visuais no tegumento, como alteração na coloração, quebra, e injúrias causados por insetos, pelo manuseio incorreto entre outros e, as alterações de ordem fisiológicas ou bioquímicas, causadas pelo ambiente onde a semente se encontra, como temperaturas extremas e escassez de água.

As alterações fisiológicas refletem diretamente na baixa germinação das sementes, lento desenvolvimento, e incidência de plântulas anormais. Já as alterações bioquímicas refletem nos processos de digestão, mobilização e utilização das reservas, que são responsáveis pela produção de novos tecidos da planta permitindo seu crescimento.

Em vista do conhecimento sobre deterioração tem-se o conceito de vigor, que se constitui o inverso do primeiro, ou seja, a soma de atributos desejáveis para que a semente germine e se desenvolva em ambientes variados (KRZYZANOWSK; NETO, 2001). Assim, o vigor é um parâmetro que caracteriza lotes, indicando a maior ou menor probabilidade de sucesso, após sementeira ou durante o armazenamento, em diferentes condições ambientais (MARCOS-FILHO, 2015).

De maneira geral, MARCOS-FILHO, 2015 cita alguns parâmetros estabelecidos na indicação de um baixo potencial fisiológico das sementes, tais como: longo tempo entre a sementeira e o início da germinação, baixa velocidade de germinação, germinação heterogênea, alta sensibilidade a condições adversas, desenvolvimento lento e desuniforme, alta sensibilidade a patógenos, alta perda de viabilidade das sementes pós sementeira e a baixa resistência ao armazenamento.

### **3.4. Predação**

Em ambientes tropicais, como as florestas, grande parte das sementes tende a ser consumida por predadores, uma vez que, esses propágulos são atrativas fontes de

proteínas e minerais (MATTSON, 1980; MATTSON, 1980; HOLL; LULLOW, 1997). Em detrimento da predação, as sementes perdem o poder germinativo, uma vez que os cotilédones sofrem injúrias ou são completamente consumidos, o que torna o momento pós-dispersão um dos mais críticos para o sucesso do estabelecimento das plantas, visto que as sementes constituem a principal forma de propagação das espécies florestais (FENNER, 1985). Estima-se que a perda de sementes por predação em ambientes naturais atinja cerca de 90% das sementes produzidas (RANDALL, 1986).

Existe uma diversa gama de predadores de sementes, dentre eles estão desde besouros e formigas, até aves e mamíferos (HULME 1998, ANDRESEN; LEVEY 2004).

Entender a predação é importante, pois ela não só dificulta o estabelecimento e dispersão de variadas espécies, como é capaz de alterar a estrutura de uma comunidade vegetal (JANZEN 1971; SCHUPP, 1988). Uma vez que, existe uma relação direta entre germinação-predação, onde sementes que germinam mais rapidamente, após a dispersão, tem maiores chances de sobreviver a predação (BALDISSERA; GANADE, 2005). Ainda de acordo com esses mesmos autores, a predação não é modificada de acordo com o habitat, ou seja, ela acontece de maneira semelhante tanto no interior de uma floresta nativa, como em uma área de pastagem no entorno, sendo que, a influência do tipo de habitat acontece somente quando se observa os tipos de predadores, que podem ser diferentes em cada um dos habitats.

A predação ocorre em dois momentos, o primeiro na pré-dispersão, ou seja, antes das sementes serem dispersas, sendo os principais predadores os insetos (JANZEN, 1971). Essa primeira predação é responsável por reduzir em cerca de 80% o número de propágulos, o que diminui significativamente o estabelecimento de novos indivíduos. O segundo momento ocorre pós-dispersão, quando as sementes já se encontram no solo. Neste caso, os predadores são animais mais generalistas, podendo ser desde invertebrados como formigas, até vertebrados, como mamíferos e aves (ANDERSEN, 1991; THEIMER 2001). Em função disso, algumas plantas apresentam estratégias para tentar minimizar o problema, como a presença de tegumento espesso, que torna as sementes impermeáveis a hidratação, conferindo maior proteção aos cotilédones (FILHO et al., 1997) e alta produção de sementes, em algumas espécies, para que haja maior probabilidade de sucesso de algumas sementes e a planta consiga manter um bom índice de colonização.

Na semeadura direta, a predação tem importante papel no que se refere ao insucesso da técnica. Sendo, sendo um dos principais desafios. De acordo com Uhl et al. (1991), a predação é responsável pela ineficiência da semeadura direta, gerando perdas

de 30 a 80% de sementes e mudas em desenvolvimento inicial. Davide et al. (2000) sugerem que as formigas são as principais predadoras da fase inicial entre a germinação e o desenvolvimento de mudas, sugerindo o constante monitoramento do plantio.

Alguns estudos mostram que o problema acontece não só nas sementes, mas também no desenvolvimento inicial das plântulas (NEPSTAD et al., 1998). A fim de evitar tamanha perda, alguns autores, sugerem técnicas na tentativa de reduzir tal problema, como Kinnunen (1982) que, ao testar a semeadura direta de *Pinus*, afirma que para minimizar a predação é necessário incrementar o número de sementes por área. Seguindo essa mesma linha, Nilson e Hjältén (2002) sugerem que o recobrimento das sementes reduz, significativamente, a predação, o que poderia aumentar o sucesso da semeadura direta. Woods e Elliott (2004) reafirmaram a necessidade de recobrimento das sementes e ainda observaram que os maiores predadores encontrados foram as formigas e que, o cuidado em proteger as sementes, refletiu, diretamente, no aumento do número de sementes germinadas.

Na agricultura em escala comercial, sobretudo para grandes culturas, o tratamento de sementes com diversos produtos, dentre eles fungicidas e inseticidas, é uma técnica amplamente utilizada. Apesar das vantagens dos tratamentos inseticidas na proteção de sementes e plântulas, em situações específicas, sobretudo com o armazenamento de sementes tratadas com alguns inseticidas pode ocorrer fitotoxicidade e possíveis efeitos sobre a qualidade fisiológica (CARVALHO et al., 2020), por isso estudos são importantes para avaliar esses parâmetros antes da utilização da técnica em nova espécies.

A técnica pode ser extrapolada quando falamos em espécies arbóreas nativas, porém estudos e ajustes são essenciais. Morais et al. (2009) testaram o uso de alguns inseticidas na produção de mudas de pau-rosa, evidenciando a redução dos predadores na predação e um melhor desenvolvimento dos indivíduos tratados.

Apesar do potencial protetor das sementes nativas pelo uso de inseticidas, na literatura, estudos na área são escassos, o que leva a necessidade de uma maior investigação sobre o assunto, a fim de conhecer possíveis alternativas, para que a semeadura direta se torne mais eficaz quando utilizada para a recuperação de áreas degradadas.

### **3.5. Tratamento de sementes**

O tratamento de sementes constitui na aplicação de substâncias e/ou processos com o intuito de proteger as sementes de pragas e patógenos, ou até mesmo promover

alguma ação específica no sentido de favorecer a qualidade fisiológica das sementes, a fim de se obter maior desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, maior produção (MENTEN; MORAES, 2010).

Quando as sementes são semeadas, passam a ser expostas a fatores bióticos, como pragas e doenças e abióticos como seca, temperaturas impróprias, erosão, entre outras (ALMEIDA et al., 2014). Nesse sentido, destaca-se a necessidade do tratamento de sementes que promovam o sucesso da semeadura, mantendo ou melhorando o desempenho desses propágulos, que podem incluir aplicação de defensivos, produtos biológicos, inoculantes, estimulantes, micronutrientes entre outros (PARISI et al., 2013).

O tratamento de sementes pode exercer diversas funções como protetor e fitossanitário, visando o controle de pragas e doenças ao se aplicar fungicidas e inseticidas e como tratamento funcional, tendo em vista um maior desenvolvimento das sementes, sendo alguns métodos utilizados a peliculização, peletização, aplicação de fitormônios e micronutrientes, e tratamentos físicos como o condicionamento osmótico (MACHADO et al., 2006).

É importante ressaltar que o tratamento químico, para que seja eficiente, o produto utilizado deve ser capaz de erradicar o problema a ser resolvido, não ser tóxico às plantas, homem e ao ambiente, ser estável, apresentar aderência e cobertura, ser barato e acessível e apresentar compatibilidade de outros produtos (LUCCA FILHO, 2006).

### **3.6. Inseticidas**

Os inseticidas têm sido amplamente utilizados, visto como uma alternativa para reduzir potenciais problemas com pragas na fase inicial do estabelecimento das sementes, sendo, dependendo da molécula, também utilizado no armazenamento das mesmas, evitando danos por pragas que inviabilizam as sementes armazenadas (BARROS et al., 2001; ALBAJES et al., 2003). O uso de inseticidas protege não só as sementes, como também partes aéreas e as plântulas em fase inicial de desenvolvimento, o que leva a maior homogeneidade da cultura semeada, além de evitar perdas na produção (SMIDERLE; CÍCERO, 1998; CECCON et al., 2004).

O tratamento de sementes além de apresentar um baixo custo e boa proteção (PESKE, 2007), esse tipo de tratamento, quando utilizado no tratamento de sementes, é seguro e ágil, além disso, permite, em alguns casos, evitar aplicações pós-emergentes, o que reduz o risco de toxicidade para as plantas, homem e meio ambiente (MENTEN, 2005).

É importante ressaltar que a escolha do inseticida, utilizado em cada cultura, deve ser criteriosa, uma vez que, alguns podem promover efeitos negativos, levando a redução de germinação, vigor, perda de produtividade e redução do desenvolvimento da cultura, principalmente quando ocorre o armazenamento prolongado das sementes tratadas com algumas moléculas inseticidas pode ocorrer fitotoxicidade (SILVEIRA et al., 2001; FESSEL et al., 2003; CARVALHO et al., 2020).

Por outro lado, além da proteção de sementes e plântulas, existem relatos de efeitos bioativador, em algumas situações, sendo capazes de favorecer a qualidade fisiológica das sementes e desenvolvimento das plântulas, como também aumentando sua produtividade (DAN et al., 2012; HOSEN et al., 2014). Existem formulações e ingredientes ativos inseticidas para os mais variados tipos de pragas e são utilizadas para controlar insetos em todos seus ciclos de vida (CRUZ, 2002). Por isso a escolha e conhecimento sobre as moléculas a serem utilizadas são fundamentais, tanto na questão de eficiência no controle dos insetos alvos quanto na relação com a qualidade fisiológica.

### **3.7. Classificação dos inseticidas**

Para melhor compreensão a cerca dos tratamentos de sementes com inseticidas, alguns conceitos são relevantes. Os inseticidas utilizados no tratamento de sementes são divididos em modo de ação, que nada mais é que a forma como o inseticida irá atuar no organismo de seu alvo para poder controlá-lo (COUTINHO et al., 2005). O segundo conceito é sobre o que é ingrediente ativo, que é a principal molécula do inseticida, ou seja, é o que causa o controle do inseto-praga em questão (MENEZES, 2005).

1) De acordo com o modo de ação, os inseticidas podem ser divididos em quatro grandes grupos: Inseticidas com atuação no sistema nervoso e/ou musculatura. Os inseticidas desse grupo atuam das seguintes formas:

- Inibidores da acetilcolinesterase: Impedem que a enzima acetilcolinesterase se ligue a acetilcolina, fazendo com que esta última seja acumulada, o que causa a transmissão de impulsos nervosos de maneira contínua e descontrolada. O músculo é paralisado, cessando a respiração, levando a morte do inseto (BRAGA; VALE, 2007).

- Antagonistas dos canais de cloro mediados pelo ácido gama-aminobutírico (GABA): o GABA possui ação de restabelecer o estado de repouso do sistema nervoso, após ocorrer um impulso, ao ser inibido, o estado de repouso não acontece, gerando tremores, convulsões e a morte (GROSMAN; UPTON., 2006).

- Inibidores dos canais de sódio: desregula a entrada de sódio e potássio na célula nervosa. O sódio é responsável por desencadear a transmissão de um impulso nervoso, ao ser desregulado são ocasionados contínuos impulsos levando a exaustão e morte (MOREIRA et al., 2012).
- Agonistas de receptores nicotínicos da acetilcolina: o princípio ativo do inseticida, liga-se a acetilcolinesterase, o que causa hiperexcitabilidade do sistema nervoso central, levando a tremores, convulsões e morte (GALLO et al., 2002).
- Ativadores alostéricos de receptores nicotínicos da acetilcolina: a acetilcolina é responsável por transmitir impulsos nervosos, ao se ligar aos receptores do neurônio pós-sináptico. Esses inseticidas alteram a conformação proteica dos receptores, tornando-os mais ativos, gerando grande recepção da acetilcolina, o que leva a transmissão de impulsos de maneira constante e prolongada. Após longo período, os insetos paralisam pela fadiga muscular e morrem (IRAC, 2016).
- Ativadores dos canais de cloro: ativam o glutamato, que compete com o GABA, estimulando o fluxo do íon cloro, essa ação tem caráter inibitório, levando o inseto a paralisia e morte (IRAC, 2016).
- Bloqueadores de canais dos receptores nicotínicos da acetilcolina: disputam a ligação aos receptores com a acetilcolina, possuindo ação contrária, ou seja, interrompendo os impulsos nervosos, provocando paralisia e morte (IRAC, 2016).
- Agonistas e receptores de octopamina: se ligam aos receptores de octopamina, esses são responsáveis por gerar impulsos nervosos, no sistema nervoso central e periférico, levando ao estado de excitação contínua, levando a morte (GNANKINÉ et al., 2017).
- Bloqueadores de canais de sódio dependente da voltagem: impedem a entrada de sódio nas células, responsável por promover a transmissão de impulsos nervosos, nesse caso há uma interrupção da transmissão, provocando paralisia e morte o inseto (IRAC, 2016).
- Moduladores de receptores da rianodina: ligam-se aos canais de sódio, fazendo com que esse se acumule do interior das células, levando a contração dos músculos esqueléticos e paralisia muscular (SATTELLE et al., 2008).

## 2) Inseticidas com atuação no crescimento e desenvolvimento:

- Mímicos do hormônio juvenil: esse hormônio é responsável pela metamorfose dos insetos. Esse tipo de inseticida atua mantendo continuamente a função do hormônio, impedindo o desenvolvimento dos insetos na fase larval, levando-os a morte (MEOLA et al., 1993).

- Inibidores da biossíntese da quitina, tipo 1: interferem na formação da quitina, levando a produção de um exoesqueleto frágil, além de órgãos deformados (IRAC, 2016).
- Inibidores da biossíntese da quitina, tipo 0: impedem o transporte de N-acetilglucosamina, atuando negativamente no metabolismo dos ecdisteróides, o que leva a má formação do exoesqueleto, fazendo com que o inseto a desseque e entre em processo de inanição (IRAC, 2016).
- Disruptores da ecdise: inibe troca do exoesqueleto, interferindo na deposição de quitina e microfibrilas, impossibilitando a finalização da ecdise (GRAF, 1999).
- Agonistas de receptores de ecdisteróides: acelera o processo de troca do exoesqueleto, gerando indivíduos deformados (DHADIALLA et al., 1998).
- Inibidores da acetil-CoA carboxilase: ao inibir a acetil-CoA carboxilase a biossíntese de ácidos graxos é comprometida. Esses são essenciais no crescimento e desenvolvimento dos insetos, o que é afetado diretamente (IRAC, 2016).

### 3) Inseticidas com atuação no metabolismo respiratório

Os inseticidas desse grupo atuam das seguintes formas:

- Inibidores de ATP sintetase mitocondrial: inibição da síntese de ATP, causando falta de energia celular, levando a morte (NELSON; COX, 2002).
- Desacopladores da fosforilação oxidativa via interrupção do gradiente de próton: há uma dissipação do gradiente de prótons por meio da membrana mitocondrial, levando ao rompimento da ligação entre o transporte de elétrons e a ATP sintase (TREACY et al., 1994).
- Inibidores do complexo III da cadeia de transporte de elétrons na mitocôndria: acontece uma hidrometilação que inibe o transporte de elétrons, na cadeia do complexo III, no entanto, o mecanismo ainda é desconhecido (IRAC, 2016).
- Inibidores do complexo I da cadeia de transporte de elétrons na mitocôndria: o transporte de elétrons é inibido, levando a paralisia e morte (IRAC, 2016).
- Inibidores do complexo IV da cadeia de transporte de elétrons na mitocôndria: os elétrons desse complexo são inibidos, o que impede a transformação de oxigênio molecular em água (IRAC, 2016).
- Inibidores do complexo II da cadeia de transporte de elétrons na mitocôndria: a inibição desses elétrons leva a falta de energia celular, gerando paralisia e morte (IRAC, 2016).

### 4) Inseticidas que afetam a alimentação

Os inseticidas desse grupo atuam das seguintes formas:

- Bloqueadores seletivos da alimentação: atua em insetos sugadores, paralisando a glândula salivar. Os insetos morrem por inanição (GALLO, 2002).
- Disruptores microbianos da membrana do mesêntero: o inseticida constitui-se de uma proteína, formada por bactérias. Essa proteína se liga a receptores do intestino, impossibilitando a absorção de alimentos (IRAC, 2016).

### **3.8. Agroquímicos de controle hormonal**

A aplicação de alguns inseticidas pode promover o aumento do vigor e um maior crescimento dos vegetais, essa observação passou a ser feita desde a década de 70 (FOUCHE et al., 1977; WHEATON et al., 1985; REDDY et al., 1990). Alguns autores suspeitaram tratar-se de uma nova classe de hormônios vegetais (REDDY et al., 1990).

As primeiras observações sobre a presença de uma substância sinalizadora que controlava o crescimento das plantas ocorreram em 1758 Duhamel du Monceau observaram que a seiva proveniente das folhas, controlava a nutrição das raízes. Ao longo dos anos Darwin e outros pesquisadores demonstraram a presença do fototropismo, onde o crescimento em curvatura em resposta à luz era influenciado por uma substância química produzida no ápice do coleóptilo. A partir daí outras observações foram sendo feitas, até que em 1926 foi identificada a auxina (TAIZ; ZEIGER, 2004). Posteriormente, outras substâncias foram identificadas como giberelina, citocinina, ácido abscísico e etileno, os denominados hormônios vegetais clássicos (VIVANCO; FLORES, 2000).

A palavra hormônio foi inicialmente utilizada no estudo em animais, em plantas, o uso iniciou-se em 1910, o que gerou confusão dos termos, pois se tratava de descrições diferentes. Em animais, a palavra hormônio refere-se a proteínas, enquanto, em plantas estes são moléculas de baixo peso molecular. Desde então, o termo vem sendo discutido e o último consenso seria sobre o termo “reguladores de crescimento vegetal”, contudo, o desenvolvimento de substâncias sintéticas capazes de promover o crescimento vegetal, deslegitimou o uso do termo.

A partir daí houve uma classificação, onde diferentes grupos foram criados (CASTRO, 2006):

**Regulador Vegetal ou biorregulador:** são substâncias naturais ou sintéticas, orgânicas e não nutrientes, exógenas à planta, que quando aplicadas em baixa dose são capazes de promover, inibir ou modificar processos morfológicos e fisiológicos dos vegetais, podendo favorecer a expressão do potencial genético, promovendo equilíbrio hormonal e estimulando o crescimento radicular (SILVA et al., 2008).

Estimulantes vegetais ou bioestimulantes: conjunto de reguladores vegetais, podendo conter outras substâncias como nutrientes, vitaminas, aminoácidos ou resíduos diversos. Sua aplicação resulta em um conjunto de efeitos nas plantas (CASTRO; PEREIRA, 2008).

Hormônios vegetais: compostos orgânicos, que ocorrem naturalmente nas plantas, onde, em baixas concentrações, promovem, inibem ou modificam processos fisiológicos nas plantas. De maneira geral, os hormônios são produzidos em uma certa parte da planta e translocada para produzir a ação em outra parte (BIASI, 2002).

Bioativadores: substâncias orgânicas complexas, capazes de modificar a morfologia e fisiologia das plantas, podendo atuar na síntese e produção de hormônios vegetais, atuando no crescimento vegetal. São capazes, ainda, de atuarem na transcrição do DNA na planta, expressão gênica, proteínas da membrana, enzimas metabólicas e nutrição mineral (CASTRO et al., 2007).

### **3.9. Biotivadores**

Bioativadores são produtos comerciais que têm a capacidade de aumentar a vitalidade e o equilíbrio dos sistemas biológicos. São substâncias orgânicas complexas de origem natural e vegetal que podem promover o crescimento das plantas (BINSFELD et al., 2014). Os bioativadores conferem proteção às plantas, alteram ou promovem certos efeitos fisiológicos de maneira a auxiliar no crescimento e desenvolvimento das plantas (DAN et al., 2012). Sua ação se desenvolve atuando na expressão de genes responsáveis pela síntese e ativação de enzimas metabólicas, relacionadas com o crescimento da planta, de maneira que, modificam a produção de aminoácidos precursores de hormônios vegetais que, conseqüentemente, leva a planta a apresentar maior vigor, germinação e desenvolvimento (CASTRO et al., 2008).

Muitos inseticidas possuem efeito bioativador, o primeiro deles onde foi observada esta função foi o alicarb, quando aplicado em plantas de citrus, foi observado maiores teores de potássio, fósforo e cálcio, além de incrementos na produção (FOUCHE et al., 1977; WHEATON et al., 1985).

Posteriormente outros inseticidas foram descritos por possuírem essa função, como o tiametoxam, que, em diversos estudos, foi capaz de promover uma maior qualidade fisiológica das sementes tratadas, como observado em arroz (ALMEIDA et al., 2017), feijão-caupi (COSTA et al., 2017), melão e melancia (SOARES et al., 2017) e alface (COSTA et al., 2018).

Outro inseticida com potencial bioativador é o ciantraniliprole, um inseticida de baixa toxicidade, com efeito sistêmico e amplo espectro de ação (TIWARI; STELINSK, 2013). Em sementes de soja, submetidas ao armazenamento, foi observado, que quando tratadas com uma combinação de vários bioativadores, dentre eles o tiametoxam e ciantraniliprole, o vigor e qualidade das sementes foram mantidos durante o tempo que foram armazenadas, quando comparada às sementes não tratadas (SOARES et al., 2019). Ainda em soja, quando as sementes foram tratadas com ciantraniliprole, houve efeito positivo quando avaliados parâmetros fisiológicos, como número de folhas, área foliar e parte aérea das plântulas (JUNIOR et al., 2019). Porém esses relatos em espécies florestais não foram encontrados.

### **3.10. Tiametoxam**

Os inseticidas neonicotinóides são derivados aprimorados da molécula de nicotina, um alcalóide encontrado nos tecidos de plantas do gênero *Nicotiana*, da família Solanaceae (NAUEM, 2001). Suas principais características são: sistema seletivo, altamente solúvel em água, não hidrolisável em pH fisiológico, biodegradável, com amplo espectro de ação, eficiente em baixas concentrações. São registrados para combate aos insetos sugadores, entretanto, tem uma ação sobre alguns coleópteros e lepidópteros (FAIRBROTHER et al., 2014). São compostos neurotóxicos que agem diretamente no sistema nervoso central dos insetos agonisticamente sobre os receptores nicotínicos da acetilcolina.

Os receptores nicotínicos de acetilcolina neuronais são proteínas integrais de membrana e pertencem à família de canais iônicos. Esses receptores são responsáveis pela transmissão de sinal entre os neurônios nos sistemas nervoso central e periférico. A acetilcolina é um neurotransmissor químico. Sua função é transmitir os impulsos nervosos entre as células do sistema nervoso, sendo associado, ainda, a transmissão de impulsos nervosos e musculares, provocando a contração muscular. Os neonicotinóides se ligam e atuam agonisticamente nos receptores de acetilcolina, ou seja, eles geram compulsivamente impulsos nervosos e contração muscular nos insetos. A ligação e os estímulos contínuos dos receptores neurais resultam na morte do inseto (FISHEL, 2015).

O tiametoxam é pertencente ao grupo dos neonicotinóides, subclasse tianicotinil, da família da nitroguanidina, com o nome químico 3-(2-cloro tiazol-5-ilmetil) -5-metil [1,3,5] oxadiazinan-4-ilideno-N-nitroamina, uma classe de toxicologia III, considerada moderadamente tóxica (GAZZONI; GAZZONI 2008). Esse inseticida destaca-se por sua

alta eficiência e versatilidade, podendo ser aplicado via solo, pulverização ou no tratamento de sementes (LAWSON et al., 2000; MASON et al., 2000). Além de sua eficiência como inseticida, existem relatos de potencial bioativador (SOARES et al., 2012). Essa molécula pode favorecer a germinação, emergência, comprimento da muda, além de promover maior resistência das plantas em condições de estresse (CASTRO et al., 2008).

Dentro da planta o tiametoxam é transportado célula a célula, e nesse processo várias reações fisiológicas são ativadas, como a expressão de algumas proteínas e enzimas, relacionadas a produção de aminoácidos precursores dos hormônios de crescimento, como a auxina e a citocinina. Estes, por sua vez, aumentam a porcentagem de germinação e vigor das sementes (CASTELLANOS et al., 2017) e comprimento da parte aérea e raiz das plântulas (LAUXEN et al., 2010; COSTA et al., 2018).

O aumento das raízes, promove uma maior concentração de citocinina, uma vez que é produzida, em grande parte, no meristema das raízes (TAIZ; ZEIGER, 2004). A citocinina é responsável por retardar a senescência das folhas e induzir o crescimento da parte aérea (ALLAN; MACMILLAN, 1991), já que além de aumentar o número de brotação, ela ativa o desenvolvimento destas (ALLAN et al., 1993). Além disso, com o crescimento das raízes há uma maior absorção de nutrientes e água, conferindo resistência estomática, além de aumentar a atividade do metabolismo primário, acarretando um melhor desenvolvimento vegetal (TAVARES et al., 2007; CATANEO, 2008).

Em adição, de acordo com Alberts (2002), proteínas da membrana são expressas, essas, estão relacionadas, geralmente, a carboidratos, lipídeos ou a cadeias de polissacarídeo, interagindo com vários mecanismos de defesa de estresses da planta, gerando uma resistência contra condições adversas, como secas, baixo pH, solos salinos, radicais livres, estresses por temperatura altas, elevada presença de alumínio, injúrias causadas por pragas, viroses e deficiência de nutrientes.

Trabalhos demonstram que, após aplicação foliar do tiametoxam, foi observado um aumento da enzima fenilalanina amino-liase, responsável pela expressão de metabólitos secundários, os compostos fenólicos, participantes da estrutura celular, vitais às plantas (RITTER; SCHULZ, 2004). Além disso, o acúmulo desses compostos fenólicos, tem sido associado as respostas das plantas sob condição de estresse, sendo um indicativo de indução de resistência (PREGELJ et al., 2011).

A ação do tiametoxam nas plantas se dá por duas vias: a primeira, onde o inseticida atua nas proteínas das membranas, aumentando o transporte iônico e a nutrição das

plantas. A segunda, relacionado ao aumento da atividade enzimática das plantas, levando a uma maior atividade metabólica e produção de aminoácidos responsáveis pela síntese de novas proteínas e hormônios vegetais, resultando na boa qualidade fisiológica das plantas. De acordo com esse mesmo autor, a molécula de tiametoxam atua nos fatores de transcrição, alterando a expressão gênica, o que leva a alteração nas proteínas da membrana e na atividade enzimática metabólica acarretando uma maior produção dos hormônios vegetais.

### **3.11. Ciantraniliprole**

O ciantraniliprole é uma diamida antranílica de segunda geração. Sua origem vem de um derivado, a rianodina que é extraída da planta *Ryania speciosa* (ROGERS et al., 1848). Seu modo de ação nos insetos, envolve a ativação dos receptores de rianodina, um canal de cálcio presente no retículo sarcoplasmático das células musculares que desempenham importante papel na função muscular (CORONADO et al., 1994). Esses canais de cálcio são importantes, pois, desempenham funções celulares múltiplas, como contração muscular, liberação de neurotransmissores e fertilização (HALL et al., 1995; MELZER et al., 1995).

As contrações dos músculos dos insetos dependem da liberação controlada de cálcio intracelular, e essa liberação acontece quando os receptores de rianodina (RyR) são ativados através dos receptores de rianodina (RyR) (LAHM, 2009). Quando em presença do ciantraniliprole, suas moléculas se ligam a estes receptores, causando liberação descontrolada de cálcio nas células, gerando contrações irregulares, levando a morte celular e, conseqüentemente, paralisia e morte do inseto (LAHM, 2009).

O ciantraniliprole é um inseticida sistêmico, com amplo espectro de ação, sendo eficiente no controle de insetos sugadores e mastigadores (SATTELLE et al., 2008), sua molécula possui alta seletividade para os receptores de rianodina dos insetos o que leva a uma baixa toxicidade para mamíferos (CORDOVA et al., 2007). Dentro das plantas, quando aplicado, possui movimento acropetal, ou seja, via xilema (WANG et al., 2007). Os inseticidas com atividade sistêmica possuem a vantagem de poder serem aplicados usando diferentes métodos, como aplicação no solo, foliar e no tratamento de sementes (BARRY et al., 2013).

Esse inseticida tem sido associado a diversas outras moléculas, como o tiametoxam e alguns fungicidas, demonstrando conjuntamente efeito bioativador (SANTOS et al., 2019). Em sementes de soja tratadas com ciantraniliprole e armazenadas

por 0, 30, 60 e 90 dias, observou-se que, até os 60 dias de armazenamento, o inseticida não se mostrou tóxico às sementes (BEM JUNIOR et al., 2019). Almeida et al. (2020) relatam que, ao tratar sementes de milho com ciantranilprole, observou-se maior germinação e número de plantas normais, valores esses semelhantes ao tratamento com tiametoxam, também avaliado no referido trabalho, relatando ação bioativadora associada a esses dois inseticidas.

### 3.12. Referências bibliográficas

ALBAJES, R.; LÓPEZ, C.; PONS, X. Predatory fauna in cornfields and response to imidacloprid seed treatment. **Journal of Economic Entomology**, v.96, n.6, p.1805-1813, 2003.

ALBERTS, B. **Fundamentos da Biologia Celular**: uma introdução à biologia molecular da célula, Porto Alegre: Artmed, 2002.

ALLAN, P. Production from cuttings. **Farming South African**, v.42, p.15-21, 1967.

ALLAN, P.; MAC MILLAN, C.N. Advances in propagation of *Carica papaya* L. cv. Honey Gold cuttings. **Journal of the South African Horticulture Science**, v.1, n.2, p.69-72, 1991.

ALLAN, P.; TAYLER, S.; ALLWOOD, M. Lateral bud induction and effects of fungicides on leaf retention and rooting of Honey Gold papaws. **Journal of the South African Horticulture Science**, v.3, p.5-8, 1993.

ALMEIDA, A. S.; CASTELLANOS, C. I. S.; DEUNER, C.; BORGES, C. T.; MENEGUELLO, G. R. Efeitos de inseticidas, fungicidas e biorreguladores na qualidade fisiológica de sementes de soja durante o armazenamento. **Revista de Agricultura** v.89, n.3, p. 172 - 182, 2014.

ALMEIDA, A. S.; SUÑE, A. S.; DE NUNES, C. A.; MELO, A. J., MOURA, D. S.; MAMBRIN, R.; OTALAKOSKI, J. Desempenho dos substratos utilizados para o teste de germinação com sementes de abobora BRS brasileira tratadas. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 98197-98205, 2020.

ANDERSEN, A.N. Seed harvesting by ants in Australia. *In* Ant-plant interactions (C.R. Huxley & D.F. Cutler, eds.). Oxford University Press, p.493-503. 1991.

ANDRADE-OCHOA S, SÁNCHEZ-TORRES LE, NEVÁREZ-MOORILLÓN G, CAMACHO AD, NOGUEDA-TORRES B. Aceites esenciales y sus componentes como una alternativa en el control de mosquitos vectores de enfermedades. **Biomédica**.v.37, n.2, p.224-43. 2017.

ANDRESEN, E.; LEVEY, D.J. Effects of dung and seed size on secondary dispersal, seed predation, and seedling establishment of rain forest trees. **Oecologia**, v. 139, p.45-54. 2004.

ANSARI, O.; ZADEH, F. S. Osmo and hydro priming mediated germination improvement under cold stress conditions in mountain rye (*Secale montanum*). **Cercetari agronomice in Moldova**, Iasi, v. 45, n. 3, p. 53-62, 2012.

- ARJENAKI, F. G., DEHAGHI, M. A., JABBARI, R., ARJENAKI, M. A. Effects of priming on seed germination of marigold (*Calendula officinalis*). **Advanced Environmental Biology**, v. 5, n. 2, p. 276-280, 2011.
- BALDISSERA, R. & GANADE, G. Predação de sementes ao longo de uma borda de Floresta Ombrófila Mista e pastagem. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 1, p. 161-165. 2005.
- BARROS, R.G.; YOKOYAMA, M.; COSTA, J.L. da S. Compatibilidade do inseticida Thiamethoxam com fungicidas utilizados no tratamento de sementes de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.31, n.2, p.153-157, 2001.
- BARRY, J. D., PORTILLO, H. E., ANNAN, I. B., CAMERON, R. A., CLAGG, D. G., DIETRICH, R. F., J WATSON, L. J.; LEIGHTY, R. M.; RYAN, D. L.; MCMILLAN, J. A.; R SCOTT SWAIN, R. S.; RAYMOND KACZMARCZYK, R. A. Movement of cyantraniliprole in plants after foliar applications and its impact on the control of sucking and chewing insects. **Pest management science**, v. 71, n. 3, p. 395-403, 2015.
- BAYS, R.; BAUDET, L.; HENNING, A. A.; LUCCA FILHO, O. Recobrimento de sementes de soja com micronutrientes, fungicida e polímero. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, p.60-67. 2007.
- BEM JUNIOR, L. D.; FERRARI, J. L.; DARIO, G.; RAETANO, C. G. Impact of storage on the physiological quality of soybean seeds after treatment with fungicides and insecticides. **Journal of Seed Science**, v. 42, 2020.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. Seeds: physiology of development and germination. 2.ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.
- BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K.; HILHORST, DEREK, H. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. Springer Science & Business Media, 3rd Edition 2013. 392p.
- BIASI, L.A. Reguladores de crescimento vegetal. In: Wachowicz, C.M.; Carvalho, R.I.N. (eds.). *Fisiologia Vegetal: Produção e Pós-colheita*. Curitiba: Editora Champagnat, p.63-94. 2002.
- BINSFELD, J. A.; BARBIERI, A. P. P.; HUTH, C.; CABRERA, I. C.; HENNING, L. M. M. Uso de bioativador, bioestimulante e complexo de nutrientes em sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 1, p. 88-94, 2014.
- BIRUEL, R. P., BORBA, A. B.; ARAÚJO, E. C. E.; O F.; ANDRADE, J.G. PEREZ, S. C. J. Efeitos do condicionamento seguido ou não de secagem em sementes de *Pterogyne nitens* Tul. sob estresse. **Ciência Florestal**, v. 17, n. 2, p. 119-127, 2007.
- BRAGA, I. A.; VALLE, D. *Aedes aegypti*: inseticidas, mecanismos de ação e resistência. Fiocruz, 2007.
- BRAND, S. C.; ANTONELLO, L. M.; MUNIZ, M. F. B.; BLUME, E.; SANTOS, V. J.; REINIGER, L. R. S. Qualidade sanitária e fisiológica de sementes de soja submetidas a tratamento com bioprotetor e fungicida. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.4, p.87-94, 2009.

- BUCK, E.; ZIMANYI, I.; ABRAMSON, J. J.; PESSAH, I. N. J. Ryanodine stabilizes multiple conformational states of the skeletal muscle calcium release channel. *Journal of Biological Chemistry*, v. 267, n. 33, p. 23560-23567, 1992.
- CAMPOS-FILHO, E. M.; DA COSTA, J. N.; DE SOUSA, O. L.; Junqueira, R. G. Mechanized direct-seeding of native forests in Xingu, Central Brazil. *Journal of sustainable forestry, Guangxi*, v. 32, n. 7, p. 702-727, 2013.
- CARVALHO, E. R.; ROCHA, D. K., ANDRADE, D. B. D.; PIRES, R. M. D. O.; PENIDO, A. C.; REIS, L. V. Phytotoxicity in soybean seeds treated with phytosanitary products at different application times. *Journal of Seed Science*, v. 42, 2020.
- CASTELLANOS, C. I. S.; DA SILVA ALMEIDA, A.; BORGES, C. T., DEUNER, C.; MENEGHELLO, G. E. Thiamethoxam treated bean seeds performance during storage. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 12, n. 1, p. 1-5, 2017.
- CASTRO, G.S.A.; BOGIAN, J.C.; SILVA, M.G.; GAZOLA, E.; ROSELEM, C.A. Tratamento de sementes de soja com inseticidas e um bioestimulante. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 43, n. 10, p. 1311-1318, 2008.
- CASTRO, J.; LEVERKUS, A. B.; FUSTER, F. A new device to foster oak forest restoration via seed sowing. *New Forests*, v. 46, n. 5-6, p. 919-929, 2015.
- CASTRO, P.R.C. Agroquímicos de controle hormonal na agricultura tropical. Piracicaba: ESALQ, Divisão de Biblioteca e Documentação, 2006. 46 p. (Série Produtor Rural, 32).
- CASTRO, P.R.C.; PEREIRA, M.A. Bioativadores na agricultura. In: GAZZONI, D.L. (Coord.). 2008. Tiametoxam: uma revolução na agricultura brasileira. Petrópolis: Vozes, p. 115-122.
- CASTRO, P.R.C.; PITELLI, A.M.C.M.; PERES, L.E.P.; ARAMAKI, P.H. Análise da atividade reguladora de crescimento vegetal de tiametoxam através de biotestes. *Publicatio*, v.13, n.13, p.25-29, 2007.
- CATANEO, A.C. Ação do Tiametoxam (Thiametoxam) sobre a germinação de sementes de soja (Glicine Max.L): Enzimas envolvidas na mobilização de reservas e na proteção contra situação de estresse (deficiência hídrica, salinidade e presença de alumínio). In: GAZZONI, D.L. (Coord.). **Tiametoxam: uma revolução na agricultura brasileira**. Petrópolis, RJ; Ed. Vozes, 2008 p.123-192.
- CECCON, G.; RAGA, A.; DUARTE, A.P.; SILOTO, R.C. Efeito de inseticidas na semeadura sobre pragas iniciais e produtividade de milho safrinha em plantio direto. *Bragantia*, v.63, n.2, p.227-237, 2004.
- CHEUNG, K. C., LIEBSCH, D., & MARQUES, M. C. M. Forest recovery in newly abandoned pastures in Southern Brazil: implications for the Atlantic Rain Forest resilience. *Natureza e Conservação*, v. 8, p. 66-70, 2010.
- CLEMENTE, F. M. V. T.; OLIVEIRA, J. A.; ALVES, A. C. S.; GONCALVES, S. M.; PEREIRA, S. P.; OLIVEIRA, S. D. Peliculização associada a doses de fungicida na qualidade fisiológica de sementes do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Informativo ABRATES, Londrina, v. 13, n. 3, p. 223, 2003.
- COLE, R. J.; HOLL, K. D.; KEENE, C. L.; ZAHAWI, R. A. Direct seeding of late-successional trees to restore tropical montane forest. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 261, n. 10, p. 1590-1597, 2011.

CORDOVA, D., BENNER, E.A., SACHER, M.D., RAUH, J.J., SOPA, J.S., LAHM, G.P., SELBY, T.P., STEVENSON, T.M., FLEXNER, L., GUTTERIDGE, S., RHOADES, D.F., WU, L., SMITH, R.M., TAO, Y. In: LYGA, J.W., Theodoridis, G., editors. ACS Symposium Series: Synthesis and Chemistry of Agrochemicals VII; Washington, DC, 2007; Chapter 17, pp 223–234

CORONADO, R.; MORRISSETTE, J.; SUKHAREVA, M.; VAUGHAN, D. M. AM. J. Structure and function of ryanodine receptors. **American Journal of Physiology-Cell Physiology**, v. 266, n. 6, p. C1485-C1504, 1994.

COSTA, E. M.; DE MORAES NUNES, B.; VENTURA, M. V. A.; ARANTES, B. H. T.; MENDES, G. R. Efeito fisiológico de inseticidas e fungicida sobre a germinação e vigor de sementes de soja (*Glycine max* l.). **Científic@-Multidisciplinary Journal**, v. 5, n. 2, p. 77-84, 2018.

COSTA, E. M.; DE MORAES NUNES, B.; VENTURA, M. V. A.; CARVALHO, J. C. G. Efeito fisiológico de tiametoxam sobre o desenvolvimento da cultura da alface. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 2, 2018.

COSTA, R. D. Q.; SANTOS, J. L.; PORTO, J. S.; VASCONCELOS, R. C. D.; CANGUSSU, A. C.; MORAIS, O. M. Ação do inseticida tiametoxame aplicado às sementes na emergência e vigor de plântulas de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 3, p. 608-615, 2017.

COSTAMILAN, L.M. et al. **La Niña e os possíveis efeitos sobre a ocorrência de doenças de soja na safra 2010/2011.**

COUTINHO, C. F.; TANIMOTO, S. T.; GALLI, A.; GARBELLINI, G. S.; TAKAYAMA, M.; DO AMARAL, R. B.; MAZO, L. H.; AVACA, L. A.; MACHADO, S. A. Pesticidas: mecanismo de ação, degradação e toxidez. **Pesticidas: Revista de ecotoxicologia e meio ambiente**, v. 15, 2005.

CRUZ, I. Manejo da resistência de insetos-praga a inseticidas, com ênfase em Spodoptera frugiperda (Smith). **Embrapa Milho e Sorgo-Documents (INFOTECA-E)**, 2002.

DA SILVA ALMEIDA, A.; DEUNER, C., JAUER, A.; BORGES, C. T.; DE CAMARGO, T. O.; MENEGHELLO, G. E. Desempenho de sementes de arroz tratadas com inseticidas, fungicidas e hormônio. **MAGISTRA**, v. 28, n. 1, p. 102-109, 2016.

DAN, L.G.M.; DAN, H.A.; PICCININ, G.G.; RICCI, T.T.; ORTIZ, A. H. T. Tratamento de sementes com inseticida e a qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 1, p. 45-51, 2012.

DAVIDE, A.C.; FERREIRA, R.A.; FARIA, J.M.R.; BOTELHO, S.A. Restauração de matas ciliares. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.21, n.207, p.65-74, 2000.

DHADIALLA, T. S.; CARLSON, G. R.; LE, D. P. New insecticides with ecdysteroidal and juvenile hormone activity. **Annual Review of Entomology**, v.43, p.545-569, 1998.

DIAS, D.C.F.S.; TOLEDO, F.F. Germinação e incidência de fungos em testes com sementes de *Brachiaria brizantha* Stapf. **Scientia Agricola**, v.50, n.1, p.68-73, 1993.

DOS SANTOS, C. E.; NETO, J. J. D.; NEVES, P. R.; FONSECA, R. S. A.; KRAEMER, A. P. N.; DA PAZ LIMA, M. L. Tratamento químico de sementes e impacto sobre complexos de fitossanitários e elementos morfoagronômicos. **Brazilian Applied Science Review**, v. 3, n. 2, p. 1445-1454, 2019.

DURIGAN, G.; GUERIN, N.; COSTA, J.N.M.N. Ecological restoration of Xingu Basin headwaters: motivations, engagement, challenges and perspectives. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 368, n. 1619, p. 20120165, 2013.

ESMEILI, M.; HEIDARZADE, A. Osmopriming enhance the seeds emergence and seedling parameters of two rice cultivars (*Oryza sativa*) under tough condition. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, v. 4, p. 247-250, 2012.

FAIRBROTHER, A.; PURDY, J.; ANDERSON, T.; FELL, R. Risks of neonicotinoid insecticides to honeybees. **Environmental toxicology and chemistry**, v. 33, n. 4, p. 719-731, 2014.

FENNER, M. **Seed ecology**. New York: Chapman e Hall, 1985. 151p.

FERREIRA, R. A.; DAVIDE, A. C.; BEARZOTI, E.; MOTTA, M. S. Semeadura direta com espécies arbóreas para recuperação de ecossistemas florestais. **Cerne**, v.13, p.271-279, 2007.

FESSEL, S. A.; MENDONCA, E. A. F. CARVALHO, R. V. Efeito do tratamento químico sobre a conservação de semente de milho durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, n. 1, p. 25-28, 2003.

FILHO, J. P. L.; GUERRA, S. T. M.; LOVATO, M. B. SCOTTI, M. R. M. M. L. Germinação de sementes de *Senna macranthera*, *Senna multijuga* e *Stryphnodendron polyphyllum*. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.4, 1997.

FISHEL, F.M. 2015. Pesticide Toxicity Profile: Neonicotinoid Pesticides. University of Florida IFAS Extension. Gainesville, FL, USA. Available online: <http://edis.ifas.ufl.edu/pi117>

FOUCHE, P.S.; BESTER, D.H.; VLEDMAN, G.H. The influence of potassium applications and nematicides on the potassium nutrition of “Valencia” orange trees on replant citrus soil. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 102, n. 5, p. 546-548, 1977.

GALLO, D.; NAKANO, O.; NETO, S. S.; CARVALHO, R. P. L.; DE BAPTISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. Manual de entomologia agrícola. 10.ed. Piracicaba, Fealq, 2002. 920p.

GAZZONI, D. L.; GAZZONI, D. Tiametoxam: Uma revolução na agricultura brasileira. **São Paulo: Vozes**, 2008.

GIMENEZ-SAMPAIO, T.; SAMPAIO, N. V. Recobrimento de sementes. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 4, n. 3, p. 20–52, dez. 1994.

GNANKINÉ O., BASSOLÉ, I. H. N. Essential oils as an alternative to pyrethroids' resistance against anopheles species complex giles (Diptera: Culicidae). **Molecules**, v. 22, n. 10, p. 1321, 2017.

GOULART, A.C.P. Eficiência de diferentes fungicidas no controle de patógenos em sementes de soja e seus efeitos na emergência e no rendimento de grãos da cultura. **Informativo Abrates**, v.10, n.1/2/3, p.17-24, 2000.

- GRAF, J. F. The role of insect growth regulators in arthropod control. **Parasitology Today**, v. 9, n. 12, p. 471-474, 1993.
- GROSMAN, D. M.; UPTON, W. W. Efficacy of systemic insecticides for protection of loblolly pine against southern pine engraver beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) and wood borers (Coleoptera: Cerambycidae). **Journal of economic entomology**, v. 99, n. 1, p. 94-101, 2006.
- HALL, L. M.; REN, D.; FENG, G.; EBERL, D. F.; DUBALD, M.; YANG, M.; HANNAN, F.; KOUSKY, C. T.; ZHENG, W. Calcium Channels as a New Potential Target for Insecticides. In *Molecular Actions of Insecticides on Ion Channels*; Clark, J. M., Ed.; American Chemical Society: Washington DC, 1995; p 162.
- HASEGAWA, S. What is seed priming? Germains seed technology. Disponível em: <https://germains.com/us/what-is-seed-priming/> Acesso em: 01 fev. 2018.
- HENNING, A.A. **Patologia e tratamento de sementes**: noções gerais. 2.ed. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 2005. 52p. (EMBRAPA-CNPSo, Documentos 264).
- HOLL, K. D.; LULLOW, M. E. Effects of species, habitat and distance from edge on post-dispersal seed predation in a tropical rainforest. **Biotropica**, v.29, n.4, p.459-468, 1997.
- HOSSEN, C. D.; JÚNIOR, E. S. C.; GUIMARÃES, S.; NUNES, U. R.; GALON, L. Tratamento químico de sementes de trigo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 1, p. 104-109, 2014.
- HULME, P.E. Post-dispersal seed predation: consequences for plant demography and evolution Perspectives in Plant Ecology. *Evolution and Systematics*, v. 1, p. 32-46. 1998.
- HUSSAIN, M.; KHAN, M. B.; SHAHZAD, M.; ULLAH, A.; SHER, A.; SATTAR, A. Influence of Priming on Emergence, Weed Infestation, Growth and Yield of Wheat Sown under Different Tillage Practices. **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 19, n. 2, 2017.
- IRAC. Classificação de modos de ação IRAC. Ed 6, v. 8.1, 2016.
- JANZEN, D. H. Escape of *Cassia grandis* L. beans from predators in time and space. **Ecology**, v.52, p.964-979. 1971.
- JELLER, H., DE ANDRADE, S. C. J. G. Condicionamento osmótico na germinação de sementes de cássia-do-nordeste sob estresse hídrico, térmico e salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 9, p. 1025-1034, 2003.
- JISHA, K. C.; VIJAYAKUMARI, K.; PUTHUR, J. T. Seed priming for abiotic stress tolerance: an overview. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 35, n. 5, p. 1381-1396, 2013.
- JUNIOR, L. D. B.; FERRARI, J. L.; DARIO, G.; DE BARROS TRIBONI, Y.; RAETANO, C. G. Potencial fisiológico e desenvolvimento inicial de plantas de soja em função do tratamento de sementes. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, v. 49, p. e55076-e55076, 2019.
- KINNUNEN, K. Scots pine sowing on barren mineral soils in western Finland. *Folia Forestalia*, n.531, p.1-24, 1982.

KLIPPEL, V. H.; PEZZOPANE, J. E. M.; SILVA, G. F.; CALDEIRA, V. W.; PIMENTA, L. R.; TOLEDO, J. V. Avaliação de métodos de restauração florestal de Mata de Tabuleiros-ES. **Revista Árvore**. v.39, p. 69-79, 2015.

KRZYŻANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B. Vigor de sementes. **Embrapa Soja-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2001.

LAHM, G. P.; CORDOVA, D.; BARRY, J. D. New and selective ryanodine receptor activators for insect control. **Bioorganic & Medicinal Chemistry**, 17, 4127–4133, 2009.

LASCA, C. C.; VECHIATO, M. H.; KOHARA, E. Y. Controle de fungos de sementes de *Brachiaria* spp.: eficiência de fungicidas e influência do período de armazenamento de sementes tratadas sobre a ação desses produtos. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.71, n.4, p.465-472, 2004.

LAUXEN, L. R.; VILLELA, F. A.; SOARES, R. C. Desempenho fisiológico de sementes de algodoeiro tratadas com tiametoxam. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 61-68, 2010.

LAWSON, D. S.; NGO, N.; KOENIG, J. P. Comparison of aerial and ground applied thiamethoxam (Actara™ & Centric™) for control of cotton pests. In: **2000 Proceedings Beltwide Cotton Conferences, USA, 4-8 January, 2000: Volume 2**. National Cotton Council, 2000. p. 1330-1333.

, P. H. S.; DOS SANTOS DIAS, C. T. L.E. Enriquecimento de floresta em restauração por meio de semeadura direta de lianas. **Hoehnea**, v.40, n.3, p.465-472, 2013.

LIMA, L. B.; TRENTINI, P.; MACHADO, J. C.; OLIVEIRA, J. A. Tratamento químico de sementes de soja visando ao controle de *Phomopsis sojae* associado a semente e *Rhizoctonia solani* no solo. Informativo ABRATES, Londrina, v. 13, n. 3, p. 250, 2003.

LIMA, L.B.; SILVA, P.A.; GUIMARÃES, R.M.; OLIVEIRA, J.A. Peliculização e tratamento químico de sementes de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.6, p.1091-1098, 2006.

LIU, S. S.; LI, Z. M.; LIU, Y. Q.; FENG, M. G.; TANG, Z. H. Promoting selection of resistance to spinosad in the parasitoid *Cotesia plutellae* by integrating resistance of hosts to the insecticide into the selection process. **Biological Control**, v. 41, n. 2, p. 246-255, 2007.

LUCCA FILHO, O.A. Patologia de Sementes. In.: PESKE, S.T.; LUCCA FILHO, O.A.; BARROS, A.C.S.A. (Ed.). Sementes: fundamentos científicos e Tecnológicos, 2.Ed., Pelotas, p.259-329, 2006.

LUZ, W. C.; PEREIRA, L. R. Tratamento de sementes com fungicida relacionado com o controle de patógenos e rendimento de milho. **Ciência Rural**, v.28, n.4, p.537-541, 1998.

MACHADO, J. D. C.; WAQUIL, J.; DOS SANTOS, J. P.; REICHENBACH, J. W. Tratamento de sementes no controle de fitopatógenos e pragas. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2006.

MAEDA, J.A.; LAGO, A.A.; GERIN, M. A.N. Tratamentos com fungicidas no comportamento de sementes de amendoim. **Bragantina**, v.54, n.1, p.103-111, 1995.

MARCOS FILHO, J. M. F. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

- MARTINS, G.L.M.; TOSCANO, L.C.; TOMQUELSKI, G.V.; MARUYAMA, W.I. Controle químico do percevejo barriga-verde *Dichelops melacanthus* (Hemiptera: Pentatomidae) na cultura do milho. **Arquivo do Instituto Biológico**, v.76, n.3, p.475-478, 2009.
- MARTINS, S.V. **Recuperação de áreas degradadas**: ações em Áreas de Preservação Permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2009. 270p.
- MARZARI, V.; MARCHEZAN, E.; SILVA, L.S.; VILLA, S.C.C.; SANTOS, F.M.; TELÓ, G.M. População de plantas, dose de nitrogênio e aplicação de fungicida na produção de arroz irrigado. II. Qualidade de grãos e sementes. **Ciência Rural**, v.37, n.4, p.936-941, 2007.
- MASETTO, T. E.; SCALON, S. D. P. Q.; REZENDE, R. K. S.; OBA, G. C.; GAMBATTI, M.; PATRÍCIO, V. S. Germinação de sementes de *Dimorphandra mollis* Benth.: efeito de salinidade e condicionamento osmótico. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 12, n. 3, 2014.
- MASON, G.; RANCATI, M.; BOSCO, D. The effect of thiamethoxam, a second generation neonicotinoid insecticide, in preventing transmission of tomato yellow leaf curl geminivirus (TYLCV) by the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius). **Crop Protection**, v. 19, n. 7, p. 473-479, 2000.
- MATTEI, L. V. Avaliação de protetores físicos em semeadura direta de *Pinus taeda* L. **Ciência Florestal**, v. 7, n. 1, p. 91-100, nov. 1997.
- MATTSON JR, W. J. Herbivory in relation to plant nitrogen content. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.11, p.119-161, 1980.
- MEISSNER, G. Ryanodine receptor/Ca<sup>2+</sup> release channels and their regulation by endogenous effectors. **Annual Review Physiology**. v.56, n.1, p. 485-508, 1994.
- MELI, P.; ISERNHAGEN, I.; BRANCALION, P. H.; ISERNHAGEN, E. C.; BEHLING, M.; RODRIGUES, R. R. Optimizing seeding density of fast-growing native trees for restoring the Brazilian Atlantic Forest. **Restoration Ecology**, v. 26, n. 2, p. 212-219, 2018.
- MELZER, W.; HERRMANN-FRANK, A.; LUTTGAU, H. C. The role of Ca. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 2, p. 59-116, 1995.
- MENEZES, E.L.A. **Inseticidas botânicos**: seus princípios ativos, modo de ação e uso agrícola. Seropédica, Rio de Janeiro: Embrapa Agrobiologia, 2005. 58p.
- MENTEN, J. O.; MORAES, M. H. D. Tratamento de sementes: histórico, tipos, características e benefício. **Informativo ABRATES**, v. 20, n. 3, 2010.
- MENTEN, O. J. Tratamento de sementes no Brasil. **Revista Seed News**, v. 1, n. 5, p. 30-32, 2005.
- MENZ, M. H. M. DIXON, K.W. E HOBBS, R. J. Hurdles and opportunities for landscape-scale restoration. **Science**, v. 339, n. 6119, p. 526-527, 2013.
- MEOLA, R; READY, S; MEOLA, S. 1993. Physiological effects of the juvenoid pyriproxyfen on adults, eggs and larvae of the cat flea. In: WILDEY, KB; ROBINSON,

- WH. (eds). Proceedings of the first international conference on urban pests. England: Cambridge. p.221-228.
- MORAES S.A. Testes de sanidade de sementes de amendoim. In: SOAVE, J.; WETZEL, M.M.V.S. (Ed.) **Patologia de sementes**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p.347-357.
- MORAES, M. A. (Org.). 2016. Restauração de florestas e paisagens no Brasil. Brasília: UICN. Quoting: Moraes, M. A. (Org.) 2016. Forest Landscape Restoration in Brazil. Brasília: UICN.
- MORAIS, J. W.; FIFUEIRA, J. A. M.; SAMPAIO, P. D. T. B. Eficiência de inseticidas no controle de pragas em sementes e mudas de Pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke), em viveiros, Manaus, Amazonas. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 3, p. 533-538, 2009.
- MOREIRA, M. F.; MANSUR, J. F.; FIGUEIRA-MANSUR, J. Resistência e Inseticidas: Estratégias, Desafios e Perspectivas no Controle de Insetos. **Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Entomologia Molecular**, v. 15, p. 1-23, 2012.
- NAUEN, R., EBBINGHAUS-KINTSCHER, U., ELBERT, A., JESCHKE, P., TIETJEN, K. Acetylcholine receptors as sites for developing neonicotinoid insecticides. In: Ishaaya, I. **Biochemical sites of insecticide action and resistance**. Berlin (Germany): Springer, 2001. P. 77 - 105.
- NELSON, D.L.; COX, M.M. Fosforilação oxidativa e fotofosforilação. In: Princípios de Bioquímica de Lehninger. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. p.707-772.
- NEPSTAD, D.C.; UHL, C.; PEREIRA, C. A.; SILVA, J. M. C. A comparative study of tree establishment in abandoned pasture and mature forest of eastern Amazonia. **Oikos**, v.76, p. 25-39, 1996.
- NEPSTAD, D.C.; UHL, C.; PEREIRA, C.A. Estudo comparativo do estabelecimento de árvores em pastos abandonados e florestas adultas da Amazônia oriental. In: GASCON, C.; MOUTINHO, P. (Ed.). Floresta Amazônica: dinâmica, regeneração e manejo. Manaus: INPA, 1998. Cap. 12, p. 191-218.
- NILSON, M.E.; HJÄLTÉN, J. Covering pine-seeds immediately after seeding: effects on seedlings emergence and on mortality through seed-predation. **Forest Ecology and Management**. v.176, p.449-457, 2003.
- NONOGAKI, H.; BASSEL, G. W.; BEWLEY, J. D. Germination—still a mystery. **Plant Science**, v. 179, n. 6, p. 574-581, 2010.
- PALMERLEE, A. P.; YOUNG, T. P. Direct seeding is more cost effective than container stock across ten woody species in California. **Native Plants Journal**, v.11, n. 2, p. 89-102, 2010.
- PARERA, C. A.; CANTLIFFE, D. J. Seed. Presowing seed priming. **Horticultural reviews**, v. 16, p. 109, 2010.
- PARISI, J. J. D.; MEDINA, P. F. Tratamento de sementes. Instituto Agronômico de Campinas, 2013.
- PELLIZZARO, K. F.; CORDEIRO, A. O.; ALVES, M.; MOTTA, C. P.; REZENDE, G. M.; SILVA, R. R.; RIBEIRO J.F.; SAMPAIO A.B.; VIEIRA D.L.M; SCHMIDT, I. B. Cerrado” restoration by direct seeding: field establishment and initial growth of 75 trees, shrubs and grass species. **Brazilian Journal of Botany**, v. 40, n. 3, p. 681-693, 2017.

- PESKE, S. Cresce a percepção do valor da semente. **Revista Seeds News**, v. 11, n.4, p. 8-9, 2007.
- PIRES L. L.; BRAGANTINI, C.; COSTA, J. L. D. Storage of dry bean seeds coated with polymers and treated with fungicides. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 709-715, 2004.
- PORTELA, J. C.; COGO, N. P.; BAGATINI, T.; PRADO CHAGAS, J.; PORTZ, G. Restauração da estrutura do solo por sequências culturais implantadas em semeadura direta, e sua relação com a erosão hídrica em distintas condições físicas de superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, 2010.
- PREGELJ, L.; MCLANDERS, J.R.; GRESSHOFF, P.M.; SCHENK, P.M. Transcription profiling of the isoflavone phenylpropanoid pathway in soybean in response to *Bradyrhizobium japonicum* inoculation. **Functional Plant Biology**, v.38, p.13-24, 2011.
- QUEIROGA, M. F. C. et al. Aplicação de óleo no controle de *Zabrotes subfasciatus* e na germinação de *Phaseolus vulgaris*. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiente**, v. 16, n. 7, 2012.
- RAJJOU, L.; DUVAL, M.; GALLARDO, K.; CATUSSE, J.; BALLY, J., JOB, C.; JOB, D. Seed germination and vigor. **Annual review of plant biology**, v. 63, p. 507-533, 2012.
- RANDALL, M. G. M. The predation of predispersed *Juncus squarrosus* seeds by *Coleophora alticolella* (Lepidoptera) larvae over a range of altitudes in northern England. **Oecologia**, v.69, n.3, p.460-465, 1986.
- REDDY, V.R.; HODGES, H.F.; MCKINION, J.M. Is Aldicarb (Temik) a plant growth regulator? PLANT GROWTH REGULATION SOCIETY OF AMERICA. ANNUAL MEETING, 17., 1990, Saint Paul. Proceedings. Saint Paul: **Plant Growth Regulation Society of America**, 1990. p. 79-80.
- RITTER, H.; SCHULZ, G.E. Structural basis for the entrance into the phenylpropanoid metabolism catalyzed by phenylalanine ammonia-lyase. **Plant Cell**, v. 16, p. 3426- 3436, 2004.
- RIVAS, B. A.; McGEE, D. C.; BURRIS, J. S. Tratamiento de semillas de maiz con polimeros para el control de *Pythium* spp. **Fitopatologia Venezuelana**, Caracas, v. 11, p. 10-15, 1998.
- RODRIGUES R. R.; BRANCALION P. H. S.; ISERNHAGEN I. (Org). **Pacto pela restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. Instituto Bioatlântica, São Paulo, 256p., 2009.
- ROGERS, E. F.; KONIUSZY, F. R.; SHAVEL, J., JR.; FOLKERS, K. J. American Chemical Society, 1948, 70, 3086.
- SAMPAIO, N.V.; SAMPAIO, T.G. Sementes: com as cores da eficiência. **A granja do Ano**, v.12, p.16-18, 1998.
- SAMPAIO, T. G.; SAMPAIO, N. V. Recobrimento de sementes. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 4, n. 3, p. 20-52, 1994.
- SANTOS, C. E.; NETO, J. J. D.; NEVES, P. R.; FONSECA, R. S. A.; KRAEMER, A. P. N.; DA PAZ LIMA, M. L. Tratamento químico de sementes e impacto sobre

complexos de fitossanitários e elementos morfoagronômicos. **Brazilian Applied Science Review**, v. 3, n. 2, p. 1445-1454, 2019.

SANTOS, M. C. A.; AROUCHA, E. M. M.; SOUZA, M. S.; SILVA, R. F.; SOUSA, P. A. Condicionamento osmótico de sementes. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 2, p. 1-6, 2008.

SANTOS, M.A.C.D.; REGO, M.M.D.; QUEIROZ, M.A.D.; DANTAS, B.F.; OTONI, W. C. Synchronizing the in vitro germination of *Psidium guineense* Sw. seeds by means of osmotic priming. **Revista Árvore**, v. 40, n. 4, p. 649-660, 2016.

SATTELLE D. B.; CORDOVA, D.; CHEEK T. R. Insect ryanodine receptors: molecular targets for novel control chemicals. **Invertebrate Neuroscience**. v. 8, n. 3, p. 107, 2008.

SCALON, S. D. P. Q.; MASETTO, T. E.; DE MATOS, D. S. C.; MOTTA, L. Condicionamento fisiológico e níveis de sombreamento em sementes de barbatimão (*Stryphnodendron polyphyllum* (Mart.) E. S. adstringens (Mart.) Coville). **Revista Árvore**, v. 38, n. 1, p. 145-153, 2014.

SCHUPP, E. W. Factors affecting post-dispersal seed survival in a tropical forest. **Oecologia**, v. 76, n. 4, p. 525-530, 1988.

SILVA, M. T. B. Inseticidas na proteção de sementes e plantas. **Seed News**, v. 2, n. 5, p. 26-27, 1998.

SILVA, R. R.; OLIVEIRA, D. R.; DA ROCHA, G. P.; VIEIRA, D. L. Direct seeding of Brazilian savanna trees: effects of plant cover and fertilization on seedling establishment and growth. **Restoration Ecology**, v. 23, n. 4, p. 393-401, 2015.

SILVA, T. T. D. A.; VON PINHO, É. V. D. R.; CARDOSO, D. L.; FERREIRA, C. A.; ALVIM, P. D. O.; COSTA, A. A. F. D. Qualidade fisiológica de sementes de milho na presença de bioestimulantes. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 3, p. 840-844, 2008.

SILVEIRA, S. Recobertura como medida para proteção da semente. **Seed News**, n.5, p.34-35, 1998.

SMIDERLE, O.J.; CICERO, S.M. Tratamento inseticida e qualidade de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v.20, n.2, p.223-230, 1998.

SOARES, C. M.; LUDWIG, M. P.; ROTHER, C. M. S.; DECARLI, L. Seed quality and crop performance of soybeans submitted to different forms of treatment and seed size. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 1, p. 69-75, 2019.

SOARES, V. N.; DA SILVA ALMEIDA, A. E.; DEUNER, C.; JAUER, A.; DE TUNES, L. M. Neonicotinoid insecticide treatment improves physiological performance of melon and watermelon seeds. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 20, p. 1678-1683, 2017.

SOARES, V. N.; TILLMANN, M. Â. A.; MOURA, A. B.; ZANATTA, Z. G. C. N. Physiological potential of rice seeds treated with rhizobacteria or the insecticide thiamethoxam. **Revista Brasileira de sementes**, v. 34, n. 4, p. 561-572, 2012.

SOUZA, D. C.; ENGEL, V. L. Direct seeding reduces costs, but it is not promising for restoring tropical seasonal forests. **Ecological Engineering**, v. 116, p. 35-44, 2018.

SUHAIL, A.; IQBAL, J.; ARSHAD, M.; GOGI, M. D.; ARIF, M. J.; SHAFAIT, T. Comparative efficacy of insecticides as seed treatment against wheat aphid and its coccinellid predator. **Pakistan Entomology**, v. 35, n. 1, p. 17-22, 2013.

SUTHARUT, J.; SUDARAT, J. Total anthocyanin content and antioxidant activity of germinated colored rice. **International Food Research Journal**, v. 19, n. 1, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TAVARES, S.; CASTRO, P.R.C.; RIBEIRO, R.V.; ARAMAKI, P.H. Avaliação dos efeitos fisiológicos de tiametoxam no tratamento de sementes de soja. **Revista de Agricultura**, v.82, n.1, p.47-54, 2007.

THEIMER, T.C. Seed scatter-hoarding by white-tailed rats: consequences for seedling recruitment by an Australian rain forest tree. **Journal of Tropical Ecology**, v. 17, p.177-189. 2001.

TIWARI, S.; STELINSKI, L. L. Effects of cyantraniliprole, a novel anthranilic diamide insecticide, against Asian citrus psyllid under laboratory and field conditions. **Pest management science**, v. 69, n. 9, p. 1066-1072, 2013.

TREACY, M.; MILLER, T.; BLACK, B.; GARD, I.; HUNT, D.; HOLLINGWORTH, R. M. Uncoupling activity and pesticidal properties of pyrroles. **Biochemical Society Transactions**, v. 22, n. 1, p. 244-247, 1994.

TROPALDI, L.; CAMARGO, J. A.; SMARSI, R. C.; KULCZYNSKI, S. M.; MENDONÇA, C. G.; BARBOSA, M. M. M. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de mamona submetidas a diferentes tratamentos químicos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.40, n.1, p.89-95, 2010.

UHL, C.; NEPSTAD, D.; SILVA, J.M.C.; VIEIRA, I. Restauração de floresta em pastagens degradadas. *Ciência Hoje*, São Paulo, v.13, n.76, p.23-31, 1991

VIRGENS, I. O., CASTRO, R. D.; FERNANDEZ, L. G.; PELACANI, C. R. Comportamento fisiológico de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (Anacardiaceae) submetidas a fatores abióticos. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 4, p.681-692, 2012.

VIVANCO, J.M.; FLORES, H.E. Control of root formation by plant growth regulators. In: BASRA, A.S. (Ed.) Plant growth regulators in agriculture and horticulture: their role and commercial uses. Binghamton: Food Products Press, 2000. p. 1-25.

WANDER, A.E.; RAMALHO, M.A.P.; ANDRADE, M.J.B. EMBRAPA, Cultivo do Feijão da Primeira e Segunda Safras na Região Sul de Minas Gerais. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoPrimSegSafrasulMG/autores.htm>

WANG, C. J.; LIU Z. Q. Foliar uptake of pesticides – present status and future challenge. **Pest Biochem Physiol**, v.87, p.1–8, 2007.

WHEATON, T.A., CHILDERS, C.C.; TIMMER, L.W.; DUNCAN, L.W.; NIKDEL, S. Effects of aldicarb on the production, quality of fruits and situation of citrus plants in Florida. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Tallahassee, v. 1, p. 1-18, 1985.

WOJTYLA, L.; LECHOWSKA, K.; KUBALA, S.; GARNCZARSKA, M. Molecular processes induced in primed seeds—increasing the potential to stabilize crop yields under drought conditions. **Journal of plant physiology**, v. 203, p. 116-126, 2016.

WOODS, K.; ELLIOTT, S. Direct seeding for forest restoration on abandoned agricultural land in northern Thailand. **Journal of Tropical Forest Science**, v.16, p.248-259, 2004.

**SEGUNDA PARTE- ARTIGOS**

**ARTIGO 1 - DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE ESPÉCIES  
NATIVAS TRATADAS COM TIAMETOXAM E CIANTRANILIPROLE**

**PHYSIOLOGICAL PERFORMANCE OF SEEDS OF NATIVE SPECIES  
TREATED WITH THIAMETHOXAM AND CYANTRANILIPROLE**

**Artigo formatado conforme a NBR 6022 (ABNT, 2003) e adaptado as exigências do Manual de Normalização de Trabalhos Acadêmicos da UFPA.**

**RESUMO**

O progressivo aumento de áreas degradadas pelo mundo leva à necessidade constante em evoluir métodos de restauração, buscando maior viabilidade técnica e econômica. A semeadura direta possui grande potencial para ser usado em projetos de restauração ambiental, no entanto, algumas questões, como a predação das sementes em campo, necessitam ser resolvidas. A predação é um dos principais problemas que limitam o uso da semeadura direta de espécies arbóreas na restauração florestal, uma vez que, reduz o número de sementes viáveis, a uniformidade da germinação, sendo, ainda, um problema para as plântulas, que muitas vezes não se desenvolvem, levando ao fracasso da técnica. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do tratamento de sementes com inseticidas sobre a germinação, vigor de sementes e desenvolvimento inicial das plântulas. Sementes de *Peltophorum dubium*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Bowdichia virgilioides*, *Senna multijuga*, *Guazuma ulmifolia* e *Hymenaea courbaril*, foram tratadas com tiametoxam e ciantraniliprole e colocadas para germinar nos substratos papel e areia, em germinadores tipo Mangelsdorf a 25 °C, sob luz constante. Para a espécie *Senna multijuga*, o tratamento de sementes com os inseticidas tiametoxam e ciantraniliprole não apresentaram efeitos negativos ou positivos sobre vigor, germinação e desenvolvimento. Em *Peltophorum dubium* os tratamentos com os inseticidas proporcionaram resultados positivos para vigor e desenvolvimento de plântulas. *Enterolobium contortisiliquum* apresentou resultados positivos no desenvolvimento de plântulas quando suas sementes foram tratadas com os inseticidas tiametoxam e ciantraniliprole, no entanto, no tratamento com tiametoxam o vigor foi reduzido. Para *Guazuma ulmifolia* houve efeito negativo dos tratamentos dos inseticidas sobre a variável comprimento de raiz primária em relação à testemunha. Sementes de *Bowdichia virgilioides* e *Hymenaea courbaril* apresentaram sensibilidade aos tratamentos inseticidas. O substrato areia proporcionou melhores condições para o desenvolvimento das plântulas.

**Palavras-chave:** inseticida, controle químico, tratamento de sementes, espécies florestais

## ABSTRACT

The progressive increase of degraded areas around the world leads to the constant need to develop restoration methods, seeking greater technical and economic feasibility. Direct sowing has great potential for using in projects of land restoration, however, some issues, such as seed predation in the field, need to be resolved. Predation is one of the main problems that limit the use of direct sowing of tree species in forest restoration programs, since it reduces the number of viable seeds, the uniformity of germination, and is also a problem for seedlings, which often do not develop, leading to the failure of the technique. Thus, the aim of this study was to evaluate the effect of the treatment of seeds with insecticides on germination, vigor and initial seedling development. Seeds of *Peltophorum dubium*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Bowdichia virgilioides*, *Senna multijuga*, *Guazuma ulmifolia* and *Hymenaea courbaril*, were treated with thiamethoxam and cyantraniliprole and placed to germinate in paper or sand substrates, in Mangelsdorf germinators under constant light at 25 °C. For the *Senna multijuga* species, it should be noted that seed treatment with the insecticides thiamethoxam and cyantraniliprole did not affect vigor, germination and seedling development. In *Peltophorum dubium* the treatment of seeds with insecticides provided positive results for vigor and seedling development. *Enterolobium contortisiliquum* showed positive results in the development of seedlings when their seeds were treated with the insecticides thiamethoxam and cyantraniliprole, however, the treatment using thiamethoxam reduced seed vigor. For *Guazuma ulmifolia* there was a negative effect of the insecticide treatments on the seedling primary root length in relation to the control. *Bowdichia virgilioides* and *Hymenaea courbaril* seeds showed sensitivity to insecticide treatments. The sand substrate provided better conditions for seedling development.

Key words: insecticide, chemical control, propagules, forest species

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional, acompanhado da expansão do uso da terra e exploração intensa dos recursos naturais, resulta em um ambiente cada vez mais degradado, ecossistemas mais fragmentados, com perdas de habitat e extinção de espécies (PALMA; LAURENCE, 2015).

Atualmente a degradação ambiental compromete o bem-estar de cerca de 3,2 bilhões de pessoas, atingindo cerca de 10% da renda global anual e perda de espécies e serviços ecossistêmicos, afetando cerca de 20% do planeta. Em detrimento disso, foi realizada pela Organização das Nações Unidas (ONU) uma assembleia com a temática referente ao meio ambiente, onde foi instaurado que até 2030, serão realizadas ações para que cerca de 170 milhões de hectares entrem em processo de restauração. A ação conta com o apoio de 57 países, governos subnacionais e organizações privadas.

Nesse sentido, faz-se necessário o desenvolvimento e aprimoramento de técnicas de restauração florestal, de forma a termos métodos adequados e cada vez mais eficazes (RODRIGUES et al., 2009). Tornando, portanto, indispensável a realização de pesquisas que visem promover técnicas de fácil acesso, baixo custo, maior facilidade de implantação, alta efetividade, e passível de ser realizada em grandes escalas (SILVA et al., 2015).

Em vista disso, a semeadura direta destaca-se por ser um método econômico, de fácil implantação e versátil, podendo ser utilizada em vários tipos de terrenos e em diversas escalas (GIORDANI et al., 2017).

No entanto, para que haja o sucesso do método, algumas questões devem ser superadas como a falta de conhecimento das características fisiológicas das sementes, limitações proporcionadas pela exigência de fatores ambientais, temperatura e umidade, matocompetição e predação, o que leva a uma desuniformidade na germinação e no estabelecimento de plântulas (CAMARGO et al., 2002).

O ataque de insetos a sementes quando semeadas é muito comum e tem reduzido o número de plantas estabelecidas afetando diretamente o sucesso da semeadura direta, mesmo que as sementes possuam alta qualidade fisiológica (RUFINO et al., 2010). A diversidade de insetos que podem atacar o plantio em sua fase inicial é ampla. A ação desses insetos é uma das principais causas da baixa taxa de sucesso do método de semeadura direta, uma vez que, estes se alimentam das sementes após a semeadura e das

raízes e parte aérea logo após a emergência (DAN et al., 2012), o que torna o método muitas vezes ineficazes na restauração de áreas degradadas.

De forma a minimizar tais problemas, a busca por medidas preventivas é de fundamental importância. Como alternativa viável a este problema, destaca-se o tratamento de sementes com inseticidas (MARTINS et al., 2009). Seu uso pode propiciar a manutenção da qualidade fisiológica, contribuindo de maneira expressiva para o desenvolvimento inicial adequado da sementeira (BARROS et al., 2005).

A prática do uso de inseticidas no tratamento de sementes é comumente utilizada em culturas agrícolas comerciais, a exemplo o arroz (MACEDO et al., 2013), soja (CONCEIÇÃO et al., 2014; CARVALHO et al., 2020), feijão (CASTELLANOS et al., 2016) e trigo (FREIBERG et al., 2017). Muitos estudos têm sido realizados ao longo dos últimos anos, a medida que novos produtos são lançados no mercado, sobre as ações dos inseticidas na germinação e desenvolvimento inicial das plântulas, onde o principal foco é avaliar possíveis efeitos fitotóxicos causados pelo uso destes inseticidas, de maneira a verificar se é passível seu uso em determinada espécie sem que haja problema quanto à qualidade e desenvolvimento, mantendo a proteção (HUANG et al., 2015; KIM et al., 2016; COSTA et al., 2018; CARVALHO et al., 2020).

Apesar das inúmeras pesquisas sobre espécies agrícolas, nada se sabe sobre o uso de inseticidas em espécies florestais, como a viabilidade do uso e possíveis expectativas quanto ao seu potencial na sementeira direta para recuperação de áreas degradadas. Fato este que faz com que a presente pesquisa seja inédita e base para outros estudos futuros. Diante disso, foram selecionados dois inseticidas de uso comercial, amplamente utilizados em culturas agrícolas, tiametoxam e ciantraniliprole para estudar seus efeitos sobre o a germinação e desenvolvimento inicial das plântulas de seis espécies nativas.

Tiametoxam é um neonicotinóide, derivado na nicotina. Possui ação sistêmica, alta solubilidade em água, são biodegradáveis, com amplo espectro de ação, utilizável em baixas concentrações, com efeito residual longo e média toxicidade ao homem e ao ambiente. (MAIENFISCH et al., 2001; COSTA et al., 2018).

Ciantraniliprole pertence ao grupo das diamidas, possui ação sistêmica de contato e ingestão, espectro de ação difundido, baixa toxicidade aos mamíferos, sendo efetivo em baixas doses (SANG et al., 2014; GRÁVALOS, et al., 2015; MURILLO, et al., 2015; ZHANG et al., 2015).

Em face da importância do tratamento fitossanitário das sementes contra a ação de insetos, de forma a aumentar o sucesso da sementeira direta, teve-se por objetivo

avaliar o efeito do tratamento de sementes com inseticidas e dois tipos de substrato sobre a germinação e desenvolvimento inicial das plântulas de seis espécies florestais nativas em experimentos realizados em condições controladas de laboratório.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Local do estudo

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Sementes Florestais (LSF) do Departamento de Ciências Florestais e no Laboratório Central de Sementes (LCSEM) do Departamento de Agricultura, ambos pertencentes à Universidade Federal de Lavras – UFLA.

### 2.2. Material biológico

Foram utilizadas sementes de seis espécies florestais, com potencial para uso na restauração florestal e disponíveis no estoque do Laboratório de Sementes Florestais da Universidade Federal de Lavras. Todas as espécies estudadas possuem dormência física (impermeabilidade do tegumento).

### 2.3. Caracterização inicial

#### 2.3.1. Determinação do teor de água nas sementes

Para a determinação do teor de água, foi utilizado o método da estufa a 105 °C por 24 horas, de acordo com a metodologia proposta porprescrita em BRASIL (2009).

### 2.4. Superação de dormência

Para quebra de dormência das sementes de *G. ulmifolia*, *B. virgilioides*, *S. multijuga* e *P. dubium* foram realizados testes prévios em laboratório. Os métodos mais indicados para as espécies estudadas são apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - Métodos utilizados para superação da dormência das sementes de *G. ulmifolia*, *B. virgilioides*, *S. multijuga* e *P. dubium*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Hymenaea courbaril* (Continua).

<b>Espécie</b>	<b>Método de quebra de dormência</b>
<i>Peltophorum dubium</i>	Imersão em ácido sulfúrico por 15 minutos
<i>Senna multijuga</i>	Imersão em ácido sulfúrico por 20 minutos

Tabela 2 - Métodos utilizados para superação da dormência das sementes de *G. ulmifolia*, *B. virgilioides*, *S. multijuga* e *P. dubium*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Hymenaea courbaril* (Conclusão).

<i>Bowdichia virgilioides</i>	Imersão em ácido sulfúrico por 10 minutos
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Imersão em água quente a 90 °C por 60 minutos
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Escarificação mecânica, utilizando-se lixa para madeira número 150
<i>Hymenaea courbaril</i>	Escarificação mecânica, utilizando-se esmeril

Fonte: Da autora (2021).

## 2.5. Tratamento químico das sementes

As sementes foram submetidas a dois tratamentos, sementes tratadas com Ciantraniliprole; sementes tratadas com Tiametoxam e a testemunha, ausência de tratamento.

O volume de calda utilizado contendo o inseticida tiametoxam, foi de 300 ml do produto comercial onde completou-se com 700 ml de água para cada 100 kg de sementes para as espécies *P. dubium*, *S. multijuga*, *B. virgilioides* e *G. ulmifolia* e 400 ml do produto comercial onde completou-se com 700 ml de de água para cada 100kg de sementes para as espécies *E. contortisiliquum* e *H. Courbaril*. Para o inseticida ciantraniliprole as dosagens definidas foram 200ml do produto comercial onde completou-se com 700 ml de água, para cada 100 kg de sementes para as espécies *P. dubium*, *S. multijuga*, *B. virgilioides* e *G. ulmifolia* e 350 ml do produto commercial onde completou-se com 700 ml de de água para cada 100kg de sementes para as espécies *E. contortisiliquum* e *H. courbaril*.

Os produtos comerciais utilizados foram:

Cruiser® 350 FS: 350 g L<sup>-1</sup> de tiametoxam, inseticida sistêmico, grupo químico dos neonicotinoides, suspensão concentrada para tratamento de sementes - FS; classificação toxicológica 5 - produto improvável de causar dano agudo.

Fortenza® 600 FS: 600 g L<sup>-1</sup> de Ciantraniliprole, inseticida sistêmico de contato e ingestão, grupo químico das Diamidas Antranílicas, suspensão concentrada para tratamento de sementes - FS; classificação toxicológica 1 - extremamente tóxico.

As dosagens dos inseticidas e volumes de calda finais utilizados em cada espécie foi definido em função das recomendações nas bulas dos produtos para as culturas agrícolas. Considerando-se o fato de não existir recomendação para espécies florestais, as dosagens foram definidas com base em espécies agrícolas, por semelhança em algumas características como tamanho, peso e textura do tegumento semelhantes aos das espécies florestais utilizadas.

Para o tratamento das sementes, aplicou-se a calda (produto + água destilada) no fundo de um saco plástico transparente utilizando-se uma pipeta graduada. Os sacos contendo as sementes mais a calda foram inflados com ar e agitados vigorosamente durante 3 minutos, visando uniformizar a distribuição do tratamento sobre toda a massa de sementes (Figura 1).

Figura 1 - Tratamento de sementes com Ciantraniliprole (A) e Tiametoxam (B)



Fonte: Da autora (2021)

Na sequência, as sementes foram retiradas e espalhadas em bandejas plásticas para que a calda secasse, por cerca de 12 horas, em sala climatizada, com temperatura média de 20 °C e umidade relativa de 50%.

Posteriormente, as sementes foram colocadas para germinar utilizando dois substratos, papel germitest e areia estéril conforme figura 2, e detalhado a seguir

Figura 2 - Sementes de *Guazuma ulmifolia* colocadas para germinar em papel germitest e em areia.



Fonte: Da autora (2021)

## 2.6. O experimento

O experimento consistiu em um delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2x3, onde comparou-se dois substratos (areia e papel) e três grupos de sementes (sementes tratadas com tiametoxam, sementes tratadas com ciantraniliprole e testemunha), com quatro repetições de 25 sementes cada. Cada espécie consistiu em um experimento diferente. Quando utilizado o papel Germitest, esse foi umedecido com água destilada, na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco, e acondicionados em caixas gerbox. Quando utilizado areia, essa foi esterilizada e umedecida e posteriormente, acomodada em caixas do tipo gerbox com tampa. O experimento foi mantido em germinador regulado a 25 °C, com luz constante.

As avaliações realizadas foram as seguintes:

**Germinação:** As avaliações foram realizadas segundo as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os testes de germinação ocorreram seguindo as recomendações de BRASIL (2013). Os testes ocorreram até 14 dias para *P. dubium* e *E. contortisiliquum*, sete dias para *S. mutijuga*, 21 dias para *G. ulmifolia*, 28 para *H. courbaril* e 60 dias para *B. virgilioides*.

**Porcentagem de sementes duras:** Para avaliação das sementes duras, as que não germinaram foram pressionadas utilizando-se uma pinça, sendo consideradas duras aquelas que resistiram à pressão, como consequência da não absorção de água.

**Porcentagem de sementes mortas:** São as sementes que não germinaram, não eram duras, nem dormentes, e geralmente, estavam amolecidas, atacadas por microorganismos e não apresentavam nenhum sinal de início de germinação (BRASIL, 2009).

**Índice de velocidade de germinação:** calculado pela fórmula  $IVG = \sum (ni/ti)$ , em que:  $ni$  = número de sementes que germinaram no tempo 'i';  $ti$  = tempo após instalação do teste (MAGUIRE,1962).

**Comprimento da parte aérea e da raiz primária:** Para obtenção dessas variáveis, ao final do experimento, foi realizada a medição com paquímetro digital de cinco plântulas escolhidas aleatoriamente, em cada repetição, consideradas normais pela Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) oriundas do teste de germinação.

**Porcentagem de Plântulas anormais:** plântulas danificadas, deterioradas, deformadas, não apresentando todos seus componentes, ou tendo parte deles deformados (BRASIL, 2009).

Os experimentos foram montados em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições de 25 sementes.

## 2.7. Análise dos dados

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e homogeneidade de Bartlett. Quando não houve normalidade e homocedasticidade dos dados, partiu-se para a análise de dados não-paramétrica, empregando-se o teste de Kruskal-Wallis, e quando constatada diferença significativa ( $p < 0,05$ ), as médias foram comparadas via teste de Student-Newman-Keuls (SNK) à 5% de significância. Quando respeitadas as pressuposições da ANOVA, quando significativo ( $p < 0,05$ ), foi realizado o teste de Tukey a 5% de significância. O processamento de dados foi feito utilizando o programa R for Windows versão 3.6.2 (R CORE TEAM, 2019).

## 3. RESULTADOS

O efeito do tratamento ciantraniliprole na germinação e sementes duras foi observado em *B. virgiloides*, quando comparadas as médias finais, independente do substrato utilizado, onde as sementes tratadas com ciantraniliprole apresentaram porcentagem inferior de germinação e sementes duras quando comparadas com a testemunha (SNK a 5% de significância). Em *H. courbaril* a testemunha apresentou porcentagem superior de germinação quando comparada aos demais tratamentos ( $p > 0,05$ ) (tabela 2).

Para a variável mortalidade foi observada diferença significativa, quando avaliadas as médias finais, independente do substrato utilizado, em *B. virgiloides*, onde a mortalidade foi superior nas sementes tratadas com tiametoxam e ciantraniliprole, e em

*H. courbaril* onde a mortalidade foi maior no tratamento onde houve a aplicação de tiametoxam (tabela 2).

A ação dos inseticidas sobre a formação de plântulas anormais foi observada somente em *H. courbaril* quando utilizado o papel germitest como substrato, onde a maior porcentagem de plântulas anormais foi observada na testemunha ( $p > 0,05$ ) (tabela 2).

Tabela 3 - Porcentagem média de germinação, sementes mortas, duras e plântulas anormais, provenientes de sementes de *P. dubium*, *S. multijuga*, *E. contortisiliquum*, *G. ulmifolia*, *B. virgilioides* e *H. courbaril*, testemunha e sementes tratadas com tiametoxam (\*) e ciantraniliprole (\*\*) (Continua).

Espécies	Tratamento	Germinação (%)			Mortalidade (%)			Duras (%)			Plântulas anormais (%)		
		Papel	Areia	Média	Papel	Areia	Média	Papel	Areia	Média	Papel	Areia	Média
<i>P. dubium</i>	Testemunha	81Aa	92Aa	86,5a	14Aa	4Aa	9,0a	5Aa	4Aa	4,5a	7Aa	6Aa	6,5a
	Ciantraniliprole	90Aa	87Aa	88,5a	7Aa	7Aa	7,0a	3Aa	6Aa	4,5a	14Aa	7Aa	10,5a
	Tiametoxam	89Aa	88Aa	88,5a	9Aa	8Aa	8,5a	2Aa	4Aa	3,0a	6Aa	12Aa	9,0a
	Média	86,6A	89A		10A	6,3A		3,3A	4,7A		9A	8,3A	
	CV (%)	10,5			84,2			114			84,6		
<i>S. multijuga</i>	Testemunha	82Aa	90Aa	86a	7Aa	4Aa	5,5a	11Aa	6Aa	8,5a	8Aa	6Aa	7,0a
	Ciantraniliprole	86Aa	94Aa	90a	5Aa	1Aa	3,0a	9Aa	5Aa	7,0a	5Aa	6Aa	5,5a
	Tiametoxam	88Aa	94Aa	91a	5Aa	2Aa	3,5a	7Aa	4Aa	5,5a	12Aa	6Aa	9,0a
	Média	85,3A	92,7A		5,7A	2,3A		9A	5A		8,3A	6A	
	CV (%)	9,9			129,1			87,3			85		
<i>E. contortisiliquum</i>	Testemunha	74Aa	79Aa	76,5a	14Aa	13Aa	13,5a	12Aa	8Aa	10a	0Aa	2Aa	1,0a
	Ciantraniliprole	75Aa	72Aa	73,5a	11Aa	16Aa	13,5a	9Aa	12Aa	13a	2Aa	3Aa	2,5a
	Tiametoxam	73Aa	81Aa	77,0a	18Aa	8Aa	13,0a	9Aa	11Aa	10a	0Aa	4Aa	2,0a
	Média	75,7A	77,3A		14,3A	12,3A		10A	10,3A		0,7A	3A	
	CV (%)	12,5			64,1			82			183,6		
<i>G. ulmifolia</i>	Testemunha	74Aa	79Aa	77a	4Aa	3Aa	3,4a	23Aa	18Aa	20a	0Aa	1Aa	0,3a
	Ciantraniliprole	75Aa	72Aa	74a	3Aa	4Aa	3,4a	22Aa	24Aa	23a	1Aa	1Aa	0,6a

Tabela 4 - Porcentagem média de germinação, sementes mortas, duras e plântulas anormais, provenientes de sementes de *P. dubium*, *S. multijuga*, *E. contortisiliquum*, *G. ulmifolia*, *B. virgilioides* e *H. courbaril*, testemunha e sementes tratadas com tiametoxam (\*) e ciantraniliprole (\*\*) (Conclusão).

	Tiametoxam	73Aa	81Aa	77a	5Aa	2Aa	3,3a	23Aa	17Aa	20a	0Aa	1Aa	0,5a
	Média	74A	73,3A		3,6A	3,1A		22,4A	19,6A		0,5A	0,8A	
	CV (%)	12,46			66,14			39,02			183,63		
		Papel	Areia	Média	Papel	Areia	Média	Papel	Areia	Média	Papel	Areia	Média
<i>B. virgilioides</i>	Testemunha	89Aa	86Aa	88a	3Aa	4Aa	3b	9Aa	11Aa	10b	1Aa	0Aa	0,5a
	Ciantraniliprole	74Aa	80Aa	77b	6Aa	5Aa	6a	20Aa	15Aa	17a	12Aa	1Aa	1,3a
	Tiametoxam	80Aa	85Aa	83ab	4Aa	4Aa	4ab	16Aa	11Aa	14ab	1Aa	1Aa	0,8a
	Média	88A	84A		4,3A	4,1A		15A	12A		1,6A	0,6A	
	CV (%)	9,9			41,3			39			91,65		
		Papel	Areia	Média	Papel	Areia	Média	Papel	Areia	Média	Papel	Areia	Média
<i>H. courbaril</i>	Testemunha	46Aa	80Aa	63a	54Aa	20Aa	37c	0Aa	0Aa	0Aa	32Aa	5Ba	19a
	Ciantraniliprole	11Aa	59Aa	35b	89Aa	41Aa	65b	0Aa	0Aa	0Aa	8Ab	8Aa	8a
	Tiametoxam	0Aa	27Aa	14c	100Aa	73Aa	87a	0Aa	0Aa	0Aa	0Bb	20Aa	10a
	Média	19B	55A		81A	44,67B		0Aa	0Aa		13A	11A	
	CV (%)	27,7			16,4			0			86,5		

Fonte: Da autora (2021).

Médias seguidas de mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem entre si, pelo teste SNK a 5% de significância.

(\*) 300 ml do produto comercial (Cruiser®) onde completou-se com 700 ml de água para cada 100 kg de sementes de *P. dubium*, *S. multijuga*, *B. virgilioides* e *G. ulmifolia* e 400ml do produto comercial (Cruiser®) onde completou-se com 700 ml de água para cada 100 kg de sementes para *E. contortisiliquum* e *H. courbaril*.

(\*\*) 200ml do produto comercial (Fortenza®) onde completou-se com 700 ml de água para cada 100 kg de sementes de *P. dubium*, *S. multijuga*, *B. virgilioides* e *G. ulmifolia* e 350ml do produto comercial (Fortenza®) onde completou-se com 700 ml de água para cada 100 kg de sementes para *E. contortisiliquum* e *H. courbaril*.

O efeito dos tratamentos sobre o crescimento da parte aérea pôde ser observado em *E. contortisiliquum*, onde a maior média de crescimento foi encontrada nas sementes tratadas com tiametoxam e cintraniliprole ( $p>0,05$ ) no substrato areia (Tabela 3). Em *G. ulmifolia* e *S. multijuga* a maior média foi encontrada, no substrato areia, independente dos tratamentos recebidos ( $p>0,05$ ).

Para a variável crescimento da raiz primária foi observado que sementes de *P. dubium* tratadas com tiametoxam apresentaram maior média de crescimento quando comparado a testemunha ( $p>0,05$ ). Para a espécie *G. ulmifolia* a maior média observada foi na testemunha ( $p>0,05$ ). Tanto para *P. dubium* quanto para *G. ulmifolia* as diferenças entre as médias foram observadas somente no substrato papel ( $p>0,05$ ) (Tabela 3).

Para a espécie *Hymenaea courbaril*, não foi possível avaliar as variáveis comprimento de raiz primária e parte aérea, devido a baixa germinação não havendo número de plântulas suficientes para serem amostradas.

Tabela 5 - Comprimento médio de raiz primária e parte aérea, provenientes de sementes de *P. dubium*, *S. multijuga*, *E. contortisiliquum*, *G. ulmifolia*, *B. virgilioides* e *H. courbaril*, testemunha e sementes tratadas com tiametoxam (\*) e ciantranilprole (\*\*) germinadas em dois substratos (Continua).

Espécies	Tratamentos	Raiz primária (mm)			Parte aérea (mm)		
		Papel	Areia	Média	Papel	Areia	Média
<i>P. dubium</i>	Testemunha	35,2Bb	52,6Aa	43,8a	30,6Aa	38,6Aa	34,5a
	Ciantranilprole	38,9Bb	46,9Aa	42,9a	35,6Aa	32,3Aa	33,0a
	Tiametoxam	51,0Aa	50Aa	50,6a	39,0Aa	38,4Aa	38,7a
	Média	41,4A	50,2A		35,8A	36,4A	
	CV (%)	11,3			16,1		
<i>S. multijuga</i>	Testemunha	16,3Aa	23,5Aa	19,9a	29,7Aa	37,3Aa	33,5a
	Ciantranilprole	19,1Aa	27,5Aa	23,3a	29,2Aa	38,1Aa	33,6a
	Tiametoxam	19,5Aa	23,7Aa	21,6a	28,2Aa	37,2Aa	32,6a
	Média	18,3B	24,9A		28,9B	37,5A	
	CV (%)	30,1			12,5		
<i>E. contortisiliquum</i>	Testemunha	54,4Aa	76,0Aa	65,2a	87,9Aa	70,2Bb	79,1a
	Ciantranilprole	58,7Aa	99,2Aa	78,9a	90,6Ba	108,2Aa	99,4a
	Tiametoxam	42,9Aa	75,5Aa	59,2a	82,5Aa	95,0Aa	88,8a
	Média	51,9B	83,5A		87A	91,2A	
	CV (%)	28,9			10,7		
<i>G. ulmifolia</i>	Testemunha	29,5Aa	29,1Aa	29,7a	24,2Aa	31,1Aa	29,8a
	Ciantranilprole	19,0Bb	29,8Aa	24,0a	27,4Aa	31,0Aa	27,6a
	Tiametoxam	20,5Bb	29,9Aa	25,2a	26,6Aa	32,9Aa	29,2a
	Média	23,0A	29,6A		26,1B	31,6A	
	CV (%)	13,6			6,2		
<i>B. virgilioidis</i>	Testemunha	16,3Aa	23,5Aa	19,9a	29,7Aa	37,3Aa	33,5a

Tabela 6 - Comprimento médio de raiz primária e parte aérea, provenientes de sementes de *P. dubium*, *S. multijuga*, *E. contortisiliquum*, *G. ulmifolia*, *B. virgilioides* e *H. courbaril*, testemunha e sementes tratadas com tiametoxam (\*) e ciantraniliprole (\*\*) germinadas em dois substratos (Conclusão).

	Ciantraniliprole	19,1Aa	27,5Aa	23,3a	29,2Aa	38,1Aa	33,6a
	Tiametoxam	19,5Aa	23,7Aa	21,6a	28,2Aa	37,2Aa	32,7a
	Média	18,3A	24,9A		38,9A	37,5A	
	CV (%)	25,2			14,0		
		Papel	Areia	Média	Papel	Areia	Média
<i>H. courbaril</i> ***	Testemunha	---	89,9a	---	---	120,8a	---
	Ciantraniliprole	---	167,2a	---	---	190,4a	---
	Tiametoxam	---	63,9a	---	---	65,3a	---
	Média	---	107,0A	---	---	125,5A	---
	CV (%)		55,9	---	---	62,7	---

Fonte: Da autora (2021).

Médias seguidas de mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

(\*) 300 ml do produto comercial (Cruiser®) onde completou-se com 700 ml de água para cada 100 kg de sementes de *P. dubium*, *S. multijuga*, *B. virgilioides* e *G. ulmifolia* e 400ml do produto comercial (Cruiser®) onde completou-se com 700 ml de água para cada 100 kg de sementes para *E. contortisiliquum* e *H. courbaril*.

(\*\*) 200ml do produto comercial (Fortenza®) onde completou-se com 700 ml de água para cada 100 kg de sementes de *P. dubium*, *S. multijuga*, *B. virgilioides* e *G. ulmifolia* e 350ml do produto comercial (Fortenza®) onde completou-se com 700 ml de água para cada 100 kg de sementes para *E. contortisiliquum* e *H. courbaril*.

(\*\*\*) Para a espécie *H. courbaril* não foi possível fazer a medição das variáveis comprimento de raiz primária e parte aérea em substrato papel pois devido a baixa porcentagem de germinação não houve número de amostras suficientes.

A análise do índice de velocidade de germinação (IVG) foi significativa em *P. dubium*, onde os tratamentos com tiametoxam e ciantranilprole apresentaram maior IVG em relação a testemunha ( $p>0,05$ ), quando avaliada as médias gerais, independente do substrato utilizado. Em *E. contortisiliquum*, o tratamento com tiametoxam foi inferior a testemunha (Tukey a 5% de significância), quando avaliada as médias gerais, independente do substrato utilizado. De maneira geral, para as espécies *P. dubium*, *S. multijuga*, houve maior IVG onde foi utilizado o substrato areia ( $p>0,05$ ), enquanto em *E. contortisiliquum* a maior média foi encontrada no substrato papel ( $p>0,05$ ).

Tabela 7 - Índice de velocidade de germinação, proveniente de sementes de *P. dubium*, *S. multijuga*, *E. contortisiliquum*, *G. ulmifolia*, *B. virgilioides* e *H. courbaril*, testemunha e sementes tratadas com tiametoxam (\*) e ciantranilprole (\*\*)  
(Continua).

Índice de velocidade de germinação (IVG)						
Tratamento	<i>P. dubium</i>			<i>S. multijuga</i>		
	Papel	Areia	Média	Papel	Areia	Média
Testemunha	13,8Aa	16,5Aa	15,1b	18,2Aa	24,8Aa	21,5a
Ciantranilprole	17,7Aa	22,4Aa	20,1a	19,7Aa	30,8Aa	25,2a
Tiametoxam	17,9Aa	24,2Aa	21,1a	20,9Aa	26,1Aa	23,5a
Média	18,8B	21,0A		19,6B	27,2A	
CV (%)	11,3			34,4		
<i>E. contortisiliquum</i>						
Tratamento	<i>E. contortisiliquum</i>			<i>G. ulmifolia</i>		
	Papel	Areia	Média	Papel	Areia	Média
Testemunha	14,3Aa	15,2Aa	14,8a	19,1Aa	20,1Aa	19,6a
Ciantranilprole	14,7Aa	11,7Aa	13,2ab	19,7Aa	17,7Aa	18,7a
Tiametoxam	13,1Aa	10Aa	11,5b	17,5Aa	16,4Aa	16,9a
Média	14,1A	12,3B		18,8A	18,1A	
CV (%)	15,17			21,02		
<i>B. virgilioides</i>						
Tratamento	<i>B. virgilioides</i>			<i>H. courbaril</i>		
	Papel	Areia	Média	Papel	Areia	Média
Testemunha	7,9Aa	8,5Aa	8,2a	14,7Aa	29,4Aa	22a
Ciantranilprole	7,2Aa	8,0Aa	7,6a	1,2Aa	16,3Aa	8,7b
Tiametoxam	9,6Aa	10Aa	9,8a	0Aa	14,4Aa	7,2b
Média	8,2A	8,8A		5,3B	20,0A	
CV (%)	46,9			6,2		

Fonte: Da autora (2021).

Médias seguidas de mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

(\*) 300 ml do produto comercial (Cruiser®) onde completou-se com 700 ml de água para cada 100 kg de sementes de *P. dubium*, *S. multijuga*, *B. virgilioides* e *G. ulmifolia* e 400ml do produto comercial (Cruiser®) onde completou-se com 700 ml de água para cada 100 kg de sementes para *E. contortisiliquum* e *H. courbaril*.

(\*\*) 200ml do produto comercial (Fortenza®) onde completou-se com 700 ml de água para cada 100 kg de sementes de *P. dubium*, *S. multijuga*, *B. virgilioides* e *G. ulmifolia* e

Tabela 8 - Índice de velocidade de germinação, proveniente de sementes de *P. dubium*, *S. multijuga*, *E. contortisiliquum*, *G. ulmifolia*, *B. virgilioides* e *H. courbaril*, testemunha e sementes tratadas com tiametoxam (\*) e ciantraniliprole (\*\*)  
(Continua).

350ml do produto comercial (Fortenza®) onde completou-se com 700 ml de água para cada 100 kg de sementes para *E. contortisiliquum* e *H. courbaril*.

#### 4. DISCUSSÃO

Os padrões de respostas semelhantes das variáveis germinação, mortalidade, plântulas anormais e sementes duras, entre a testemunha e os tratamentos com tiametoxam e ciantraniliprole, em ambos os substratos utilizados, evidenciam ausência de interferências negativas dos inseticidas no desempenho das sementes de *P. dubium*, *S. multijuga*, *E. contortisiliquum* e *G. ulmifolia* quando submetidas aos respectivos tratamentos. Esses resultados são semelhantes aos observados em espécies agrícolas como em algodão (ABDEL-HAMID et al., 2016) e arroz (TANG et al., 2017) tratadas com tiametoxam. No caso das sementes de arroz, seu tratamento ainda promoveu um aumento da produção da cultura, demonstrando efeitos benéficos do uso do inseticida.

Sementes de soja tratadas com tiametoxam e ciantraniliprole não apresentaram alteração fisiológica em relação à testemunha, não demonstrando efeitos positivos ou negativos, corroborando com os resultados aqui apresentados (DAN et al., 2012; JUNIOR et al., 2019; SOARES et al., 2019). Outros resultados semelhantes, quando utilizados esses inseticidas na área agrônômica, têm sido observados (BAYS et al., 2007; TAVARES et al., 2007; CASTRO et al., 2008; CHANPRASERT et al., 2012, BINSFELD et al., 2014). Vale salientar que as sementes florestais foram tratadas com os inseticidas e avaliadas logo em seguida, ou seja, não foram armazenadas com os inseticidas. Os relatos mais comuns de fitotoxicidade ocorrem com o armazenamento prolongado das sementes após o tratamento com os inseticidas (CARVALHO et al., 2020).

Esse fato, além de não demonstrar efeitos fisiológicos negativos, confere a ausência de fitotoxicidade dos produtos nas sementes logo após o tratamento, o que é um resultado desejado, quando avaliadas as boas características que um bom tratamento químico deve apresentar proteger as sementes e ao mesmo tempo não ser tóxico a elas (LUCCA FILHO, 2006).

Os atributos fisiológicos das sementes, sejam eles maléficis ou benéficos, podem, ou não, serem alterados pelo tratamento químico (ALMEIDA et al., 2012; DAN et al., 2012). Tais características dependerão não só do princípio ativo, como das características

intrínsecas das espécies que serão tratadas, além da qualidade das sementes utilizadas (TONIN et al., 2014).

O desempenho positivo na raiz primária e IVG de *P. dubium* e raiz primária de *E. contortisiliquum*, quando submetidas aos tratamentos com os inseticidas pode estar associado ao efeito bioativador presente em alguns inseticidas (GROHS et al., 2012; LAUXEN et al., 2016). Sementes de alface apresentaram maior desempenho fisiológico quando tratadas com tiametoxam (DEUNER et al., 2014). Da mesma forma, o tratamento de sementes de aveia-preta com tiametoxam aumentou a germinação, comprimento de parte aérea e raiz primária (ALMEIDA et al., 2012).

Algumas moléculas associadas aos inseticidas têm causado efeitos fisiológicos benéficos no desenvolvimento de plântulas, sendo capazes de modificar seus metabólitos e morfologia, influenciando, assim, seu crescimento (CASTRO et al., 2008; DAN et al., 2012; MACEDO et al., 2013; ANNAMALAI et al., 2018; COSTA et al., 2018; TUNES et al., 2018). Segundo Almeida et al. (2012), tanto o tiametoxam quanto o ciantraniliprole possuem efeito biotivador quando utilizados no tratamento de sementes.

Os bioativadores são substâncias orgânicas que atuam em níveis moleculares, modificando transcrição do DNA na planta, expressão gênica, proteínas da membrana, enzimas metabólicas e nutrição mineral, causando modificação dos processos fisiológicos como o aumento da divisão e alongamento celular, estímulo da síntese de clorofila, estímulo da fotossíntese, diferenciação das gemas florais, aumento da vida útil das plantas, maior resistência às condições abióticas adversas, maior absorção de nutrientes, síntese de aminoácidos precursores de novas proteínas e a síntese endógena de hormônios vegetais, alterando o padrão de crescimento das plantas, proporcionando indivíduos com maior alongamento da raiz e parte aérea (CASTRO et al., 2011; CARVALHO et al., 2013; ALMEIDA et al., 2014).

Reduções no potencial fisiológico de sementes tratadas com inseticidas, como observado em algumas variáveis nas espécies *G. ulmifolia*, *B. virgilioides*, *H. courbaril* e *E. contortisiliquum*, podem estar associados a aplicação de dosagens inadequadas à espécie (GAFAR et al., 2012), uma vez que, para espécies florestais há uma ausência de recomendações para a utilização de inseticidas, e neste trabalho utilizamos dosagens baseadas em espécies agrônomicas com características de suas sementes parecidas com as espécies florestais que tratamos.

Costa et al. (2018), estudando o efeito de tiametoxam em sementes de alface, verificaram que o efeito fisiológico está associado, de maneira direta, a dosagem utilizada.

Da mesma forma, na cultura de arroz, observou-se que com o aumento da concentração do produto, houve um incremento fisiológico associado, até o momento, em que passaram a ter efeitos fitotóxicos, evidenciado a necessidade de se definir dosagens adequadas para cada cultura (ALMEIDA et al., 2014).

O efeito fitotóxico está associado a formação de radicais livres, como resposta a estresses sofridos pela planta ao receber a aplicação de inseticidas (estresse exógeno) (SOARES; MACHADO, 2007; DAN et al., 2011).

Os radicais livres são moléculas tóxicas, formadas, em sua maioria, em situações de estresse gerados por estímulos externos ao metabolismo (ÉAUX; TOLEDANO, 2007). Tais moléculas, apresentam elétrons desemparelhados em sua estrutura, o que permite que interajam com outros componentes celulares como DNA, proteínas e lipídeos (SOARES; MACHADO, 2007), causando modificação oxidativa de proteínas, lesões no DNA e peroxidação de lipídeos de membranas. Espécies reativas ao oxigênio são formadas quando há metabolização de ativos de origem externa à planta, interferindo na deterioração das sementes e redução no crescimento das plântulas. (PEREIRA et al., 2012).

Efeitos fitotóxicos de inseticidas baseados em características morfológicas, como germinação, altura da planta, peso seco, pigmentos fotossintéticos, comprimento de parte aérea e raiz primária, têm importantes indicações de toxicidade (MISHRA et al., 2014), indicando, desta forma, que com exceção de *P. dubium* e *S. multijuga*, os inseticidas utilizados apresentaram efeitos fitotóxicos, em algumas variáveis, nas espécies avaliadas.

A divergência entre o IVG e o desenvolvimento da parte aérea em *E. contortisiliquum* mostra que, apesar da velocidade de germinação ter reduzido, o crescimento da parte aérea aumentou, quando as sementes foram tratadas com os inseticidas. Segundo Dan et al. (2010), um maior IVG é um fator preponderante para um rápido estabelecimento das plântulas em condições de campo, no entanto, a redução da velocidade de germinação é compensada pela capacidade dos inseticidas em proteger as sementes de possíveis predações, assim como o maior desenvolvimento da parte aérea, reflete em uma maior área foliar com aumento do número de clorofilas que farão fotossíntese, produzindo açúcares necessários para o seu crescimento e desenvolvimento de forma mais acelerada, além de aumentar a eficiência na absorção, transporte e assimilação de nutrientes, repercutindo, em um rápido estabelecimento das plântulas o que é, de suma importância, em condições de campo (CASTRO et al., 2007).

O fato de que algumas variáveis apresentarem maior desempenho no substrato areia, pode estar relacionado as características do próprio substrato, como o tipo de estrutura fornecida, aeração, capacidade de retenção de água, grau de infestação de patógenos e porosidade, esta última, quando adequada, permite o movimento de água e ar no substrato, favorecendo a germinação e o desenvolvimento das plântulas. Nessa fase, as sementes não necessitam de nutrientes, apenas que sejam hidratadas e aeradas para que ocorram as reações indutoras da formação do caulículo e radícula (DOUSSEAU et al., 2008). Nesse caso o substrato constitui o suporte físico no qual a semente é colocada e tem a função de manter as condições adequadas para a germinação e o desenvolvimento das plântulas (FIGLIOLIA et al., 1993). Para Rocha et al. (2020), metodologias de avaliação de sementes tratadas com inseticidas que tenham água prontamente disponível em quantidade elevadas ocasionam maior fitotoxidez.

## 5. CONCLUSÕES

Para *Senna multijuga*, os tratamentos de sementes com os inseticidas tiametoxam e ciantraniliprole não diferiram da testemunha em relação a germinação, vigor e desenvolvimento de plântulas.

Em *Peltophorum dubium* os tratamentos com os inseticidas proporcionaram resultados positivos para vigor e desenvolvimento de plântulas.

*Enterolobium contortisiliquum* apresentou resultados positivos no desenvolvimento de plântulas quando suas sementes foram tratadas com os inseticidas tiametoxam e ciantraniliprole, no entanto, no tratamento com tiametoxam o vigor foi reduzido.

Para *Guazuma ulmifolia* houve efeito negativo dos tratamentos dos inseticidas sobre a variável comprimento de raiz primária.

Sementes de *Bowdichia virgilioides* e *Hymenaea courbaril* apresentaram sensibilidade aos tratamentos com os inseticidas.

O substrato areia proporcionou melhores condições para o desenvolvimento das plântulas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-HAMID, H. F. M.; MOKBEL, E. M. S.; HOSSNI, S. A. Efficacy and phytotoxicity of certain seed dressing insecticides used to control sap sucking insects during early season on cotton seedlings. **Egyptian Scientific Journal of Pesticides**, v.2; n.2, p. 12-19, 2016.

- ALMEIDA A. S. Bioativador no desempenho fisiológico de sementes de arroz. **Journal of Seed Science**, v. 33, n. 3, 2012.
- ALMEIDA, A. D. S.; DEUNER, C.; BORGES, C. T.; MENEGHELLO, G. E.; JAUER, A.; VILLELA, F. A. Treatment of rice seeds with thiamethoxam: reflections on physiological performance. **Journal of Seed Science**, v. 36, n. 4, p. 392-398, 2014.
- ALMEIDA, A. S.; A.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E.; LAUXEN, L. R.; DEUNER, C. Desempenho fisiológico de sementes de aveia-preta tratadas com tiametoxam. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 5, p. 1619-1627, 2012.
- ANNAMALAI, M.; VASANTHA-SRINIVASAN, P.; THANIGAIVEL, A.; MUTHIAH, C.; KARTHI, S.; JENA, M.; PAND, G. G. P.; ADAK, T.; MURUGESAN, A. T.; SENTHIL-NATHAN, S. Effect of thiamethoxam on growth, biomass of rice varieties and its specialized herbivore, Scirpophaga incertulas Walker. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 101, p. 146-155, 2018.
- BARROS, R. G.; BARRIGOSI, J. A. F.; COSTA, J. L. S. Efeito do armazenamento na compatibilidade de fungicidas e inseticidas, associados ou não a um polímero no tratamento de sementes de feijão. **Bragantia**, v. 64, n. 3, p. 459-465, 2005.
- BAYS, R.; BAUDET, L.; HENNING, A.A.; FILHO, O.L. Recobrimento de sementes de soja com micronutriente, fungicida e polímero. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.2, p.60-67, 2007.
- CARVALHO, E. R.; ROCHA, D. K., ANDRADE, D. B. D.; PIRES, R. M. D. O.; PENIDO, A. C.; REIS, L. V. Phytotoxicity in soybean seeds treated with phytosanitary products at different application times. **Journal of Seed Science**, v. 42, 2020.
- JUNIOR, L. D.; FERRARI, J. L.; DARIO, G.; TRIBONI, Y. D. B.; RAETANO, C. G. Potencial fisiológico e desenvolvimento inicial de plantas de soja em função do tratamento de sementes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 49, 2019.
- BINSFELD, J. A.; BARBIERI, A. P. P.; HUTH, C.; CABRERA, I. C.; HENNING, L. M. M. Uso de bioativador, bioestimulante e complexo de nutrientes em sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 1, p. 88-94, 2014.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instruções para análise de sementes de espécies florestais, de 17 de janeiro de 2013, Brasília: MAPA, 2013. 98 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ ACS, 2009. 395p.
- CAMARGO, J. L. C.; FERRAZ, I. D. K; IMAKAWA, A. M. Rehabilitation of Degraded Areas of Central Amazonia Using Direct Sowing of Forest Tree Seeds. **Restoration Ecology**, v. 10, n.4, p-636-644, 2002.
- CARVALHO, L. S. M. J.; RODRIGUES, H. C. S.; MENEGHELLO, G. E.; ALMEIDA, A. S.; NAVROSKI, R. Desempenho fisiológico de sementes de feijão tratadas com produto bioativador. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, n.18; p.1163-1172, 2014.

- CARVALHO, N. L.; PERLIN, R. S.; COSTA, E.C. Monografias ambientais: Tiametoxam em tratamento de sementes. **Revista Eletrônica do PPGEAmb-CCR/UFSM**, v.2, n.2, p.158–175, 2011.
- CARVALHO, T. C. D., SILVA, S. S. D., SILVA, R. C. D., PANOBIANCO, M., & MÓGOR, Á. F. Influência de bioestimulantes na germinação e desenvolvimento de plântulas de *Phaseolus vulgaris* sob restrição hídrica. **Revista de Ciências Agrárias**, v.36, p.199-205, 2013.
- CASTELLANOS, C. I. S.; DA SILVA ALMEIDA, A.; BORGES, C. T.; DEUNER, C.; MENEGHELLO, G. E. Thiamethoxam treated bean seeds performance during storage. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 1, p. 1-5, 2017.
- CASTRO, G. S. A.; BOGIANI, J. C.; SILVA, M. G. D.; GAZOLA, E.; ROSOLEM, C. A. Tratamento de sementes de soja com inseticidas e um bioestimulante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 10, p. 1311-1318, 2008.
- CASTRO, P. R. C.; PITELLI, A. M. C. M.; PERES, L. E. P.; ARAMAKI, P. H. Análise da atividade reguladora de crescimento vegetal de tiametoxam através de biotestes. **Publicatio**, v. 13, n. 13, p. 25-29, 2007.
- CHANPRASERT, W.; MYINT T.; SRIKUL S.; WONGSRI O. Effect of thiamethoxam and imidacloprid treatment on germination and seedling vigor of dry-heated seed of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) **African Journal of Agricultural Research**, v.7, n.48, pp. 64086412, 2012.
- CONCEIÇÃO, G. M.; BARBIERI, A. P. P.; LÚCIO, A. D.; MARTIN, T. N.; MERTZ, L. M.; MATTIONI, N. M.; LORENTZ, L. H. Desempenho de plântulas e produtividade de soja submetida a diferentes tratamentos químicos nas sementes. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 6, p. 1711-1720, 2014.
- COSTA, E. M.; DE MORAES NUNES, B.; VENTURA, M. V. A.; CARVALHO, J. C. G. Efeito fisiológico de tiametoxam sobre o desenvolvimento da cultura da alface. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 2, 2018.
- CRUISER ®, Tiametoxam: Syngenta Crop Protection, Brasil/Suíça, 2005. Bula de inseticida, 2005.
- DAN, L. G. D. M.; DAN, H. A.; ALBRECHT, L. P.; RICCI, T. T.; PICCININ, G. G. Desempenho de sementes de soja tratadas com inseticidas e submetidas a diferentes períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 2, p. 215-222, 2011.
- DAN, L.G.M.; DAN, H.A.; PICCININ, G.G.; RICCI, T.T.; ORTIZ, A. H. T. Tratamento de sementes com inseticida e a qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 1, p. 45-51, 2012.
- DAN, L.G.M.; GOULART, M.M.P.; DAN, H.A.; SILVA, A.G.; BARROSO, A.L.L.; BRACCINI, A.L.; MENEZES, J.F.S. Desempenho de sementes de girassol tratadas com inseticidas sob diferentes períodos de armazenamento. **Revista Trópica - Ciências Agrárias**, v.6, n.1, p.30-37, 2012.
- DEUNER, C.; ALMEIDA, A.S.; BORGES, C.T.; MENEGHELLO, G.E.; VILLELA, F.A. Desempenho fisiológico de sementes de alface tratadas com tiametoxam. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, n.18, p.1173-1182, 2014.

DOUSSEAU, S.; ALVARENGA, A. A. D.; ARANTES, L. D. O.; OLIVEIRA, D. M. D.; NERY, F. C. Germinação de sementes de tanchagem (*Plantago tomentosa* Lam.): influência da temperatura, luz e substrato. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 438-443, 2008.

ÉAUX, B.; TOLEDANO, M.B. Ros as signalling molecules: mechanisms that generate specificity in ROS homeostasis. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, v. 8, p. 813–824, 2007.

FIGLIOLIA, M.B.; OLIVEIRA, E.C.; PINÃ-RODRIGUES, C.F.M. Análise de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. (Eds.). **Sementes florestais tropicais**. São Paulo: ABRATES, 1993. p. 275-302.

FORTENZA ®, Ciantraniliprole: Syngenta Crop Protection, Brasil/Suíça, 2017. Bula de inseticida, 2017.

FREIBERG, J. A.; LUDWIG, M. P.; DECARLI, L.; GIROTTO, E.; NAVARINI, L. Physiological quality, initial establishment and yield of wheat according to the seed treatment method1. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, n. 4, p. 448-455, 2017.

GAFAR M.O.; IBRAHIM, Y. M.; DAWOOD, H. A.; ALLA, A. M. F.; AHMED, W. The Effect of Malathion (Organo Phosphate) and Sevin (Carbamate) Application on Garlic **Plant and Soil, Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, v.7, n. 3, p. 332-334, 2012.

GIORDANI, I.; OLIVEIRA, A. D.; KISSMANN, C. Protetor físico associado à semeadura direta de espécies vegetais nativas em área de Floresta Ombrófila Mista em processo de restauração. **Revista Acta Ambiental Catarinense**, v. 13, n. 1/2, p. 46-57, 2017.

GRÁVALOS, C.; FERNÁNDEZ, E.; BELANDO, A.; MORENO, I.; ROS, C.; BIELZA, P. Cross-resistance and baseline susceptibility of Mediterranean strains of *Bemisia tabaci* to cyantraniliprole. **Pest Management Science**, v. 71, p. 1030–1036, 2015.

GROHS, M.; MARCHESAN, E.; ROSO, R.; FORMENTINI, T. C.; OLIVEIRA M.L. de. Desempenho de cultivares de arroz com uso de reguladores de crescimento, em diferentes sistemas de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.6, p.776-783, jun. 2012.

HUANG, F.; HAO, Z.; YAN, F. Influence of Oilseed Rape Seed Treatment with Imidacloprid on Survival, Feeding Behavior, and Detoxifying Enzymes of Mustard Aphid, *Lipaphis erysimi*. **Insects**, v. 10, n. 5, p. 144, 2019.

KAGEYAMA, P. Y. Restauração ecológica de ecossistemas naturais. Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 2008.

KIM, H. W.; AMIRSADEGHI, S.; MCKENZIE-GOPSILL, A.; AFIFI, M.; BOZZO, G.; LEE, E. A.; LUKENS, L.; SWANTON, C. J. Changes in light quality alter physiological responses of soybean to thiamethoxam. **Planta**, v. 244, n. 3, p. 639-650, 2016.

LACERDA, D.M.A.; FIGUEIREDO, P.S. Restauração de matas ciliares do rio Mearim no município de Barra do Corda-MA: Seleção de espécies e comparação de metodologias de reflorestamento. **Acta amazônica**, v. 39, n. 2, 295-304, 2009.

- LAHM, G. P.; CORDOVA, D.; BARRY, J. D. New and selective ryanodine receptor activators for insect control. **Bioorganic & medicinal chemistry**, v. 17, n. 12, p. 4127-4133, 2009.
- LAHM, G. P.; SELBY, T. P.; FREUDENBERGER, J. H.; STEVENSON, T. M.; MYERS, B. J.; SEBURYAMO, G.; SMITH, B. K.; FLEXNER, L.; CLARK, C. E.; CORDOVA, D. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, v. 15, p. 4898, 2005.
- LAUXEN, L. R.; ALMEIDA, A. D. S.; DEUNER, C.; MENEGHELLO, G. E., VILLELA, F. A. Physiological response of cotton seeds treated with thiamethoxam under heat stress. **Journal of Seed Science**, v. 38, n. 2, p. 140-147, 2016.
- LAUXEN, L. R.; VILLELA, F. A.; SOARES, R. C. Desempenho fisiológico de sementes de algodoeiro tratadas com tiametoxam. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 61-68, 2010.
- LUCCA FILHO, O.A. Patologia de Sementes. In.: PESKE, S.T.; LUCCA FILHO, O.A.; BARROS, A.C.S.A. (Ed.). **Sementes: fundamentos científicos e Tecnológicos**, 2.Ed., Pelotas, p.259-329, 2006.
- MACEDO W. R.; ARAÚJO D. K.; CASTRO P. R. C. Unravelling the physiologic and metabolic action of thiamethoxam on rice plants. **Pesticide Biochem Physiol**, v.107, p. 244–249, 2013.
- MACEDO, W. R.; CASTRO, P. R. D. C. Thiamethoxam: molecule moderator of growth, metabolism and production of spring wheat. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 100, n. 3, p. 299-304, 2011.
- MAIENFISCH, P.; H.; HUERLIMANN, A.; RINDLISBACHER, L.; GSELL, H. DETTWILER, J.; HAETTENSCHWILER, SIEGER, E.; M. WALTI, M. 2003. The discovery of thiamethoxam: a second-generation neonicotinoid. **Pest Management Science**, v.57, p. 165–176.
- MARTINS, G. M.; TOSCAN, L. C.; TOMQUELSKI, G. V.; MARUYAMA, W. I. Inseticidas químicos e microbianos no controle da lagarta-do-cartucho na fase inicial da cultura do milho. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 2, p. 170-174, 2009.
- MISHRA, I. P.; SABAT, G.; MOHANTY, B. K. Phytotoxicity of profenofos 50% EC (Curacron 50 E.C.) to vignaradiataL seedlings, studies on morphology and pigments. **International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research**, v. 4, n. 3, p. 265-270, 2014.
- MURILLO, A. C.; GERRY, A. C.; GALLAGHER, N. T.; PETERSON, N. G.; MULLENS, B. A. Laboratory and field assessment of cyantraniliprole relative to existing fly baits. **Pest Management Science**, v. 71, p. 752–758, 2015.
- NUNES, J. C. (2005). Tratamento de sementes – qualidade e fatores que podem afetar sua performance em laboratório (p.16). Syngenta Proteção de Cultivos LTDA. p.16.
- PALMA, A.C.; LAURANCE, S.G. A review of the use of direct seeding and seedling plantings in restoration: what do we know and where should we go? **Applied Vegetation Science**, v.18, p. 561-568, 2015.

PEREIRA, J. W. L.; MELO FILHO, P. A.; ALBUQUERQUE, M. B.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; SANTOS, R. C. Mudanças bioquímicas em genótipos de amendoim submetidos a déficit hídrico moderado. *Revista Ciência Agronômica*, v.43, n.4, p.766-773, 2012.

R CORE TEAM (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

ROCHA, D. K.; CARVALHO, E. R.; PIRES, R. M. D. O.; SANTOS, H. O. D.; PENIDO, A. C.; ANDRADE, D. B. D. O substrato afeta a avaliação da germinação de sementes de soja tratadas com produtos fitossanitários? **Ciência e Agrotecnologia**, v. 44, 2020.

RODRIGUES R. R.; BRANCALION P. H. S.; ISERNHAGEN I. (Org). **Pacto pela restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. Instituto Bioatlântica, São Paulo, 256p., 2009.

RUFINO, C.A.; TAVARES, L.C.; TUNES, L.M. Tratamento de sementes: aspectos relacionados à qualidade. In: Sarmento, M.B.; Silva, C.S.; Villela, F.A. (Eds). *Temas especiais em ciência e tecnologia de sementes*. Pelotas, Ed. dos autores, 2010. p.299-354.

SANG, S.; SHU, B.; HU, M.; WANG, Z.; ZHONG, G. Sublethal effects of cyantraniliprole on the development and reproduction of the cabbage cut worm, *Spodoptera litura*. **Journal of South China Agricultural University**, v. 35, p.64-68, 2014.

SANTILLI, C.; DURIGAN, G. Do alien species dominate plant communities undergoing restoration? A case study in the Brazilian savanna. **Scientia Forestalis**. v. 42, p. 371-382, 2014.

SANTOS, C. E.; NETO, J. J. D.; NEVES, P. R.; FONSECA, R. S. A.; KRAEMER, A. P. N.; LIMA, M. L. P. Tratamento químico de sementes e impacto sobre complexos de fitossanitários e elementos morfoagronômicos/Chemical seed treatment and impact on disease complex and morphoagronomicals components. **Brazilian Applied Science Review**, v. 3, n. 2, p. 1445-1454, 2019.

SOARES, A. M. S.; MACHADO, O. L. T. Defesa de plantas: sinalização química e espécies reativas de oxigênio. **Revista Trópica-Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 1, n. 1, p. 10, 2007.

SOARES, C. M.; LUDWIG, M. P.; ROTHER, C. M. S.; DECARLI, L. Seed quality and crop performance of soybeans submitted to different forms of treatment and seed size. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 1, p. 69-75, 2019.

TANG, T.; LIU, X.; WANG, P.; FU, W.; MA, M. Thiamethoxam seed treatment for control of rice thrips (*Chloethrips oryzae*) and its effects on the growth and yield of rice (*Oryza sativa*). **Crop Protection**, v. 98, p. 136-142, 2017.

TAVARES, S.; CASTRO, P. R.; RIBEIRO, R. V.; ARAMAKI, P. H. Avaliação dos efeitos fisiológicos de thiametoxan no tratamento de sementes de soja. **Revista de Agricultura**, v. 82, n. 1, p. 47-54, 2007

TONIN, R. F. B.; LUCCA FILHO, O. A.; LABBE, L. M. B.; ROSSETTO, M. Potencial fisiológico de sementes de milho híbrido tratadas com inseticidas e armazenadas em duas condições de ambiente. **Scientia Agropecuária**, v. 5, p. 7-16, 2014.

TUNES, L. M.; DA SILVA ALMEIDA, A.; MENEGHELLO, G. E.; VILLELA, F. A.; SOARES, V. N.; BORTOLOTTI, M. Bioactivator on physiological performance of tomato and onion seeds. **Comunicata Scientiae**, v. 9, n. 1, p. 19-25, 2018.

ZHANG, R. M.; JANG, E. B.; HE, S.; CHEN, J. Lethal and sublethal effects of cyantraniliprole on *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera:Tephritidae). **Pest Management Science**, v. 71, p. 250–256, 2015.

**ARTIGO 2- CONTROLE DA PREDAÇÃO E EFEITO BIOATIVADOR EM  
SEMENTES FLORESTAIS TRATADAS COM TIAMETOXAM EM  
SEMEADURA DIRETA.  
PREDATION CONTROL AND BIOACTIVATOR EFFECT ON FOREST SEEDS  
TREATED WITH THAIMETOXAM IN DIRECT SEEDING**

**Artigo formatado conforme a NBR 6022 (ABNT, 2003) e adaptado as exigências do Manual de Normalização de Trabalhos Acadêmicos da UFPA.**

**RESUMO**

A semeadura direta é uma técnica que vem ganhando cada vez mais espaço na restauração florestal por apresentar vantagens quando comparada ao plantio de mudas em relação ao seu menor custo e possibilidade de mecanização o que permite seu uso em larga escala. No entanto, a técnica possui algumas limitações como alta predação de sementes, sugerindo a necessidade de que haja o tratamento de sementes com inseticidas. O tiametoxam é um inseticida neonicotinóide, sistêmico de amplo espectro, com potencial bioativador. O objetivo do trabalho foi avaliar eficiência em campo do inseticida tiametoxam contra a predação de sementes por insetos e seu efeito bioativador em cinco espécies florestais semeadas em uma área de pastagem degradada. Para isso foram realizados dois experimentos. O primeiro experimento consistiu na avaliação do efeito do tratamento das sementes com tiametoxam semeadas em covas. As variáveis analisadas foram: emergência, altura, diâmetro a altura do solo, número de folhas, comprimento da raiz primária, massa seca e predação. As variáveis comprimento de parte aérea, diâmetro a altura do solo e número de folhas foram submetidas a ANOVA fatorial, onde as sementes foram divididas em dois grupos (sementes tratadas com tiametoxam e testemunha) e avaliadas por três, seis e nove meses após a semeadura, constituindo-se um fatorial 2x3. As variáveis comprimento de raiz, emergência, mortalidade e massa seca foram avaliadas utilizando o teste t-student a 5% de probabilidade. O segundo experimento consistiu em dividir as sementes de cada espécie em dois grupos: sementes tratadas com tiametoxam e testemunha. Cada um desses foi composto de quatro amostras com 25 sementes cada. As amostras foram depositadas sob fina camada de solo e retiradas a cada 15 dias para avaliação a partir da data da instalação do experimento. A cada retirada foi realizada a contagem sementes germinadas, predadas, mortas e duras. Para a avaliação das variáveis foi realizada a análise por modelos lineares generalizados mistos (GLMM). Para as espécies *P. dubium* e *S. multijuga* não houve alterações fisiológicas positivas ou negativas. A espécie *G. ulmifolia*, de maneira geral, demonstrou efeito positivo ao tratamento com o tiametoxam. Para o comprimento de raiz primária em *E. contortisiliquum*, foi observado efeito negativo nas sementes tratadas. Houve predação somente na espécie *S. mutijuga*, onde todos os indivíduos foram atacados por formigas cortadeiras, tanto na testemunha, quando nas sementes tratadas. A avaliação das sementes em campo demonstrou haver redução da germinação aos 60 dias após a instalação do

experimento, independente do tratamento. Para a espécie *S. multijuga* a germinação foi maior nas sementes tratadas com tiametoxam. A mortalidade foi maior no período de 60 dias em todas as espécies avaliadas.

Palavras-chave: espécies nativas, inseticidas, tratamento de sementes, controle de pragas, restauração florestal

## ABSTRACT

Direct sowing is a technique that has been gaining more and more space in forest restoration as it presents advantages when compared to planting seedlings in relation to its lower cost and possibility of mechanization, which allows its use on a large scale. However, the technique has some limitations such as high seed predation, suggesting the need for seed treatment with insecticides. Thiamethoxam is a broad-spectrum, systemic, neonicotinoid insecticide with bioactivator potential. The objective of this work was to evaluate the field efficiency of the insecticide thiamethoxam against seed predation by insects and its bioactivator effect on five forest species sown in a degraded pasture area. For this, two experiments were carried out. The first experiment consisted of evaluating the effect of treatment of seeds with thiamethoxam sown in the field. The variables analyzed were emergence, height, diameter at ground height, number of leaves, primary root length, dry mass and seed predation. The variables shoot length, diameter at ground height and number of leaves were subjected to factorial ANOVA, where the seeds were divided into two groups (seeds treated with thiamethoxam and control), evaluated for three, six and nine months after sowing, constituting a 2x3 factorial. The variables root length, emergence, mortality and dry mass were evaluated by the t-student test at the significance level of 5%. The second experiment consisted of dividing the seeds of each species into two groups: seeds treated with thiamethoxam and a control. Each of these was composed of four samples with twenty-five seeds each. The samples were placed under a thin layer of soil and removed every 15 days for evaluation. It was evaluated after removal, germination, seed predation, number of dead and hard (not germinated or died) seeds. Data analysis was performed using ageneralized linear models (GLMM). For the species *P. dubium* and *S. multijuga* there were no positive or negative physiological alterations on seeds. *G. ulmifolia*, in general, showed a positive effect to the treatment with thiamethoxam. In *E. contortisiliquum*, a negative effect was observed in treated seeds when analised seedling primary root length. Seed predation was observed only in *S. multijuga*, where all individuals were attacked by leaf-cutting ants, regardless of seed treatment. A reduction of seed germination in the field, 60 days after sowing was observed regardless of the treatment. When analyzing the germination of *S. multijuga* seeds, a positive effect of the treatment with thiamethoxam was observed. Mortality was higher in 60 days in all species evaluated.

Key words: native species, insecticides, pesticides, pest control, forest restoration

## 1. INTRODUÇÃO

A restauração ecológica tornou-se uma técnica importante para mitigar os impactos humanos na vegetação natural (PALMA; LAURANCE, 2015). Ao se desenvolver um programa de restauração, o grande desafio é aliar objetivos ecológicos e econômicos, ou seja, as iniciativas de restauração devem fornecer meios necessários para restabelecer um ecossistema que foi degradado (SER, 2004), sem abrir mão da viabilidade orçamentária do projeto (CAMPBELL, 2015; CECCON et al., 2016). Nesse contexto, pode-se citar a semeadura direta, na qual, as sementes das árvores de interesse, são introduzidas diretamente no local (CAMPOS-FILHO et al., 2013) a ser restaurado. Esta, por sua vez, cumpre o quesito financeiro, quando comparado a outras técnicas disponíveis na literatura, como o plantio de mudas, amplamente utilizado na atualidade, tendo a primeira, custos de 10 a 30 vezes menor (COLE et al., 2011). No entanto, ao se avaliar a eficácia da técnica, problemas de germinação, desenvolvimento e sobrevivência das plântulas impossibilitam o desenvolvimento da restauração, desencadeando resultados pouco promissores (SILVA; VIEIRA, 2017).

A baixa eficácia da semeadura direta tem sido associada, principalmente, a alta predação das sementes e plântulas e ao seu lento desenvolvimento, o que eleva o risco de ressecamento, pisoteio e matocompetição (TUNJAI; ELLIOTT, 2011; PELLIZZARO et al., 2017; SILVA; VIEIRA et al., 2017). No entanto, muitas vezes, condições negativas como falta de viveiros, ou quando presentes muito distantes, estradas precárias e falta de orçamento para a produção de mudas levam a necessidade de outros métodos de restauração, como a semeadura direta (FREITAS et al., 2019), o que sugere a necessidade constante de maiores esforços a fim de desenvolver técnicas para o tratamento de sementes que sejam eficazes em melhorar o desempenho desse método.

Na agricultura, a produção de alimentos provém, principalmente, de espécies que são propagadas via semeadura (LABOURIAU, 1990). O sucesso do setor tem sido associado ao desenvolvimento de meios que garantam a proteção da cultura durante todo o seu ciclo, desde a semeadura até a colheita (BALARDIN et al., 2011).

Na atualidade, o uso de inseticidas, herbicidas e fungicidas, constitui papel importante como medida de proteção, a fim de garantir um alto desempenho das culturas (BALARDIM, 2011). Quando essas são propagadas via sementes, destaca-se o uso de inseticidas nas primeiras fases do plantio, pois além de terem um menor custo e ser de fácil execução, ainda é considerado seguro ao homem e ao ambiente, devido à pequena

quantidade de produto adicionado às sementes e estes estarem em contato direto com o sítio alvo (PARISI; MEDINA, 2013). O tratamento tem por objetivo, eliminar os patógenos das sementes e do ambiente, resultando em plantas vigorosas e saudáveis, além de propiciar emergência uniforme, evitando a necessidade de ressemeadura, com consequente economia de sementes e mão-de-obra (AVELAR et al., 2011).

Em geral, os inseticidas são avaliados quanto a eficiência no controle de pragas e doenças, porém, alguns ainda têm como característica positiva a capacidade de modificar o metabolismo e a morfologia vegetal, atuando como bioativadores (ALMEIDA et al., 2012; DAN et al. 2012).

Bioativadores são substâncias que possuem a capacidade de alterar o desenvolvimento das plantas, atuando nos fatores de transcrição do DNA, expressão gênica, proteínas da membrana e em enzimas metabólicas, afetando o metabolismo secundário, influenciando, conseqüentemente, na produção de precursores de hormônios vegetais e a consequente síntese hormonal (CASTRO; PEREIRA, 2008; KULEN et al., 2011; CASTRO et al., 2015). Aliando-se tais alterações, tem-se, de maneira positiva, o aumento da divisão e alongamento celular, estímulo a síntese de clorofila, estímulo a fotossíntese, diferenciação das gemas florais, amenização de efeitos de estresses bióticos e abióticos bem como o aumento da absorção de nutrientes (MACEDO et al., 2013; MACEDO; CASTRO, 2018).

Nesse sentido, dentre os principais produtos utilizados destaca-se o tiametoxam, um neonicotinóide, derivado na nicotina. Possui ação sistêmica, alta solubilidade em água, são biodegradáveis, com amplo espectro de ação, utilizável em baixas concentrações, com efeito residual longo e média toxicidade ao homem e ao ambiente. (MAIENFISCH et al., 2001; COSTA et al., 2018).

De acordo com Almeida et al., (2012). Ao ser transportado entre as células da planta, o tiametoxam ativa as chamadas proteínas de membrana, conferindo à planta a capacidade de tolerar fatores de estresse bióticos e abióticos (ALMEIDA et al., 2011). Ademais, é conferido a planta um efeito fitotônico, isto é, o vegetal se desenvolve de maneira mais rápida, expressando todo o seu vigor. Porém estudos com sementes florestais, tanto quanto a predação quanto para efeitos bioativadores são escassos.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi conhecer a eficiência em campo do inseticida tiametoxam contra a predação de sementes florestais por insetos e seu efeito bioativador em cinco espécies arbóreas semeadas de forma direta em uma área de pastagem degradada.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Local do estudo

Os experimentos foram implantados e conduzidos em uma área degradada localizada no Sítio Estiva, município de Perdões – MG, sendo localizado na região sul de Minas Gerais, Brasil (Figura 1). A área possui cerca de 0,12 hectares e passou por um processo de degradação ao longo dos anos, devido à atividade intensiva pastoril. O clima da região é do tipo Cwa, mesotérmico, segundo a classificação de Koppen, com invernos secos e verões chuvosos (DANTAS et al., 2007). O período chuvoso ocorre de outubro a março, com precipitação média anual de 1.529,7mm. A vegetação predominante é constituída pela transição entre Mata Atlântica e Cerrado.

### 2.2. Espécies estudadas

Foram utilizadas sementes de cinco espécies florestais (pioneiras: *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, *Guazuma ulmifolia* Lam., *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. e *Senna multijuga* (Rich.) H.S. Irwin & Barneby. Secundária inicial: *Bowdichia virgilioides* Kunth., com potencial para uso na restauração de áreas degradadas e disponíveis no estoque do Laboratório de Sementes Florestais da Universidade Federal de Lavras.

### 2.3. Caracterização inicial

#### 2.3.1. Determinação do conteúdo de água nas sementes

Para a determinação do conteúdo de água, foi utilizado o método da estufa a 105 °C por 24 horas, de acordo com a metodologia descrita em BRASIL (2009).

### 2.4. Superação de dormência

Para superação da dormência das sementes foram seguidos os seguintes procedimentos descritos na tabela 1.

Tabela 1 - Métodos utilizados para superação da dormência das sementes de *G. ulmifolia*, *B. virgilioides*, *S. multijuga* e *P. dubium*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Hymenaea courbaril* (Continua).

Espécie	Método de quebra de dormência
<i>Peltophorum dubium</i>	Imersão em ácido sulfúrico por 15 minutos

Tabela 1 - Métodos utilizados para superação da dormência das sementes de *G. ulmifolia*, *B. virgilioides*, *S. multijuga* e *P. dubium*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Hymenaea courbaril* (Conclusão).

<i>Senna multijuga</i>	Imersão em ácido sulfúrico por 20 minutos
<i>Bowdichia virgilioides</i>	Imersão em ácido sulfúrico por 10 minutos
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Imersão em água quente a 90°C por 60 minutos
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Escarificação mecânica, utilizando-se lixa para madeira número 150
<i>Hymenaea courbaril</i>	Escarificação mecânica, utilizando-se esmeril

Fonte: Da autora (2021).

## 2.5. Tratamento das sementes

Para cada espécie foram realizados dois experimentos. Para cada um deles, as sementes de cada espécie foram submetidas a dois tratamentos: sementes tratadas com tiametoxam e testemunha, ausência de tratamento inseticida.

O volume de calda utilizado contendo o inseticida tiametoxam, foi de 300 ml do produto comercial onde completou-se com 700 ml de água para cada 100 kg de sementes para as espécies *P. dubium*, *S. multijuga*, *B. virgilioides* e *G. ulmifolia* e 400 ml do produto comercial onde completou-se com 700 ml de de água para cada 100kg de sementes para as espécies *E. contortisiliquum* e *H. Courbaril*.

O produto comercial utilizado foi:

Cruiser® 350 FS: 350 g L<sup>-1</sup> de tiametoxam, inseticida sistêmico, grupo químico dos neonicotinoides, suspensão concentrada para tratamento de sementes - FS; classificação toxicológica 5 - produto improvável de causar dano agudo.

Na sequência, as sementes foram retiradas e espalhadas em bandejas plásticas para que a calda secasse, por cerca de 12 horas, em sala climatizada, com temperatura média de 20°C e umidade relativa de 50%.

As dosagens do inseticida e volumes de calda finais utilizados em cada espécie foi definido em função das recomendações na bula do produto para as culturas agrícolas. Considerando-se o fato de não existir recomendação para espécies florestais, as dosagens

foram definidas com base em espécies agrícolas, por semelhança em algumas características como tamanho, peso e textura do tegumento semelhantes aos das espécies florestais utilizadas.

Para o tratamento das sementes, aplicou-se a calda (produto + água destilada) com o auxílio de uma pipeta graduada sobre as sementes, acondicionadas em saco plástico transparente. Os sacos contendo as sementes mais a calda foram inflados com ar e agitados vigorosamente durante 3 minutos, visando uniformizar a distribuição do tratamento sobre toda a massa de sementes (Figura 1).

Figura 1 - Tratamento de sementes com tiametoxam.



Fonte: Da autora (2021)

## 2.6. Preparo da área

A área foi preparada para a semeadura fazendo-se a gradagem do solo. Após o preparo do solo foram alocadas parcelas de 10 m<sup>2</sup> (Figura 2), onde foi realizada a semeadura.

Figura 2 - Imagem anterior e posterior ao preparo do solo (esquerda para direita).



Fonte: Da autora (2021)

## **2.7. Delineamento experimental e variáveis analisadas**

### **2.7.1 – Tratamento de sementes de cinco espécies nativas com tiametoxam, para semeadura direta, na restauração florestal.**

O experimento foi montado em Delineamento em blocos casualizados (DBC), com dois tratamentos (sementes tratadas e não tratadas) e três repetições (Blocos). A semeadura foi realizada no espaçamento de 20x30 cm em covas. As sementes foram colocadas em uma profundidade de três centímetros e, posteriormente, foram cobertas por uma fina camada de solo.

Em cada cova, foram semeadas três sementes. Cada tratamento foi composto por 100 covas, totalizando 300 sementes por tratamento. Cada espécie compôs um experimento diferente.

Para o estudo dos efeitos dos tratamentos foram avaliadas as seguintes variáveis:

**Emergência:** O critério utilizado foi a contagem de plântulas, a partir dos 15 dias após a semeadura.

**Comprimento da parte aérea:** foi mensurada a altura até a inserção da última gema utilizando-se uma trena, aos três, seis e nove meses após a semeadura.

**Diâmetro a altura do solo:** Diâmetro rente ao solo, mensurado utilizando-se um paquímetro digital, aos três, seis e nove meses após a semeadura.

**Número de folhas:** Contagem do número de folhas totalmente expandidas. A avaliação foi realizada aos três, seis e nove meses após a semeadura.

**Predação:** Contagem de indivíduos predados aos três, seis e nove meses após a semeadura, observando injúrias causadas por insetos nas folhas e caules das plantas.

**Comprimento da raiz primária:** medida obtida em cinco mudas retiradas aleatoriamente de cada repetição, consideradas normais pela Regra de Análise de Sementes (BRASIL, 2009). A remoção foi feita utilizando-se um enxadão, retirando a muda juntamente com o torrão de terra, de maneira a não danificar as raízes. Para a limpeza do material as mudas foram colocadas em um balde com água, retirando-se toda a terra. Para obtenção dessa variável, foi realizada a medição com régua graduada. A avaliação foi realizada aos 60 dias após a semeadura.

**Massa seca:** Após o fim de todos os testes o material proveniente das cinco amostras retiradas do campo, de cada tratamento, foi pesado utilizando-se uma balança com precisão de 0,001g, determinando-se a massa fresca. Em seguida o material foi colocado

em sacos de papel kraft, levado para estufa, e submetido à secagem com circulação mecânica de ar à temperatura de 70 °C,  $\pm$  2 °C, e deixado até adquirir peso constante, cerca de sete dias. Decorrido este período, o material foi pesado novamente para a leitura da massa seca.

**Mortalidade:** Quantidade de indivíduos mortos, expresso em porcentagem, aos três, seis e nove meses.

### 2.7.2 – Avaliação do comportamento de sementes de cinco espécies nativas tratadas com tiametoxam em área degradada.

O segundo experimento constituiu em um tratamento onde as sementes foram tratadas com tiametoxam e a testemunha, onde não foi aplicado nenhum tratamento às sementes, cada tratamento consistiu em 4 amostras de 25 sementes cada. O experimento foi em delineamento em blocos casualizados, com três repetições, em arranjo fatorial 2x4, onde foram dois grupos (sementes tratadas e testemunha) e quatro tempos de retirada das amostras, aos 15, 30, 45 e 60 dias, analisando-se cada espécie separadamente.

Cada amostra foi colocada em sacos de nylon 130 mesh, depositadas sob fina camada de solo (Figura 3) e retiradas a cada 15 dias após a instalação do experimento.

Figura 3 - Deposição das amostras contendo a testemunha de *Peltophorum dubium*.



Fonte: Da autora (2021)

A cada retirada foi realizada a contagem sementes germinadas, predadas, mortas e duras.

**Germinação:** As avaliações foram realizadas segundo as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

**Sementes duras:** Para avaliação das sementes duras, as que não germinaram foram pressionadas com auxílio de uma pinça, sendo consideradas duras aquelas que resistiram à pressão, como consequência da não absorção de água.

**Sementes mortas:** São as sementes que não germinaram, não estavam duras, nem dormentes, e geralmente, apresentavam-se amolecidas, atacadas por microorganismos e não apresentavam nenhum sinal de início de germinação (BRASIL, 2009).

**Sementes predadas:** As sementes foram avaliadas visualmente, onde observou-se a presença ou ausência de injúrias no tegumento das sementes, causadas por possíveis predadores.

## 2.8. Análise dos dados

### 2.8.1. Tratamento de sementes de cinco espécies nativas com tiametoxam, para semeadura direta, na restauração florestal.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e homogeneidade de Bartlett (5% de significância). Quando constatada a normalidade, os dados foram submetidos a análise de variância, e quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. O processamento de dados foi feito utilizando o programa R for Windows versão 3.6.2 (R CORE TEAM, 2019).

### 2.8.2. Avaliação do comportamento de sementes de cinco espécies nativas tratadas com tiametoxam em área degradada.

Para avaliar o efeito das sementes tratadas com tiametoxam e testemunha e o tempo (15, 30, 45 e 60 dias) nas variáveis analisadas, foi realizado a análise por modelos lineares generalizados mistos (GLMM). Este método foi escolhido considerando a natureza binomial das variáveis (presença ou ausência de determinado evento), com a qual o GLMM lida através da adoção da família de distribuição *binomial* e da função de ligação *logit*. A família Binomial foi usada para a distribuição de resíduos e o bloco foi inserido como fator aleatório para controlar a dependência entre as observações realizadas. Para avaliar as influências das variáveis explanatórias (tratamento e tempo) sobre cada uma das variáveis respostas (germinação, predação, mortalidade, sementes duras e predação), inicialmente, foram avaliadas as correlações entre variáveis explanatórias do modelo global para formar submodelos globais com variáveis não redundantes e assim evitar viés por multicolinearidade (DORMANN et al., 2007). O critério adotado foi que variáveis com correlação maior que |0.6| não estivessem presentes no mesmo modelo, obtendo assim dois submodelos globais.

Destes modelos globais foram, então, obtidos todos os submodelos derivados através da função *dredge* do pacote “*MuMin*” (BARTON, 2009) (Tabela 2). Quando gerados os submodelos, foram selecionados aqueles com valor de diferença no critério de informação de Akaike de segunda ordem (AICc) menor ou igual a 2 ( $\Delta AICc$ ) em relação ao melhor submodelo (BURNHAM et al., 2011). Quando selecionado mais de um submodelo, estes foram submetidos a uma inferência multi-modelos através da função “*Model.avg*” do pacote “*MuNim*” para calcular a incerteza dos feitos de todos os preditores nas variáveis respostas, para serem então calculadas as médias dos coeficientes e obtidos os valores de significância. Utilizamos ainda o Least Square means (Lsmeans) teste utilizando a função *lsmeans* do pacote *lsmeans*, para comparação de frequências entre grupos funcionais ao nível de significância de 0,05 (MORELI et al., 2020).

Todas as análises foram realizadas no ambiente R for Windows versão 3.6.2 (R CORE TEAM, 2019), adotando um nível de significância de 5%.

Tabela 2 - Modelos globais selecionados admitindo que variáveis com correlação maior  $|0.6|$  foram retiradas, como critério para multicolinearidade (3 primeiras linhas) e submodelos selecionados pelo Critério de Informação de Akaike de segunda ordem (AICc), para as ocorrências de sementes germinadas, mortas, duras e predadas.

<b>Modelos</b>	
Modelo global 1	$Y \sim (T) * (TT) + (1   \text{BLOCO})$
Modelo global 2	$Y \sim (T) + (TT) + (1   \text{BLOCO})$
Submodelo 1 - Prob. Germinação	Germinação ~ Tempo + Tratamento
Submodelo 1 - Prob. Duras	Duras ~ Tempo + Tratamento
Submodelo 2 - Prob. Duras	Duras ~ Tempo
Submodelo 3 - Prob. Duras	Duras ~ Tempo + Tratamento + Tempo * Tratamento
Submodelo 1 - Prob. Mortas	Mortas ~ Tempo + Tratamento
Submodelo 2 - Prob. Mortas	Mortas ~ Tempo + Tratamento + Tempo * Tratamento

Fonte: Da autora (2021).

**Nota:** Y: variável resposta; Prob.: probabilidade de ocorrência, T: Tempo; TT: Tratamento

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Tratamento de sementes de cinco espécies nativas com tiametoxam, para semeadura direta, na restauração florestal.

A análise das variáveis comprimento da parte aérea, diâmetro e número de folhas mostrou não haver interação significativa entre os fatores para nenhuma das espécies avaliadas ( $p > 0,05$ ). Ao avaliar os fatores separadamente, observou-se diferença significativa dentro do fator tempo, para as variáveis comprimento da parte aérea,

diâmetro e número de folhas, na espécie *E. contortisiliquum*, e diâmetro e número de folhas na espécie *G. ulmifolia*, onde o crescimento, nas variáveis altura e diâmetro, mostrou-se crescente ao longo do tempo avaliado e o número de folhas foi reduzido aos nove meses após o plantio, para ambas as espécies. Em *G. ulmifolia*, o fator tratamento apresentou diferença significativa (Tukey a 5% de significância), onde a altura e o diâmetro foram significativamente maiores no tratamento onde foi aplicado o inseticida (Tabela 3).

Tabela 3 -. Relação das variáveis comprimento de parte aérea, diâmetro (DAS) e número de folhas para todas as espécies avaliadas, tratadas e não tratadas com tiametoxam (\*) (Continua).

Espécies	Avaliação (meses)	Comprimento da parte aérea (cm)			DAS (mm)			Número de folhas		
		Testemunha	Tiametoxam	Média	Testemunha	Tiametoxam	Média	Testemunha	Tiametoxam	Média
<i>P. dubium</i>	3	8,9Aa	9,6Aa	9,4a	1,5Aa	1,6Aa	1,7a	6,2Aa	5,9Aa	6,1a
	6	12,9Aa	15,6Aa	14,8a	3,8Aa	4,3Aa	4,3a	5,6Aa	6,7Aa	6,1a
	9	18,7Aa	24,9Aa	22,1a	5,5Aa	7,2Aa	6,5a	4,3Aa	5,1Aa	4,8a
	Média	14,6A	16,2A		4,0A	4,3A		5,8A	5,6A	
	CV (%)		72,78			78,16			31,6	
<i>S. multijuga</i>	3	9,5Aa	11,3Aa	9,04a	1,4Aa	1,9Aa	1,3a	6,3Aa	7,6Aa	8,4a
	6	24,6Aa	15,1Aa	25,9a	5,1Aa	3,2Aa	4,1a	2,7Aa	3,8Aa	3,5a
	9	36,1Aa	20,1Aa	28,2a	6,2Aa	4,2Aa	4,7a	2,7Aa	5,4Aa	4,8a
	Média	21,6A	20,3A		3,9A	2,8A		3,9A	7,1A	
	CV (%)		55,2			79,0			89,0	
<i>E. contortisiliquum</i>	3	15,9Aa	18,3Aa	17,0b	2,8Aa	3,5Aa	3,1b	6,8Aa	6,9Aa	6,8a
	6	22,3Aa	26,1Aa	23,6Ab	5,6Aa	6,5Aa	5,9a	6,7Aa	6,6Aa	6,5a
	9	27,5Aa	27,9Aa	27,1a	7,3Aa	7,7Aa	7,2a	2,9Aa	1,7Aa	2,12b
	Média	20,1A	24,4A		4,8A	6,0A		5,2A	5,1A	
	CV (%)		20,9			26,1			27,5	
<i>G. ulmifolia</i>	3	8,1Aa	10,4Aa	6,5a	1,1Aa	1,9Aa	1,0b	4,7Aa	5,7Aa	3,9ab
	6	9,9Aa	22,4Aa	15,9a	2,7Aa	5,0Aa	3,9Ab	4,6Aa	8,2Aa	6,5a
	9	9,1Aa	23,7Aa	18,9a	2,6Aa	7,2Aa	4,7a	0,4Ba	2,47Aa	1,2b
	Média	7,6B	19,631A		2,1B	4,7A		2,7A	5,1A	
	CV (%)		68,2			70,2			72,9	

Fonte: Da autora (2021)

Tabela 3 - Relação das variáveis comprimento de parte aérea, diâmetro (DAS) e número de folhas para todas as espécies avaliadas, tratadas e não tratadas com tiametoxam (\*) (Conclusão).

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na vertical e médias seguidas de mesma letra minúscula na horizontal não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

(\*) 300 ml do produto comercial (Cruiser®) onde completou-se com 700 ml de água, para cada 100 kg de sementes de *P. dubium*, *S. multijuga*, *B. virgilioides* e *G. ulmifolia* e 400ml do produto comercial (Cruiser®) onde completou-se com 700 ml de água para cada 100 kg de sementes para *E. contortisiliquum*.

A variável emergência não foi significativa para nenhuma das espécies avaliadas, enquanto, a mortalidade apresentou diferença significativa (t-student a 5% de significância) para a espécie *G. ulmifolia* e *E. contortisiliquum*, onde os tratamentos compostos pelas sementes que receberam o inseticida, tiveram a porcentagem de mortalidade estaticamente inferior às sementes não tratadas (testemunha) (t-student a 5% de significância) (tabela 4).

Tabela 4 - Relação das variáveis emergência e mortalidade das sementes emergidas para todas as espécies avaliadas, nas sementes tratadas com tiametoxam (\*) e testemunha.

Tratamentos	<i>P. dubium</i>		<i>S. multijuga</i>	
	Emergência (%)	Mortalidade (%)	Emergência (%)	Mortalidade (%)
Testemunha	39a	33 <sup>a</sup>	8a	46a
Tiametoxam	53a	29 <sup>a</sup>	6a	35a
CV (%)	39,8	91,9	49,5	60,3
Tratamentos	<i>E. contortisiliquum</i>		<i>G. ulmifolia</i>	
	Emergência (%)	Mortalidade (%)	Emergência (%)	Mortalidade (%)
Testemunha	42a	25a	4a	84a
Tiametoxam	68a	7b	3a	11,5b
CV (%)	36,7	50,9	80,5	114,3

Fonte: Da autora (2021).

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na vertical não diferem entre si, pelo teste de t-student a 5% de significância.

(\*) 300 ml do produto comercial (Cruiser®) onde completou-se com 700 ml de água para cada 100 kg de sementes de *P. dubium*, *S. multijuga*, *B. virgilioides* e *G. ulmifolia* e 400ml do produto comercial (Cruiser®) onde completou-se com 700 ml de água para cada 100 kg de sementes para *E. contortisiliquum*.

A variável massa seca não foi significativa (t-student a 5% de significância) para nenhuma das espécies avaliadas. Ao analisar a variável comprimento de raiz primária, observa-se diferença significativa (teste t student a 5% de significância) apenas na espécie *E. contortisiliquum*. A testemunha foi estatisticamente superior ao tratamento onde houve aplicação de tiametoxam nas sementes (tabela 5).

Tabela 5 - Relação das variáveis raiz primária e massa seca, para todas as espécies avaliadas, nas sementes tratadas com tiametoxam (\*) e testemunha.

Tratamentos	<i>E. contortisiliquum</i>		<i>P. dubium</i>	
	Raiz primária (mm)	Massa seca (mg)	Raiz primária (cm)	Massa seca (mg)
Testemunha	100,1a	1,4a	61,2a	1,8a
Tiametoxam	79,9b	1,1a	68,6a	0,8a
CV (%)	16,57	42,49	35,62	72,91

Fonte: Da autora (2021).

Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de t-student a 5% de significância.

(\*) 300 ml do produto comercial (Cruiser®) onde completou-se com 700 ml de água para cada 100 kg de sementes de *P. dubium*, *S. multijuga*, *B. virgilioides* e *G. ulmifolia* e 400ml do produto comercial (Cruiser®) onde completou-se com 700 ml de água para cada 100 kg de sementes para *E. contortisiliquum*.

A predação ocorreu somente na espécie *S. multijuga*, onde, a partir dos seis meses houve ataque de formigas cortadeiras em todos os indivíduos emergidos, tanto na testemunha quanto no tratamento onde foi aplicado o tiametoxam (tabela 6).

Tabela 6 - Predação das mudas de *Senna multijuga*, oriundas da sementeira direta, nas sementes tratadas com tiametoxam (\*) e testemunha.

Tempo	Predação (%)		Média
	Testemunha	Tiametoxam (*)	
30	0Ab	0Ab	0b
60	100Aa	100Aa	100a
90	100Aa	100Aa	100a
Média	67A	67A	
CV (%)	0		

Fonte: Da autora (2021).

seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

(\*) 300 ml do produto comercial (Cruiser®) onde completou-se com 700 ml de água para cada 100 kg de sementes.

### 3.2. Avaliação do comportamento de sementes de cinco espécies nativas tratadas com tiametoxam em área degradada.

A análise dos dados do segundo experimento nos mostra que a predação das sementes não foi significativa para nenhuma das espécies avaliadas (Lsmeans 5% de significância). A germinação foi significativa somente em *S. multijuga*, onde houve redução significativa aos seis meses, sendo ainda que, as sementes tratadas com tiametoxam, apresentaram maior desempenho quanto comparadas a testemunha (Lsmeans 5% significância). A mortalidade apresentou aumento significativo para todas as espécies ao longo do tempo, enquanto as sementes duras reduziram de maneira significativa (Lsmeans 5% significância). Em *S. multijuga* a contagem de sementes duras foi significativamente maior na testemunha quando comparada as sementes tratadas com tiametoxam, independentemente do tempo avaliado, enquanto a germinação foi maior nas sementes tratadas com tiametoxam, independente do tempo avaliado (Lsmeans 5% significância). Em *E. contortisiliquum* a quantidade de sementes duras foi superior nas sementes que receberam o tiametoxam, independente do tempo avaliado (Lsmeans 5% significância) (tabela 7).

Tabela 7 - Relação das variáveis germinação, mortalidade, sementes duras e predadas, nas sementes tratadas com tiametoxam (\*) e testemunha (Continua).

Espécies	Avaliação (meses)	Germinação			Mortalidade			Duras			Predadas		
		SNT	ST	Soma	SNT	ST	Soma	SNT	ST	Soma	SNT	ST	Soma
<i>P. dubium</i>	15	1Aa	0Aa	1a	6Ac	6Ac	12c	68Aa	69Aa	137a	0Aa	0Aa	0a
	30	0Aa	0Aa	0a	9Ac	7Ac	16c	66Aa	68Aa	134a	0Aa	0Aa	0a
	45	0Aa	0Aa	0a	20Ab	18Ab	38b	55Aa	54Aa	109b	0Aa	3Aa	3a
	60	7Aa	0Aa	7a	47Aa	37Aa	84a	21Aa	34Aa	55c	0Aa	4Aa	4a
	Soma	8A	0A		82A	68A		210A	225A		0A	0A	
<i>S. multijuga</i>	15	1Ba	16Aa	17a	2Ac	1Ac	3c	72Aa	58Ba	130a	0Aa	0Aa	0a
	30	5ABa	25Aa	30a	0Ac	0Ac	0c	70Aa	50Ba	120a	0Aa	0Aa	0a
	45	3Ba	16Aa	19a	46Ab	36Ab	82b	26Ab	23Bb	49b	0Aa	0Aa	0a
	60	0Ba	2Ab	2b	68Aa	70Aa	138a	7Ac	3Bc	10c	0Aa	0Aa	0a
	Média	9B	59A		116A	107A		175A	134B		0A	0A	
<i>E. contortisiliquum</i>	15	4Aa	0Aa	4a	3Ac	8Ac	11c	68Aa	67Aa	135a	0Aa	0Aa	0a
	30	9Aa	0Aa	9a	10Ac	4Ac	14c	56Aa	71Aa	127a	0Aa	0Aa	0a
	45	4Aa	0Aa	4a	13Ab	35Ab	48b	58Ab	40Ab	98b	0Aa	0Aa	0a
	60	0Aa	0Aa	0a	69Aa	44Aa	113a	6Ac	31Ac	37c	0Aa	0Aa	0a
	Soma	17A	0A		95A	91A		188B	209A		0A	0A	
<i>G. ulmifolia</i>	15	0Aa	0Aa	0a	0Ab	0Ab	0b	75Aa	75Aa	150a	0Aa	0Aa	0a
	30	0Aa	0Aa	0a	0Ab	0Ab	0b	75Aa	75Aa	150a	0Aa	0Aa	0a
	45	0Aa	0Aa	0a	0Ab	0Ab	0b	75Aa	75Aa	150a	0Aa	0Aa	0a
	60	0Aa	2Aa	2a	41Aa	39Aa	80a	34Ab	34Ab	68b	0Aa	0Aa	0a
	Soma	0A	2A		41A	39A		259A	259A		0A	0A	
<i>B. virgilioidis</i>	15	0Aa	0Aa	0a	2Ab	11Ab	13b	73Aa	64Aa	137a	0Aa	0Aa	0a
	30	0Aa	0Aa	0a	0Ab	3Ab	3b	75Aa	72Aa	147a	0Aa	0Aa	0a

Tabela 7 - Relação das variáveis germinação, mortalidade, sementes duras e predadas, nas sementes tratadas com tiametoxam (\*) e testemunha (Conclusão).

45	0Aa	0Aa	0a	9Ab	10Ab	19b	66Aa	65Aa	131a	0Aa	0Aa	0a
60	0Aa	0Aa	0a	41Aa	41Aa	82a	34Ab	34Ab	68b	0Aa	0Aa	0a
Soma	0A	0A		52A	65A		248A	235A		0A	0A	

Fonte: Da autora (2021).

Legenda: SNT= sementes não tratadas (testemunha); ST= sementes tratadas.

Contagens seguidas de mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem entre si, pelo teste Lsmeans a 5% de significância.

(\*) 300 ml do produto comercial (Cruiser®) onde completou-se com 700 ml de água, para cada 100 kg de sementes, para as espécies *P. dubium*, *S. multijuga*, *B. virgilioides* e *G. ulmifolia* e 400 ml do produto comercial (Cruiser®) onde completou-se com 700 ml de água para cada 100 kg de sementes para *E. contortisiliquum*

## 4. DISCUSSÃO

### 4.1. Tratamento de sementes de cinco espécies nativas com tiametoxam, para semeadura direta, na restauração florestal.

Nas espécies *Peltophorum dubium* e *Senna multijuga* não foi verificado efeito sobre o crescimento das plantas. A ausência de efeitos positivos também foi observada por Dan et al. (2012), que avaliando a qualidade de soja após ter suas sementes tratadas com tiametoxam, observou a não significância dos resultados, quando avaliado germinação, velocidade de emergência, comprimento de raiz e de plântula e porcentagem de plântulas normais. Fatos estes também observados por Tavares et al. (2007), que não encontram diferença no desenvolvimento do hipocótilo e raiz primária em sementes de soja tratadas com tiametoxam. Nobrega et al. (2018), avaliando a aplicação de tiametoxam e giberelina em sementes de *Psidium guineense*, também verificaram a ausência de alterações fisiológicas. Os autores ressaltaram a possibilidade de que as doses utilizadas no ensaio, foram abaixo do necessário no tratamento das sementes, o que pode ter acontecido nesse experimento, uma vez que, as recomendações foram feitas baseando-se em espécies agrônomicas, com características físicas de suas sementes semelhantes as espécies aqui avaliadas. Assim outros estudos seriam necessários nessa linha de pesquisa.

Vale ressaltar a ausência de efeitos negativos em todas as variáveis avaliadas para *Peltophorum dubium* e *Senna multijuga*, o que demonstra a não fitotoxicidade do inseticida para a implantação e desenvolvimento inicial. Também foi observado por Piccinin et al. (2013) a ausência de efeitos negativos em sementes de soja tratadas com tiametoxam e fipronil, nos primeiros dias de armazenamento.

Quando a semeadura é realizada logo após o tratamento das sementes a possibilidade de haver efeitos deletérios é reduzida, conforme foi verificado, por Dan et al. (2011) e Carvalho et al. (2020), que observaram que o desempenho das sementes de soja foi reduzido ao longo do armazenamento quando comparado às sementes analisadas logo após a aplicação do inseticida. Neste experimento, as sementes tratadas com tiametoxam não diferiram significativamente da testemunha, corroborando com os resultados aqui encontrados.

De acordo com Hamman (2012), quando sementes tratadas são semeadas em campo, há uma acentuada diluição do ingrediente ativo, o que reduz os riscos de

fitointoxicação das sementes e plântulas, sugerindo a ausência de efeito deletério sobre a germinação e vigor das sementes.

Como efeito bioativador do tiametoxam, pode-se observar um maior desenvolvimento da parte aérea das plantas, diâmetro a altura do solo (DAS) e número de folhas, como visto em *Guazuma ulmifolia*. O tiametoxam age de forma sistêmica na planta, atuando nos fatores de transcrição, alterando a expressão gênica, o que promove o aumento de atividades enzimáticas, sintetizando aminoácidos, que são precursores de novas proteínas e da síntese de hormônios vegetais, promovendo um maior desenvolvimento vegetal, como o aumento no comprimento da parte aérea e número de folhas (CASTRO, 2008). Porém esse efeito não foi constatado de forma uniforme em todas as espécies, apenas em algumas espécies e variáveis pontuais.

De acordo com Castro et al. (2007), o maior desenvolvimento, aéreo e foliar, pode elevar a resistência dos estômatos à perda de água (Castro et al., 2007), favorecendo o metabolismo e incrementando a resistência a estresses, aumentando, ainda, a eficiência na absorção, transporte e assimilação de nutrientes, o que influencia diretamente na resistência a fatores bióticos e abióticos das plantas, elevando, dessa forma, a sobrevivência dos indivíduos estabelecidos em campo via semeadura direta (CASTRO; PEREIRA, 2008).

Apesar do efeito bioativador do tiametoxam sobre a mortalidade em *E contortisiliquum*, em alguns casos, pode-se ocorrer decréscimos no potencial fisiológico das plantas, como a redução do comprimento da raiz em *E. contortisiliquum*. A fitotoxicidade causada pelo tratamento das sementes de soja com inseticida foi evidente pela característica comprimento das raízes (CARVALHO et al., 2020). A redução do potencial fisiológico pode estar associada a um estresse exógeno provocado pela aplicação do inseticida, o que leva a produção de radicais livres. Estes, quando produzidos promovem modificação oxidativa de proteínas; lesões no DNA; peroxidação de lipídeos de membranas. Muitas dessas espécies reativas ao oxigênio são formadas quando da metabolização de xenobióticos a um ou mais de seus intermediários reativos (DELGADO, 2006).

Segundo Ajermoun et al. (2019), existe um gradiente de concentração de tiametoxam que deve ser seguido. Quando em concentrações adequadas, o tiametoxam promove o crescimento das plantas, uma vez que, acontece a estimulação do organismo, mas a medida em que esta concentração aumenta, o componente utilizado passa a culminar em eventos deletérios, como a redução da raiz primária, como observado nesse

estudo. Ainda segundo esses mesmos autores, a redução do crescimento das raízes acontece devido a um alto acúmulo de tiametoxam nas células, quando utilizados altas doses do produto. Ao realizarem uma observação histológica em plântulas provenientes de sementes de milho submetidas a diferentes doses de tiametoxam, os autores perceberam que em altas concentrações, houve uma redução acentuada de mitoses no meristema da raiz, sendo essa, a causa principal na diminuição do crescimento da raiz.

Além disso, os bioativadores, como o tiametoxam, são considerados controladores hormonais, uma vez que atuam na expressão dos genes responsáveis pela síntese e ativação de enzimas metabólicas, relacionadas ao crescimento da planta, alterando a produção de aminoácidos precursores de hormônios vegetais, como auxina e citocinina, promovendo dessa forma, alterações fisiológicas nas plantas (ALMEIDA et al., 2012; MARTINS et al., 2012; DAN et al., 2011; VIEIRA et al., 2015; TAMINDŽIĆ et al., 2016).

A espécie *G. ulmifolia* apresenta caducifolia, onde, ocorre a completa perda de suas folhas em determinadas épocas do ano (NUNES et al., 2005). No entanto, neste estudo foi observado a queda das folhas somente nas plantas originárias das sementes não tratadas com inseticida, no tratamento, onde houve a aplicação de tiametoxam nas sementes, as folhas das mudas se mantiveram intactas, o que sugere a possibilidade de que tenha havido alteração na dos hormônios vegetais, promovendo uma baixa relação entre auxina/citocinina uma vez que, quando a citocinina está presente em altas concentrações, a senescência das folhas é retardada, a qual está relacionada com a inibição da formação de radicais livres que, conseqüentemente, inibe a degradação de fosfolipídios da membrana, atuando na manutenção da integridade da membrana plasmática (FAGAN et al., 2015).

A redução do número de folhas aos nove meses nas espécies *G. ulmifolia* e *E. contortisiliquum*, pode estar relacionada à época do ano, uma vez que esta avaliação ocorreu no mês de junho, ou seja, no período seco. Dessa forma, considerando-se que as duas espécies são caducifólias, as folhas caem na estação seca como resposta a escassez de água (NUNES et al., 2005; BACKES; IRGANG, 2009).

A predação em *S mutijuga* a partir dos 60 dias, após a emergência, corrobora com Torres et al. (2008), que ao aplicar o tiametoxam via foliar em algodoeiro, verificou que o efeito residual do produto, capaz de proteger as plantas, foi de 12 dias. Em sementes de soja, foi observado que o efeito do tiametoxam ocorreu por aproximadamente 15 dias,

sugerindo que a partir desse período, as plantas passam a estar susceptíveis ao ataque de insetos (CASMUZ et al., 2009).

Quanto a ocorrência da predação somente nessa espécie, tal fato também foi observado em um estudo onde foi constatando a preferência de formigas cortadeiras pelas espécies dos gêneros *Senna* sp e *Eucalyptus* sp., enquanto na espécie *E. contortisiliquum*, a predação foi relativamente baixa (SOUCHIE et al., 2012). A preferência dos insetos por uma ou outra espécie pode estar relacionada a sua composição, como por exemplo quantidade de proteínas, carboidratos e lipídeos, que podem fazer com que uma espécie seja mais ou menos atrativa para determinado predador (PIZO; OLIVEIRA, 2001), levando a uma espécie receber maior ataque do que outra em um mesmo plantio.

De maneira geral, os resultados se mostram promissores, no entanto, parece haver a necessidade de calibragem das concentrações para cada espécie estudada, de maneira a extrair o potencial bioativador do tiametoxam, alcançando, assim um maior desempenho fisiológico das espécies avaliadas (NICUTA et al., 2013).

#### **4.2. Avaliação do comportamento de sementes de cinco espécies nativas tratadas com tiametoxam em área degradada.**

No segundo experimento, a maior taxa de germinação em *S. multijuga* ocorreu onde as sementes foram tratadas com tiametoxam, corroborando com diversos estudos, em que autores verificaram o efeito benéfico do inseticida na emergência de sementes de diversas culturas, como abóbora (LEMES et al., 2015); alface (DEUNER et al., 2014); aveia-preta (ALMEIDA et al., 2011) e pepino (VIEIRA et al., 2014). O aumento da emergência em sementes tratadas, pode estar relacionado ao fato de que o tiametoxam promove, em alguns casos, um estímulo da atividade de algumas enzimas, como a peroxidase, responsável por prevenir o estresse oxidativo, acelerando a germinação (CATANEO, 2008). Segundo Serciloto (2002), bioativadores, estimulam a biossíntese e ação de enzimas hidrolíticas, necessárias ao processo metabólico da germinação. Além disso, acredita-se que a molécula de tiametoxam pode promover de maneira mais eficiente a hidrólise de reservas, de forma a aumentar a disponibilidade de energia para o processo germinativo.

De maneira geral, as baixas porcentagens de germinação, redução das sementes duras e paralelamente o aumento da porcentagem de sementes mortas, para as cinco espécies avaliadas pode estar relacionada ao período em que o experimento foi instalado

(entre os meses de maio e julho) caracterizado pelo período de seca na região, quando foram registrados 27,8; 14,1; 15,7mm de precipitação, respectivamente (INPE, 2020).

A água está intimamente relacionada ao processo germinativo das sementes. Na fase de embebição, ela se torna imprescindível, para a retomada das atividades metabólicas. Durante o processo metabólico, ela promove a atividade enzimática, a solubilização, transporte e digestão das reservas, e na terceira fase ela volta a se tornar extremamente necessária para que a multiplicação celular ocorra e a plântula possa se desenvolver (MARCOS-FILHO, 2015). Dessa forma, a ausência de chuva no período avaliado foi determinante não só para a baixa germinação, como o alto número de sementes duras e mortas ao longo do tempo.

A baixa predação, corrobora com os resultados encontrados por Baldissera e Ganade (2005), que ao avaliarem a predação de sementes de três espécies nativas, ao longo de uma Floresta Ombrófila Mista e uma área de pastagem, observaram que quanto mais próximo da borda até a área de pastagem a predação foi reduzida, ou seja, a maior predação foi encontrada no interior da mata. O presente estudo ocorreu em área degradada, com presença de pastagem, no entanto, com o entorno preenchido por alguns fragmentos de Mata Atlântica. Segundo Baldissera e Ganade (2005), a matriz de pastagem é capaz de influenciar a dinâmica e composição de espécies de predadores de sementes da floresta, bem como a proximidade com a floresta pode alterar processos de predação de sementes na pastagem, uma vez que, a presença de fragmentos no entorno, permite que haja uma maior oferta de alimento para os predadores, o que reduz seu fluxo para a área degradada.

## 5. CONCLUSÕES

Para as espécies *P. dubium* e *S. multijuga* não houve alterações fisiológicas positivas ou negativas entre sementes tratadas com tiametoxam e não tratadas.

As variáveis mortalidade, comprimento de parte aérea e diâmetro a altura do solo para *G. ulmifolia*, foram influenciadas positivamente quando tratadas com tiametoxam e comparadas as sementes não tratadas.

Para o comprimento de raiz primária em *E. contortisiliquum*, foi observado efeito negativo nas sementes tratadas com inseticida.

Houve predação somente da espécie *S. multijuga*, onde todos os indivíduos foram atacados por formigas cortadeiras, tanto na testemunha, quando nas sementes tratadas.

Para *S. multijuga* a germinação foi maior nas sementes tratadas com tiametoxam.

A mortalidade foi maior no período de 60 dias em todas as espécies avaliadas, devido a época da semeadura, que ocorreu no período de seca.

O tratamento de sementes com o inseticida tiametoxam é uma técnica promissora para a semeadura direta das espécies florestais *E. contortisiliquum*, *S. multijuga*, *Peltophorum dubium* e *Guazuma ulmifolia*.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AJERMOUN, N., LAHRICH, S., BOUARAB, L., BAKASSE, M., SAQRANE, S., E. L., MHAMMEDI, M. A. Physiological effects of thiamethoxam on *Zea mays* and its electrochemical detection using a silver electrode. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 100, n. 5, p. 2090-2098, 2020.

ALBINATI, A. C. L., ALBINATI, R. C. B., LIRA, A. D., SOARES, P. C. Acute toxicity and ecotoxicological risk of thiamethoxam insecticide in Nile tilapia fingerlings. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 68, n. 5, p. 1343-1350, 2016.

ALMEIDA, A. D. S.; CARVALHO, I., DEUNER, C.; VILLELA, F. A. Bioativador no desempenho fisiológico de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 3, p. 501-510, 2011.

AVELAR, S. A. G., BAUDET, L., PESKE, S. T., LUDWIG, M. P., RIGO, G. A., CRIZEL, R. L., OLIVEIRA, S. D. Armazenamento de sementes de soja tratadas com fungicida, inseticida e micronutriente e recobertas com polímeros líquido e em pó. **Ciência Rural**, v. 41, n. 10, p. 1719-1725, 2011.

BALARDIN, R. S., SILVA, F. D. L. D., DEBONA, D., DALLA CORTE, G., DALLA FAVERA, D., TORMEN, N. R. Tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas como redutores dos efeitos do estresse hídrico em plantas de soja. **Ciência Rural**, v. 41, n. 7, p. 1120-1126, 2011.

BALDISSERA, R., GANADE, G. Predação de sementes ao longo de uma borda de Floresta Ombrófila Mista e pastagem. **Acta Botânica Brasilica**, v. 19, n. 1, p. 161-165, 2005.

BACKES, P.; IRGANG, B. Árvores do Sul: Guia de Identificação e Interesse Ecológico. Porto Alegre, RS: Paisagem do Sul. 2009.

BELZUNCES, L. P., TCHAMITCHIAN, S., BRUNET, J. L. Neural effects of insecticides in the honey bee. **Apidologie**, v. 43, n. 3, p. 348-370, 2012.

BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R.; HUYVAERT, K. P. AIC model selection and multimodel inference in behavioral ecology: some background, observations, and comparisons. **Behavioral ecology and sociobiology**, v. 65, n. 1, p. 23-35, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 398p.

CAMPBELL, L. C. C (CAMPBELL GLOBAL, FOREST & NATURAL RESOURCE INVESTMENTS). Timber Primer. Oregon (EUA): Campbell, 2015. Disponível em: Acesso em: 03 de out. 2020.

CAMPOS-FILHO, E. M.; DA COSTA, J. N. M. N.; DE SOUSA, O. L.; JUNQUEIRA, R. G. P. Mechanized Direct-Seeding of Native Forests in Xingu, **Central Brazil. Journal of Sustainable Forestry**, v. 32, n. 7, p. 702–727, 2013.

CASMUZ, A. S.; SOCÍAS, M. G.; SALAS, H.; ZAIA, G. D.; LAZCANO, J. M.; ZAPATIEL, S. A.; AVILA R. E.; MEDINA, S. A.; BERNAL, M. Evaluation of seed treatment insecticides for control of *Sternechus subsignatus* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) in the early stages of development of soybean. **Revista Industrial y Agrícola de Tucumán**; v.86, n.2; p.23-29, 2009.

CASTRO, G.S.A.; BOGIANI, J.C.; SILVA, M.G. da; GAZOLA, E.; ROSOLEM, C.A. Tratamento de sementes de soja com inseticidas e um bioestimulante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 43, n. 10, p. 1311-1318, 2008

CASTRO, P. R. C.; PEREIRA, M. A. Bioativadores na agricultura. **Tiametoxam: uma revolução na agricultura brasileira. Petrópolis: Vozes**, p. 115-122, 2008.

CASTRO, P. R., PITELLI, A. M., PERES, L. E., ARAMAKI, P. H. Análise da atividade hormonal de tiametoxam através de biotestes. **Brazilian Journal of Agriculture-Revista de Agricultura**, v. 83, n. 2, p. 105-108, 2015.

CASTRO, P. D. C.; PITELLI, A. M. C. M.; PERES, L. E. P.; ARAMAKI, P. H. Análise da atividade reguladora de crescimento vegetal de tiametoxam através de biotestes. **Publicatio UEPG**, v. 13, n. 3, p. 25-29, 2007.

CARVALHO, E. R.; ROCHA, D. K., ANDRADE, D. B. D.; PIRES, R. M. D. O.; PENIDO, A. C.; REIS, L. V. Phytotoxicity in soybean seeds treated with phytosanitary products at different application times. **Journal of Seed Science**, v. 42, 2020.

CATANEO, A. C. Ação do tiametoxam (Thiametoxam) sobre a germinação de sementes de soja (*Glycine Max.L*): enzimas envolvidas na mobilização de reservas e na proteção contra situação de estresse (de;ciência hídrica, salinidade e presença de alumínio). In: GAZZONI, D. L. (Ed.). Tiametoxam: uma revolução na agricultura brasileira. Petropolis: Vozes, 2008. p. 123-192.

CECCON, Eliane; GONZÁLEZ, Edgar J.; MARTORELL, Carlos. Is direct seeding a biologically viable strategy for restoring forest ecosystems? Evidences from a Meta-analysis. **Land Degradation & Development**, v. 27, n. 3, p. 511-520, 2016

COLE, R. J., HOLL, K. D., KEENE, C. L., ZAHAWI, R. A. Direct seeding of late-successional trees to restore tropical montane forest. **Forest Ecology and Management**, v. 261, n. 10, p. 1590-1597, 2011.

CRUISER ®, Tiametoxam: Syngenta Crop Protection, Brasil/Suíça, 2005. Bula de inseticida, 2005.

DAN, L. G. D. M.; DAN, H. A., ALBRECHT, L. P.; RICCI, T. T.; PICCININ, G. G. Desempenho de sementes de soja tratadas com inseticidas e submetidas a diferentes períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 2, p. 215-222, 2011.

DAN, M. L. G., DAN, H. A., PICCININ, G. G., RICCI, T. T., ORTIZ, A. H. T. Tratamento de sementes com inseticida e a qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 1, p. 45-51, 2012.

DANTAS, A. A. A., CARVALHO, L. G. D., FERREIRA, E. Climatic classification and tendencies in Lavras region, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v.31, n.6, p. 18621866, 2007.

DELGADO, E. H. B. Disfunção respiratória mito-condrial e estresse oxidativo após exposição crônica ao malathion. 2006. 55 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2006.

DEUNER, C., ALMEIDA, A. S., BORGES, C. T., MENEGHELLO, G. E., VILLELA, F. A. Desempenho fisiológico de sementes de alface tratadas com tiametoxam. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, p. 1173-1182, 2014.

DORMANN, F.; C.; M. MCPHERSON, J.; B. ARAÚJO, M.; BIVAND, R.; BOLLIGER, J.; CARL, G.; WILSON, R. Methods to account for spatial autocorrelation in the analysis of species distributional data: a review. **Ecography**, v. 30, n. 5, p. 609-628, 2007.

FAGAN, E.B.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D.; CHALFUN JÚNIOR, A.; DOURADO NETO, D. Fisiologia Vegetal: reguladores vegetais. São Paulo: Andrei, 2015, 300 p.

FREITAS, M. G., RODRIGUES, S. B., CAMPOS-FILHO, E. M., DO CARMO, G. H. P., DA VEIGA, J. M., JUNQUEIRA, R. G. P., VIEIRA, D. L. M. Evaluating the success of direct seeding for tropical forest restoration over ten years. **Forest ecology and management**, v. 438, p. 224-232, 2019.

HAMMAN, S.; MALGWF, A.; MICHAEL, C. Comparative Efficacy of Three Bio-insecticides and a Synthetic Insecticide in Controlling Insect Pests of Cowpea (*Vigna unguiculata*-L. Walp.) in Vola, Nigeria. v. 24, p. 43-60, 2012.

HARTMANN, H.T.; KERSTER, D.E.; DAVIES JR, F.T.; GENEVE, R.L. Hartmann and Kerster's PLANT PROPAGATION: principles and practices. 8. ed. Boston: Prentice Hall, 2011, 915p.

HORII, P. M.; SHETTY, K. Enhancement of seed vigour following insecticide and phenolic elicitor treatment. **Bioresource Technology**, v. 98, n. 3, p.623-632, 2007.

INPE, 2020, <http://clima1.cptec.inpe.br/estacoes/pt#>

JESCHKE, P., NAUEN, R. Neonicotinoids—from zero to hero in insecticide chemistry. **Pest Management Science: formerly Pesticide Science**, v. 64, n. 11, p. 1084-1098, 2008.

KÜLEN, O.; STUSHNOFF, C.; DAVIDSON, R. D.; HOLM, D. G. M. Gibberellic acid and ethephon alter potato minituber bud dormancy and improve seed tuber yield. **American Journal of Potato Research**, v. 88, p. 167-174, 2011.

LABOURIAU, L. F. G. O interesse do estudo das sementes. **Estudos avançados**, v. 4, n. 9, p. 228-242, 1990.

LAUXEN, L. R., ALMEIDA, A. D. S., DEUNER, C., MENEGHELLO, G. E., VILLELA, F. A. Physiological response of cotton seeds treated with thiamethoxam under heat stress. **Journal of Seed Science**, v. 38, n. 2, p. 140-147, 2016.

LEMES, E. S., DA SILVA ALMEIDA, A., MENEGHELLO, G. E., DE TUNES, L. M., VILLELA, F. A. Germinação e vigor de sementes de abóbora tratadas com

tiametoxam. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, 2015.

MACEDO, W. R. et al. Responses in root growth, nitrogen metabolism and nutritional quality in *Brachiaria* with the use of thiamethoxam. *Acta Physiologiae Plantarum*, v. 35, p. 205–211, 2013.

MACEDO, W. R., CAMAGO, C. P. R. Thiamethoxam altera o conteúdo de pigmentos fotossintetizantes e biomassa de milho: análise em casa-de-vegetação e no campo. **Revista Ciência Agrícola**, v. 16, n. 2, p. 34-40, 2018.

MARCOS FILHO, J. M. F. (2015). Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Fealq.

MARTINS, R. G., MARTINS, M. B. G., SILVA, J. M., PEREIRA, M. A., APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. Thiamethoxam on the histological characteristics of sugarcane young roots. **Ciência Rural**, v. 42, n. 11, p. 1936-1940, 2012.

MORELLI, M. C. M.; DE SOUZA, C. R.; MOREL, J. D.; MAIA, V. A.; SANTOS, A. B. M.; MIRANDA, K. F.; DOS SANTOS, R. M. Can small-scale altitudinal gradients predict spatial and temporal patterns in tropical forests? **Journal of Forestry Research**, p. 1-11, 2020.

NICUTA, D., BADALUTA, N., LAZAR, G., LAZAR, I. M. Changes in growth of wheat plantlets induced by the action of thiamethoxam and thiophanate-methyl on seeds. **Environmental Engineering and Management Journal**, v. 12, n. 1, p. 85-96, 2013.

NOBREGA, M. A.; DA SILVA PONTES, M.; SANTIAGO, E. F. Aplicação exógena de ga<sub>3</sub> e tiametoxam sobre a dinâmica da germinação de sementes de *Psidium guineense* swartz (myrtaceae). **Acta Biomedica Brasiliensia**, v. 9, n. 2, p. 58-66, 2018.

NUNES, Y. R., FAGUNDES, M., SANTOS, R. M., DOMINGUES, E. B., ALMEIDA, H. S., GONZAGA, A. P. D. Atividades fenológicas de *Guazuma ulmifolia* Lam. (Malvaceae) em uma floresta estacional decidual no norte de Minas Gerais. **Lundiana**, v. 6, n. 2, p. 99-105, 2005.

PALMA, A. C.; LAURANCE, S. G. W. A review of the use of direct seeding and seedling plantings in restoration: what do we know and where should we go? **Applied Vegetation Science**, v. 18, n. 4, p. 561-568, 2015.

PARISI, J. J. D.; MEDINA, P. F. Tratamento de Sementes. Instituto Agronômico de Campinas, 2013.

PELLIZZARO, K. F., CORDEIRO, A. O., ALVES, M., MOTTA, C. P., REZENDE, G. M., SILVA, R. R., RIBEIRO, J. F., SAMPAIO, A. B., VIEIRA, D. L. M., SCHMIDT, I. B. “Cerrado” restoration by direct seeding: field establishment and initial growth of 75 trees, shrubs and grass species. **Brazilian Journal of Botany**, v. 40, n. 3, p. 681-693, 2017.

PICCININ, G. G.; BRACCINI, A. L.; DE MORAIS DAN, L. G.; BAZO, G. L.; DA SILVA LIMA, L. H. Influence of storage on the physiological quality of soybean seeds treated with insecticides. **Ambiência**, v. 9, n. 2, p. 289-298, 2013.

PIZO, M. A.; OLIVEIRA, P. S. Size and lipid content of nonmyrmecochorous diaspores: effects on the interaction with litter-foraging ants in the Atlantic rain forest of Brazil. **Plant Ecology**, v. 157, n. 1, p. 37-52, 2001.

- R CORE TEAM (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- SANTOS, P. L., FERREIRA, R. A., ARAGÃO, A. G. D., AMARAL, L. A., OLIVEIRA, A. S. Estabelecimento de espécies florestais nativas por meio de semeadura direta para recuperação de áreas degradadas. **Revista Árvore**, v. 36, n. 2, p. 237-245, 2012.
- SERCILOTO, C. M. Bioativadores de plantas. **Revista Cultivar HF**, v. 13, n. 1, p. 20-21, 2002.
- SILVA, R. R. P.; VIEIRA, D. L. M. Direct seeding of 16 Brazilian savanna trees: responses to seed burial, mulching and an invasive grass. **Applied Vegetation Science**, v. 20, n. 3, p. 410-421, 2017.
- SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL [SER]. 2004. The SER International Primer on Ecological Restoration. SER, Tucson, AZ, USA. 14p.
- SOUCHIE, E. L.; CAMPELLO, E. F. C.; SILVA, E. M. R.; JUNIOR, O. J. S. Arborização de pastagem na região da Mata Atlântica. **Floresta e Ambiente**, v. 12, n. 2, p. 22-27, 2012.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. p. 622-624.
- TAMINDŽIĆ, G. D., NIKOLIĆ, Z. T., SAVIĆ, J. Ž., MILOŠEVIĆ, D. N., PETROVIĆ, G. R., IVANOVIĆ, D. D., IGNJATOV, M. V. Seedling growth of maize (*Zea mays* L.) inbred lines affected by seed treatment with pesticides. **Journal of Agricultural Sciences**, v. 61, n. 3, p. 227-235, 2016.
- TAVARES, S.; CASTRO, P. R.; RIBEIRO, R. V.; ARAMAKI, P. H. Avaliação dos efeitos fisiológicos de tiametoxam no tratamento de sementes de soja. **Revista de Agricultura**, v. 82, n. 1, p. 47-54, 2007.
- TORRES, J. B.; SILVA-TORRES, C. S. A. D. Interação entre inseticidas e umidade do solo no controle do pulgão e da mosca-branca em algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 8, p. 949-956, 2008.
- TUNJAI, P., ELLIOTT, S. Effects of seed traits on the success of direct seeding for restoring southern Thailand's lowland evergreen forest ecosystem. **New Forests**, v. 43, n. 3, p. 319-333, 2012.
- VIEIRA, J. F., SOARES, V. N., VILLELA, F. A., ESPINOLA, J. E. F., CASTANHO, F. R., ALMEIDA, T. L. Uso de tiametoxam como bioativador na qualidade fisiológica de sementes e desempenho de plântulas de pepino. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, v. 9, n. 3, p. 317-321, 2015.
- VIEIRA, J. F., SOARES, V. N., VILLELA, F. A., ESPINOLA, J. E. F., CASTANHO, F. R., ALMEIDA, T. L. Uso de tiametoxam como bioativador na qualidade fisiológica de sementes e desempenho de plântulas de pepino. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, v. 9, n. 3, p. 317-321, 2015.

**ARTIGO 3 -**

**DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE *Peltophorum dubium* E  
*Enterolobium contortisiliquum* TRATADAS COM TIAMETOXAM DURANTE  
O ARMAZENAMENTO**

**PHYSIOLOGICAL PERFORMANCE OF *Peltophorum dubium* AND  
*Enterolobium contortisiliquum* SEEDS TREATED WITH TIAMETOXAM  
DURING STORAGE**

**Artigo formatado conforme a NBR 6022 (ABNT, 2003) e adaptado as exigências do Manual de Normalização de Trabalhos Acadêmicos da UFPA.**

**RESUMO**

Para que a semeadura direta se torne uma prática de restauração ecológica eficaz, faz-se necessário o desenvolvimento de novos conhecimentos envolvendo desde o produto utilizado no tratamento até a possibilidade de armazenamento das sementes depois de tratadas. Vários produtos podem ser utilizados para o tratamento de sementes. Dentre esses, destaca-se o tiametoxam que, além de promover a proteção contra a predação, pode ter efeito bioativador, melhorando o desempenho fisiológico das sementes e plântulas. O objetivo no trabalho foi avaliar a influência do tiametoxam no desempenho fisiológico das sementes de *Peltophorum dubium* e *Enterolobium contortisiliquum* durante o armazenamento. Os experimentos foram montados em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), em arranjo fatorial 2x3 (sementes tratadas e testemunha x três tempos de armazenamento: 0, 3 e 6 meses), com quatro repetições, analisando-se cada espécie separadamente. Foram avaliadas as variáveis: porcentagem de germinação, mortalidade, sementes duras, plântulas anormais, comprimento médio de raiz primária, parte aérea e IVG. Para *P. dubium*, a porcentagem de germinação das sementes armazenadas por seis meses, independente do tratamento recebido, foi inferior quando comparada as sementes armazenadas por três meses e as não armazenadas. A qualidade fisiológica das sementes de *P. dubium* decresceram com o armazenamento aos seis meses, independente do tratamento inseticida. Para *P. dubium* o tratamento de sementes com inseticida tiametoxam apresenta indícios de bioativação. É possível o tratamento com tiametoxam e armazenamento das sementes de *P. dubium* e *E. contortisiliquum* por três meses, sem prejuízo a qualidade fisiológica.

Palavras-chave: inseticidas, armazenamento, fitotoxicidade, tratamento de sementes, espécies nativas.

## ABSTRACT

For direct sowing to become an effective ecological restoration practice, it is necessary to develop new knowledge involving from the product used in the treatment to the possibility of seed storage after treatment. Several products can be used for seed treatment. Among these, thiamethoxam stands out, not only for promoting protection against predation, but also acting as a bioactivator, improving the physiological performance of seeds and seedlings. The objective of this study was to evaluate the influence of thiamethoxam on the physiological performance of *Peltophorum dubium* and *Enterolobium contortisiliquum* seeds during storage. The experiments were set up in a completely randomized design, in a 2x3 factorial arrangement (treated seeds and control x storage times), with four replications, analyzing each species separately. The following variables were evaluated: germination percentage, seed mortality, hard seeds (not germinated nor dead), abnormal seedlings, average length of primary root, shoot and germination speed index. Germination percentage of *P. dubium* seeds, stored for six months, regardless of the treatment received, was lower when compared to seeds stored for three months and those not stored. The physiological quality of *P. dubium* seeds decreased after six months of storage, regardless of the insecticide treatment. Seeds treated with thiamethoxam showed signs of bioactivation. Treatment with thiamethoxam and storage of *P. dubium* and *E. contortisiliquum* seeds for three months is possible, without reduction of physiological quality.

Key words: insecticides, storage, phytotoxicity, seeds, native species

## 1. INTRODUÇÃO

A semeadura direta é uma técnica pouco explorada na restauração florestal. O método ainda é muito limitado, tendo-se em vista que algumas espécies podem apresentar baixas taxas de germinação, desuniformidade de germinação, lento desenvolvimento das plântulas, predação de sementes e plântulas e baixo vigor de sementes, gerando um insucesso na maioria das vezes (SILVA; VIEIRA, 2017). No entanto, sua melhoria se faz necessária como incentivo às empresas e produtores rurais, uma vez que, quando comparado ao plantio de mudas, seu custo é cerca de 30% mais baixo pois não demanda grande quantidade e qualidade de mão-de-obra e infraestrutura específica, como quando feita a recuperação via plantio de mudas (COLE et al., 2011).

Na agricultura, muitas das culturas, são cultivadas a partir da semeadura direta (SILVA et al., 2011). Para isso, utilizam do tratamento de sementes, usando diversos tipos de defensivos agrícolas, como fungicidas e inseticidas para evitar perdas por predação. Ao longo dos anos, observou-se que o uso de alguns inseticidas, além de conferir proteção às sementes e plântulas, promovem, ainda, efeito bioativador, proporcionando maior vigor, melhores porcentagens de germinação, uniformidade, maior desenvolvimento de parte aérea e raízes, maior concentração de clorofila e aumento da resistência a fatores bióticos e abióticos (ALMEIDA et al., 2014; DAN et al., 2012).

Dentro os vários inseticidas utilizados no tratamento de sementes, o tiametoxam que é um neonicotinoide, sistêmico, de amplo espectro e tem apresentado bons resultados quando avaliado como bioativador (CUNHA et al., 2016; LAUXEN et al., 2020). Em soja, foram observados efeitos positivos do composto, quando observado desenvolvimento de parte aérea e raiz (CASTRO, 2006).

Embora pesquisas mostrem resultados favoráveis ao uso de inseticida em sementes, antes de se optar pelo tratamento, alguns pontos devem ser considerados, como a efetividade do inseticida selecionado, a presença de fitotoxicidade, e o tempo de armazenamento viável das sementes tratadas, de forma que não haja efeitos negativos sobre vigor e viabilidade das sementes, trazendo prejuízos à semeadura (AVELAR et al., 2011; MARCONDES et al., 2011). Pois apesar das vantagens de proteção das sementes e plântulas, e em algumas situações até bioativação, o tratamento de sementes com inseticidas pode apresentar fitotoxicidade principalmente com o prolongamento do período de armazenamento das sementes (CARVALHO et al. 2020). Sendo assim, informações sobre o efeito do tempo de armazenamento de sementes de espécies arbóreas

tratadas é de suma importância, para que a qualidade fisiológica seja preservada. Além disso, trata-se de dados inéditos e de grande relevância para a comunidade científica mundial e poderá gerar informações que possibilitará o uso da semeadura direta como técnica de restauração ecológica de forma mais eficiente.

Diante do exposto, o objetivo no trabalho foi avaliar a influência do tiametoxam no desempenho fisiológico das sementes de *Peltophorum dubium* e *Enterolobium contortisiliquum* durante o armazenamento.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Local do estudo**

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Sementes Florestais (LSF) do Departamento de Ciências Florestais e no Laboratório Central de Sementes (LCSEM) do Departamento de agricultura da Universidade Federal de Lavras – UFLA.

### **2.2. Material biológico**

Foram utilizadas sementes de duas espécies florestais, *Peltophorum dubium* e *Enterolobium contortisiliquum* disponíveis no estoque do Laboratório de Sementes Florestais da Universidade Federal de Lavras.

### **2.3. Caracterização inicial**

#### **2.3.1. Determinação do teor de água nas sementes**

Para a determinação do teor de água, foi utilizado o método da estufa a 105 °C por 24 horas, de acordo com a metodologia BRASIL (2009).

### **2.4. Superação de dormência**

Para quebra de dormência das sementes de *P. dubium*, o método utilizado foi a escarificação química em ácido sulfúrico por 15 minutos, com lavagem em água corrente após o tratamento. As sementes de *E. contortisiliquum* tiveram sua dormência quebrada pelo método de escarificação mecânica, onde, as sementes foram friccionadas manualmente em lixa para madeira número 150, onde foi feito uma pequena abertura no tegumento.

### **2.5. Caracterização do experimento**

Os experimentos foram montados em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), em arranjo fatorial 2x3 (sementes tratadas e não tratadas com tiametoxam) x três

tempos de armazenamento: 0, 3 e 6 meses, com quatro repetições, utilizando-se em cada 25 sementes.

O volume de calda utilizado contendo o inseticida tiametoxam, foi de 300 ml do produto comercial onde completou-se com 700 ml de água para cada 100 kg de sementes para as espécies *P. dubium* e 400 ml do produto comercial onde completou-se com 700 ml de água para cada 100kg de sementes para *E. contortisiliquum*.

O produto comercial utilizado foi:

Cruiser® 350 FS: 350 g L<sup>-1</sup> de tiametoxam, inseticida sistêmico, grupo químico dos neonicotinoides, suspensão concentrada para tratamento de sementes - FS; classificação toxicológica 5 - produto improvável de causar dano agudo.

Na sequência, as sementes foram retiradas e espalhadas em bandejas plásticas para que a calda secasse, por e 12 horas, em sala climatizada, com temperatura média de 20°C e umidade relativa de 50%.

As dosagens do inseticida e volumes de calda finais utilizados em cada espécie foi definido em função das recomendações na bula do produto para as culturas agrícolas. Considerando-se o fato de não existir recomendação para espécies florestais, as dosagens foram definidas com base em espécies agrícolas, por semelhança em algumas características como tamanho, peso e textura do tegumento semelhantes aos das espécies florestais utilizadas.

Para o tratamento das sementes, aplicou-se a calda (produto + água destilada) utilizando-se uma pipeta graduada sobre as sementes, acondicionadas em saco plástico transparente. Os sacos contendo as sementes mais a calda foram inflados com ar e agitados vigorosamente durante 3 minutos, visando uniformizar a distribuição do tratamento sobre toda a massa de sementes (Figura 1).

A dosagem de inseticida e quantidade de água utilizada em cada espécie foi definido seguindo a recomendação das bulas dos produtos. Considerando-se o fato de não existir recomendação para espécies florestais, as dosagens foram definidas com base em espécies agrícolas, que apresentam características de tamanho e peso semelhantes aos das espécies florestais utilizadas.

Na sequência, as sementes foram retiradas e espalhadas em bandejas plásticas para secagem por 12 horas, em sala climatizada, com temperatura média de 20°C e umidade relativa, de 50%.

As sementes foram acondicionadas em sacos plásticos e posteriormente, armazenadas em câmara fria e seca, com temperatura variando entre 5 a 8 °C e umidade relativa de 40%, e então avaliada a qualidade fisiológica aos 0, 3 e 6 meses

As sementes foram colocadas para germinar em gerbox, sobre papel e, em seguida, acondicionada em germinadores tipo Mangelsdorf, a 25°C, com luz constante (BRASIL, 2013).

As avaliações realizadas foram as seguintes:

**Germinação:** As avaliações foram realizadas segundo as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os testes de germinação ocorreram seguindo as recomendações de BRASIL (2013). Os testes ocorreram até 14 dias para *P. dubium* e *E. contortisiliquum*.

**Porcentagem de sementes duras:** Para avaliação das sementes duras, as que não germinaram foram pressionadas com auxílio de uma pinça, sendo consideradas duras aquelas que resistiram à pressão, como consequência da não absorção de água.

**Porcentagem de sementes mortas:** São as sementes que não germinaram, não estavam duras, nem dormentes, e geralmente, apresentavam-se amolecidas, atacadas por microorganismos e não apresentavam nenhum sinal de início de germinação (BRASIL, 2009).

**Índice de velocidade de germinação:** calculado pela fórmula  $IVG = \sum (ni/ti)$ , em que:  $ni$  = número de sementes que germinaram no tempo 'i';  $ti$  = tempo após instalação do teste (MAGUIRE, 1982).

**Comprimento da parte aérea e da raiz primária:** Para obtenção dessas variáveis, foi realizada a medição com paquímetro digital de cinco plântulas, em cada repetição, consideradas normais conforme Regra de Análise de Sementes (BRASIL, 2009) oriundas do teste de germinação.

**Porcentagem de Plântulas anormais:** plântulas danificadas, deterioradas, deformadas, não apresentando todos seus componentes, ou tendo parte deles deformados (BRASIL, 2009).

## 2.6 Análise dos dados

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e homogeneidade de Bartlett. Quando constatada a normalidade, os dados foram submetidos a análise de variância, e quando significativo, as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de significância. Para os dados não normais, utilizou-se a

análise de dados não-paramétrica, empregando-se o teste de Kruskal-Wallis, e quando constatada diferença significativa a 5% de significância, as médias foram comparadas via teste de Student-Newman-Keuls (SNK), à 5 % de significância. O processamento de dados foi feito utilizando o programa R for Windows versão 3.6.2 (R CORE TEAM, 2019).

### 3. RESULTADOS

Para a espécie *Peltophorum dubium* (tabela 1), após a análise de variância dos dados de germinação e mortalidade, foi possível verificar que não houve interação significativa entre os fatores ( $p < 0,05$ ). Analisando-se separadamente o fator tempo de armazenamento constatou-se haver diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tempos avaliados (Tukey a 5% de significância; SNK a 5% de significância), em que, a porcentagem de germinação das sementes armazenadas por seis meses, independente do tratamento recebido, foi inferior quando comparada as sementes armazenadas por três meses e as não armazenadas. A mortalidade, mostrou-se superior aos seis meses de armazenamento, independente do tratamento que as sementes receberam. A análise do fator tratamento, mostrou que as sementes tratadas com tiametoxam tiveram sua germinação estatisticamente superior à testemunha (Tukey a 5% de significância) e com menor porcentagem de sementes mortas, independentemente do tempo de armazenamento.

A variável comprimento de raiz primária, quando comparada aos seis meses de armazenamento, foi superior nas sementes tratadas com tiametoxam em relação à testemunha (Tukey a 5% de significância).

A análise da variável porcentagem de sementes duras, cuja interação foi significativa entre os fatores ( $p < 0,05$ ), mostrou maior média de sementes duras aos três meses de armazenamento onde houve tratamento com tiametoxam (SNK a 5% de significância).

Tabela 1 - Porcentagem média de germinação, sementes mortas, duras, plântulas anormais e comprimento médio de parte aérea e raiz primária de plântulas normais, provenientes de sementes não tratadas (testemunha) e tratadas com tiametoxam (\*) em diferentes tempos de armazenamento, 0, 3 e 6 meses, para a espécie *P. dubium*.

Tempo de armazenamento (meses)	Germinação (%)			Mortalidade (%)		
	Testemunha	Tiametoxam	Média	Testemunha	Tiametoxam	Média
0	85(±6)Aa	90(±8,3)Aa	87,5(±3,0)a	12(±4,6)Aa*	8(±5,7)Aa*	10(±1,6)b*
3	88 (±5,7)Aa	83(±6,0)Aa	85,5(±3,8)a	11(±6,0)Aa*	5(±2,0)Aa*	8(±2,3)b*
6	58(±18,6)Aa	78(±5,2)Aa	68(±9,8)b	31(±7,6)Aa*	22 (±5,2)Aa*	26,5(±6,2)a*
Média	77(±9,5)B	83,7(±6,1)A		18(±2,6)A*	11,7(±2,3)B*	
CV (%)		11,9			36,7	
Tempo de armazenamento (meses)	Duras (%)			Plântulas anormais (%)		
	Testemunha	Tiametoxam	Média	Testemunha	Tiametoxam	Média
0	3(±2)Aa*	2(±4)Ab*	3(±2,5)a*	6(±6,3)Aa*	7(±12,0)Aa*	7(±6,7)a*
3	1(±2)Ba*	12(±5,7)Aa*	7(±2,5)a*	8(±5,9)Aa*	6(±10,0)Aa*	7(±7,5)a*
6	2(±2,3)Aa*	0(±0,0)Ab*	1(±1,2)a*	16(±17,0)Aa*	1(±2,0)Aa*	9(±9,3)a*
Média	2(±1,72)A*	4,7(±1,3)A*		10(±4,4)A*	5(±5,7)A*	
CV (%)	95,9			134,7		
Tempo de armazenamento (meses)	Raiz primária (mm)			Parte aérea (mm)		
	Testemunha	Tiametoxam	Média	Testemunha	Tiametoxam	Média
0	29,8(±2,4)Aa	30,2(±4,5)Aa	30(±2,9)a	34,6(±13,5)Aa	29,7(±6,8)Aa	32,1(±5,9)a
3	30,4(±1,9)Aa	27,9(±3,0)Aa	29,2(±2,1)a	31,7(±9,7)Aa	19,1(±6,9)Aa	25,4(±7,0)a
6	19,05(±11,8)Ba	34,3(±9,5)Aa	26,7(±9,2)a	20,7(±8,0)Aa	28,7(±)Aa	24,7(±6,3)a
Média	26,4(±3,3)A	30,8(±4,0)A		29(±8,5)A	25,8(±0,8)A	
CV (%)		23,4			31,8	

Fonte: Da autora (2021).

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na horizontal e mesma letra minúscula na vertical, para cada variável, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de significância.

Tabela 2 - Porcentagem média de germinação, sementes mortas, duras, plântulas anormais e comprimento médio de parte aérea e raiz primária de plântulas normais, provenientes de sementes não tratadas (testemunha) e tratadas com tiametoxam (\*) em diferentes tempos de armazenamento, 0, 3 e 6 meses, para a espécie *P. dubium* (Conclusão).

Médias seguidas de mesma letra maiúscula com asterisco (\*) na horizontal e mesma letra minúscula com asterisco na vertical, para cada variável, não diferem entre si pelo teste SNK a 5%.

(\*) 300 ml do produto comercial (Cruiser®) onde completou-se com 700 ml de água para cada 100 kg de sementes de *P. dubium*.

O índice de velocidade de germinação (IVG), apresentou interação significativa ( $p < 0,05$ ), ao decorrer do tempo de armazenamento o IVG diminuiu, tanto nas sementes tratadas, quanto na testemunha (Tukey a 5% de significância). Antes do armazenamento, as sementes que receberam o tratamento com o inseticida apresentaram IVG significativamente maior, quando comparadas às não tratadas (Tukey a 5% de significância) (tabela 2).

Paras as demais variáveis (porcentagem de plântulas anormais e comprimento da parte aérea), não foi verificada diferença significativa entre os fatores (SNK a 5% de significância; Tukey a 5% de significância).

Tabela 3 - Índice de velocidade de germinação, proveniente de sementes não tratadas (testemunha) e tratadas com tiametoxam (\*) em diferentes tempos de armazenamento (0, 3 e 6 meses), para a espécie *P. dubium*.

Tempo de armazenamento (meses)	Testemunha	Tiametoxam	Média
0	23,9Ba	32Aa	27,9a
3	12,6Ab	6,6Ab	9,6b
6	4,3Ab	9,1Ab	6,7b
Média	13,6A	15,9A	
CV(%)		35,2	

Fonte: Da autora (2021).

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na horizontal e mesma letra minúscula na vertical, para cada variável, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de significância. (\*) 300ml.L<sup>-1</sup>300 ml do produto comercial (Cruiser®) onde completou-se com 700 ml de água para cada 100 kg de sementes de *P. dubium*.

Para a espécie *Enterolobium contortisiliquum* (tabela 3), ao realizar a análise de variância dos dados, para as variáveis porcentagem de germinação, mortalidade, porcentagem de sementes duras, porcentagem de plântulas anormais, comprimento da parte aérea e IVG (Tabela 4) não foram observadas diferenças significativas (Tukey a 5% de significância; SNK a 5% de significância).

A análise da variável comprimento da raiz primária não mostrou a interação significativa dos fatores testados. No entanto, observando-se cada fator separadamente constatou-se que as sementes armazenadas por seis meses, apresentaram maior média de comprimento de raiz primária, quando comparadas àquelas submetidas aos demais tempos de armazenamento (Tukey a 5% de significância) (tabela 3).

Tabela 4 - Porcentagem média de germinação, sementes mortas, duras, plântulas anormais e comprimento médio de parte aérea e raiz primária de plântulas anormais, provenientes de sementes não tratadas (testemunha) e tratadas com tiametoxam (\*) em diferentes tempos de armazenamento, 0, 3 e 6 meses, para a espécie *E. contortisiliquum* (Continua).

Tempo de armazenamento (meses)	Germinação (%)			Sementes mortas (%)		
	Testemunha	Tiametoxam	Média	Testemunha	Tiametoxam	Média
0	95(±5,0)Aa	87(±11,5)Aa	91(±8,2)a	5(±5,0)Aa	12(±9,8)Aa	9(±7,4)a
3	91(±8,9)Aa	91(±7,6)Aa	91(±5,3)a	9(±8,9)Aa	9(±7,6)Aa	9(±5,3)a
6	90(±8,3)Aa	97(±3,8)Aa	94(±5,3)a	10(±8,3)Aa	3(±3,8)Aa	6,5(±5,3)a
Média	92(±3,9)A	92(±6,4)A		8(±3,9)A	8(±5,8)A	
CV (%)		8,6		94,3		
Tempo de armazenamento (meses)	% de sementes Duras			Plântulas anormais (%)		
	Testemunha	Tiametoxam	Média	Testemunha	Tiametoxam	Média
0	0(±0)Aa*	4(±2)Aa*	2(±1)a*	8(±9,6)Aa*	14(±2,0)Aa*	11(±4,9)ab*
3	0(±0)Aa*	0(±0)Aa*	0(±0)a*	14(±3,7)Aa*	21(±23,0)Aa*	17(±17,7)a*
6	0(±0)Aa*	0(±0)Aa*	0(±0)a*	0(±0)Aa*	0(±0)Aa*	0(±0)b*
Média	0(±0)A*	1(±0,3)A*		7(±1,3)A	12(±8,0)A	
CV (%)		489,9		159,6		
Tempo de armazenamento (meses)	Comprimento da Raiz primária (mm)			Comprimento da Parte aérea (mm)		
	Testemunha	Tiametoxam	Média	Testemunha	Tiametoxam	Média
0	23,3(±10,8)Aa	24,1(±13,8)Aa	23,7(±5,1)b	41,6(±30,4)Aa	45,5(±30,3)Aa	43,5(±12,4)a
3	31,2(±6,5)Aa	24,8(±9,2)Aa	28,8(±5,9)b	40,0(±15,8)Aa	24,8(±5,6)Aa	32,4(±7,6)a
6	62,0(±22,2)Aa	35,9(±19,0)Aa	48,9(±18,1)a	58,7(±11,7)Aa	40,2(±27,1)Aa	49,5(±17,8)a
Média	38,3(±10,0)A	28,3(±7,8)A		46,76(±9,3)A	36,8(±10,8)A	
CV (%)		43,7		53,5		

Fonte: Da autora (2021).

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e mesma letra minúscula na coluna, para cada variável, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de significância.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula com asterisco na horizontal e mesma letra minúscula com asterisco na vertical, para cada variável, não diferem entre si pelo teste SNK a 5%.

Tabela 5 - Porcentagem média de germinação, sementes mortas, duras, plântulas anormais e comprimento médio de parte aérea e raiz primária de plântulas anormais, provenientes de sementes não tratadas (testemunha) e tratadas com tiametoxam (\*) em diferentes tempos de armazenamento, 0, 3 e 6 meses, para a espécie *E. contortisiliquum* (Continua).

(\*) 400 ml do produto comercial (Cruiser®) onde completou-se com 700 ml de água para cada 100 kg de sementes de *P. dubium*.

Tabela 6. Índice de velocidade de germinação, proveniente de sementes não tratadas (testemunha) e tratadas com tiametoxam (\*) em diferentes tempos de armazenamento, 0, 3 e 6 meses, para a espécie *E. contortisiliquum*.

Tempo de armazenamento (meses)	Testemunha	Tiametoxam	Média
0	9,9Aa	5,2Aa	7,6a
3	12,7Aa	12,9Aa	12,8a
6	5,9Aa	14,1Aa	10a
Média	10,7A	9,5A	
CV (%)		59,4	

Fonte: Da autora (2021).

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na horizontal e mesma letra minúscula na vertical, para cada variável, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de significância. (\*)400ml do produto comercial (Cruiser®) onde completou-se com 700 ml de água para cada 100 kg de sementes de *E. contortisiliquum*.

#### 4. DISCUSSÃO

Quando a germinação apresenta porcentagem maior que 80%, considera-se que os níveis de germinação estão adequados, visto que este é o valor mínimo estabelecido como limiar para se atribuir um bom nível de germinação, quando se avalia a qualidade de um lote de sementes (BRASIL, 2005). Considera-se, portanto, que para a espécie *P. dubium*, até os três meses de armazenamento, houve ausência de efeitos negativos às sementes armazenadas, tanto as tratadas quanto as não tratadas com tiametoxam. No entanto, aos seis meses, houve queda na média geral da germinação, sugerindo que o armazenamento não deve se estender por mais de três meses, independente do tratamento. De acordo com Dan et al. (2010), um período de armazenamento longo pode levar a uma redução da qualidade fisiológica das sementes, uma vez que, o aumento do tempo de contato do inseticida com as sementes pode gerar um efeito fitotóxico, levando a uma redução nos parâmetros de qualidade avaliados. Carvalho et al. (2020) observaram fitotoxicidade em sementes de soja tratadas com inseticidas e armazenadas por 6 meses.

Por outro lado, o fato do IVG ter sido maior nas sementes tratadas com tiametoxam, mas não armazenadas, corrobora a atuação benéfica de inseticidas, como o tiametoxam, que possuem função biotivadora, auxiliam na rota metabólica da pentose fosfato, o que leva a um aumento da hidrólise de reservas, fazendo com que a energia esteja disponível para os processos germinativos (HORII et al., 2007). No entanto, o efeito

positivo acontece somente quando as sementes não são submetidas a armazenamentos de longa duração, o que pode levar ao efeito contrário às sementes, passando de efeitos benéficos a maléficos (LORENZETTI et al., 2014).

O contato por um longo período do inseticida com as sementes, pode desencadear a formação de radicais livres (DAN et al., 2012). Essas moléculas possuem elétrons, que interagem com compartimentos celulares, como DNA, proteínas e lipídeos. A interação entre os componentes e os radicais livres, promovem modificação oxidativa nas proteínas e DNA e peroxidação dos lipídeos, gerando a morte celular, levando a redução da qualidade fisiológica das sementes (DAN et al., 2011; PEREIRA et al., 2012).

No entanto, a redução da germinação, aumento da mortalidade e diminuição do IVG ao longo do tempo, aconteceu, de maneira geral, independente da presença ou ausência do tratamento com tiametoxam. Assim a presença do inseticida não foi responsável pelos efeitos negativos apresentados, mas sim o armazenamento e a deterioração em função do tempo, apontando que estas implicações podem estar atreladas ao efeito negativo de se armazenar as sementes após a quebra de dormência. O tegumento é responsável pela proteção do embrião nas sementes. Sua integridade é fundamental, pois possui funções de garantir a normalidade e vitalidade das sementes, garantindo a proteção contra agentes externos, climáticos, bióticos, mecânicos e físicos (MARCOS-FILHO, 2015). Ao realizar a escarificação, seja ela mecânica ou química, para a quebra da dormência, faz-se injúrias no tegumento, o que pode interferir na normalidade do fluxo de entrada e saída de água das sementes, podendo alterar o grau de umidade necessário para um armazenamento adequado, desregular as trocas gasosas das sementes com o meio e facilitar a entrada de patógenos, o que leva a redução do vigor e vitalidade das sementes. Fatores negativos, estes, que podem se intensificar a medida em que o tempo de armazenamento se estende, levando a maior deterioração das sementes (MARCOS-FILHO, 2015).

Sugere-se ainda que o tiametoxam apresentou papel bioativador, ao proporcionar a média geral de germinação maior que a testemunha, a de mortalidade menor (com maior número de sementes duras, porém vivas), maior IVG e o maior comprimento da raiz primária aos seis meses após o armazenamento. O efeito bioativador é responsável por um aumento da atividade enzimática, por atuar no metabolismo primário e secundário das plantas, o que promove melhor desempenho de sementes e plântulas (CARVALHO et al., 2011). Além disso, causam modificação e alteração de processos fisiológicos, como aumento da divisão e alongamento celular; estímulo da síntese de clorofila; estímulo da

foto-síntese; diferenciação das gemas florais; aumento da vida útil das plantas (CASTRO et al., 2008). Segundo Castro et al. (2005), sua ação se desenvolve atuando na expressão de genes responsáveis pela síntese e ativação de enzimas metabólicas, relacionadas com o crescimento da planta, de maneira que, modificam a produção de aminoácidos precursores de hormônios vegetais que, conseqüentemente, leva a planta a apresentar maior vigor, germinação e desenvolvimento (CASTRO et al., 2008).

A presença de plântulas anormais, no tempo zero e após três meses de armazenamento, em *E. contortisiliquum* independente do tratamento, pode estar relacionado a fatores intrínsecos à semente, podendo haver algum dano no embrião ou em seus cotilédones (CÍCERO; JÚNIOR, 2003). A ausência de efeitos negativos, nas demais variáveis avaliadas, quando tratadas com tiametoxam, e a maior média de comprimento de raiz primária, encontrada aos seis meses, mostra que, para esta espécie, o tratamento com tiametoxam e o armazenamento das sementes por seis meses parece não afetar negativamente a qualidade destas. Ao avaliar o desempenho de sementes de milho híbrido tratadas com tiametoxam e armazenadas por 60, 120 e 180 dias, Rosa et al. (2012) observaram que a qualidade fisiológica foi mantida durante o período de armazenamento, tanto em sementes com aplicação do inseticida, quanto na testemunha (sementes não tratadas). Nesta circunstância, vale ressaltar que, apesar de não terem sido constatados os benefícios advindos do aspecto bioativador do tiametoxam, ainda assim, sua utilização é válida. Pois, as premissas básicas para o emprego de inseticidas são totalmente atendidas, em que primeiramente espera-se que o inseticida confira proteção às sementes e plântulas contra os agentes predatórios (LUCCA FILHO, 2006), além de não apresentar fitotoxicidade à qualidade mesmo após 6 meses de armazenamento.

De maneira geral, observa-se que a presença das sementes tratadas com tiametoxam apresentaram valores iguais ou superiores à testemunha, mesmo após o armazenamento, o que possibilita a utilização dessas sementes tratadas mesmo após o armazenamento. Os principais efeitos negativos que foram apresentados estão relacionados ao tempo de armazenamento, deterioração independente do tratamento, sendo o fator negativo principal apenas o armazenamento das sementes.

## 5. CONCLUSÕES

Para *P. dubium*, a porcentagem de germinação das sementes armazenadas por seis meses, independente do tratamento recebido, foi inferior quando comparada as sementes armazenadas por três meses e as não armazenadas.

A qualidade fisiológica das sementes de *P. dubium* decresceram com o armazenamento aos seis meses, independente do tratamento inseticida.

Para *P. dubium* o tratamento de sementes com inseticida tiametoxam apresenta indícios de bioativação.

É possível o tratamento com tiametoxam e armazenamento das sementes de *P. dubium* e *E. contortisiliquum* por três meses, sem prejuízo a qualidade fisiológica.

## 6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. S.; CASTELLANOS; C. I. S.; DEUNER; C.; BORGES; C. T.; MENEGHELLO; G. E. Efeitos de inseticidas; fungicidas e biorreguladores na qualidade fisiológica de sementes de soja durante o armazenamento. **Brazilian Journal of Agriculture-Revista de Agricultura**; v. 89; n. 3; p. 172-182; 2014.

AVELAR, S. A. G.; BAUDET, L.; PESKE, S. T.; LUDWING, M. P.; RIGO, G. A.; CRIZEL, R. L.; OLIVEIRA, O. Armazenamento de sementes de soja tratadas com fungicida, inseticida e micronutriente e recobertas com polímeros líquido e em pó. **Ciência Rural**, v. 41, n. 10, p. 1719-1725, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instruções para análise de sementes de espécies florestais. Brasília: Mapa/ACS, 2013.

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

BRASIL. Ministério de Agricultura, Pecuária Abastecimento. Instrução Normativa n.25, de 16 de dezembro de 2005. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 16 dez. 2005. p.18.

CARVALHO, N.L.; PERLIN, R.S.; COSTA, E.C. Thiametoxam em tratamento de sementes. **Monografias Ambientais**, v.2, n. 2, p.158 – 175, 2011.

CARVALHO, E. R.; ROCHA, D. K., ANDRADE, D. B. D.; PIRES, R. M. D. O.; PENIDO, A. C.; REIS, L. V. Phytotoxicity in soybean seeds treated with phytosanitary products at different application times. **Journal of Seed Science**, v. 42, 2020.

CASTELLANOS; C. I. S.; ALMEIDA; A. S.; BORGES; C. T.; DEUNER; C.; MENEGHELLO; G. E. Thiamethoxam treated bean seeds performed during storage. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences**; v. 12; n. 1; 2017.

CASTRO, P. R.; PITELLI, A. M.; PERES, L. E.; ARAMAKI, P. H. Análise da atividade hormonal de tiametoxam através de biotestes. **BRAZILIAN JOURNAL OF AGRICULTURE-Revista de Agricultura**, v. 83, n. 2, p. 105-108, 2008.

CASTRO, P.R.C.; PEREIRA, M.A. Bioativadores na agricultura. In: GAZZONI, D.L. (Coord.). **Tiametoxam: uma revolução na agricultura brasileira**. Petrópolis, RJ; Ed. Vozes, 2006.p.115-122.

CASTRO, P.R.C.; PITELLI, A.M.C.M.; PERES, L.E.P. Avaliação do crescimento da raiz e parte aérea de plântulas de tomateiro MT, DGT E BRT germinadas em diferentes

concentrações do inseticida thiametoxan. In ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ". **Relatório técnico ESALQ/Syngenta**. 2005. p.14-25.

CICERO, S. M.; BANZATTO JUNIOR, H. L. Avaliação do relacionamento entre danos mecânicos e vigor, em sementes de milho, por meio da análise de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, n. 1, p. 29-36, 2003.

COLE, R. J.; HOLL, K. D.; KEENE, C. L.; ZAHAWI, R. A. Direct seeding of late-successional trees to restore tropical montane forest. **Forest Ecology and Management**, v. 261, n. 10, p. 1590-1597, 2011.

COSTA, E. M.; DE MORAES NUNES, B.; VENTURA, M. V. A.; CARVALHO, J. C. G. Efeito fisiológico de tiametoxam sobre o desenvolvimento da cultura da alface. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 2, 2018.

CRUISER ®, Tiametoxam: Syngenta Crop Protection, Brasil/Suíça, 2005. Bula de inseticida, 2005.

CUNHA, R. P. D.; ALMEIDA, A. D. S.; SOARES, V. N.; TROYJACK, C.; MENEGHELLO, G. E.; VILLELA, F. A. Performance fisiológica de sementes de milho (*Pennisetum americanum*) tratadas com bioativador. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 3, p. 376-382, 2016.

DAN, L. G. D. M.; DAN, H. A.; ALBRECHT, L. P.; RICCI, T. T.; PICCININ, G. G. Desempenho de sementes de soja tratadas com inseticidas e submetidas a diferentes períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**; v. 6; n. 2; p. 215-222; 2011.

DAN; L. G. M.; DAN; H. A.; BARROSO; A. L. L.; LUCCA; A. Qualidade fisiológica de sementes de milho tratadas com inseticidas sob efeito do armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**; v. 32; n. 2; p. 131-139; 2010.

DAN; L. G. M.; DAN; H. A.; PICCININ; G. G.; RICCI; T. T.; ORTIZ; A. H. T. Tratamento de sementes com inseticida e a qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Caatinga**; v. 25; n. 1; p. 45-51; 2012.

HORII; P.M.; MCCUE; P.; SHETTY; K. Enhancement of seed vigour following insecticide and phenolic elicitor treatment. **Bioresource Technology**; v.98; n.3; p.623-632; 2007.

LAUXEN; L. R.; DA SILVA ALMEIDA; A.; CALAZANS; A. F. S.; HARTEK; L. H.; CEOLIN; B. C.; DA ROSA; G. F.; TUNES; L. V. M.; VILLELA; F. A. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila de plântulas originadas de sementes tratadas com Tiametoxam. **Brazilian Journal of Development**; v. 6; n. 6; p. 40804-40812; 2020.

LORENZETTI, E. R.; RUTZEN, E.; NUNES, J., CREPALLI, M.; LIMA, P.; MALFATO, R. A.; OLIVEIRA, W. Influência de inseticidas sobre a germinação e vigor de sementes de milho após armazenamento. **Cultivando Saber**, v. 7, n. 1, p. 14-23, 2014.

LUCCA FILHO, O. A. (2006). Patologia de Sementes. In.: Peske, S. T., Lucca Filho, O. A., & Barros, A.C.S.A. (Ed.). Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos, (2.ed., pp. 259-329). Pelotas.

MAGUIRE; J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**. v.2, p.176-177, 1982.

MARCONDES; M.C.; ANDREOLI; C.; MIGLIORANZA; E. Viability equation to determine the longevity of fungicide-treated seeds of wheat stored in a conventional warehouse. **Acta Scientiarum Agronomy**; v.33; n.3; p.539-544; 2011.

MARCOS FILHO; J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ; 2015. 660p.

NUNES; J. C. Tratamento de sementes – qualidade e fatores que podem afetar sua performance em laboratório (p.16). Syngenta Proteção de Cultivos LTDA. p.16; 2005.

PEREIRA; J. W. L.; MELO FILHO; P. A.; ALBUQUERQUE; M. B.; NOGUEIRA; R. J. M. C.; SANTOS; R. C. Mudanças bioquímicas em genótipos de amendoim submetidos a déficit hídrico moderado. **Revista Ciência Agronômica**; v.43; n.4; p.766-773; 2012.

R CORE TEAM (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

ROSA; K.C.; MENEGHELLO; G.E.; QUEIROZ; E.S.; VILLELA; F.A. Armazenamento de sementes de milho híbrido tratadas com tiametoxam. Informativo ABRATES; Londrina; v.22; n.3; p.60-65; 2012.

SILVA; A. S.; SILVA; I. D. F. D.; SILVA NETO; L. D. F. D.; SOUZA; C. D. Semeadura direta na produção do milho em agricultura de sequeiro na região Nordeste do Brasil. **Ciência Rural**; v. 41; n. 9; p. 1556-1562; 2011.

SILVA; R. R. P.; VIEIRA; D. L. M. Direct seeding of 16 Brazilian savanna trees: responses to seed burial; mulching and an invasive grass. **Applied Vegetation Science**; v. 20; n. 3; p. 410-421; 2017.

VIEIRA; E. H.; SIMONETTI; A. P. M. M. Análise fisiológica de sementes de soja submetidas a tratamento semente e diferentes períodos de armazenamento. **Revista Cultivando o Saber**; v. 7; n. 1; p. 415-425; 2014.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso dos inseticidas tiametoxam e ciantraniliprole, nas espécies *G. ulmifolia*, *B. virgiloides* e *H. courbaril* apresentaram efeitos fitotóxicos, sugerindo-se o não tratamento de sementes dessas espécies, nas doses aqui utilizadas.

Em laboratório, a espécie *S. multijuga* não demonstrou efeitos positivos ou negativos, nos dois inseticidas avaliados. A espécie *E. contortisiliquum* apresentou efeitos negativos e positivos, sugerindo a necessidade de um reajuste nas doses utilizadas. *P. dubium*, apresentou efeitos fisiológicos positivos, nos dois inseticidas avaliados.

Em campo, houve a presença de efeitos fisiológicos positivos em *G. ulmifolia*. A espécie *E. contortisiliquum* apresentou efeitos negativos e positivos, sugerindo, mais uma vez, a necessidade de um reajuste nas doses utilizadas. As espécies *S. multijuga* e *P. dubium* não demonstraram efeitos positivos ou negativos.

A avaliação das sementes em campo demonstrou haver redução da germinação aos 60 dias após a instalação do experimento, para a espécie *S. multijuga*, de maneira geral, para essa mesma espécie a germinação foi maior nas sementes tratadas com tiametoxam. A mortalidade foi maior no período de 60 dias em todas as espécies avaliadas.

O uso de tiametoxam não influenciou negativamente na qualidade fisiológica das sementes armazenadas, mantendo inclusive, a qualidade das sementes de *P. dubium*. De maneira geral as espécies *P. dubium* e *S. multijuga* não foram afetadasafetada positivamente ou negativamente pelo uso de inseticidas.

Para as outras espécies há a necessidade de se testar novas doses dos inseticidas, de forma, a obter resultados mais concisos, uma vez que, o uso de inseticidas no tratamento de sementes de espécies nativas, para a semeadura direta, mostrou-se promissor.

De maneira geral o tratamento das sementes mostrou-se eficaz e promissor quando avaliado o custo-benefício, sendo, portanto, recomendado.