

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS**

**EFEITOS DE RETARDANTES DE FOGO SOBRE O CRESCIMENTO
INICIAL DE ESPÉCIES FLORESTAIS**

Elen Silma Oliveira Cruz Ximenes
Engenheira Florestal

2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS

**EFEITOS DE RETARDANTES DE FOGO SOBRE O CRESCIMENTO
INICIAL DE ESPÉCIES FLORESTAIS**

Elen Silma Oliveira Cruz Ximenes

Orientador: Profa. Dra. Andréa Carvalho da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Adilson Pacheco de Souza

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Ciências Agrárias.

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

O48e XIMENES, ELEN SILMA OLIVEIRA CRUZ.
Efeitos de retardantes de fogo sobre o crescimento inicial de espécies florestais / ELEN SILMA OLIVEIRA CRUZ XIMENES. -- 2020
124 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Andréa Carvalho da Silva.
Co-orientador: Adilson Pacheco de Souza.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Sinop, 2020.
Inclui bibliografia.

1. Análise de crescimento. 2. Hidrogel. 3. Incêndio florestal. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
Avenida Alexandre Ferronato, 1200 - Reserva 35/Distrito Industrial - Cep: 78557267 - Sinop/MT
Tel : (66) 3531-1663/ramal - Email : ppgasinop@ufmt.br

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO : "EFEITOS DE RETARDANTES DE FOGO SOBRE O CRESCIMENTO INICIAL DE ESPÉCIES FLORESTAIS"

AUTOR : Mestranda ELEN SILMA OLIVEIRA CRUZ XIMENES

Dissertação defendida e aprovada em 12/02/2020.

Composição da Banca Examinadora:

Presidente Banca / Orientador Doutor(a) Andréa Carvalho da Silva
Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

Examinador Interno Doutor(a) Rafaela Teles Arantes Felipe
Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

Examinador Externo Doutor(a) Rayssa Pereira Vicentin
Instituição : UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO

Examinador Suplente Doutor(a) Aisy Botega Baldoni Tardin
Instituição : EMBRAPA AGROSSILVIPASTORII.

Examinador Suplente Doutor(a) Roselene Maria Schneider
Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

Andréa Carvalho da Silva

Rafaela Teles Arantes Felipe

Rayssa P. Vicentin

SINOP, 12/02/2020.

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

ELEN SILMA OLIVEIRA CRUZ XIMENES nasceu em 10/12/1988 no município de Salinas, Minas Gerais. Coursou o ensino médio no Centro Educacional Beliza Corrêa de 2005 a 2007, em Taiobeiras, Minas Gerais. Em 2008 ingressou no curso de Engenharia Florestal na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, em Diamantina, Minas Gerais. Durante o período de graduação exerceu atividades de monitoria remunerada das disciplinas: Entomologia (2011 - 2012), Genética (2012) e Sementes e Propagação de Espécies Florestais (2013), além de participar como Diretora de Controle de Qualidade da Empresa Júnior Arbórea Florestal (2012 - 2013). Em setembro de 2013 obteve o título de bacharel em Engenharia Florestal. Atuou como engenheira florestal autônoma na área de geoprocessamento (2015), no mesmo ano trabalhou no departamento de controle e manutenção de máquinas florestais da FX Minas Construções e Empreendimentos, em Altamira, Pará. Em março de 2018 ingressou no curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração Ciências Agrárias, linha de pesquisa Fitotecnia na Universidade Federal de Mato Grosso, Câmpus Universitário de Sinop. Durante o Mestrado participou do grupo de pesquisas Interações Ambiente e Planta.

“Eu quase que nada não sei. Mas desconfio de muita coisa.”

Riobaldo em Grande Sertão: Veredas, Guimarães Rosa.

Dedico à minha família, vocês me deram valores, me fazem acreditar que sou capaz de realizar, me ensinaram que só chuva cai do céu... sem essa carga de aprendizado não teria chegado aqui.

Pai e Mãe, por me darem a maior herança: Educação e amor ao próximo!

Minha irmã Elencíria, meu exemplo em tudo, primeira mestra da família.

Meu esposo Wesley, por me dar tudo o que preciso.

AGRADECIMENTOS

Sou grata ao Deus do Universo pela saúde, proteção e sabedoria a mim outorgadas.

Agradeço à minha orientadora, a professora Andréa Carvalho da Silva por ter me recebido tão bem nesta Universidade, me dando todo suporte necessário para a minha formação de mestre.

Agradeço ao professor Adilson Pacheco pela coorientação, principalmente em relação à parte prática do experimento.

Agradeço ao professor Ednaldo Andrade pela boa vontade e disposição em me ajudar a relembrar os conceitos estatísticos.

Agradeço ao professor Fábio Fagundes pelo incentivo inicial para que eu entrasse no mundo da Ciência.

Agradeço aos membros do grupo de Pesquisas Interações Ambiente e Planta pela ajuda na realização dos experimentos.

Josiane, Mariana, Álison, Felipe, Kalisto, Henrique, Hércules, Rafael, Ana Paula, Wisnel, Daniela, Daiane, Charles, Luana e Wesley Ximenes vocês foram meus braços fortes.

Agradeço aos membros da banca de qualificação e defesa por todas as contribuições.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA) e à Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Câmpus Universitário de Sinop por todas as portas abertas.

A todos aqueles que contribuíram com palavras de incentivo ou aliviaram minhas cargas durante este período, meu muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO.....	XI
ABSTRACT	XII
LISTA DE TABELAS	XIII
LISTA DE FIGURAS	XV
1. CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1. Incêndios florestais	2
2.2. Retardantes de fogo	4
2.3. Polímero hidretentor	9
2.4. Germinação e crescimento de plantas	11
2.5. Caracterização das espécies florestais estudadas	14
2.6. Descrição dos produtos utilizados	18
3. REFERÊNCIAS.....	19
2. CAPÍTULO 2 – Efeitos de retardantes de fogo sobre o crescimento inicial de <i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke	35
RESUMO.....	35
1. INTRODUÇÃO	36
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	37
2.1. Caracterização da área experimental.....	37
2.2. Capacidade de retenção de água do substrato	37
2.3. Intensidade de irrigação da casa de vegetação e monitoramento micrometeorológico.....	38
2.4. Coletas e caracterização das sementes.....	40
2.5. Aplicação dos tratamentos	41
2.6. Análises de crescimento.....	44
2.7. Análises estatísticas	45
3. RESULTADOS.....	46
3.1. Phos-Chek WD881	46
3.2. Hold Fire	47
3.3. Nutrigel	50
4. DISCUSSÃO	52
4.1. Phos-Chek WD881	53
4.2. Hold Fire	55
4.3. Nutrigel	56

5.	CONCLUSÕES	58
6.	REFERÊNCIAS.....	59
3.	CAPÍTULO 3 – Efeitos de retardantes de fogo sobre a emergência e crescimento inicial de <i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos e <i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith.....	67
	RESUMO.....	67
1.	INTRODUÇÃO	68
2.	MATERIAL E MÉTODOS.....	69
2.1.	Caracterização da área experimental.....	69
2.2.	Capacidade de retenção de água do substrato	70
2.3.	Intensidade de irrigação da casa de vegetação e monitoramento micrometeorológico.....	71
2.4.	Coletas e caracterização das sementes	72
2.5.	Semeadura e aplicação dos tratamentos	73
2.6.	Emergência	75
2.7.	Análises de crescimento	76
2.8.	Fluorescência da clorofila a	77
2.9.	Análises estatísticas	78
3.	RESULTADOS.....	79
3.1.	Emergência de plântulas	79
3.2.	Crescimento.....	80
3.3.	Fluorescência da clorofila a	89
4.	DISCUSSÃO	92
4.1.	Phos-Chek WD881	92
4.2.	Hold Fire	94
4.3.	Nutrigel	96
5.	CONCLUSÕES	97
6.	REFERÊNCIAS.....	98
	APÊNDICE A - TESTE DE NORMALIDADE (CAPÍTULO 2).....	106
	APÊNDICE B - ANÁLISES DE VARIÂNCIA (CAPÍTULO 2)	107
	APÊNDICE C - TESTE DE NORMALIDADE (CAPÍTULO 3)	113
	APÊNDICE D - ANÁLISES DE VARIÂNCIA (CAPÍTULO 3)	116

EFEITOS DE RETARDANTES DE FOGO SOBRE O CRESCIMENTO INICIAL DE ESPÉCIES FLORESTAIS

RESUMO - Incêndios florestais naturais ou de causa antrópica são um dos distúrbios ambientais mais devastadores. Produtos retardantes de chama melhoram a eficiência da água no combate ao fogo. No entanto, seus efeitos sobre o ambiente são pouco esclarecidos. Pesquisas sobre os impactos desses produtos sobre o banco de sementes e crescimento de plantas podem ajudar na definição de concentrações efetivas e ambientalmente seguras. Portanto, objetivou-se avaliar os efeitos de retardantes de fogo sobre o crescimento inicial de espécies florestais. Neste estudo, o primeiro capítulo contém a fundamentação teórica cujo objetivo é embasar os demais capítulos. No segundo capítulo avaliou-se o crescimento inicial de *Schizolobium amazonicum* sob concentrações dos retardantes de fogo Phos-Chek WD881®, Hold Fire® e do polímero hidrorretentor Nutrigel® aplicados via substrato e via foliar. Realizaram-se análises de crescimento destrutivas das mudas. Os resultados obtidos demonstram que: Phos-Chek WD881 aplicado via substrato ou via foliar não prejudica o crescimento inicial de *S. amazonicum*; sucessivas aplicações de 15,00 mL L⁻¹ de Hold Fire via foliar diminui o acúmulo de massa seca das mudas, enquanto aplicações via substrato não interferem no crescimento da espécie; mudas de *S. amazonicum* se recuperam ao longo do tempo de estresses provocados pela super hidratação do hidrogel via substrato, aplicações de 0,50 g L⁻¹ de Nutrigel via foliar potencializa o crescimento da parte aérea das mudas de *S. amazonicum*. No terceiro capítulo, avaliou-se a emergência e crescimento de *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba* sob concentrações de Phos-Chek WD881, Hold Fire e Nutrigel aplicados via substrato. A emergência das sementes foi avaliada através do índice de velocidade de emergência, porcentagem e tempo médio de emergência. Avaliou-se os efeitos através de análises de crescimento destrutivas. Para estimativas do desempenho fotossintético avaliou-se a fluorescência da clorofila a partir dos 60 DAS. A emergência das plântulas de *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba* não sofre alterações com as concentrações dos produtos testados. Aplicações de Phos-Chek WD881 até 5,00 mL L⁻¹ têm efeitos positivos sobre o crescimento de *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba*. Aplicações crescentes de Hold Fire até a concentração de 8,00 mL L⁻¹ favorecem o crescimento de *Tabebuia roseoalba*. *Handroanthus ochraceus* responde às concentrações de Hold Fire só após sucessivas aplicações, o crescimento em diâmetro é positivo a partir de 9,60 mL L⁻¹ do retardante. O intervalo de 0,50 g L⁻¹ até 0,88 g L⁻¹ do polímero hidrorretentor Nutrigel estimula o crescimento em diâmetro de *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba*. Os parâmetros de fluorescência indicam que as concentrações dos retardantes de fogo e do polímero hidrorretentor não prejudicam os processos fotossintéticos relacionados ao fotossistema II das espécies *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba*.

Palavras-chave: análise de crescimento, hidrogel, incêndio florestal

EFFECTS OF FIRE RETARDANTS ON THE INITIAL GROWTH OF FOREST SPECIES

ABSTRACT - Natural or man-made forest fires are one of the most devastating environmental disturbances. Flame retardant products improve water efficiency in fire fighting. Nevertheless, its effects on the environment are little clarified. Research into the effects of these products on the seed bank and plant growth can help in defining effective and safe ones. Therefore, the aim of this work was to evaluate the effects of fire retardants on the initial growth of forest species. In this study, the first chapter contains the theoretical foundation whose purpose is to base the other chapters. In the second chapter analyzed, the initial growth of *Schizolobium amazonicum* under the fire retardant Phos-Chek WD881®, Hold Fire® and Nutrigel® hydrochloride polymer used via substrate and via leaf. Destructive growth analyses of the seedlings were performed. The results show that: Phos-Chek WD881 applied via substrate or non-harmful leaf or initial growth of *S. amazonicum*; successive 15.00 mL L⁻¹ applications of Hold Fire via decreased leaf or dry mass of seedlings, while substrate applications do not interfere with species growth; *S. amazonicum* seedlings recover over time from stresses caused by hydrogel overhydration via substrate, applications of Nutrigel 0.50 g L⁻¹ via leaf potential for potentiation or growth of *S. amazonicum* seedlings. In the third chapter, tested for emergence and growth of *Handroanthus ochraceus* and *Tabebuia roseoalba* under the Phos-Chek WD881, Hold Fire and Nutrigel tests used via substrate. Seed emergence was evaluated by emergence speed index, percentage and mean emergence time. The effects are imposed through destructive growth analyses. To perform the photosynthetic performance tested, if there is chlorophyll fluorescence from 60 DAS. The emergence of the seedlings of *Handroanthus ochraceus* and *Tabebuia roseoalba* does not change with the tests of the tested products. Phos-Chek WD881 applications up to 5.00 mL L⁻¹ have positive effects on the growth of *Handroanthus ochraceus* and *Tabebuia roseoalba*. Increasing applications of Hold Fire to a concentration of 8.00 mL L⁻¹ favor the growth of *Tabebuia roseoalba*. Hand changes respond to Hold Fire changes, after successive applications, diameter growth shows a positive trend from 9.60 mL L⁻¹ of the retardant. The 0.50 g L⁻¹ to 0.88 g L⁻¹ range of the Nutrigel hydrochloride polymer stimulates the diameter growth of *Handroanthus ochraceus* and *Tabebuia roseoalba*. The fluorescence parameters used as fire retardants and hydrochloride polymer do not affect photosynthetic processes related to photosystem II of the species *Handroanthus ochraceus* and *Tabebuia roseoalba*.

Keywords: growth analyse, hydrogel, wildfire

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Valores médios da massa do substrato para determinação da umidade na capacidade de campo e massa específica do substrato.	38
Tabela 2. Localização e caracterização dendrométrica das árvores matrizes da espécie <i>S. amazonicum</i>	41
Tabela 3. Caracterização biométrica das sementes da espécie <i>S. amazonicum</i> . ..	41
Tabela 4. Valores médios das variáveis de crescimento aos 15 DAT das mudas da espécie <i>S. amazonicum</i> submetidas às concentrações do retardante de fogo Phos-Chek WD881, aplicado via foliar.	46
Tabela 5. Valores médios das variáveis de crescimento aos 80 DAT das mudas da espécie <i>S. amazonicum</i> submetidas às concentrações do retardante de fogo Phos-Chek WD881, aplicado via foliar.	47
Tabela 6. Valores médios das variáveis de crescimento aos 15 DAS das mudas da espécie <i>S. amazonicum</i> submetidas às concentrações do retardante de fogo Hold Fire, aplicado via substrato.	48
Tabela 7. Valores médios das variáveis de crescimento aos 15 DAT das mudas da espécie <i>S. amazonicum</i> submetidas às concentrações do retardante de fogo Hold Fire, aplicado via foliar.	49
Tabela 8. Valores médios das variáveis de crescimento aos 80 DAT das mudas da espécie <i>S. amazonicum</i> submetidas às concentrações do retardante de fogo Hold Fire, aplicado via foliar.	50
Tabela 9. Valores médios das variáveis de crescimento aos 15 DAS das mudas da espécie <i>S. amazonicum</i> submetidas às concentrações do polímero hidrorretentor Nutrigel, aplicado via substrato.	51
Tabela 10. Valores médios das variáveis de crescimento aos 15 DAT das mudas da espécie <i>S. amazonicum</i> submetidas às concentrações do polímero hidrorretentor Nutrigel, aplicado via foliar.	52
Tabela 11. Valores médios das variáveis de crescimento aos 80 DAT das mudas da espécie <i>S. amazonicum</i> , submetidas às concentrações do polímero hidrorretentor Nutrigel, aplicado via foliar.	52

CAPÍTULO 3

Tabela 1. Valores médios da massa do substrato para determinação da umidade na capacidade de campo e massa específica do substrato.	71
Tabela 2. Localização e caracterização dendrométrica das árvores matrizes das espécies <i>Handroanthus ochraceus</i> e <i>Tabebuia roseoalba</i>	73
Tabela 3. Caracterização biométrica das sementes das espécies <i>Handroanthus ochraceus</i> e <i>Tabebuia roseoalba</i>	73

Tabela 4. Valores médios de índice de velocidade de emergência para as sementes da espécie <i>Handroanthus ochraceus</i> sob concentrações do retardante de fogo Phos-Chek WD881.	80
Tabela 5. Valores médios de massa seca total das mudas da espécie <i>Tabebuia roseoalba</i> submetidas às concentrações do retardante de fogo Phos-Chek WD881.	82
Tabela 6. Valores médios de massa seca de raiz e massa seca total das mudas da espécie <i>Handroanthus ochraceus</i> sob concentrações do retardante de fogo Phos-Chek WD881.....	84
Tabela 7. Valores médios do número de folhas das mudas da espécie <i>Handroanthus ochraceus</i> sob concentrações do polímero hidrorretentor Nutrigel.	87

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1. Árvore (A), caule (B) e sementes (C) de *S. amazonicum*. Fonte: própria. 16
- Figura 2. Árvore (A), sementes (B), caule (C), vagem (D) e folha de *Handroanthus ochraceus* (E). Fonte: própria..... 17
- Figura 3. Árvore (A), folha (B), caule (C) e sementes(D) de *Tabebuia roseoalba*. Fonte: própria..... 18

CAPÍTULO 2

- Figura 1. Valores médios de temperatura média do ar (A), umidade relativa média do ar (B), radiação global (C), precipitação e evaporação diária do Tanque Classe A (D) no período de 20/07/2018 a 30/10/2018 em Sinop, MT..... 40
- Figura 2. Padrão visual das plântulas de *S. amazonicum* transplantadas. Fonte: própria..... 43
- Figura 3. Aplicação dos retardantes de fogo e polímero hidroretentor via substrato (A) e via foliar (B) em mudas de *S. amazonicum*. Fonte: própria..... 44
- Figura 4. Obtenção das medidas de diâmetro (A), altura (B), volume de raiz (C) e massa seca das mudas (D) da espécie *S. amazonicum*. Fonte: própria. 45

CAPÍTULO 3

- Figura 1. Valores médios de temperatura média do ar (A), umidade relativa média do ar (B), radiação global (C), precipitação e evaporação diária do Tanque Classe A (D) no período de 05/03/2019 a 02/07/2019 em Sinop, MT..... 72
- Figura 2. Emergência da plântula da espécie *Handroanthus ochraceus*. Fonte: própria..... 75
- Figura 3. Aferição do diâmetro (A), altura (B) e volume de raiz (C) de mudas de *Tabebuia roseoalba*. Fonte: própria. 77
- Figura 4. Folhas de *Handroanthus ochraceus* com pinças para aclimação ao escuro (A) e folha adaptada à luz ambiente submetida à luz actínia (B), durante as medidas da fluorescência da clorofila a. Fonte: própria. 78
- Figura 5. Número de folhas das mudas da espécie *Handroanthus ochraceus* em função das concentrações do retardante de fogo Phos-Chek WD881 aos 30 DAS. 81
- Figura 6. Número de folhas (A); área foliar (B); volume de raiz (C) e massa seca das folhas (D) das mudas da espécie *Tabebuia roseoalba* em função das concentrações do retardante de fogo Phos-Chek WD881 aos 30 DAS. 82
- Figura 7. Número de folhas (A) e volume de raiz (B) das mudas da espécie *Handroanthus ochraceus* em função das concentrações do retardante de fogo Phos-Chek WD881 aos 120 DAS. 83
- Figura 8. Diâmetro das mudas da espécie *Tabebuia roseoalba* em função das concentrações do retardante de fogo Phos-Chek WD881 aos 120 DAS. 84

Figura 9. Número de folhas (A) e volume de raiz (B) das mudas da espécie <i>Tabebuia roseoalba</i> em função das concentrações do retardante de fogo Hold Fire aos 30 DAS.	85
Figura 10. Diâmetro das mudas da espécie <i>Handroanthus ochraceus</i> em função das concentrações do retardante de fogo Hold Fire aos 120 DAS.	86
Figura 11. Volume de raiz das mudas da espécie <i>Tabebuia roseoalba</i> em função das concentrações de retardante de fogo Hold Fire aos 120 DAS.	86
Figura 12. Diâmetro das mudas da espécie <i>Handroanthus ochraceus</i> em função das concentrações do polímero hidretentor Nutrigel aos 30 DAS.	87
Figura 13. Diâmetro (A) e volume de raiz (B) de mudas de <i>Tabebuia roseoalba</i> em função das concentrações do polímero hidretentor Nutrigel aos 30 DAS.	88
Figura 14. Número de folhas (A) e diâmetro (B) das mudas de <i>Handroanthus ochraceus</i> em função das concentrações do polímero hidretentor Nutrigel aos 120 DAS.	89
Figura 15. Diâmetro das mudas de <i>Tabebuia roseoalba</i> em função das concentrações do polímero hidretentor Nutrigel aos 120 DAS.	89
Figura 16. Dissipação não fotoquímica (NPQ) das mudas da espécie <i>Handroanthus ochraceus</i> em função das concentrações do retardante de fogo Phos-Chek WD881.	90
Figura 17. Relação F_v/F_m (A) e dissipação não fotoquímica (NPQ) (B) das mudas da espécie <i>Tabebuia roseoalba</i> em função das concentrações do retardante Hold Fire.	91
Figura 18. Relação F_v/F_m (A) e dissipação não fotoquímica (NPQ) (B) das mudas da espécie <i>Tabebuia roseoalba</i> em função das concentrações do polímero hidretentor Nutrigel.	92

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

Um dos maiores agentes de perturbação dos ecossistemas é o fogo. Incêndios florestais têm aumentado em área e frequência ao redor do mundo (BARREIRO et al., 2016; CUI et al., 2019; VENKATESH; PREETHI; RAMESH, 2020). Seus efeitos são devastadores, e incluem perdas econômicas (ALCASENA et al., 2016; KIM; JAKUS, 2019), ecológicas (KARSAI; ROLAND; KAMPIS, 2016; CERDA et al., 2017; BAKER et al., 2018; VOLKOVA; WEISS APARICIO; WESTON, 2019) e sociais (ANDRADE FILHO et al., 2017; OTERO; NIELSEN, 2017). A mais eficiente forma de prevenir ou minimizar tais danos é evitar os incêndios e combater os que ocorrem, preferencialmente na sua fase inicial.

Produtos químicos retardantes de fogo vêm sendo aplicados misturados à água, com o objetivo de aumentar a sua capacidade extintora. O principal objetivo do uso de retardantes de chama é combater incêndios de forma mais rápida e eficiente (CANZIAN et al., 2016; PLUCINSKI; SULLIVAN; HURLEY, 2017).

Retardantes de fogo são classificados conforme a duração do seu comportamento extintor, e dividem-se em retardantes de longa e curta duração. As caldas de longa duração são compostas por sais fertilizantes e, mantêm sua atividade supressora mesmo após a evaporação da água (KALABOKIDIS, 2000; GIMÉNEZ et al., 2004; MARSHAL; WALLER; LEKBERG, 2016). Já os retardantes de curta duração são compostos por surfactantes, agentes espumantes e molhantes (ADAMS; SIMMONS, 1999). Essas substâncias alteram os atributos físicos da água, retardando sua evaporação e produzindo um revestimento contínuo sobre o material combustível (PLUCINSKI; SULLIVAN; HURLEY, 2017).

Químicos contra o fogo são aplicados em áreas ambientalmente sensíveis (HARTSKEERL; SIMMONS; ADAMS, 2004). Esses compostos podem entrar em contato com o solo, ar, água, vida vegetal e animal. Os efeitos desse contato dependerão da quantidade de retardante aplicada, área coberta e especificidade do local (KALABOKIDIS, 2000). Relativamente, pouco conhecimento está disponível acerca dos efeitos dos retardantes de fogo sobre o ambiente (LARSON, 1999; SONG et al., 2014; BARREIRO et al., 2016).

Considerando-se as ocorrências de incêndios florestais no Brasil e suas alterações drásticas no ambiente (MEIRA JÚNIOR et al., 2017; WHITE; WHITE, 2016; ARAGÃO et al., 2018; COSTA; MELO, 2018; SILVA et al., 2018; ANDERSON et al., 2019), os produtos retardantes de fogo podem ser aliados para atenuar os prejuízos decorrentes do fogo descontrolado. No entanto, o uso de retardantes ainda é incipiente em território brasileiro. A maioria dos produtos disponíveis comercialmente são importados, o que dificulta o uso pelos preços elevados e pouca informação disponível (MACHADO FILHO et al., 2012). Há necessidade de pesquisas para nortear a aplicação desses produtos com aptidão e segurança para os ecossistemas brasileiros.

As poucas pesquisas nacionais que inserem-se nesse tema estão relacionadas à eficiência dos retardantes em combater o fogo (RIBEIRO et al., 2006; BATISTA et al., 2008; MACHADO FILHO et al., 2012; FIEDLER et al., 2015; CANZIAN, et al., 2016). Por outro lado, polímeros hidrotentores, consolidados no setor agroflorestal como condicionadores de solo, vêm sendo estudados como uma alternativa sustentável e economicamente viável para retardar chamas (SOUZA; ARAÚJO; RIBEIRO, 2012; LIMA et al., 2019).

Para unir a eficácia de combater incêndios à proteção aos ecossistemas florestais, fazem-se necessárias pesquisas sobre os efeitos dos retardantes de fogo sobre o ambiente, principalmente no que diz respeito à vegetação. Portanto, objetivou-se com esse trabalho avaliar os efeitos de produtos retardantes de fogo e de um polímero hidrotentor sobre o crescimento inicial de espécies florestais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Incêndios florestais

Incêndio florestal é um fogo não controlado que se propaga livremente em qualquer forma de vegetação. O fogo é um processo físico, resultado da imediata combinação entre o oxigênio, um material combustível e uma fonte de calor (BOWMAN et al., 2011). Os incêndios florestais são uma das principais ameaças aos ecossistemas brasileiros, principalmente pelo seu alto potencial destrutivo e

comprometimento de reconstituição do meio biótico e abiótico no seu estado original (REZENDE; OLIVEIRA, 2015; ANDERSON et al., 2019).

Os principais prejuízos ecológicos causados por incêndios são a morte de árvores ou redução de sua resistência (BRANDO et al., 2012; STEPHENS et al., 2018), destruição da camada orgânica do solo (BARANČÍKOVÁ et al. 2018), perda dos serviços ecológicos e sociais da floresta (THOMPSON et al., 2011; VUKOMANOVIC; STEELMAN, 2019) e aumento de gases do efeito estufa na atmosfera (BEREZIN et al., 2013; BONDUR; GORDO; KLADOV, 2018). Além disso, o fogo compromete a qualidade do ar, o que pode provocar problemas de saúde pública (ANDRADE FILHO et al., 2017).

Os focos de calor totalizaram no Brasil 189.934 registros em 2019 no intervalo de 01 de janeiro a 30 de novembro. Comparando-se com os dados de 2018 do mesmo período houve um aumento de 48%. Esse valor expressivo é consequência tanto da condição climática mais seca, quanto da alteração de padrões de uso do solo nos biomas Amazônia, Cerrado e Caatinga (INPE, 2019).

Para o estado de Mato Grosso foram registrados 30.503 focos no intervalo supracitado para o ano de 2019. Em relação aos dados do ano anterior houve um aumento de 73%. Os dados sobre focos de calor revelam a sua concentração em algumas regiões brasileiras, sendo a mais extensa e recorrente área, a chamada Arco do Desflorestamento e das Queimadas, correspondente ao sul e leste da Amazônia Legal (INPE, 2019).

O aumento da fragmentação causada pelos desmatamentos e o uso do fogo em práticas agrícolas, em conjunto com eventos de seca, são as principais causas de incêndios florestais no Brasil (SILVA et al., 2018; SILVA; LIMA, 2018). O desmatamento impulsiona o fogo descontrolado, visto que até 14 de agosto de 2019 os dez municípios amazônicos com maior número de registro de focos de incêndios foram também os que tiveram as maiores taxas de desmatamento (SILVÉRIO et al., 2019).

Os elementos climáticos como temperatura, vento, precipitação e umidade relativa influenciam categoricamente na ignição e propagação dos incêndios. A maior ocorrência de incêndios florestais dá-se sobretudo na estação seca, devido às condições climáticas favoráveis, como elevadas temperaturas, baixa umidade relativa

do ar, menor número de precipitações e ventos constantes (RIBEIRO et al., 2018; PARENTE et al., 2019). Portanto, os períodos de maio a setembro no Centro-sul e janeiro a março no extremo Norte do Brasil requerem maior atenção no que se refere principalmente à prevenção de incêndios.

A água é o agente mais comum utilizado para combater incêndios, por sua alta eficácia em absorver calor. No entanto, algumas características da água acabam limitando sua efetividade de eliminar as chamas. A tensão superficial da água dificulta o revestimento líquido sobre o material combustível. As condições ambientais associadas a incêndios florestais, como temperaturas elevadas e ventos secos, aceleram a sua evaporação (PLUCINSKI; SULLIVAN; HURLEY, 2017)

Ademais, a utilização da água no combate ao fogo pode ser um processo oneroso, devido às dificuldades para obtê-la em quantidade suficiente (FIEDLER et al., 2015). Nesse contexto, surgem os produtos utilizados no combate ao fogo, conhecidos como retardantes de fogo que, adicionados à água modificam seus atributos físicos, aumentando a capacidade extintora (PLUCINSKI; SULLIVAN; HURLEY, 2017). Ao tornar a água mais eficaz, reduz-se a quantidade necessária desse recurso para extinguir o fogo. Segundo Canzian et al. (2016), aceiros tradicionais vêm sendo substituídos por aceiros molhados, onde se utilizam produtos retardantes de fogo sobre o material combustível. Dessa forma diminui-se gastos econômicos e esforços físicos no combate.

2.2. Retardantes de fogo

Retardantes de fogo são substâncias adicionadas à água para suprimir, reduzir ou retardar o desenvolvimento de chamas. A principal função dessas substâncias é tornar a água mais densa e conseqüentemente, os combustíveis menos inflamáveis (BARREIRO et al., 2016). Esses produtos podem ser aplicados diretamente sobre o material em chamas para extinguir incêndios ou na linha de frente para controle e bloqueio do fogo (PAPPA; TZAMTZIS; KOUFOPOULOU, 2008).

De forma geral, retardantes de fogo são compostos por sais inorgânicos comumente utilizados na agricultura como sulfatos, fosfatos de amônio e por substâncias espessantes, surfactantes e estabilizadores de espumas (BARREIRO et al., 2016). Eles são classificados conforme o período de ação após a aplicação. Desse

modo são categorizados em: retardantes de longa e de curta duração (LARSON et al., 1999; KALABOKIDIS, 2000).

Os retardantes de chama de longa duração, também denominados caldas de longa duração, possuem compostos salinos que são responsáveis pela eficácia da supressão do fogo mesmo após a evaporação da água (MARSHALL et al., 2016). Sendo assim, depois de seco, o material combustível tratado com esse tipo de retardante continua com sua flamabilidade reduzida (LARSON et al., 1999).

Retardantes de longa duração são compostos por sais fertilizantes como o fosfato e o sulfato de amônio (KALABOKIDIS, 2000; GIMENÉZ, et al., 2004; MARSHALL et al., 2016) e, agem como uma barreira entre o fogo e o material combustível. Esses produtos são fornecidos como um concentrado líquido ou seco que devem ser misturados à água (ADAMS; SIMMONS, 1999).

Produtos de longa duração usados contra o fogo, geralmente são empregados no ataque direto aos incêndios, com o objetivo de cobrir combustíveis ainda não queimados em uma área de incêndio florestal (GIMENÉZ, et al., 2004). Segundo o Serviço Florestal dos Estados Unidos (USFS, 2017) esses retardantes também são aplicados em áreas à frente de incêndios ou como medida preventiva antes de um incêndio.

A categoria de retardantes de curta duração é composta pelas espumas ou agentes espumíferos e, pelos potenciadores de água. Essa classe de retardantes mantém sua função somente na presença da água, após a evaporação desta, tais produtos perdem seu efeito (LARSON et al., 1999; KALABOKIDIS, 2000).

As espumas de combate à incêndios são compostas por surfactantes, agentes espumantes e molhantes. São concentrados líquidos semelhantes a produtos detergentes, quando aerados produzem espuma ou bolhas (LARSON et al., 1999; KALABOKIDIS, 2000) que formam um revestimento contínuo no material em chamas, isolando-o do oxigênio atmosférico. O resfriamento do material combustível e a falta de contato com o oxigênio, um dos elementos do triângulo do fogo, fazem com que essas espumas sejam efetivas na prevenção da reignição (MONTAGNOLI et al., 2017). As espumas devem ser aplicadas diretamente contra o fogo, para abrandar ou parar a combustão (USFS, 2017).

Potenciadores de água são fornecidos como concentrados úmidos ou secos, compostos por espessantes, alguns com propriedades também gelificantes (PLUCINSKI; SULLIVAN; HURLEY, 2017). Misturados à água melhoram sua viscosidade e adesão. Os géis e substâncias espessantes são capazes de minimizar a deriva de aplicação e aumentar a aderência de umidade aos combustíveis. Esses produtos podem ser usados na proteção da estrutura da interface silvestre ou sobre os combustíveis (USDA FOREST SERVICE; USDI, 2019).

Retardantes de longa ou curta duração podem ser aplicadas via aérea ou terrestre. A aplicação aérea é feita através de avião-tanque ou helicóptero. No combate terrestre o carro-tanque, ou caminhão de bombeiro é o mais utilizado. A taxa de aplicação dos retardantes varia com a situação e o tipo de material combustível (USDA FOREST SERVICE; USDI, 2019).

2.2.1. Efeitos dos retardantes de fogo sobre a vegetação

O uso de produtos retardantes de fogo tem crescido atualmente devido ao aumento na frequência e no tamanho dos incêndios (BARREIRO et al., 2016). Ao redor do mundo, pesquisas são realizadas para investigar os efeitos dos retardantes de chama sobre o ambiente. Destacam-se importantes trabalhos sobre o tema, na Austrália (BRADSTOCK; SANDERS; TEGART, 1987; HARTSKEERL; SIMMONS; ADAMS, 2004; BELL; TOLHURST; WORTERS, 2005), Coréia do Sul (SONG et al., 2013), Estados Unidos (LARSON; DUCAN, 1982; LARSON et al., 1999; BESAW et al., 2011; MARSHALL; WALLER; LEKBERG, 2016) e Espanha (ANGELER et al., 2004; LUNA et al., 2007; FERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ; GOMÉZ-REY; GONZÁLEZ-PRIETO, 2015).

Todavia, os impactos ecológicos dos produtos químicos utilizados contra o fogo têm sido pouco esclarecidos (SONG et al., 2014). As áreas onde os retardantes são aplicados são áreas ambientalmente sensíveis que, podem conter espécies raras ou ameaçadas de extinção (HARTSKEERL; SIMMONS; ADAMS, 2004). Por isso torna-se significativo o conhecimento sobre os possíveis efeitos desses produtos no ambiente.

Os retardantes de chama podem entrar em contato com o solo, ar, água, vida vegetal e animal. Os efeitos do contato dependerão da quantidade do retardante

aplicada, área coberta e especificidade do local (KALABOKIDIS, 2000). Os estudos são insuficientes para determinar de forma generalizada que tais produtos agem de forma negativa ou positiva sobre o banco de sementes e vegetação remanescente.

Cada grupo de retardante tem componentes específicos e por isso agem de formas distintas sobre a vegetação. Retardantes de longa duração podem ter efeito fertilizante sobre as plantas, favorecendo a regeneração natural de herbáceas e o crescimento das árvores (COUTO-VAZQUÉZ; GONZALÉZ-PRIETO, 2013). Porém, nem todas as plantas se beneficiam igualmente da disponibilidade de nitrogênio e fósforo ocasionada pela aplicação das caldas de longa duração.

Larson et al. (1999) constataram que os retardantes de longa duração podem estimular o crescimento de algumas espécies de plantas e dar-lhes uma vantagem competitiva, resultando em mudanças na diversidade de espécies. Bell, Touhurst e Worters (2005) avaliando os efeitos de um retardante de longa duração em uma área de charneca (ambiente xerófilo) no leste australiano, observaram que o produto propiciou maior invasão de espécies daninhas, principalmente em maiores doses.

Besaw et al. (2011) avaliaram os efeitos de um retardante de longa duração em área de pradaria em Mount Jumbo, Montana (EUA). Esses autores verificaram que, gramíneas anuais nativas não aumentaram em abundância com as aplicações do retardante, enquanto plantas anuais e forrageiras exóticas aumentaram abundantemente. O produto não interferiu na composição de espécies, nem na cobertura de folhagem projetada da vegetação. Neste mesmo local, Marshall, Waller e Lekberg (2016) realizaram um novo estudo 8 anos depois de Besaw et al. (2011) e, confirmaram maiores quantidades de plantas daninhas em áreas com aplicação de retardante de longa duração. Aqueles autores concluíram que essas plantas respondem melhor a pulsos de nutrientes provocados pela aplicação de retardantes.

Fernández-Fernández; Gómez-Rey e González-Prieto (2015) em uma pesquisa com três retardantes descobriram que o polifosfato de amônio presente em um retardante de longa duração teve efeitos sobre o ecossistema mesmo dez anos após a aplicação. Os efeitos foram: aumento das concentrações totais de fósforo disponíveis no solo e na planta, diminuição da absorção de potássio em arbustos, aumento da absorção de sódio em leguminosas e modificação na composição de espécies da comunidade de arbustos.

Angeler et al. (2004) estudando uma espécie vegetal aquática apontaram que retardantes de longa duração podem afetar negativamente a germinação de sementes devido a mudanças induzidas por tais produtos na qualidade da água. Luna et al. (2007) constataram diminuição na viabilidade das sementes das espécies estudadas, além de diminuição na taxa de germinação. Em ambas as pesquisas os autores ressaltam que as espécies não são afetadas negativamente a longo prazo.

Os efeitos dos retardantes de fogo de curta duração são pouco estudados (COUTO-VÁZQUÉZ; GONZALÉZ-PRIETO, 2013), principalmente no que diz respeito à vegetação. Hartskeerl, Simmons e Adams (2004) afirmam que os impactos das espumas são relativamente curtos, parcialmente dependentes do tipo de habitat e condições ambientais.

Entretanto, Larson et al. (1999) realizaram um estudo comparando os efeitos de um retardante de longa duração com um espumífero. A vegetação das parcelas tratadas com espumas supressoras de fogo apresentou um déficit maior no número total de hastes vivas comparadas com qualquer outro tratamento, inclusive retardantes de longa duração.

Song et al. (2014) avaliaram três retardantes de curta duração sobre a germinação de espécies sul coreanas, no laboratório e no campo. No laboratório, as taxas de germinação foram menores para todas as espécies expostas aos espumíferos, em comparação com os tratamentos controles. Essas taxas diminuíram significativamente com o aumento do tempo de imersão nos produtos, independentemente de serem aplicados puros ou em concentrações diluídas. Já no experimento de campo os autores não encontraram diferenças significativas na emergência de plântulas sob concentrações dos produtos testados.

Do mesmo modo, Fernández-Fernández; Gómez-Rey e González-Prieto (2015) não detectaram mudança alguma sobre o crescimento de pinheiros sob efeito de espumíferos. Nenhum efeito de longo prazo sobre as comunidades vegetais foi detectado mesmo dez anos após a aplicação das espumas supressoras.

Em geral, os compostos dos retardantes de fogo se degradam no meio ambiente, por isso exposições permanentes e persistentes por vias ambientais não são esperadas (USFS, 2017). Todavia, em quantidades maiores que a taxa de aplicação indicada, os produtos podem causar efeitos adversos ao entrar na planta,

solo e água (BARREIRO et al., 2016). As pesquisas nesta área são limitadas e específicas para habitats, tipos vegetais e determinados retardantes.

No Brasil o conhecimento sobre os retardantes de chama não é muito difundido. A aplicação desses produtos contra incêndios em território brasileiro ainda é incipiente. Segundo Machado Filho et al. (2012), além da falta de difusão de informação, a maioria desses produtos são importados, logo possuem um custo elevado.

Não obstante, retardantes de chama estão disponíveis comercialmente no Brasil e não existe uma legislação específica, com requisitos, critérios e procedimentos estabelecidos para avaliação dos riscos ambientais provenientes do seu uso (IBAMA, 2018a). Assim, pesquisas sobre as implicações de produtos retardantes de fogo sobre a vegetação brasileira são imprescindíveis para regulamentação.

As poucas pesquisas sobre retardantes de fogo no Brasil limitam-se a avaliar a eficiência desses produtos no combate ao fogo (RIBEIRO et al., 2006; MACHADO FILHO et al., 2012; CANZIAN, et al., 2016). Apenas Keffer (2019) avaliou os efeitos de retardantes de fogo sobre espécies vegetais brasileiras. A germinação das espécies foi testada em laboratório sob doses de retardantes de curta duração. Os resultados indicaram redução no vigor de sementes e no crescimento de plântulas de *Tabebuia roseoalba*, *Handroanthus impetiginosus* e *Schizolobium amazonicum*, com o aumento das concentrações dos produtos.

2.3. Polímero hidroretentor

A água possui a capacidade de resfriar o material combustível abaixo do seu ponto de ignição, absorvendo calor e liberando-o através do vapor (BORDADO; GOMES, 2007). Ao modificar os atributos físicos da água, substâncias espessantes e gelificantes são capazes de melhorar a efetividade de supressão do fogo (PLUCINSKI; SULLIVAN; HURLEY, 2017). Uma oportunidade de pesquisa é o uso de produtos consolidados na agricultura, capazes de reter água, como alternativa para conservação da umidade do material combustível em incêndios (SOUZA; ARAÚJO; RIBEIRO, 2012; LIMA et al., 2019).

Os polímeros hidrorretentores ou superabsorventes também conhecidos como hidrogéis, são macromoléculas capazes de absorver grandes quantidades de fluidos sem se dissolverem. Os grupos hidrofílicos são responsáveis pela absorção de água e as ligações cruzadas entre as redes de cadeias mantém a resistência à dissolução (KALHAPURE et al., 2016). Sua aplicação agrícola e florestal é norteada principalmente pelos objetivos de economia de água na produção de mudas, melhoria da capacidade de retenção hídrica e de nutrientes dos solos, além de atenuação do impacto da seca (HUTTERMANN; ZOMMORODI; REISE, 1999; KOUPI; ESLAMIAN; KAZEMI, 2008; THOMAS, 2008; YANG et al., 2014).

As características específicas de cada polímero são determinadas pelas propriedades químicas das suas subunidades, os monômeros. O modo como estes estão ligados, seu tamanho e peso molecular contribuem para a distinção das propriedades físicas do produto polimérico (BORDADO; GOMES, 2007). Polímeros hidrorretentores naturais podem ser formados por proteínas ou polissacarídeos, como a gelatina e o alginato. Polímeros sintéticos são produzidos com base em métodos químicos de polimerização. A maioria dos hidrorretentores utilizados na agricultura são de origem sintética, provenientes de produtos petrolíferos (NEETHU; DUBEY; KASWALA, 2018).

Grande parte dos hidrogéis utilizados na agricultura são produzidos a partir de poliacrilato de potássio, um polímero seguro, não tóxico, que evita poluição nos ecossistemas (NEETHU; DUBEY; KASWALA, 2018). Poliacrilato é produzido a partir da polimerização de ácido acrílico. Ácido acrílico é sintetizado a partir de propeno, subproduto da produção de etileno e gasolina (NNADI; BRAVE, 2011). A acrilamida usada para preparar o hidrogel é neurotóxica, mas a poliacrilamida não. Segundo KALHAPURE et al. (2016) a poliacrilamida não regenera esse monômero, portanto após a degradação do hidrogel não haverá resquícios de acrilamida.

Os polímeros hidrorretentores são utilizados na agricultura como condicionadores de solo (CARVALHO; CRUZ; MARTINS, 2013; MENDONÇA; QUERIDO; SOUZA, 2015; NAVROSKI et al., 2016; MUDHANGANYI et al., 2018). Além da propriedade de absorção de água, são capazes de liberá-la gradualmente, de acordo com a demanda das plantas, ou seja, funcionam como pequenos

reservatórios de água (KALHAPURE et al., 2016). Esses hidrogéis disponibilizam mais de 90% da umidade que mantêm (BORDADO; GOMES, 2007).

A utilização adequada de hidrogéis surge como tecnologia sustentável, ecológica e promissora para a agricultura (YONEZAWA; MOURA; AOUADA, 2017). Dentre os efeitos do uso dos hidroretentores sobre as plantas está a melhoria na qualidade e crescimento de mudas florestais (BERNARDI et al., 2012; MEWS et al., 2015; NAVROSKI et al., 2015a; NAVROSKI et al., 2015b; AZEVEDO et al., 2016; KONZEN et al., 2017; FILHO; GONDIM; COSTA, 2018). Gales et al. (2016), estudando a aplicação de hidrogel em soja e milho, observaram maior crescimento em altura das culturas, além de acréscimo no número de vagens e espigas.

Polímeros hidroretentores agrícolas são potenciais retardantes de fogo (SOUZA; ARAUJO; RIBEIRO, 2012; LIMA et al., 2019). A capacidade de reter umidade, atrelada aos efeitos positivos sobre a vegetação tornam os hidrogéis utilizados no âmbito agroflorestal, uma opção promissora como potenciadores de água para combater o fogo. Conseqüentemente, além do combate efetivo de incêndios espera-se mais segurança e benefícios ao banco de sementes e à vegetação remanescente.

2.4. Germinação e crescimento de plantas

A germinação de sementes e o crescimento de mudas são processos determinantes para o estabelecimento das plantas (HUBBARD; GERMIDA; VUJANOVIC, 2012). Esses são os estágios de maior sensibilidade do vegetal ao estresse abiótico (GOMES NETO et al., 2018; HADI et al., 2018).

Weitbrecht, Müller e Leubner-Metzger (2011) caracterizam o processo de germinação em três fases. Na fase inicial, a semente seca tem potencial hídrico muito baixo, o que favorece o influxo de água do solo dirigido pelo potencial matricial. Com a entrada de água, as funções metabólicas são reativadas e, mudanças no transcriptoma começam a ocorrer.

Na fase intermediária o embrião se expande e com a ruptura do endosperma ocorre a protusão da radícula. A absorção de água declina até que o gradiente de potencial hídrico seja restabelecido. Funções metabólicas adicionais iniciam, como por exemplo, reestruturação do citoesqueleto e ativação de mecanismos de reparo de

DNA (ácido desoxirribonucléico). A última fase, também denominada pós-germinação, corresponde ao momento de mobilização das reservas para o desenvolvimento da plântula (WEITBRECHT, MÜLLER, LEUBNER-METZGER, 2011).

A água é um dos fatores determinantes para a germinação de sementes, essencial para a reidratação dos tecidos e conseqüentemente, intensificação da respiração e ativação de sistemas enzimáticos (GOMES NETO et al., 2018). Por outro lado, o excesso de água diminui a taxa de germinação por reduzir a penetração de oxigênio (CONSIDINE et al., 2017). A quantidade de água que a semente consegue absorver depende do potencial de água no solo e de suas propriedades hidráulicas (ARNOLD et al., 2014).

Na transição de semente para plântula, várias reações físicas e químicas ocorrem, como a ruptura do endosperma, vazamento de solutos celulares, reparo de organelas, síntese de DNA (ácido desoxirribonucleico), RNA (ácido ribonucleico) e proteínas (VILLA-HERNÁNDEZ et al., 2013; MA; BYKOVA; IGAMBERDIEV, 2017; SAHU et al., 2017). Essas mudanças são reguladas pela temperatura ambiente, oxigênio, luz e hormônios vegetais. O ácido abscísico e as giberelinas são os principais reguladores na fase inicial da germinação (WEITBRECHT, MÜLLER, LEUBNER-METZGER, 2011).

O ciclo da célula vegetal é essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Esse ciclo controla os processos biológicos que garantem a expansão e divisão celular, incluindo a formação de paredes celulares durante a citocinese e a modificação durante o alongamento (POLYN; WILLEMS; DE VEYLDEL, 2015).

As células meristemáticas ou células-tronco são responsáveis pelo crescimento da planta. As citocininas, auxinas e giberelinas promovem o alongamento e divisão dos meristemas (SHI; VERNOUX, 2019). Os meristemas primários, localizados nas extremidades do corpo vegetal geram todas as partes aéreas e subterrâneas de uma planta (FISCHER et al., 2019). Essas células-tronco são estabelecidas durante a embriogênese (GREB; LOHMANN, 2016). Os meristemas secundários são responsáveis pela expansão radial dos eixos longitudinais (FISCHER et al., 2019). Esse grupo de meristemas são estabelecidos pós embriogênese (GREB; LOHMANN, 2016).

O ciclo celular das raízes é ativado quando as mudas trocam o crescimento heterotrófico dependente das reservas das sementes para o crescimento autotrófico, usando glicose proveniente da fotossíntese. (POLYN; WILLEMS; DE VEYLDEL, 2015). As folhas são os órgãos principais envolvidos na produção de massa seca pela fotossíntese. Esses órgãos constituem o aparelho assimilatório que definem o acúmulo de biomassa vegetal (TONDJO et al., 2015).

A fotossíntese é caracterizada por reações que transformam a energia solar em energia química biologicamente útil, grande responsável pelo carbono fixado (SHEN, 2015). A síntese de compostos orgânicos a partir da energia solar depende da disponibilidade de água e nutrientes, temperatura, irradiância e concentração de gás carbônico (MARENCO et al., 2014; TUCCI; MACHADO; MADOLO, 2018).

As clorofilas, principais pigmentos fotossintetizantes, captam a energia luminosa e transferem para centros de reação (CHEN et al., 2012). A primeira etapa da fotossíntese ocorre no fotossistema II, onde várias reações de transferência de elétrons induzidas pela luz levam à quebra da molécula de água (SHEN, 2015). A energia química proveniente dessa quebra é destinada à fotoquímica, gerando energia na forma de ATP (adenosina trifosfato) e NADPH (nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato) (MALNOË, 2018).

A energia luminosa absorvida, não utilizada na fotoquímica e nem dissipada através de calor, é emitida como fluorescência (MALNOË, 2018). Diversos fatores podem desencadear mudanças no aparato fotossintético e essas mudanças podem ser inferidas a partir da fluorescência da clorofila a. Esta técnica é utilizada nos estudos sobre estresse hídrico (CHEN et al., 2016; TUCCI et al., 2018; ZHANG et al., 2019), de temperatura (YUAN, 2016; ODHIAMBO et al., 2018; MAREČKOVÁ; BARTÁK; HÁJEK, 2019), nutricional (SINGH et al., 2017; ROOSTA; ESTAJI, NIKNAM, 2018) ou em avaliações de toxicidade de poluentes (AZIZULLAH; RICHTER; HADER, 2014).

Água, nutrientes, oxigênio, temperatura e luz são os principais fatores abióticos que afetam o crescimento de plantas, desses, a água é o mais limitante (BOUTRAA et al., 2010). A abertura de estômatos, a condutância do mesófilo e a atividade de enzimas fotossintéticas são diretamente afetadas pela disponibilidade de água (LUO; ZHANG; ZHANG, 2015; BOUGHALLEB et al., 2016; CHEN et al., 2016; ZHANG et al.,

2019). A divisão e expansão celular coordenam o crescimento das plantas através da pressão de turgor, fator mecânico que ocorre por meio da captação de água (LE GALL et al., 2015). Além disso, o meio aquoso é também o principal veículo de minerais (KHASANOVA; JAMES; DRENOVSKY, 2013; FISCHER et al., 2018).

A restrição do crescimento, retardando a extensão celular, costuma ser o primeiro efeito visível de estresse em vegetais (LE GALL et al., 2015). Esses efeitos podem ser mensurados através de análises de crescimento. A análise de crescimento é uma técnica que permite estimar o crescimento vegetal como um todo e a contribuição dos diferentes órgãos. Essa estimativa permite inferir sobre os processos morfofisiológicos da planta. É uma ferramenta precisa, relativamente simples e acessível (PEIXOTO; CRUZ; PEIXOTO, 2011).

As medidas de volume e massa são as mais comuns para caracterizar o crescimento. Os acréscimos em volume podem ser mensurados em apenas uma ou duas dimensões, como o crescimento em altura e área foliar. Já os aumentos em massa são dimensionados a partir da planta ou dos seus órgãos inteiros, por exemplo, através da massa fresca ou seca (PEIXOTO; CRUZ; PEIXOTO, 2011).

Outra técnica útil para avaliar os processos fisiológicos do vegetal é a análise da fluorescência da clorofila, cujas informações servem para detectar condições fisiológicas relacionadas ao aparato fotossintético (SONOBE; WANG, 2018; ZHANG et al., 2019). Com auxílio de fluorômetros portáteis, esse método não destrutivo torna possível a obtenção de variáveis relacionadas à fluorescência de forma relativamente simples e rápida.

2.5. Caracterização das espécies florestais estudadas

2.5.1. *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke

Schizolobium amazonicum Huber ex Ducke conhecido popularmente como paricá ou pinho cuiabano, é uma espécie da família Fabaceae de ocorrência restrita à Bacia Amazônica do Brasil, Bolívia e Venezuela. Ocorre na mata primária de terra firme, várzea alta e em florestas secundárias (SOUZA et al., 2003). Distribui-se em território brasileiro pelos estados do Amazonas, Pará, Mato Grosso e Rondônia (SOUSA; CARVALHO; RAMOS, 2005).

A árvore atinge de 15 a 40 m de altura, 50 a 100 cm de DAP (diâmetro à altura do peito). Possui tronco cilíndrico, reto, às vezes com sapopemas basais. Copa galhosa pouco densa com folhas compostas bipinadas, folíolos opostos e ráquis lenhosa. Possui dominância apical bem definida com ramificações somente a grande altura, sem brotos laterais (CARVALHO, 2006) (Figura 1A e B).

As sementes de *S. amazonicum* são ortodoxas e apresentam dormência tegumentar. São caracterizadas por superfície lisa, brilhante, oblonga-achatada, com tegumento duro (Figura 1C). Podem ser armazenadas por até três anos em ambiente controlado com temperatura de 0-5 °C e umidade relativa do ar igual a 40 %. A floração ocorre entre os meses de abril e maio e, a frutificação entre agosto e setembro (SOUZA et al., 2003; SOUSA; CARVALHO; RAMOS, 2005) (Figura 1C).

No norte do estado de Mato Grosso os plantios de *S. amazonicum* foram introduzidos na década de 1990. O principal destino da madeira desta espécie na região, foram às indústrias de compensados (RONDON, 2002). Por ser uma madeira leve, seu potencial também é aproveitado na fabricação de palitos de fósforo, saltos de calçados, brinquedos, embalagens leves, pranchetas, canoas, miolo de painéis e portas (SOUZA et al., 2003).

S. amazonicum é uma espécie com elevado potencial para programas de reflorestamento e sistemas agroflorestais. Seu rápido crescimento e adaptação a diferentes condições edafoclimáticas favorecem sua produção em plantios comerciais e bom desenvolvimento tanto em monocultivos quanto em consórcios (CORDEIRO, et al., 2015). A arquitetura de copa pequena é ideal para o nível de sombreamento de cacau e café (QUISEN; ROSSI; VIEIRA, 1999).

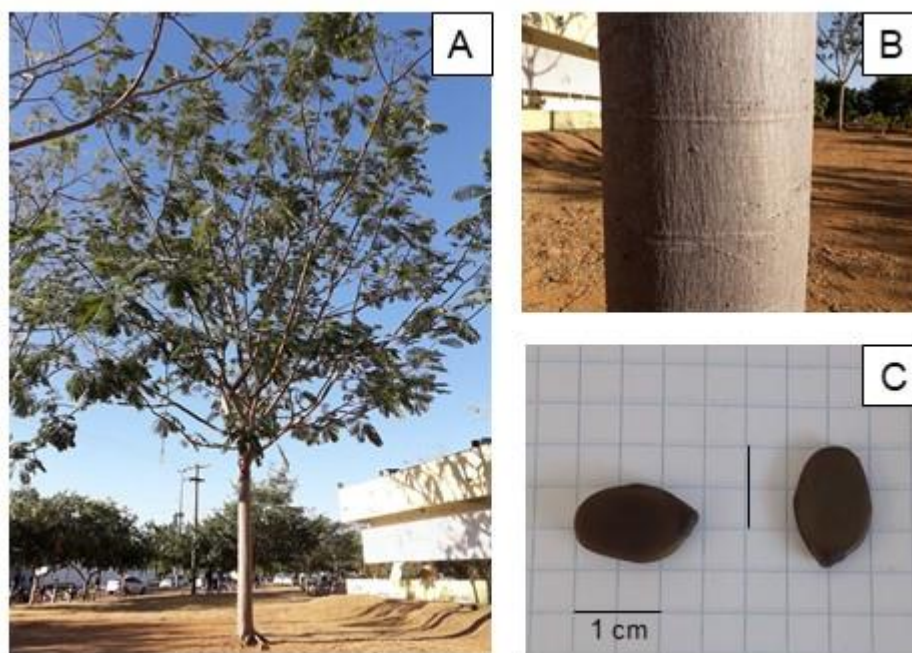


Figura 1. Árvore (A), caule (B) e sementes (C) de *S. amazonicum*. Fonte: própria.

2.5.1. *Handroanthus ochraceus* (Cham.) Mattos

Conhecido popularmente como ipê-amarelo-do-cerrado e pau-d'arco, *Handroanthus ochraceus* (Cham.) Mattos é uma árvore decídua da família Bignoniaceae que pode alcançar até 15 metros de altura (Figura 2A). Entre agosto e outubro ocorre a floração amarelo brilhante, o que faz com que esta espécie seja muito utilizada em projetos paisagísticos. O tronco possui casca sulcada de cor cinza a marrom claro (Figura 2C). As folhas são pouco pilosas, opostas, cruzadas, digitadas com cinco folíolos (LORENZI, 1992, SILVA JÚNIOR, 2005) (Figura 2E). As sementes aladas são ortodoxas (SALOMÃO et al., 2003) e produzidas em grande quantidade em frutos deiscentes, cilíndricos, felpudos de cor marrom-claro (SILVA JÚNIOR, 2005) (Figuras 2B e D).

A distribuição desta espécie no Brasil ocorre principalmente no Cerrado. *Handroanthus ochraceus* é adaptada a terrenos secos, com potencial para recuperação de áreas degradadas (LORENZI, 1992). Além disso possui madeira pesada, muito durável, empregada na construção civil (SILVA JÚNIOR, 2005).

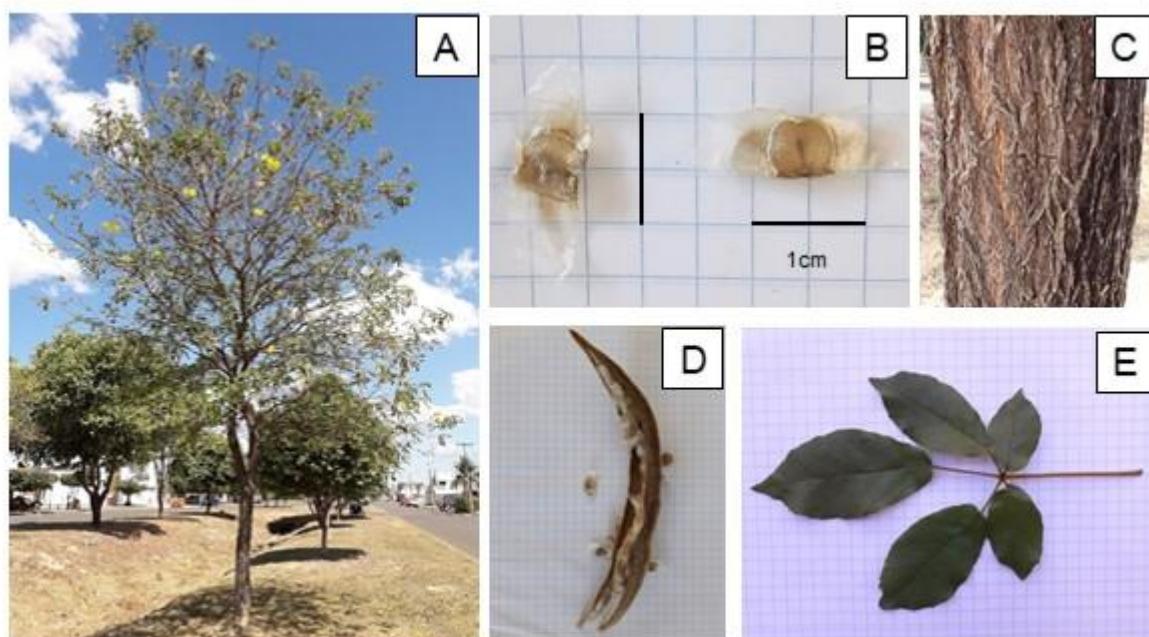


Figura 2. Árvore (A), sementes (B), caule (C), vagem (D) e folha de *Handroanthus ochraceus* (E). Fonte: própria.

2.5.2. *Tabebuia roseoalba* (Ridl.) Sandwith

Tabebuia roseoalba (Ridl.) Sandwith é uma espécie arbórea decídua, heliófita, da família Bignoniaceae, conhecida popularmente como ipê-branco (Figura 3A). Ocorre em matas primárias e secundárias nos estados de Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e norte de São Paulo. Sua altura atinge até 20 metros, e seu diâmetro 55 centímetros. As folhas são compostas, trifolioladas, de cor verde azulada (FIGURA 3C). Apresenta flores de coloração branca e floresce de agosto a outubro (LORENZI, 1992). As sementes são ortodoxas, leves, aladas, com poucas reservas (DELGAN et al., 2001) (Figura 3B).

As características ornamentais das folhas e flores desta espécie, a tornam muito utilizada na arborização urbana. Além disso, a madeira de *Tabebuia roseoalba* é moderadamente pesada, macia, com ótima durabilidade para ambientes internos, à vista disso, bastante utilizada na construção civil. Por apresentar adaptabilidade elevada a solos secos e pedregosos, seu plantio pode beneficiar a recuperação de áreas degradadas (LORENZI, 1992).

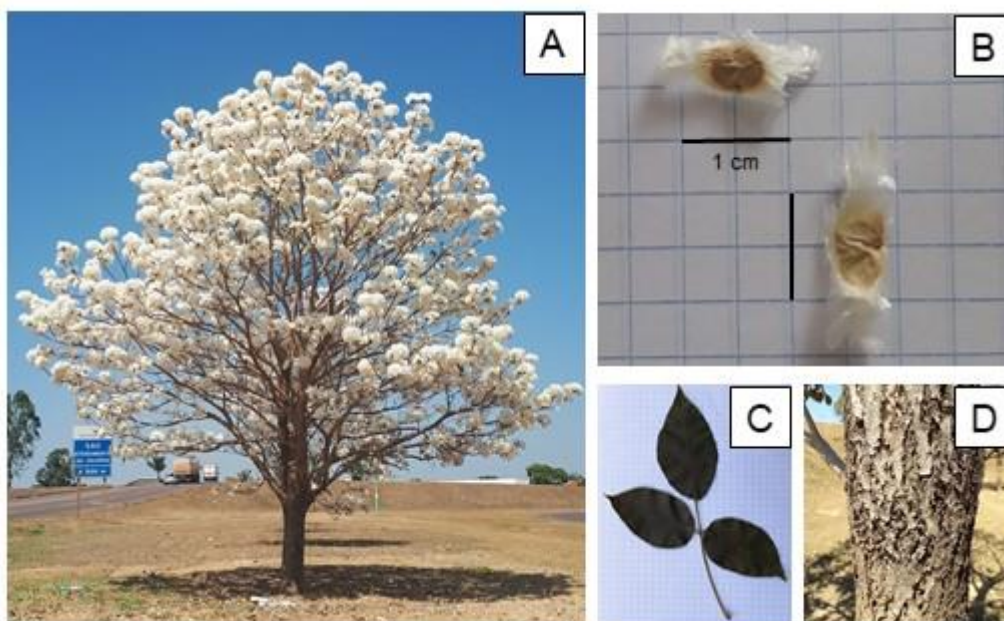


Figura 3. Árvore (A), folha (B), caule (C) e sementes (D) de *Tabebuia roseoalba*. Fonte: própria.

2.6. Descrição dos produtos utilizados

Os retardantes utilizados neste estudo são classificados como retardantes de curta duração. São produtos contra incêndios Classe A, ou seja, indicados para incêndios nos quais materiais sólidos queimam em superfície e profundidade. O principal critério de seleção dos retardantes foi o uso e disponibilidade comercial dos produtos no Brasil.

Phos-Chek WD881® (ICL PERFORMANCE PRODUCTS LP, St. Louis, MO, EUA) possui em sua composição: sulfonato de alfa olefina, 2-metilpentano-2,4-diol, álcool laurílico e d-limoneno. A combinação de surfactantes nesse retardante de chama reduz a tensão superficial da água e, em contato com o ar produz espuma que envolve os combustíveis, criando uma barreira entre o material combustível e o fogo. Phos-Chek WD881 é fornecido pelo fabricante como um líquido concentrado cuja taxa de mistura recomendada é 0,1 a 1%. Essa espuma é biodegradável, ou seja, seus compostos são degradados por bactérias. Mais de 85% dos compostos são convertidos em dióxido de carbono dentro de 28 dias (ICL PERFORMANCE PRODUCTS LP, 2015).

Hold Fire® (FAVARO & PERIN Ind. e Com. LTDA – ME, Vila Velha, ES, BR) é um produto brasileiro fornecido na forma de um gel viscoso. É constituído por óleos vegetais, polímero natural higroscópico e surfactantes biodegradáveis, sendo isento de materiais pesados (FAVARO; PERIN, 2016). A dosagem de mistura indicada pelo fabricante é de 0,7 a 1,5%. A partir de ensaios de ecotoxicidade apresentados ao IBAMA, infere-se que se trata de um produto pouco tóxico, pouco persistente e biodegradável (IBAMA, 2018b).

Nutrigel® (AGROTERRA INSUMOS, São José do Rio Preto, SP, BR) consiste em um polímero hidroretentor especialmente desenvolvido para a agricultura como condicionador de solo, absorvente de água. É constituído por monômeros de carbono ligados por pontes de hidrogênio, carbonato de magnésio e carbonato de cálcio. Imerso em meio aquoso e incorporado ao solo, chega a absorver até 750 vezes seu peso em água e pode aumentar de tamanho até 10 vezes (AGROTERRA, 2015).

Segundo o fabricante (AGROTERRA, 2015), esse produto favorece o crescimento das plantas porque a água e os nutrientes ficam mais disponíveis para as raízes, além de acelerar a germinação e aumentar o enraizamento. Esse superabsorvente também aumenta a capacidade catiônica do solo, melhora a fixação de nitrogênio, diminui a compactação e as perdas de nutrientes por lixiviação.

Ressalta-se na embalagem do produto que o hidrogel é um produto inócuo, ou seja, não muda a natureza da água. Não é tóxico e nem degrada o meio ambiente, sua vida útil no solo é de até 5 anos.

3. REFERÊNCIAS

ADAMS, R.; SIMMONS, D. Ecological effects of fire fighting foams and retardants: a summary. **Australian Forestry**, Queen Victoria, v. 62, n. 4, p. 307-314, 1999. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1080/00049158.1999.10674797>.

AGROTERRA INSUMOS. **Nutrigel**. São José do Rio Preto: Agrotterra Insumos, 2015. (Ficha técnica).

ALCASENA, F. J.; SALIS, M.; NAUSLAR, N. J.; AGUINAGA, A. E.; VEGA-GARCÍA, C. Quantifying economic losses from wildfires in black pine afforestations of northern Spain. **Forest Policy and Economics**, v. 73, p. 153-167, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.forpol.2016.09.005>.

ANDERSON, L. O.; MARCHEZINI, V.; MORELO, T. F.; CUNNIGHAN, C. A. Modelo conceitual de sistema de alerta e de gestão de riscos e desastres associados a incêndios florestais e desafios para políticas públicas no Brasil. **Revista Territorium**, v. 26, n. 1, p. 43-62, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.14195/1647-7723>>.

ANDRADE FILHO, V. S.; ARTAXO NETTO, P. E.; HACON, S. S.; CARMO, C. N. Distribuição espacial de queimadas e mortalidade em idosos em região da Amazônia Brasileira, 2001 - 2012. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, p. 245-253, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1413-81232017221.09622015>>.

ANGELER, D. G.; RODRÍGUEZ, M.; MARTÍN, S.; MORENO, J. M. Assessment of application-rate dependent effects of a long-term fire retardant chemical (Fire Trol 934R) on *Typha domingensis* germination. **Environment International**, Toledo, v. 30, p. 375-381, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2003.09.003>>.

ARAGÃO, L. E. O. C.; ANDERSON, L.O.; FONSECA, M. G.; ROSAN, T. M.; VEDOVATO, L.; WAGNER, F., SILVA, C., JÚNIOR, C.; ARAI, E.; AGUIAR, A. P.; NARLOW, J.; BERENQUER, E.; DEETER, M.; DOMINGUES, L.; GATTI, L.; GLOOR, M.; MALHI, Y.; MARENGO, J.; MILLER, J.; PHILLIPS, O.; SAATCHI, S. 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. **Nature Communications**, v. 9, n. 1, 2018. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1038/s41467-017-02771-y>>.

ARNOLD, S.; KAILICHOVA, Y.; KNAUER, J.; RUTHSATZ, A. D.; BAUMGARTL, T. Effects of soil water potential on germination of co-dominant Brigalow species: Implications for rehabilitation of water-limited ecosystems in the Brigalow Belt bioregion. **Ecological Engineering**, v. 70, p. 35-42, 2014. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.04.015>>.

AZEVEDO, G. T. O. S.; AZEVEDO, G. B.; SOUZA, A. M.; MEWS, C. L.; SOUSA, J. R. L. Effect of hydrogel doses in the quality of *Corymbia citriodora* Hill & Johnson seedlings. **Nativa**, Sinop, v. 4, n. 4, p. 244-248, 2016. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v04n04a10>>.

AZIZULLAH, A.; RICHTER, P.; HADER, D. Photosynthesis and photosynthetic pigments in the flagellate *Euglena gracilis* – As sensitive endpoints for toxicity evaluation of liquid detergents. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 133, p. 18-26, 2014.

BAKER, K. R.; WOODY, M. C.; VALIN, L.; SZYKMAN, J.; YATES, E. L.; IRACI, L. T.; CHOI, H. D.; SOJA, A. J.; KOPLITZ, S. N.; ZHOU, L.; CAMPUZANO-JOST, P.; JIMENEZ, J. L.; HAIR, J. W. Photochemical model evaluation of 2013 California wild fire air quality impacts using surface, aircraft, and satellite data. **Science of The Total Environment**, v. 637-638, p. 1137-1149, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.048>>

BARANČÍKOVÁ, G.; JARZYKIEWICZ, M.; GÖMÖRYOVÁ, E.; TOBIAŠOVÁ, E.; LITAVEC, T. Changes in forest soil organic matter quality affected by windstorm and wildfire. **Journal of Soils and Sediments**, v. 18, n. 8, p. 2738-2747, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11368-018-1942-2>>.

BARREIRO, A., MARTÍN, A.; CARBALLAS T.; DÍAZ-RAVIÑA, M. Long-term response of soil microbial communities to fire and fire-fighting chemicals. **Biology and Fertility of Soils**, v. 52, p. 963-975, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00374-016-1133-5>>.

BATISTA, A. C.; MARTINI, A.; PEREIRA, J. F.; FERREIRA, J. Avaliação da eficiência de um retardante de longa duração, à base de polifosfatoamônico, em queimas controladas em condições de laboratório. **Scientia Forestalis**, v. 36, n. 79, p. 223-229, 2008.

BELL, T.; TOLHURST, K.; WORTERS, M. Effects of fire retardant Phos-Chek on vegetation in eastern Australian heathlands. **International Journal of Wildland Fire**, Roslyn, v. 14, p. 199-211, 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1071/WF04024>>.

BEREZIN, E. V.; KONOVALOV, I. B.; GROMOV, S. A.; BEEKMANN, M.; SCHULZE, E.-D. The model study of the wildfire impact on the spatial distribution of deposition of sulfur and nitrogen compounds in Siberia. **Russian Meteorology and Hydrology**, v. 38, n. 11, p. 750-758, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3103/S1068373913110046>>.

BERNARDI, M. R.; SPEROTTO JÚNIOR, M.; DANIEL, O.; VITORINO, A. C. T. Crescimento de mudas de *Corymbia citriodora* em função do uso de hidrogel e adubação. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 1, p. 67-74, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-77602012000100009>>.

BESAW, L. M.; THELEN, G. C.; SUTHERLAND, S.; METLEN, K.; CALLAWAY, R.M. Disturbance, resource pulses and invasion: short-term shifts in competitive effects, not growth responses, favor exotic annuals. **Journal of Applied Ecology**, v. 48, n. 4, p. 998-1006, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.01988.x>>.

BONDUR, V. G.; GORDO, K. A.; KLADOV, V. L. Spacetime distributions of wildfire areas and emissions of carbon-containing gases and aerosols in northern Eurasia according to satellite-monitoring data. **Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics**, v. 53, n. 9, p. 859-874, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1134/S0001433817090055>>.

BORDADO, J. C.; GOMES, J. F. P. New technologies for effective forest fire fighting. **International Journal of Environmental Studies**, Lisboa, v. 64, n. 2, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/00207230701240578>>.

BOUGHALLEB, F.; ABDELLAOUI, R.; BEN BRAHIM, N.; NEFFATI, M. Growth, photosynthesis, water use efficiency, and osmoregulation of the wild species *Astragalus gombiformis* Pomel. Under water deficit. **Brazilian Journal of Botany**, v. 39, n. 1, p. 147-156, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s40415-015-0230-2>>.

BOUTRAA, T.; AKHKHA, A.; AL-SHOAIBI, A. A.; AND ALHEJELI, A. M. Effect of water stress on growth and water use efficiency (WUE) of some wheat cultivars (*Triticum durum*) grown in Saudi Arabia. **Journal of Taibah University for Science**, v. 3, p. 39-48, 2010. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S1658-3655\(12\)60019-3](http://dx.doi.org/10.1016/S1658-3655(12)60019-3)>.

BOWMAN, D. M. J. S.; BALCH, J.; ARTAXO, P.; BOND, W. J.; COCHRANE, M. A.; D'ANTONIO, C. M.; DEFRIES, R.; JOHNSTON, F. H.; KEELEY, J. E.; KRAWCHUK, M. A.; KULL, C.A.; MACK, M.; MORITZ, M. A.; PYNE, S.; ROOS, C. I.; SCOTT, A. C.; SODHI, N. S.; SWETNAM, T. W. The human dimension of fire regimes on Earth. **Journal of Biogeography**, v. 38, p. 2223-2236, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2699.2011.02595.x>>.

BRADSTOCK, R.; SANDERS, J.; TEGART, A. Short-term effects on the foliage of a eucalypt forest after an aerial application of a chemical fire retardant. **Australian Forestry**, v. 50, n. 2, p. 71-80, 1987. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/00049158.1987.10674498>>.

BRANDO, P. M.; NEPSTAD, D. C.; BALCH, J. K.; BOLKER, B.; CHRISTMAN, M. C.; COE, M.; PUTZ, F. Fire-induced tree mortality in a neotropical forest: the roles of bark traits, tree size, wood density and fire behavior. **Global Change Biology**, v. 18, p. 630-641, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02533.x>>.

CANZIAN, W. P.; FIEDLER, N. C.; BRINATE, I. B.; JUVANHOL, R. S.; BIGHI, K. N. Diferentes concentrações de retardante de fogo em plantios de eucalipto. **Nativa**, Sinop, v. 4, n. 4, p. 195-198, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v04n04a02>>.

CARVALHO, P. H. R. Paricá. In: _____ (Ed.) **Espécies arbóreas brasileiras**, v. 2. Brasília: Embrapa informação tecnológica, Colombo: Embrapa Florestas, 2006. p. 401-407.

CARVALHO, R. P.; CRUZ, M. C. M.; MARTINS, L. M. Frequência de irrigação utilizando polímero hidroabsorvente na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 518-526, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452013000200022>>.

CERDÀ, A.; BORJA, M. E. L.; ÚBEDA, X.; MARTÍNEZ-MURILLO, J. F.; KEESSTRA, S. *Pinus halepensis* M. Versus *Quercus ilex* subsp. *Rotundifolia* L. runoff and soil erosion at pedon scale under natural rainfall in Eastern Spain three decades after a forest fire. **Forest Ecology and Management**, v. 400, p. 447-456, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2017.06.038>>.

CHEN, W. R.; ZHENG, J. S.; LI, Y. Q.; GUO, W. D. Effects of high temperature on photosynthesis, chlorophyll fluorescence, chloroplast ultrastructure, and antioxidant activities in fingered citron. **Russian Journal of Plant Physiology**, v. 59, n. 6, p. 732-740, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1134/s1021443712060040>>.

CHEN, Y.; LIU, L.; GUO, Q.; ZHU, Z.; ZHANG, L. Effects of different water management options and fertilizer supply on photosynthesis, fluorescence parameters and water use efficiency of *Prunella vulgaris* seedlings. **Biological Research**, v. 49, n. 12, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1186/s40659-016-0069-4>>.

CONSIDINE, M. J.; DIAZ-VIVANCOS, P.; KERCHEV, P.; SIGNORELLI, S., AGUDELO-ROMERO, P.; GIBBS, D. J.; FOYER, C. H. Learning to breathe: developmental phase transitions in oxygen status. **Trends in Plant Science**, v. 22, n. 2, p. 140-153, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tplants.2016.11.013>>.

CORDEIRO, I. M. C. C.; BARROS, P. L. C.; LAMEIRA, O. A.; FILHO, A. B. G. Avaliação de plantios de paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby de diferentes idades e sistemas de cultivo no município de Aurora do Pará - PA (Brasil). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 3, p. 679-687, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5902/1980509819618>>.

COSTA, M. S. S.; MELO, L. O. Dinâmica da regeneração natural após manejo e incêndio em área da floresta nacional do Tapajós. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 9, n. 6, p. 37-44, 2018. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2018.006.0004>>.

COUTO-VAZQUÉZ, A; GONZALÉZ-PRIETO, S. J. Efectos a longo prazo do lume e tres axentes extintores no sistema solo-planta. **BRAÑA**, Santiago de Compostela, v. 11, n. 1, p. 01-25, 2013.

CUI, X.; ALAM, M. A.; PERRY, G. L. W.; PATERSON, A. M.; WYSE, S. V.; CURRAN, T. J. Green firebreaks as a management tool for wildfires: Lessons from China. **Journal of Environmental Management**, v. 233, p. 329-336, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.12.043>>.

DELGAN, P.; AGUIAR, I. B.; SADER, R.; PERECIN, D.; PINTO, L. R. Influência de métodos de secagem na conservação de sementes de Ipê-branco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 3, p. 492-496. 2001.

FAVARO; PERIN. **Hold fire: retardante de incêndio classe A**. Vila Velha: Favaro & Perin Indústria e Comércio Ltda - ME, 2016. 4p. (Boletim Técnico).

FERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, M.; GOMÉZ-REY, M.X.; GONZÁLEZ-PRIETO, S. J. Effects of fire and three fire-fighting chemicals on main soil properties, plant nutrient content and vegetation growth and cover after 10 years. **Science of the Total Environment**, v. 515-516, p. 92-100, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.02.048>>.

FIEDLER, N. C.; CANZIAN, W. P.; MAFIA, R. G.; RIBEIRO, G. A.; JUNIOR, J. K. Intensidade de queima de diferentes retardantes de fogo. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 39, n. 4, p. 691-696, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000400011>>.

FISCHER, S.; HILGER, T.; PIEPHO, H. P.; JORDAN, I.; CADISCH, G. Do we need more drought for better nutrition? The effect of precipitation on nutrient concentration in East African food crops. **Science of The Total Environment**, v. 658, p. 405-415, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.181>>.

FISCHER, U.; KUCUKOGLU, M.; HELARIUTTA, Y.; BHALERAO, R. P. The dynamics of cambial stem cell activity. **Annual Review of Plant Biology**, v. 70, p. 293-319, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1146/annurev-arplant-050718-100402>>.

GALES, D. C.; TRINCÃ, L. C.; CAZACU, A.; PEPTU, C. A.; JITĂREANU, G. Effects of a hydrogel on the cambic chernozem soil's hydrophysic indicators and plant morphophysiological parameters. **Geoderma**, v. 267, p. 102–111, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.12.008>>.

GIMÉNEZ, A.; PASTOR, E.; ZÁRATE, L.; PLANAS, E.; ARNALDOS, J. Long-term forest fire retardants: a review of quality, effectiveness, application and environmental considerations. **International Journal of Wildland Fire**, v. 13, p. 1-15, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1071/WF03001>>.

GOMES NETO, V.; RIBEIRO, P. R.; DEL-BEM, L. E.; BERNAL, D. T.; CUNHA LIMA, S. T.; LIGTERINK, W.; FERNANDEZ, L. G.; DE CASTRO, R. D. Characterization of the superoxide dismutase gene family in seeds of two *Ricinus communis* L. genotypes submitted to germination under water restriction conditions. **Environmental and Experimental Botany**, v. 155, p. 453-463, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.08.001>>.

GREB, T.; LOHMANN, J. U. Plant stem cells. **Current Biology**, v. 26, n. 17, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2016.07.070>>.

HADI, S. M. S.; AHMED, M. Z.; HAMEED, A.; KHAN, M. A.; GUL, B. Seed germination and seedling growth responses of toothbrush tree (*Salvadora persica* Linn.) to different interacting abiotic stresses. **Flora**, v. 243, p. 45-52, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.flora.2018.04.002>>.

HARTSKEERL, K.; SIMMONS, D.; ADAMS, R. Does firefighting foam affect the growth of some Australian native plants. **International Journal of Wildland Fire**, v. 13, p. 335-341, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1071/WF03065>>.

HUBBARD, M.; GERMIDA, J.; VUJANOVIC, V. Fungal endophytes improve wheat seed germination under heat and drought stress. **Botany**, v. 90, p. 137-49, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1139/b11-091>>.

HUTTERMANN, A.; ZOMMORODI, M.; REISE, K. Addition of hydrogels to soil for prolonging the survival of *Pinus halepensis* seedlings subjected to drought. **Soil & Tillage Research**, v. 50, p. 299-304, 1999.

IBAMA. INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS- IBAMA. **Em atendimento à solicitação efetuada pela Diretoria de Proteção Ambiental (DIPRO) para que a Diretoria de Qualidade Ambiental (DIQUA) se manifeste tecnicamente sobre o uso de retardantes de chamam aplicáveis no combate a incêndios florestais**. Brasília: Coordenação de Avaliação Ambiental de Substâncias e Produtos Perigosos: IBAMA, 2018a. 15p. (Parecer técnico, n.514/2018-COASP/CGASQ/DIQUA). Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/phocadownload/quimicos-e-biologicos/retardantes-dechamas/2018-SEI_IBAMA-Parecer-Tecnico-5142018COASP-CGASQ-DIQUA.pdf>. Acesso em: 16 mai. 2019.

IBAMA. INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Em atendimento à solicitação pela CGASQ de avaliação dos documentos encaminhados a respeito do produto Hold Fire**. Coordenação de Avaliação Ambiental de Substâncias e Produtos Perigosos, Brasília: IBAMA, 2018b. 15p. (Nota técnica, n. Nº 52/2018/COASP/CGASQ/DIQUA, 6 de setembro de 2018). Disponível em: <https://ibama.gov.br/phocadownload/qualidadeambiental/notastecnicas/NOTA_TECNICA_N_522018COASPCGASQDIQUA.pdf>. Acesso em: 16 mai. 2019.

ICL PERFORMANCE PRODUCTS LP. **Safety Data Sheet (Phos-Chek® WD881 Class a Foam Concentrate)**. St. Louis, 2015. 5p. Disponível em:<<https://www.fs.fed.us/rm/fire/wfcs/products/msds/foam/wd881.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2019.

INPE, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Programa de Queimadas. **Boletim Mensal do Programa de Monitoramento e Risco de Queimadas e Incêndios Florestais**. São José dos Campos: INPE/ CPTEC, v. 4, n. 11, 2019. 14 p. Disponível em: <http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal/outros-produtos/infoqueima/2019_11_infoqueima.pdf> Acesso em jan. 2020.

KALABOKIDIS, K. D. Effects of wildfire suppression chemicals on people and the environment- a review. **Global Nest Journal**, Marousi, v. 2, n. 1, p. 129-137, 2000. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.30955/gnj.000144>>.

KALHAPURE, A.; KUMAR, R.; SIGH, V. P.; PANDLEY, D. S. Hydrogels: a boon for increasing agricultural productivity in water-stressed environment. **Current Science**, v. 11, n. 11, p. 1773-1779, 2016. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.18520/cs/v111/i11/1773-1779>>.

KARSAI, I.; ROLAND, B.; KAMPIS, G. The effect of fire on an abstract forest ecosystem: an agent based study. **Ecological Complexity**. v. 28, p. 12-23, 2016 Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecocom.2016.09.001>>.

KEFFER, J. F. **Efeito de retardantes de fogo sobre a germinação de espécies florestais tropicais**. 2019. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Instituto de Ciências Naturais, Humanas e Sociais, Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, 2019.

KHASANOVA, A.; JAMES, J. J.; DRENOVSKY, R. E. Impacts of drought on plant water relations and nitrogen nutrition in dryland perennial grasses. **Plant and Soil**, v. 372, n. 1-2, p. 541-552, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11104-013-1747-4>>.

KIM, M.; JAKUS, P. M. Wildfire, national park visitation, and changes in regional economic activity. **Journal of Outdoor Recreation and Tourism**, v. 26, p. 34-42, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jort.2019.03.007>>.

KONZEN, E. R.; NAVROSKI, M. C.; FRIEDERICHS, G.; FERRARI, L. H.; PEREIRA, M. O.; FELIPPE, D. The use of hydrogel combined with appropriate substrate and fertilizer improve quality and growth performance of *Mimosa scabrella* benth. seedlings. **Cerne**, Lavras, v. 23, n. 4, p. 473-482, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/01047760201723042440>>.

KOUPAI, J. A.; ESLAMIAN, S. S.; KAZEMI, J. A. Enhancing the available water content in unsaturated soil zone using hydrogel, to improve plant growth indices. **Ecohydrology & Hydrology**, v. 8, n. 1, p. 67-75, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2478/v10104-009-0005-0>>.

KRAMER, D. M.; JOHNSON, G.; KIIRATS, O.; EDWARDS, G. E. new fluorescence parameters for the determination of QAredox state and excitation energy fluxes. **Photosynthesis Research**, v. 79, n. 2, p. 209-218, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1023/b:pres.0000015391.99477.0d>>.

LARSON, D. L.; NEWTON, W. E.; ANDERSON, P. J.; STEIN, S. J. Effects of fire retardant chemical and fire-suppressant foam on shrub steppe vegetation in northern Nevada. **International Journal of Wildland Fire**, Roslyn, v. 9, n. 2, p. 115-127, 1999. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1071/WF00013>>.

LARSON, J. R.; DUNCAN, D. A. Annual grassland response to fire retardant and wildfire. **Journal of Range Management**, Denver, v. 35, p. 700-703, 1982. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2307/3898242>>.

LE GALL, H. L.; PHILIPPE, F.; DOMON, J. M.; GILLET, F.; PELLOUX, J.; RAYON, C. Cell wall metabolism in response to abiotic stress. **Plants**, v. 4, p. 112-166, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/plants4010112>>.

LIMA, D. C.; SOUZA, A. P.; CABECEIRA, F. G.; KEFFER, J. F.; PIZZATO, M.; BORELLA, D. R. Volume de calda e concentração de retardantes de fogo em queimas controladas em área de eucalipto na transição Cerrado-Amazônia. **Ciência Florestal**, 2020. No prelo

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. São Paulo: Instituto Plantarum, 1992. 382p.

LUNA, B.; MORENO, J. M.; CRUZ, A.; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, F. Effects of a long-term fire retardant chemical (Fire-Trol 934) on seed viability and germination of plants growing in a burned Mediterranean area. **International Journal Wildland Fire**, v. 16, n. 3, p. 349-359, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1071/WF06093>>.

LUO, H. H.; ZHANG, Y. L.; ZHANG, W. F. Effects of water stress and rewatering on photosynthesis, root activity, and yield of cotton with drip irrigation under mulch. **Photosynthetica**, v. 54, n. 1, p. 65-73, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11099-015-0165-7>>.

MA, Z.; BYKOVA, N. V.; IGAMBERDIEV, A.U. Cell signaling mechanisms and metabolic regulation of germination and dormancy in barley seeds. **The Crop Journal**, v. 5, n. 6, p. 459-477, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cj.2017.08.007>>.

MACHADO FILHO, C.; MARTINS, M. C.; RIBEIRO, G. A.; LIMA, G. S.; CARDOSO, M. T.; TORRES, C. M. M. E.; PINTO, F. B. Eficiência de um retardante de fogo de longa duração utilizado em incêndios florestais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 365-371, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5902/198050985743>>.

MALNOË, A. Photoinhibition or photoprotection of photosynthesis? Update on the (newly termed) sustained quenching component qH. **Environmental and Experimental Botany**, v. 154, p. 123-133, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.05.005>>.

MAREČKOVÁ, M.; BARTÁK, M.; HÁJEK, J. Temperature effects on photosynthetic performance of Antarctic lichen *Dermatocarpon polyphyllizum*: a chlorophyll fluorescence study. **Polar Biology**, v. 42, n. 4, p. 685-701, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00300-019-02464-w>>.

MARENCO, R. A.; ANTEZANA-VERA, S. A.; GOUVÊA, R. S.; CAMARGO, M. A. B.; OLIVEIRA, M. F.; SANTOS, J. K. S. Fisiologia de espécies florestais da Amazônia: fotossíntese, respiração e relações hídricas. **Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 7, p. 786-799, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x201461000004>>.

MARSHALL, A.; WALLER, L.; LEKBERG, A. Y. Cascading effects of fire retardant on plant-microbe interactions, community composition, and invasion. **Ecological Applications**, v. 26, n. 4, p. 996-1002, 2016. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1890/16-0001.1>>.

MEIRA JÚNIOR, M. S.; PEREIRA, I. M.; MACHADO, E. L. M.; MOTA, S. L. L.; RIBEIRO, P. S. S. P.; OTONI, T. J. O. Impacto do fogo em campo sujo no Parque Estadual do Biribiri, Minas Gerais, Brasil. **Floresta e Ambiente: Seropédica**, v. 24, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.110814>>.

MENDONÇA, T. G.; QUERIDO, D. C. M.; SOUZA, C. F. Eficiência do polímero hidroabsorvente na manutenção da umidade do solo no cultivo de alface. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 9, n. 4, p. 23-245, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.7127/RBAI.V9N400312>>.

MEWS, C. L.; SOUSA, J. R. L.; AZEVEDO, G. T. O. S.; SOUZA, A. M. Efeito do hidrogel e ureia na produção de mudas de *Handroanthus ochraceus* (Cham.) Mattos. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, p. 107-116, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.080814>>.

MONTAGNOLLI, R. N.; LOPES, P. R.; CRUZ, J. M.; CLARO, E. M. T.; QUITERIO, G. M.; BIDOIA, E. D. The effects of fluoride based fire-fighting foams on soil microbiota activity and plant growth during natural attenuation of perfluorinated compounds. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 50, p. 119-127, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.etap.2017.01.017>>.

MUDHANGANYI, A.; NDAGURWA, H. G. T.; MARAVANYIKA, C.; MWASE, R. The influence of hydrogel soil amendment on the survival and growth of newly transplanted *Pinus patula* seedlings. **Journal of Forestry Research**, v. 29, n. 1, p. 103-109, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11676-017-0428-1>>.

NAVROSKI, M. C.; ARAÚJO M. M.; FIOR, C. S.; CUNHA, F. S.; BERGHETTI, A. L. P.; PEREIRA, M. O. Uso de hidrogel possibilita redução da irrigação e melhora o crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 106, p. 467-476, 2015a.

NAVROSKI, M. C.; ARAÚJO M. M.; REININGER, L. R. S.; MUNIZ, M. F. B.; PEREIRA, M. O. Influência do hidrogel no crescimento e no teor de nutrientes das mudas de *Eucalyptus dunnii*. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 2, p. 315-328, 2015b. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/rf.v45i2.34411>>.

NAVROSKI, M. C.; ARAUJO, M. M.; PEREIRA, M. O.; FIOR, C. S. Influência do polímero hidrotentor nas características do substrato comercial para produção de mudas florestais. **Interciencia**, Caracas, v. 41, n. 5, p. 357-361, 2016.

NEETHU, T. M.; DUBEY, P. K.; KASWALA, A. R. Prospects and applications of hydrogel technology in agriculture. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 7, n. 5, p. 3155-3162, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.20546/ijcmas.2018.705.369>>.

NNADI, F.; BRAVE, C. Environmentally friendly superabsorbent polymers for water conservation in agricultural lands. **Journal of Soil Science and Environmental Management**, v. 2, n. 7, p. 206-211, 2011.

ODHIAMBO, M. O.; WANG, X. C.; DE ANTONIO, P. I. J.; SHI, Y. Y.; ZHAO, B. Effects of root-zone temperature on growth, chlorophyll fluorescence characteristics and chlorophyll content of greenhouse pepper plants grown under cold stress in Southern China. **Russian Agricultural Sciences**, v. 44, n. 5, p. 426-433. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3103/s1068367418050130>>.

OTERO, I.; NIELSEN, J. Ø. Coexisting with wildfire? Achievements and challenges for a radical social-ecological transformation in Catalonia (Spain). **Geoforum**, v. 85, p. 234-246, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.geoforum.2017.07.020>>.

PAPPA, A. A.; TZAMTZIS, N.; KOUFOPOULOU, S. E. Nitrogen leaching from a forest soil exposed to fire retardant with and without fire: A laboratory study. **Annals of Forest Science**, v. 65, n. 210, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1051/forest:2007093>>.

PARENTE, J.; AMRAOUI, M.; MENEZES, I.; PEREIRA, M. G. Drought in Portugal: Current regime, comparison of indices and impacts on extreme wildfires. **Science of The Total Environment**, v. 685, p. 150-173, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.298>>.

PEIXOTO, C. P.; CRUZ, T. V.; PEIXOTO, M. F. S. P. Análise quantitativa do crescimento de plantas: Conceitos e prática. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 13, p. 51-76, 2011.

PLUCINSKI, M. P.; SULLIVAN, A. L.; HURLEY, R. J. A methodology for comparing the relative effectiveness of suppressant enhancers designed for the direct attack of wildfires. **Fire Safety Journal**, Oxford, v. 87, p. 71-79, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.firesaf.2016.12.005>>.

POLYN, S.; WILLEMS, A.; DE VEYLDER, L. Cell cycle entry, maintenance, and exit during plant development. **Current Opinion Plant Biology**, v. 23, p. 1-7, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.pbi.2014.09.012>>.

PONTES FILHO, R. A.; GONDIM, F. A.; COSTA, M. C. G. Seedling growth of tree species under doses of hydrogel and two levels of luminosity. **Revista Árvore**, v. 42, n. 1, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1806-90882018000100012>>.

QUISEN, R. C.; ROSSI, L. M. B.; VIEIRA, A. H. **Utilização de bandarra (*Schizolobium amazonicum*) em sistemas agroflorestais**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 1999. 13 p. (Circular Técnica, 42).

REZENDE, E. N.; OLIVEIRA, E. R. A dinâmica do incêndio florestal e sua repercussão na responsabilidade civil por dano ambiental. **Revista Direito Ambiental e sociedade**, v. 5, n. 2, p. 54-81, 2015.

RIBEIRO, G. A.; LIMA, G. S.; OLIVEIRA, A. L. S.; CAMARGOS, V. L.; MAGALHÃES, M, U. A eficiência de um retardante de longa duração na redução da propagação do fogo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 1025-1031, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622006000600018>>.

RIBEIRO, I. O.; ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T.; SOUSA, T. R.; MEDEIROS, A. S.; GODOI, R. H. M.; DUVOSIN JÚNIOR, S.; MARTIN, S. T.; SOUZA, R. A. F. Biomass burning and carbon monoxide patterns in Brazil during the extreme drought years of 2005, 2010, and 2015. **Environmental Pollution**, v. 243, p. 1008-1014, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2018.09.022>>.

RODON, E. V. Produção de biomassa e crescimento de árvores de *Schizolobium amazonicum* (Huber) Ducke sob diferentes espaçamentos na região de mata. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 573-576, 2002. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622002000500007>>.

ROOSTA, H. R.; ESTAJI, A.; NIKNAM, F. Effect of iron, zinc and manganese shortage-induced change on photosynthetic pigments, some osmoregulators and chlorophyll fluorescence parameters in lettuce. **Photosynthetica**, v. 56, n. 2, p. 606-615, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11099-017-0696-1>>.

SAHU, B.; SAHU, A. K.; CHENNAREDDY, S. R.; SONI, A.; NAITHANI, S. C. Insights on germinability and desiccation tolerance in developing neem seeds (*Azadirachta indica*): Role of AOS, antioxidative enzymes and dehydrin-like protein. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 112, p. 64-73, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.12.022>>.

SALOMÃO, A. N.; SOUSA-SILVA, J. C.; DAVIDE, A. C.; GONZÁLES, S.; TORRES, R. A. A.; WETZEL, M. M. V. S.; FIRETTI, F.; CALDAS, L. S. **Germinação de sementes e produção de mudas de plantas do cerrado**. Brasília: Rede de sementes do Cerrado, 2003. 96 p.

SHEN, J. The structure of photosystem ii and the mechanism of water oxidation in photosynthesis. **Annual Review of Plant Biology**, v. 66, p. 4.1-4.26; 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1146/annurev-arplant-050312-120129>>.

SHI, B.; VERNOUX, T. Patterning at the shoot apical meristem and phyllotaxis. **Current Topics in Developmental Biology**, v. 131, p. 81-107, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/bs.ctdb.2018.10.003>>.

SILVA JÚNIOR, M. C. **100 Árvores do Cerrado: guia de campo**. Rede de Sementes do Cerrado: Brasília, 2005. 278 p.

SILVA, C. A.; LIMA, M. Soy moratorium in Mato Grosso: deforestation undermines the agreement. **Land Use Policy**, v. 71, p. 540-542, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.11.011>>.

SILVA, S. S.; FEARNSIDE, P. M.; GRAÇA, P. M. L. A.; BROWN, I. F.; ALENCAR, A.; MELO, A. W. F. de. Dynamics of forest fires in the southwestern Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 424, p. 312-322, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2018.04.041>>.

SILVÉRIO, D.; SILVA, S.; ALENCAR, A.; MOUTINHO, P. **Amazônia em chamas**. Brasília: INSTITUTO DE PESQUISA AMBIENTAL DA AMAZÔNIA-IPAM, 2019. 9p. (Nota Técnica).

SINGH, S. K.; REDDY, V. R.; FLEISHER, D. H.; TIMLIN, D. J. Relationship between photosynthetic pigments and chlorophyll fluorescence in soybean under varying phosphorus nutrition at ambient and elevated CO₂. **Photosynthetica**, v. 55, n. 3, p. 421-433, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11099-016-0657-0>>.

SONG, U.; MUN, S.; WALDMAN, B.; LEE, E. J. Effects of three fire-suppressant foams on the germination and physiological responses of plants. **Environmental Management**, New York, v. 54, p. 865-874, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00267-014-0303-1>>.

SONOBE, R.; WANG, Q. Assessing hyperspectral indices for tracing chlorophyll fluorescence parameters in deciduous forests. **Journal of Environmental Management**, v. 227, p. 172-180, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.06.085>>.

SOUSA, D. B.; CARVALHO, G. S.; RAMOS, E. J. A. **Paricá: *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke**. Benevides: Rede de Sementes da Amazônia, 2005. 2p. (Informativo Técnico, 13).

SOUZA, C. R.; ROSSI, L. M. B.; AZEVEDO, C. P.; VIEIRA, A. H. **Paricá: *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber x Ducke) Barneby**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2003. 11p. (Circular Técnica, 18).

SOUZA, H. N.; ARAÚJO, T. G.; RIBEIRO, G. A. Avaliação da eficiência de um gel hidrorretentor como retardante de fogo. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 36, n. 3, p. 471-477, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622012000300009>>.

STEPHENS, S. L.; COLLINS, B. M.; FETTIG, C. J.; FINNEY, M. A.; HOFFMAN, C. M.; KNAPP, E. E.; NORTH, M. P.; SAFFORD, H.; WAYMAN, R. B. Drought, tree mortality, and wildfire in forests adapted to frequent fire. **BioScience**, Washington, v. 68, n. 2, p. 77-88, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1093/biosci/bix146>>.

THOMAS, D. S. Hydrogel applied to the root plug of subtropical eucalypt seedlings halves transplant death following planting. **Forest Ecology and Management**, v. 255, p.1305-1314, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2007.10.035>>.

THOMPSON, M. P.; CALKIN, D. E.; FINNEY, M. A.; AGER, A. A.; GILBERTSON-DAY, J. W. Integrated national-scale assessment of wildfire risk to human and ecological values. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, v. 25, n. 6, p. 761-780, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00477-011-0461-0>>.

TONDJO, K.; BRANCHERIAU, L.; SABATIER, S. A.; KOKUTSE, A. D.; AKOSSOU, A.; KOKOU, K.; FOURCAUD, T. Non-destructive measurement of leaf area and dry biomass in *Tectona grandis*. **Trees**, v. 29, n. 5, p. 1625-1631, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00468-015-1227-y>>.

TUCCI, M. L. S.; MACHADO, E. C.; MODOLO, V. A.; DE MAGALHÃES ERISMANN, N. Photosynthesis and water relations of peach palms (*Bactris gasipaes* Kunth) under soil water deficit. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v. 30, n. 1, p. 29-39, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s40626-018-0099-0>>.

USDA FOREST SERVICE; USDI. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE FOREST SERVICE; UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR. Supression chemicals and delivery systems. In:_____. **Interagency standards for fire and fire aviation operations**. National Interagency Fire Center, Fire Management Program Center: Boise, 2019. p. 267- 273.

USFS. UNITED STATES FOREST SERVICE. **Ecological risk assessment of wildland fire-fighting chemicals: long-term fire retardants**. Preparado pelo Labat-Anderson Incorporated para US Forest Service, Fire and Aviation Management U.S. Forest Service: Bellevue, 2017. 121 p. Disponível em: <https://www.fs.fed.us/rm/fire/wfcs/documents/EcoRA-Retardants-FullText_2017.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2019.

VENKATESH, K.; PREETHI, K.; RAMESH, H. Evaluating the effects of forest fire on water balance using fire susceptibility maps. **Ecological Indicators**, v. 110, 105856, 2020. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105856>>.

VILLA-HERNÁNDEZ, J. M.; DINKOVA, T. D.; AGUILAR, P.; CABALLERO, R.; RIVERA-CABRERA, F.; SÁNCHEZ DE JIMÉNEZ, E.; PÉREZ-FLORES, L. J. Regulation of ribosome biogenesis in maize embryonic axes during germination. **Biochimie**, v. 95, n. 10, p. 1871-1879, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biochi.2013.06.011>>.

VOLKOVA, L.; WEISS APARICIO, A. G.; WESTON, C. J. Fire intensity effects on post-fire fuel recovery in *Eucalyptus* open forests of south-eastern Australia. **Science of The Total Environment**, v. 670, n. 20, p. 328-336, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.226>>.

VUKOMANOVIC, J.; STEELMAN, T. A systematic review of relationships between mountain wildfire and ecosystem services. **Landscape Ecology**, v. 34, n. 5, p. 1179-1194, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10980-019-00832-9>>.

WEITBRECHT, K.; MÜLLER, K.; LEUBNER-METZGER, G. First off the mark: early seed germination. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, n. 10, p. 3289-3309, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1093/jxb/err030>>.

WHITE, B. L. A.; WHITE, L. A. S. Queimadas controladas e incêndios florestais no estado de Sergipe, Brasil, entre 1999 e 2015. **Floresta: Curitiba**, v. 46, n. 4, p. 561-570, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/ufv.v46i3.47036>>.

YANG, L.; YANG, Y.; CHEN, Z.; GUO, C.; LI, S. Influence of super absorbent polymer on soil water retention, seed germination and plant survivals for rocky slopes eco-engineering. **Ecological Engineering**, v. 62, p. 27-32, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.10.019>>.

YONEZAWA, U. G.; MOURA, M. R. de; AOUADA, F. A. Estado da arte: um estudo sobre polímeros biodegradáveis na germinação e desenvolvimento de plantas. **Caderno de Ciências Agrárias**, Montes Claros, v. 9, n. 2, p. 69-78, 2017.

YUAN, X. K. Effect of day/night temperature difference on chlorophyll content, photosynthesis and fluorescence parameters of tomato at fruit stage. **Photosynthetica**, v. 54, n. 3, p. 475-477, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11099-016-0202-1>>.

ZHANG, Y. J.; GAO, H.; LI, Y. H.; WANG, L.; KONG, D. S.; GUO, Y. Y.; YAN, F.; WANG, Y. W.; LU, K.; TIAN, J. W.; LU, Y. L. Effect of water stress on photosynthesis, chlorophyll fluorescence parameters and water use efficiency of common reed in the hexi corridor. **Russian Journal of Plant Physiology**, v. 66, n. 4, p. 556-563, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1134/s1021443719040150>>.

CAPÍTULO 2 – Efeitos de retardantes de fogo sobre o crescimento inicial de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke

RESUMO – Objetivou-se neste trabalho, avaliar o crescimento inicial de *Schizolobium amazonicum* sob concentrações de retardantes de fogo e de um polímero hidrotentor. O experimento foi conduzido em casa de vegetação. Os tratamentos consistiram em aplicações via substrato e via foliar dos retardantes de fogo: Phos-Chek WD-881® nas concentrações: 0; 3,00; 6,00; 8,00 e 10,00 mL L⁻¹; Hold Fire® nas concentrações 0; 7,00; 9,00; 12,00; e 15,00 mL L⁻¹ e do polímero hidrotentor Nutrigel® nas concentrações 0; 0,25; 0,50; 0,75 e 1,00 g L⁻¹. As mudas que receberam os tratamentos via substrato foram provenientes de sementeira direta no substrato, já as mudas tratadas via foliar foram germinadas em câmara de germinação e transplantadas para tubetes contendo substrato orgânico mineral. Os tratamentos foram aplicados no dia da sementeira e transplante, e quinzenalmente até o final do experimento. As análises de crescimento foram realizadas aos 15, 30, 60 e 80 dias após a sementeira (DAS) e transplante (DAT) das mudas, utilizando-se apenas os resultados da avaliação inicial (15) e final (80) para as análises estatísticas. As variáveis de crescimento avaliadas foram: número de folhas, número de folíolos, altura, diâmetro do coleto, volume de raiz, massa seca das folhas, massa seca do caule, massa seca de raiz e massa seca total. O delineamento foi inteiramente casualizado, com 10 repetições por tratamento. Realizaram-se análises de variância, e quando significativas as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey (p<0,05). Aos 15 DAT observaram-se acréscimos no crescimento de 71% para a área foliar e 18% para a altura das mudas de *S. amazonicum* tratadas com 10,00 mL L⁻¹ de Phos-Chek WD881 via foliar. Aos 80 DAT houve incremento de 32% na altura e 33 % na massa seca total das mudas tratadas com esse retardante. A concentração de 15,00 mL L⁻¹ de Hold Fire via foliar comprometeu em 45% o acúmulo de biomassa seca das mudas de *S. amazonicum* (80 DAT). Aos 15 DAS 1,00 g L⁻¹ de Nutrigel aplicado via substrato diminuiu em 28 % o acúmulo de massa seca das mudas, com recuperação aos 80 DAS. Com a aplicação da concentração 0,50 g L⁻¹ foliar do polímero houve incrementos de 70% para a área foliar, 29 % para a altura e 89% para a massa seca das folhas. Portanto, as concentrações do retardante de fogo Phos-Chek WD881 aplicadas via substrato não interferem no crescimento inicial de *S. amazonicum*. A maior concentração desse retardante (10,00 mL L⁻¹) aplicada via foliar promove o crescimento em altura e o acúmulo de massa seca das mudas. A concentração 12,00 mL L⁻¹ de Hold Fire via substrato favorece o incremento em altura da espécie. Várias aplicações da maior concentração testada de Hold Fire (15,00 mL L⁻¹) no decorrer do tempo, ocasionam menor acúmulo de massa seca das mudas. O uso do polímero hidrotentor Nutrigel, nas concentrações aplicadas via substrato, não provoca prejuízos duradouros sobre o crescimento inicial da espécie *S. amazonicum*. A concentração de 0,50 g L⁻¹ de Nutrigel via foliar tem efeito positivo sobre o crescimento da parte aérea das mudas.

Palavras-chave: análise de crescimento, hidrogel, paricá

1. INTRODUÇÃO

Incêndios no meio rural são fenômenos destrutivos, complexos e de difícil delimitação. Podem começar em áreas agrícolas e terminar na floresta, quanto iniciar na floresta e assim se alastrar. Independente das circunstâncias iniciais, é certo que o fogo descontrolado traz inúmeros prejuízos. Condições meteorológicas estão relacionadas com sua incidência (SILVA et al., 2018) porém, a ação humana é determinante quando se trata de incêndios florestais (SILVA; LIMA, 2018; SILVÉRIO et al., 2019).

A preocupação com os danos ecológicos, econômicos e sociais provenientes dos incêndios tem impulsionado o desenvolvimento de técnicas promissoras de prevenção e combate ao fogo. Dentre essas técnicas, destaca-se o uso de produtos retardantes de chama. Além de suprimir o fogo com maior eficiência, esses produtos químicos reduzem a quantidade de água necessária para o controle (COUTO-VAZQUÉZ; GONZALÉZ-PRIETO, 2013).

No Brasil, produtos retardantes de fogo estão começando a ser difundidos. Considerando-se a frequência dos focos de incêndios, principalmente na região Amazônica (WHITE, 2018; ARAGÃO et al., 2018; MOTA et al., 2019), os retardantes de fogo podem ser ferramentas para minimizar o poder destrutivo do fogo. No entanto, atualmente não há nenhuma regulamentação brasileira que oriente seu uso ou que estabeleça critérios para avaliação de possíveis riscos ambientais (IBAMA, 2018). Os efeitos dos retardantes de fogo sobre a vegetação são relativamente pouco estudados e requerem elucidação (LARSON, 1999; SONG et al., 2014).

Em contrapartida, produtos consolidados no setor agroflorestal têm sido investigados como potenciais retardantes de chamas (SOUZA et al., 2012; LIMA et al., 2019). Os polímeros hidrotentores utilizados como condicionadores de solo na agricultura, podem ser uma alternativa para retardar o fogo através da conservação da umidade do material combustível. Para a agricultura, o uso de hidrogéis é uma tecnologia sustentável, ecológica e promissora (YONEZAWA; MOURA; AOUADA, 2017).

Schizolobium amazonicum é uma espécie florestal conhecida popularmente como paricá ou pinho-cuiabano, de relevância econômica e ecológica para a região

amazônica. Devido ao seu rápido crescimento, tem potencial para sistemas agroflorestais e programas de reflorestamento (CORDEIRO et al., 2015; GOMES et al., 2019). Nesse contexto, objetivou-se avaliar os efeitos de aplicações, via substrato e via foliar de concentrações de retardantes de fogo e de um polímero hidrorretentor sobre o crescimento inicial de *S. amazonicum*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no setor de Produção Vegetal da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) Câmpus Universitário de Sinop, situado a 11°51'50" latitude Sul e 55°29'08" longitude Oeste e altitude média de 384 metros. Pela classificação de Köppen, o clima predominante na região é o Aw (tropical quente e úmido), caracterizado por duas estações bem definidas (chuvosa entre outubro e abril, e seca de maio a setembro), baixa amplitude térmica anual que varia entre 24 e 27 °C (SOUZA; CASAVECCHIA; STANGERLIN, 2012) e precipitação média anual de 1970 mm (SOUZA et al., 2013). O experimento foi instalado no dia 20/07/2018 e finalizado em 30/10/2018, com duração de 102 dias.

2.2. Capacidade de retenção de água do substrato

Utilizou-se como substrato, uma mistura de substrato comercial e solo florestal na proporção 1:2. A composição do substrato comercial consistiu em casca de pinus bioestabilizada, vermiculita, moinha de carvão vegetal, água e espuma fenólica.

Para determinar a capacidade de retenção de água do substrato nos tubetes, obteve-se a massa de cinco tubetes vazios, de cada volume a ser utilizado (290 e 820 cm³). Os tubetes foram preenchidos com substrato na umidade natural e postos em uma bandeja com água para a saturação do substrato por meio da ascensão capilar. A superfície superior dos tubetes foi vedada com plástico para evitar a evaporação. As pesagens do conteúdo úmido foram realizadas com o auxílio de uma balança de

precisão (0,01 g). Calculou-se a capacidade máxima de retenção de água do substrato conforme as equações 1 e 2.

$$\theta_{cc} = \frac{\rho}{\rho_a} * U_{cc} \quad (1)$$

$$U_{cc} = \frac{M_a}{M_s} \quad (2)$$

em que: θ_{cc} é a umidade na capacidade de campo em recipientes ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$); ρ é a massa específica do substrato (g cm^{-3}); ρ_a é a massa específica da água (g cm^{-3}); U_{cc} é a umidade na capacidade de campo (g g^{-1}); M_a e M_s são as massas de água e do substrato seco (g) respectivamente.

Os tubetes foram pesados 48 horas após a saturação do substrato, quando não havia mais drenagem na base (capacidade de campo). As amostras foram colocadas em formas de papel alumínio e mantidas em estufa de circulação de ar forçado a 105°C até a obtenção de massa constante e posterior pesagem das massas secas para determinação da massa específica (ρ) do substrato (Equação 3).

$$\rho = \frac{M_s}{V} \quad (3)$$

em que: ρ é a massa específica do substrato (g cm^{-3}); M_s é a massa do substrato seco (g) e V é o volume de solo (cm^3).

A massa de água retida no substrato do tubete foi determinada pela diferença entre as massas úmida e seca (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios da massa do substrato para determinação da umidade na capacidade de campo e massa específica do substrato.

Volume do Tubete	$M_{\theta_{cc}}$ (g)	M_s (g)	θ_{cc} (g/g)	M_a (g)	ρ (g/cm ³)
820	0,69	601,95	0,51	414,58	0,73
Desvio padrão	0,16	27,23	0,09	78,09	0,03
290	0,65	201,40	0,45	129,87	0,69
Desvio padrão	0,03	8,54	0,01	3,46	0,03

$M_{\theta_{cc}}$: massa do substrato na capacidade de campo; M_s : massa do substrato seco; θ_{cc} : umidade na capacidade de campo em recipientes; M_a : massa de água; ρ : massa específica do substrato.

2.3. Intensidade de irrigação da casa de vegetação e monitoramento micrometeorológico

Determinou-se a uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação por microaspersão, por meio de recipientes plásticos de aproximadamente $32,17 \text{ cm}^3$

de volume, dispostos a cada 1 m dentro da casa de vegetação. O sistema de irrigação foi acionado por 10 minutos e mediu-se o volume de água coletado em cada recipiente. A partir desses dados estimou-se o volume médio armazenável durante 60 minutos que, foi igual a 37,25 cm³.

O manejo da irrigação diário foi realizado com base na evapotranspiração da cultura (ET_c), dada pelo produto entre a evapotranspiração de referência obtida pelo método do Tanque Classe A e o coeficiente de cultivo (K_c) de 0,86 (MONTEIRO et al., 2016) (Equação 4). A lâmina diária foi aplicada fracionada em duas irrigações (manhã e tarde).

$$ETC = ECA \times K_p \times K_c \quad (4)$$

em que: ET_c é a evapotranspiração da cultura (mm dia⁻¹); ECA é a evaporação do Tanque Classe A (mm dia⁻¹); K_p é o coeficiente do Tanque Classe A (K_p = 0,78) (SOUZA et al., 2015).

As variáveis microclimáticas das condições externas ao experimento foram obtidas através da Estação Meteorológica Automática Padrão (EMA), localizada a cerca de 20 metros da casa de vegetação. Para aferição das condições internas da casa de vegetação, instalou-se um termo higrômetro digital, suspenso a 50 cm de altura das mudas, para monitoramento da temperatura e da umidade relativa do ar (Figura 1).

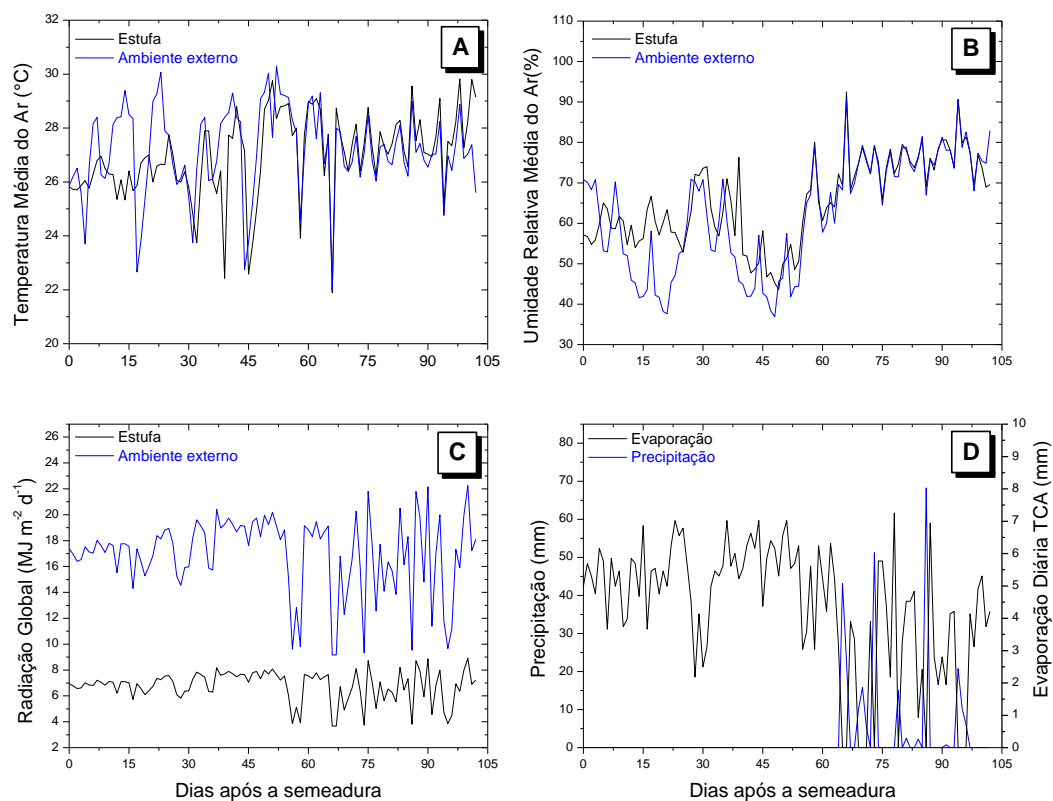


Figura 1. Valores médios de temperatura média do ar (A), umidade relativa média do ar (B), radiação global (C), precipitação e evaporação diária do Tanque Classe A (D) no período de 20/07/2018 a 30/10/2018 em Sinop, MT.

2.4. Coletas e caracterização das sementes

As sementes de *S. amazonicum* foram coletadas em 5 árvores matrizes selecionadas na arborização urbana do município de Sinop-MT, em outubro de 2017. A localização das árvores matrizes e suas variáveis dendrométricas médias encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Localização e caracterização dendrométrica das árvores matrizes da espécie *S. amazonicum*.

Espécie	N	Coordenadas geográficas ⁽¹⁾		Dist. Máx. ⁽²⁾ (m)	
		Latitude	Longitude		
<i>S. amazonicum</i>	5	11°50'48.39"S; 11°51'4.95"S	55°31'30.42"O; 55°31'17.11"O	649,58	
Espécie	Alt _r	Alt _c	C _{copa}	Dc	DAP
<i>S. amazonicum</i>	23,97	7,27	16,7	72,79	72,79
Desvio padrão	3,97	2,10	5,64	6,05	10,18

⁽¹⁾Coordenadas referentes às árvores matrizes mais distantes entre si; ⁽²⁾Distância máxima entre as árvores matrizes; N: número de árvores matrizes; Alt_r: Altura total; Alt_c: Altura comercial; C_{copa}: Comprimento de copa; DAP: Diâmetro à altura do peito; Dc: Diâmetro de copa.

Realizaram-se as coletas de sementes diretamente no chão, após queda natural na área de projeção das copas. Após o beneficiamento, as sementes foram armazenadas em câmara fria (temperatura média de 12° C, umidade relativa de 10%). Separaram-se amostras dos lotes de coletas, para a caracterização quanto ao peso de mil sementes, grau de umidade e medidas biométricas das sementes em conformidade com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) (Tabela 3).

Tabela 3. Caracterização biométrica das sementes da espécie *S. amazonicum*.

Espécie	Comprimento	Largura	Espessura	Grau de umidade	Peso de mil sementes	Tempo de Armazenamento
<i>S. amazonicum</i>	2,13	1,29	0,36	5,48	795,08	249
Desvio padrão	0,11	0,59	0,26	1,08	1,17	-

As sementes de *S. amazonicum* possuem dormência devido a impermeabilidade do tegumento à água (SOUSA; CARVALHO; RAMOS, 2005). A escarificação é necessária para alcançar uniformidade na germinação desta espécie (SHIMIZU et al., 2011; CRUZ; PEREIRA, 2014). Diante disso, as sementes foram submetidas à escarificação com lixa número 80.

2.5. Aplicação dos tratamentos

Os tratamentos consistiram em diluições em água de dois retardantes de curta duração (Phos-Chek WD-881® e Hold Fire®) e de um polímero hidrotentor

(Nutrigel®). A seleção desses produtos baseou-se no uso e disponibilidade comercial no Brasil.

Phos-Chek WD881® (ICL PERFORMANCE PRODUCTS LP, St. Louis, MO, EUA) possui em sua composição: sulfonato de alfa olefina, 2-metilpentano-2,4-diol, álcool laurílico e d-limoneno. A combinação de surfactantes nesse retardante de chama, reduz a tensão superficial da água, e em contato com o ar produz espuma que envolve os combustíveis, criando uma barreira entre o material combustível e o fogo. Phos-Chek WD881 é fornecido pelo fabricante como um líquido concentrado cuja taxa de mistura recomendada é 0,1 a 1 %. Dentro desse intervalo estabeleceu-se as seguintes concentrações para avaliação: 0; 3,00; 6,00; 8,00 e 10,00 mL L⁻¹.

Hold Fire® (FAVARO & PERIN Ind. e Com. LTDA – ME, Vila Velha, ES, BR) é um produto brasileiro fornecido na forma de um gel viscoso. É constituído por óleos vegetais, polímero natural higroscópico e surfactantes biodegradáveis, sendo isento de materiais pesados (FAVARO; PERIN, 2016). A dosagem de mistura indicada pelo fabricante é de 0,7 a 1,5%. Portanto, para esse produto utilizou-se as concentrações: 0; 7,00; 9,00; 12,00; e 15,00 mL L⁻¹.

Nutrigel® (AGROTERRA INSUMOS, São José do Rio Preto, SP, BR) consiste em um polímero hidrotentor especialmente desenvolvido para a agricultura como condicionador de solo, absorvente de água. Nesta pesquisa, testado como retardante de fogo alternativo, este hidrogel é constituído por monômeros de carbono ligados por pontes de hidrogênio, 27,80% de CaO, 49,70% de CaCO₃, 8,70% de MgO e 18,10% de MgCO₃ (AGROTERRA, 2015). Como não possui taxa de diluição recomendada para o combate a incêndios, determinou-se em ensaios de campo a quantidade máxima do polímero hidrotentor aplicável com uma bomba costal anti-incêndios com bicos do tipo leque. A partir da concentração máxima estabelecida (1,00 g L⁻¹), fracionaram-se as seguintes: 0; 0,25; 0,50; 0,75 e 1,00 g L⁻¹. Em todos os tratamentos cuja concentração foi igual a 0, as mudas receberam apenas água (testemunha ou controle).

Dividiu-se a quantidade total de sementes (1200) em duas partes. Metade das sementes foi posta para germinar diretamente no substrato a 5 cm de profundidade e receberam os tratamentos via substrato desde o momento da semeadura (20/07/2017). A outra metade germinou em câmara de germinação, sob temperatura

constante de 25 °C e fotoperíodo de 12 horas. Após protusão da radícula e expansão dos cotilédones, as plântulas foram transplantadas para os tubetes contendo substrato, e começaram a receber os tratamentos via foliar a partir do dia do transplântio (30/07/2018) (Figura 3).



Figura 2. Padrão visual das plântulas de *S. amazonicum* transplantadas. Fonte: própria.

Os tratamentos continuaram a ser aplicados a cada quinze dias para simular o efeito das deposições acumuladas dos produtos. Utilizaram-se seringas de 20 mL para aplicação dos retardantes via substrato e borrifador manual para a aplicação via foliar (Figura 3). As aplicações foram realizadas pela manhã, substituindo uma irrigação.



Figura 3. Aplicação dos retardantes de fogo e polímero hidrorretentor via substrato (A) e via foliar (B) em mudas de *S. amazonicum*. Fonte: própria.

2.6. Análises de crescimento

Realizaram-se análises de crescimento destrutivas das mudas da espécie *S. amazonicum* aos 15, 30, 60 e 80 dias após a semeadura (DAS) e transplântio (DAT), totalizando quatro avaliações com dez repetições por tratamento. As mudas submetidas à análise de crescimento aos 80 dias cresceram em tubetes de 820cm³ e as demais em tubetes de 290 cm³.

As variáveis de crescimento avaliadas foram:

- a) número de folhas por planta (NF) e número de folíolos por planta (NFO) por contagem visual;
- b) área foliar por planta (AF) com auxílio de um medidor fotoelétrico (cm²);
- c) diâmetro do coleto (D) obtido à altura do substrato com auxílio de um paquímetro digital (mm);
- d) altura da muda (H) medida do colo das plantas até a gema apical obtida com uma régua graduada (cm);
- e) volume de raiz (VR) obtido com proveta graduada, por imersão das raízes lavadas em um volume de água conhecido (mL);
- f) massas secas (g) do caule (MSC), da raiz (MSR), e das folhas (MSF) determinadas com balança analítica de precisão de 0,0001 g, após a secagem do material vegetal em estufa de circulação forçada de ar à

temperatura de $65\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 72 horas. Calculou-se a massa seca total (MST) pelo somatório da MSC, MSF e MSR (Figura 5).

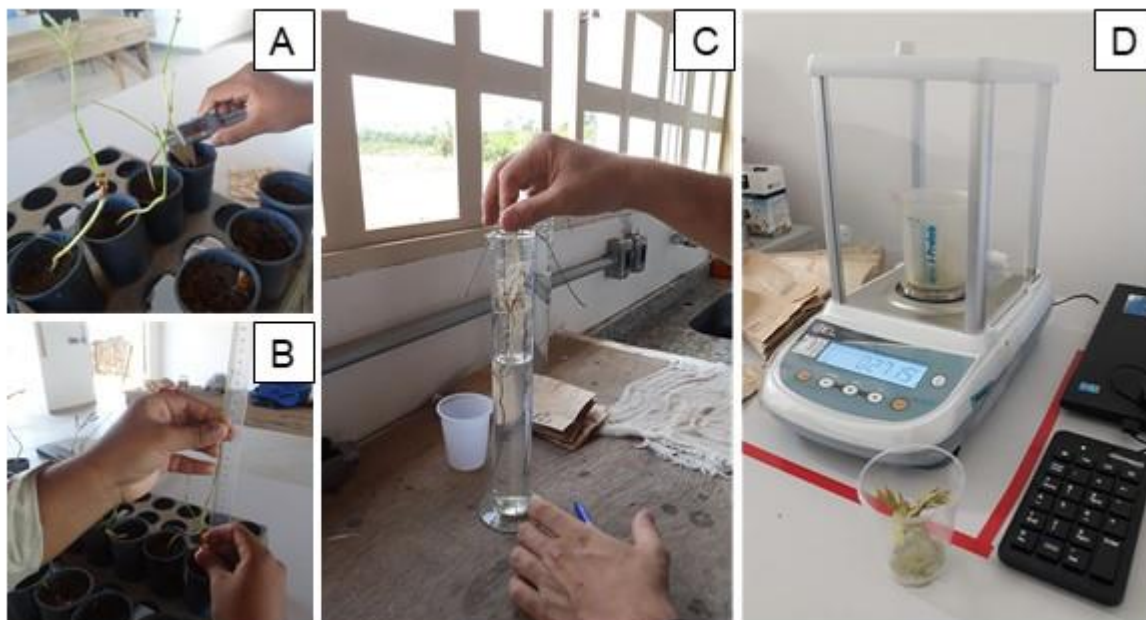


Figura 4. Obtenção das medidas de diâmetro (A), altura (B), volume de raiz (C) e massa seca (D) das mudas da espécie *S. amazonicum*. Fonte: própria.

2.7. Análises estatísticas

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado. Os efeitos dos retardantes de fogo foram analisados separadamente para cada forma de aplicação (via substrato e via foliar) no início (15 DAS ou DAT) e no final do experimento (80 DAS ou DAT).

Os dados foram avaliados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, a 5% de significância (Apêndice A) e, quando significativos (não normais) foram transformados pela função $Y = (x+1)^{0,5}$. As médias das variáveis foram apresentadas na forma original, com estatística referente aos dados transformados. Não obstante, nos quadros das análises de variâncias anexadas (Apêndice B) foram apresentados os valores originais e os transformados. Realizaram-se análises de variância, e quando significativas ($p < 0,05$) as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS

3.1. Phos-Chek WD881

As concentrações de Phos-Chek WD881 aplicadas via substrato nas mudas de *S. amazonicum* não apresentaram diferenças significativas para nenhuma variável mensurada aos 15 DAS e aos 80 DAS (Tabelas das análises de variância no Apêndice B).

As aplicações das concentrações de Phos-Chek WD881 via foliar apresentaram diferenças para as variáveis: área foliar e altura aos 15 DAT (Tabelas das análises de variância no Apêndice B). A maior concentração do retardante (10,00 mL L⁻¹) proporcionou médias de área foliar (99,85 cm²) e altura (18,99 cm) superiores aos valores médios dos tratamentos controles (58,40 cm² e 13,77 cm respectivamente) (Tabela 4).

Tabela 4. Valores médios das variáveis de crescimento aos 15 DAT das mudas da espécie *S. amazonicum* submetidas às concentrações do retardante de fogo Phos-Chek WD881, aplicado via foliar.

Phos-Chek WD881 (mL L ⁻¹)	NF	NFO	AF (cm ²)	D (mm)	H (cm)	VR (mL)	MSF	MSC	MSR	MST
	-	-					------(g)-----			
0,00	4,90	74,70	58,40 b	2,78	13,77 b	1,05	0,19	0,16	0,09	0,43
3,00	4,30	73,10	66,46 ab	2,80	14,59 b	1,20	0,20	0,15	0,10	0,45
6,00	3,60	60,70	58,55 b	2,71	15,85 b	1,25	0,17	0,18	0,09	0,44
8,00	4,50	65,30	59,26 b	2,83	14,01 ab	1,10	0,18	0,15	0,09	0,42
10,00	5,40	86,50	99,85 a	3,06	18,99 a	1,60	0,28	0,23	0,15	0,66
DMS	2,82	40,86	38,26	0,39	3,55	0,65	0,13	0,09	0,06	0,25

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. NF: número de folhas; NFO: número de folíolos; AF: área foliar; D: diâmetro do coleto; H: altura; VR: volume de raiz; MSC: massa seca do caule; MSR: massa seca de raiz; MSF: massa seca das folhas; MST: massa seca total; DMS: diferença mínima significativa.

Aos 80 DAT, apenas o número de folhas não apresentou diferenças significativas para as concentrações de Phos-Chek WD881 aplicadas via foliar (Tabelas das análises de variância no Apêndice B). O número médio de folíolos na concentração de 8,00 mL L⁻¹ (182,85) foi maior que no tratamento testemunha (127,70). A área foliar na concentração de 8,00 mL L⁻¹ apresentou média (69,84 cm²) superior à concentração de 6,00 mL L⁻¹ (39,19 cm²) de Phos-Chek WD881 (Tabela 5).

Observaram-se médias de diâmetro e altura na maior concentração (10,00 mL L⁻¹) de Phos-Chek WD881 (4,72 mm; 19,78 cm, respectivamente) maiores que as médias (3,37 mm e 12,60 cm, respectivamente) da menor concentração desse retardante (3,00 mL L⁻¹). O volume médio de raiz na concentração de 8,00 mL L⁻¹ (3,18 mL) foi maior que na concentração de 3,00 mL L⁻¹ (1,08 mL) (Tabela 5).

A biomassa seca total apresentou médias (1,71 e 1,91 g) nas maiores concentrações de Phos-Chek WD881 (8,00 e 10,00 mL L⁻¹) superiores ao tratamento controle (1,43 g). As massas secas de caule e de raiz apresentaram valores médios (0,77 e 0,74 g, respectivamente) na concentração de 10,00 mL L⁻¹, superiores (0,32 e 0,30 g, respectivamente) aos encontrados na menor concentração de Phos-Chek WD881 (3,00 mL L⁻¹). A média da massa seca das folhas na concentração de 10,00 mL L⁻¹ (0,39 g) foi maior que na concentração de 6,00 mL L⁻¹ (0,25 g), no entanto ambas não se diferenciaram da média da massa seca das folhas do tratamento controle (Tabela 5).

Tabela 5. Valores médios das variáveis de crescimento aos 80 DAT das mudas da espécie *S. amazonicum* submetidas às concentrações do retardante de fogo Phos-Chek WD881, aplicado via foliar.

Phos-Chek WD881 (mL L ⁻¹)	NF	NFO	AF	D	H	VR	MSF	MSC	MSR	MST
			(cm ²)	(mm)	(cm)	(mL)	------(g)-----			
0,00	9,50	127,70 b	57,31 ab	4,06 ab	14,98 bc	2,50 ab	0,35 ab	0,54 ab	0,54 abc	1,43 b
3,00	11,17	150,67 ab	48,99 ab	3,372 b	12,60 b	1,08 c	0,28 ab	0,32 c	0,30 c	0,91 ab
6,00	11,63	161,37 ab	39,19 b	3,62 ab	15,89 bc	1,69 bc	0,25 b	0,54 bc	0,43 bc	1,23 ab
8,00	12,30	182,85 a	69,84 a	4,01 ab	17,15 ab	3,18 a	0,38 ab	0,73 a	0,60 ab	1,71 a
10,00	10,55	150,85 ab	58,16 ab	4,72 a	19,78 a	2,61 ab	0,39 a	0,77 a	0,74 a	1,91 a
DMS	3,47	49,6	26,41	0,89	3,47	1,3	0,14	0,36	0,27	0,69

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. NF: número de folhas; NFO: número de folíolos; AF: área foliar; D: diâmetro do coleto; H: altura; VR: volume de raiz; MSC: massa seca do caule; MSR: massa seca de raiz; MSF: massa seca das folhas; MST: massa seca total; DMS: diferença mínima significativa.

3.2. Hold Fire

Houve diferenças significativas para a altura e volume de raiz das mudas de *S. amazonicum* aos 15 DAS submetidas às concentrações do retardante Hold Fire aplicado via substrato (Tabelas das análises de variância no Apêndice B). A

concentração de 12,00 mL L⁻¹ resultou em uma altura média (12,37 cm) superior à altura das mudas que receberam apenas água (10,41 cm) (Tabela 6).

O volume de raiz nas menores concentrações de Hold Fire (7,00 e 9,00 mL L⁻¹) apresentou médias superiores (2,20 e 2,40 mL, respectivamente) ao volume médio de raiz observado na concentração de 15,00 mL L⁻¹ (1,30 mL). No entanto essas médias não diferiram estatisticamente do volume de raiz (1,90 mL) observado no tratamento controle (Tabela 6).

Tabela 6. Valores médios das variáveis de crescimento aos 15 DAS das mudas da espécie *S. amazonicum* submetidas às concentrações do retardante de fogo Hold Fire, aplicado via substrato.

Hold Fire (mL L ⁻¹)	NF	NFO	AF	D	H	VR	MSF	MSC	MSR	MST
	-	-	cm ²	mm	cm	mL	-----g-----			
0,00	2,40	44,40	78,08	3,33	10,41 b	1,90 ab	0,17	0,25	0,11	0,53
7,00	2,70	50,20	84,78	3,53	12,14 ab	2,20 a	0,19	0,31	0,10	0,60
9,00	2,70	50,00	95,12	3,59	10,94 ab	2,40 a	0,21	0,26	0,13	0,60
12,00	2,80	53,80	97,85	3,65	12,37 a	1,90 ab	0,21	0,28	0,12	0,62
15,00	2,70	52,40	74,65	3,71	11,63 ab	1,30 b	0,18	0,26	0,11	0,56
DMS	0,61	11,15	27,90	0,48	1,81	0,75	0,07	0,14	0,03	0,16

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. NF: número de folhas; NFO: número de folíolos; AF: área foliar; D: diâmetro do coleto; H: altura; VR: volume de raiz; MSC: massa seca do caule; MSR: massa seca de raiz; MSF: massa seca das folhas; MST: massa seca total; DMS: diferença mínima significativa.

Aos 80 DAS não houve diferenças no crescimento das mudas de *S. amazonicum* quanto às concentrações de Hold Fire aplicadas via substrato (Tabelas das análises de variância no Apêndice B).

Aos 15 DAT as mudas de *S. amazonicum* apresentaram diferenças para as variáveis diâmetro e altura em relação às concentrações de Hold Fire aplicadas via foliar (Tabelas das análises de variância no Apêndice B).

A média de diâmetro (3,33 mm) observada na concentração de 12,00 mL L⁻¹ foi superior à observada no tratamento controle (2,78 mm). As alturas das mudas dos tratamentos que receberam a menor concentração (7,00 mL L⁻¹) de Hold Fire apresentaram média (15,89 cm) maior que a média de altura (10,43 cm) das mudas submetidas à maior concentração do retardante (15,00 mL L⁻¹). Porém, as alturas nessas concentrações não diferiram da altura média do tratamento controle (13,77 cm) (Tabela 7).

Tabela 7. Valores médios das variáveis de crescimento aos 15 DAT das mudas da espécie *S. amazonicum* submetidas às concentrações do retardante de fogo Hold Fire, aplicado via foliar.

Hold Fire (mL L ⁻¹)	NF	NFO	AF	D	H	VR	MSF	MSC	MSR	MST
	-	-	cm ²	mm	cm	mL	-----g-----			
0,00	4,90	74,70	58,40	2,78 b	13,77 abc	1,05	0,19	0,16	0,09	0,43
7,00	5,00	69,00	60,83	2,72 b	15,89 a	1,30	0,17	0,14	0,07	0,38
9,00	3,50	58,00	63,86	2,81 b	14,10 ab	1,15	0,17	0,13	0,08	0,38
12,00	2,90	46,00	60,18	3,33 a	12,00 bc	1,40	0,16	0,12	0,08	0,36
15,00	3,20	52,10	43,13	3,02 ab	10,43 c	1,10	0,12	0,10	0,06	0,28
DMS	2,64	33,02	35,98	0,41	3,59	0,69	0,11	0,06	0,05	0,21

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. NF: número de folhas; NFO: número de folíolos; AF: área foliar; D: diâmetro do coleto; H: altura; VR: volume de raiz; MSC: massa seca do caule; MSR: massa seca de raiz; MSF: massa seca das folhas; MST: massa seca total; DMS: diferença mínima significativa.

Aos 80 DAT além do diâmetro e da altura, as variáveis; volume de raiz, massa seca do caule e biomassa seca total também apresentaram diferenças quanto às concentrações de Hold Fire aplicadas via foliar (Tabelas das análises de variância no Apêndice B). Observou-se no tratamento testemunha (0,00 mL L⁻¹) média de diâmetro (4,06 mm) superior às médias das concentrações 9,00; 12,00 e 15,00 mL L⁻¹ (Tabela 8).

As alturas das mudas apresentaram médias (16,28; 15,07 cm, respectivamente) superiores nas concentrações de 9,00 e 12 mL L⁻¹ em relação à média (11,91 cm) da menor concentração de Hold Fire (7,00 mL L⁻¹). O volume médio de raiz não se diferenciou nas concentrações 0 e 15,00 mL L⁻¹, apresentando médias superiores (2,50 e 2,92 mL, respectivamente) às encontradas nas concentrações de 7,00 e 12,00 mL L⁻¹ (1,12 e 1,25 mL) (Tabela 8).

As médias da massa seca do caule e massa seca total dos tratamentos testemunha (0,54 e 1,43 g, respectivamente) e concentração 9,00 mL L⁻¹ (0,52 e 1,38 g, respectivamente) foram superiores às médias de biomassa seca da maior concentração de Hold Fire (0,24 e 0,79 g, respectivamente) (Tabela 8).

Tabela 8. Valores médios das variáveis de crescimento aos 80 DAT das mudas da espécie *S. amazonicum* submetidas às concentrações do retardante de fogo Hold Fire, aplicado via foliar.

Hold Fire (mL L ⁻¹)	NF	NFO	AF	D	H	VR	MSF	MSC	MSR	MST
	-	-	cm ²	mm	cm	mL	-----g-----			
0,00	9,50	127,70	57,31	4,06 a	14,98 ab	2,50 a	0,35	0,54 a	0,54	1,43 a
7,00	10,50	134,57	53,19	3,25 b	11,91 b	1,12 b	0,28	0,32 ab	0,40	1,01 ab
9,00	11,67	169,44	58,06	3,82 ab	16,28 a	2,00 ab	0,35	0,52 a	0,51	1,38 a
12,00	11,50	160,75	43,94	3,34 b	15,07 a	1,25 b	0,27	0,45 ab	0,40	1,13 ab
15,00	10,17	140,25	39,24	3,21 b	13,42 ab	2,92 a	0,24	0,24 b	0,31	0,79 b
DMS	3,38	55,03	22,80	0,64	3,09	1,13	0,13	0,26	0,23	0,58

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. NF: número de folhas; NFO: número de folíolos; AF: área foliar; D: diâmetro do coleto; H: altura; VR: volume de raiz; MSC: massa seca do caule; MSR: massa seca de raiz; MSF: massa seca das folhas; MST: massa seca total; DMS: diferença mínima significativa.

3.3. Nutrigel

Aos 15 DAS houve diferenças para as variáveis: volume de raiz, massa seca do caule, massa seca da raiz e massa seca total das mudas de *S. amazonicum*, submetidas a diferentes concentrações de Nutrigel via substrato (Tabelas das análises de variância no Apêndice B).

O volume médio de raiz na concentração de 0,75 g L⁻¹ (2,50 mL) foi superior ao volume médio de raiz das mudas tratadas com 0,50 g L⁻¹ de hidrogel (1,60 mL). Observou-se maiores valores médios de massa seca do caule (0,25 g) e massa seca total (0,53 g) na concentração testemunha (0,00 g L⁻¹) comparados com os valores médios dessas variáveis na maior concentração (1 g L⁻¹) de Nutrigel (0,13 e 0,38 g, respectivamente). A massa seca de raiz na concentração 0,25 g L⁻¹ (0,12 g) foi superior as médias dos tratamentos submetidos às concentrações de 0,50 (0,08 g) e 0,75 g L⁻¹ de hidrogel (0,08 g) (Tabela 9).

Tabela 9. Valores médios das variáveis de crescimento aos 15 DAS das mudas da espécie *S. amazonicum* submetidas às concentrações do polímero hidroretentor Nutrigel, aplicado via substrato.

Nutrigel (g L ⁻¹)	NF	NFO	AF	D	H	VR	MSF	MSC	MSR	MST
	-	-	cm ²	mm	cm	mL	-----g-----			
0,00	2,40	44,40	78,08	3,33	10,41	1,90 ab	0,17	0,25 a	0,11 ab	0,53 a
0,25	2,80	52,90	86,19	2,89	12,11	1,90 ab	0,19	0,14 b	0,12 a	0,44 ab
0,50	2,30	44,40	73,24	3,00	11,82	1,60 b	0,16	0,18 ab	0,08 b	0,42 ab
0,75	2,70	52,70	78,39	2,84	12,30	2,50 a	0,16	0,16 ab	0,08 b	0,41 ab
1,00	2,70	52,00	71,45	3,10	12,08	2,10 ab	0,16	0,13 b	0,09 ab	0,38 b
DMS	0,61	10,61	26,89	0,54	1,95	0,75	0,06	0,09	0,03	0,13

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. NF: número de folhas; NFO: número de folíolos; AF: área foliar; D: diâmetro do coleto; H: altura; VR: volume de raiz; MSC: massa seca do caule; MSR: massa seca de raiz; MSF: massa seca das folhas; MST: massa seca total; DMS: diferença mínima significativa.

Aos 80 DAS não houve diferenças para as variáveis analisadas das mudas de *S. amazonicum* submetidas às concentrações de Nutrigel via substrato (Tabelas das análises de variância no Apêndice B).

A aplicação de concentrações do polímero hidroretentor via foliar resultou em diferenças para o número de folhas e de folíolos, área foliar, altura, volume de raiz e massa seca das folhas das mudas de *S. amazonicum* aos 15 DAT (Tabelas das análises de variância no Apêndice B).

O número de folhas e folíolos apresentaram médias na concentração de 0,50 g L⁻¹ (5,60 e 88,80, respectivamente) superiores em relação à concentração de 0,75 g L⁻¹ (2,80 e 52,80, respectivamente), não se diferenciando da média da concentração 1,00 g L⁻¹ para o de número de folhas. A média da área foliar na concentração de 0,50 g L⁻¹ (99,13 cm²) foi superior tanto à maior concentração de Nutrigel (59,09 cm²) quanto do tratamento controle (58,40 cm²) (Tabela 10).

A altura média das mudas submetidas às concentrações de 0,25 e 0,50 g L⁻¹ (19,03 e 17,77 cm, respectivamente) foram superiores às demais concentrações do polímero hidroretentor. O volume de raiz apresentou acréscimo significativo de 0,65 mL quando as mudas foram tratadas com a menor concentração de hidrogel (0,25 g L⁻¹) comparadas ao tratamento controle (1,05 mL) (Tabela 10).

A média da massa seca das folhas na concentração de 0,50 g L⁻¹ de Nutrigel (0,34 g) foi superior tanto à média da testemunha (0,18 g) quanto à da maior concentração de hidrogel (0,14 g) (Tabela 10).

Tabela 10. Valores médios das variáveis de crescimento aos 15 DAT das mudas da espécie *S. amazonicum* submetidas às concentrações do polímero hidroretentor Nutrigel, aplicado via foliar.

Nutrigel (g L ⁻¹)	NF	NFO	AF	D	H	VR	MSF	MSC	MSR	MST
	-	-	cm ²	mm	cm	mL	-----g-----			
0,00	4,90 ab	74,70 ab	58,40 b	2,78	13,77 b	1,05 b	0,18 b	0,16	0,09	0,43
0,25	4,40 ab	71,30 ab	88,73 ab	3,02	19,03 a	1,70 a	0,27 ab	0,23	0,15	0,65
0,50	5,60 a	88,80 a	99,13 a	2,99	17,77 a	1,60 ab	0,34 a	0,22	0,15	0,71
0,75	2,80 b	52,80 b	79,66 ab	2,91	11,42 bc	1,50 ab	0,21 ab	0,13	0,11	0,46
1,00	2,90 b	46,00 ab	59,09 b	2,91	10,07 c	1,20 ab	0,14 b	0,17	0,15	0,46
DMS	2,46	36,13	38,28	0,54	3,03	0,64	0,15	0,11	0,17	0,31

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. NF: número de folhas; NFO: número de folíolos; AF: área foliar; D: diâmetro do coleto; H: altura; VR: volume de raiz; MSC: massa seca do caule; MSR: massa seca de raiz; MSF: massa seca das folhas; MST: massa seca total; DMS: diferença mínima significativa.

Aos 80 DAT houve diferenças apenas para a massa seca do caule e massa seca total, das mudas de *S. amazonicum* submetidas às concentrações de Nutrigel via foliar (Tabelas das análises de variância no Apêndice B). As médias destas variáveis na concentração de 0,75 g L⁻¹ (0,84 e 1,99 g, respectivamente) foram superiores aos tratamentos que receberam 0,50 g L⁻¹ (0,47 e 1,26 g, respectivamente) do polímero hidroretentor (Tabela 11).

Tabela 11. Valores médios das variáveis de crescimento aos 80 DAT das mudas da espécie *S. amazonicum*, submetidas às concentrações do polímero hidroretentor Nutrigel, aplicado via foliar.

Nutrigel (g L ⁻¹)	NF	NFO	AF	D	H	VR	MSF	MSC	MSR	MST
	-	-	cm ²	mm	cm	mL	-----g-----			
0,00	9,50	127,70	57,31	4,06	14,98	2,50	0,35	0,54 ab	0,54	1,43 ab
0,25	9,13	112,88	62,98	4,13	18,00	4,41	0,38	0,66 ab	0,81	1,85 ab
0,50	8,56	108,33	42,38	3,37	16,28	4,22	0,26	0,47 b	0,53	1,26 b
0,75	6,50	89,00	65,07	3,50	18,00	4,67	0,39	0,84 a	0,76	1,99 a
1,00	9,00	116,75	57,32	3,44	18,30	4,10	0,36	0,61 ab	0,59	1,56 ab
DMS	4,00	53,73	25,37	0,81	3,97	2,39	0,16	0,32	0,32	0,71

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. NF: número de folhas; NFO: número de folíolos; AF: área foliar; D: diâmetro do coleto; H: altura; VR: volume de raiz; MSC: massa seca do caule; MSR: massa seca de raiz; MSF: massa seca das folhas; MST: massa seca total; DMS: diferença mínima significativa.

4. DISCUSSÃO

4.1. Phos-Chek WD881

O presente estudo mostrou que o retardante de fogo Phos-Chek WD88, nas concentrações testadas não provoca efeitos negativos no crescimento da espécie *S. amazonicum*. Ao variar a forma de contato do retardante com as mudas obtiveram-se diferentes respostas. Todavia, em nenhuma delas detectam-se prejuízos no crescimento vegetal pela presença da espuma.

Phos-Chek WD881 possui em sua composição dois surfactantes (sulfonato de alfa-olefina e 2-metilpentano-2,4-diol), um aditivo para aumentar a estabilidade da espuma (álcool laurílico) e um aromatizante (d-limoneno) (ICL PRODUCTS LP, 2015). Os sulfonatos de alfa-olefina são surfactantes iônicos utilizados para fabricação de sabões para limpeza doméstica e xampus, comuns principalmente na Ásia e Estados Unidos (CALVO-FLORES; ISAC-GARCÍA; DOBADO, 2018). Esses compostos são considerados detergentes fracos, usados em formulações com baixo conteúdo de fosfatos (TRUJILLO, 2011).

A substância 2-metilpentano-2,4-diol é altamente solúvel em água, viscosa com baixa volatilidade, portanto, além de propriedades surfactantes, é emulsificante, favorece o revestimento e funciona como um solvente (ANAND; HILGENFELD, 2002). A função do álcool laurílico nesse produto é aumentar a absorção e penetração da água no combustível. O d-limoneno é um solvente orgânico extraído da casca de laranja que garante o aroma característico do produto (ICL PERFORMANCE PRODUCTS LP, 2015).

A não percepção da influência do retardante Phos-Chek WD881® via substrato no crescimento das mudas de *S. amazonicum* é um indicativo de que as diferentes moléculas químicas inorgânicas que compõem o retardante não foram metabolizadas pelas células vegetais, e caso tenham adentrado o organismo, tais substâncias provavelmente foram compartimentalizadas em organelas celulares de armazenamento, ou inativadas bioquimicamente.

Por outro lado, grande parte dos compostos de Phos-Chek WD881 são substâncias surfactantes que, podem ter sido adsorvidas pelas partículas do substrato. A adsorção de moléculas surfactantes aos solos depende da natureza do surfactante e das propriedades do solo (SÁNCHEZ-MARTÍN, 2008).

Hartskeerl, Simmons e Adams (2004) examinando as respostas de crescimento de espécies vegetais australianas após a aplicação de espumas retardantes, não encontraram nenhuma resposta atribuível aos retardantes a qualquer das 7 espécies estudadas. Ressalta-se que as concentrações usadas na referida pesquisa, também foram diluídas a partir dos limites de aplicação recomendados pelo fabricante. Nem mesmo espécies sensíveis a mudanças ambientais (Família: Proteaceae) mostraram qualquer efeito negativo em relação à aplicação do retardante de curta duração (Angus ForExpan S). Os autores concluíram que os impactos das espumas são relativamente curtos, já que ao final de 14 semanas não observaram nenhum efeito prejudicial sobre a vegetação.

A maior concentração de Phos-Chek WD881 (10,00 mL L⁻¹) aplicada via foliar inicialmente (15 DAT) promoveu acréscimos no crescimento de 71% para a área foliar e 18% para a altura. Com as sucessivas aplicações dessa concentração no decorrer do tempo (80 DAT), observou-se incremento de 32% em altura e 33 % em massa seca total das mudas de *S. amazonicum*.

Esse efeito benéfico sobre a parte aérea das mudas está relacionado à camada líquida de bolhas formadas pelo retardante. Os surfactantes são capazes de diminuir a tensão superficial do meio em que são dissolvidos, produzem tamanhos menores de gotículas, diminuindo o ângulo de contato e melhorando a uniformidade de distribuição da solução (APPAH et al., 2020). Essa característica facilita o espalhamento e penetração de líquidos em superfícies como o limbo foliar (APPAH et al., 2019; KRAEMER; HUNSCHE; NOGA, 2009; GAO et al., 2019).

Song et al. (2014), submetem mudas das espécies florestais *Quercus acutissima*, *Quercus palustris* e da herbácea *Brassica campestris* a 5 e 10 vezes as concentrações estabelecidas pelos fabricantes de três retardantes de curta duração (Agnus Fire, Phos-Chek WD881 e Silv-ex). Para avaliar os efeitos dos produtos, os autores mediram a capacidade antioxidante total (TAC), a atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) e o teor de clorofila. Consequentemente, concluíram que o estresse induzido pela aplicação das espumas retardantes é insignificante e não afeta a sobrevivência das plantas. Quanto aos teores de clorofila, uma semana após o tratamento com as espumas houve diferenças, mas após 3 semanas os níveis se recuperaram.

Os resultados encontrados no presente estudo para o Phos-Chek WD881 corroboram com Song et al. (2014). Para esses autores as plantas recuperam-se do estresse causado por retardantes de curta duração e, não há perigo de efeito fitotóxico persistente.

4.2. Hold Fire

Conforme os resultados, a influência do retardante de fogo Hold Fire sobre o crescimento das mudas de *S. amazonicum* varia com a concentração e, modo de aplicação do retardante. A interação do retardante com as mudas via substrato não provoca nenhuma alteração negativa no crescimento. Enquanto, o contato via foliar da maior concentração do retardante ($15,00 \text{ mL L}^{-1}$), no decorrer do tempo (80 DAS), comprometeu em 45% o acúmulo de biomassa das mudas.

A aplicação da concentração de $12,00 \text{ mL L}^{-1}$ de Hold Fire (15 DAS) via substrato, favoreceu em 16% o crescimento em altura das mudas em relação ao tratamento controle. Os polímeros naturais higroscópicos contidos no retardante por sua capacidade de absorver água, podem ter contribuído para uma maior disponibilidade hídrica para as plantas neste período crítico. Na fase de estabelecimento da plântula, esta fica completamente vulnerável a fatores bióticos e abióticos, principalmente em relação à disponibilidade de água (HADI et al., 2018; LUO; ZHANG; ZHANG, 2015).

Alguns surfactantes podem melhorar a infiltração de água em solos repelentes (LOWE et al., 2017). São capazes de aumentar a disponibilidade de água para as plantas e conseqüentemente beneficiar o crescimento (MOORE et al., 2010).

O comprometimento do acúmulo de biomassa seca (45%) das mudas de *S. amazonicum* tratadas com a maior concentração de Hold Fire ($15,00 \text{ mL L}^{-1}$) via foliar provavelmente está relacionado aos surfactantes presentes no retardante. Alguns surfactantes alteram as propriedades físico-químicas das superfícies foliares.

Damato et al. (2017) observaram dissolução da cera epicuticular de folhas de soja, pela ação de adjuvantes. A cutícula foliar possui compostos lipofílicos e hidrófilos, cuja principal função é proteger contra a perda de água (FERNANDEZ et al., 2017). A parte lipofílica é formada essencialmente por cera, e sua principal função é restringir a transpiração cuticular (LEIDE et al., 2007). A atividade fotossintética

diminui pela ação de surfactantes sobre a camada cerosa das folhas (RASCH et al., 2018), com consequências sobre o crescimento vegetal.

O efeito negativo sobre o crescimento de *S. amazonicum* ocorre devido as repetidas aplicações Hold Fire. Inicialmente (15 DAT) houve maior incremento do diâmetro das mudas que receberam 12,00 mL L⁻¹ de Hold Fire em detrimento das que receberam apenas água. A propriedade de manutenção da disponibilidade de água para as folhas advinda do polímero higroscópio, parece sucumbir ante os efeitos dos surfactantes devido as repetidas aplicações.

Os surfactantes são utilizados discriminadamente para melhorar a eficácia de herbicidas e inseticidas (APPAH et al., 2019; GAO et al., 2019). Porém, é preciso cuidado quando se trata de fenômenos complexos como crescimento, divisão e diferenciação celular. O grande crescimento do uso de surfactantes em vários setores, exige que eles sejam de baixa toxicidade e alta biodegradabilidade (CALVO-FLORES; ISAC-GARCÍA; DOBADO, 2018).

Kamaluddin e Zwiazek (2002), observaram inibição do fluxo de água na raiz, resultando em uma diminuição da condutividade estomática em *Populus tremuloides* devido à aplicação de surfactantes (ácidos naftênicos). Mohammad e Moheman (2012) estudaram os efeitos de dois surfactantes (iônico e não iônico) sobre o crescimento de trigo em vaso. Concentrações elevadas dos surfactantes afetaram a biomassa seca de raiz e da parte aérea das plantas. O surfactante iônico foi mais tóxico para o crescimento das plantas e absorção de nutrientes, do que o não-iônico.

No entanto, existem surfactantes utilizados em meios de cultura que estimulam o crescimento de tecidos e melhoram a viabilidade das células vegetais (LOWE et al., 1994; CURTIS, MIRKOV, 2012). Os efeitos dessas moléculas dependem de sua natureza e concentração (MOHAMMAD; MOHEMAN, 2010).

4.3. Nutrigel

O hidrogel se apresenta como uma solução aos problemas advindos pela escassez de água (NEETHU; DUBEY; KASWALA, 2018). Atualmente vem sendo estudado também como potencial retardante de fogo (SOUZA et al., 2012; LIMA et al., 2019). Infere-se que não cause efeitos adversos sobre a vegetação nas concentrações recomendadas, por ser um produto já consolidado no âmbito

agroflorestal com o objetivo de incrementar o crescimento vegetal através da disponibilidade de água.

Os resultados deste estudo demonstram que o Nutrigel não acarreta perturbações permanentes no crescimento de *S. amazonicum*. Inicialmente (15 DAS) a maior concentração do polímero (1,00 g L⁻¹) aplicada no substrato, interferiu no acúmulo de massa seca das mudas. Porém com o passar do tempo, ainda que, com sucessivas aplicações do polímero, as mudas se recuperaram dessa desordem fisiológica inicial e cresceram indiferentes às aplicações do hidrogel

Pressupõe-se que esse efeito negativo seja uma característica genética da espécie. As mudas que receberam 1,00 g L⁻¹ de Nutrigel via substrato foram tratadas com o polímero hidretentor desde o momento da sementeira. Keffer (2019) estudando os efeitos desse mesmo polímero sobre a germinação e vigor das sementes de *S. amazonicum*, constatou redução na quantidade de plântulas normais com a presença de Nutrigel. Contudo, a mesma autora identificou maior quantidade de plântulas normais para espécies como *T. roseoalba* (ipê branco), *H. impetiginosus* (ipê rosa) e *E. schomburgkii* (faveira) sob as mesmas concentrações do hidrogel.

Para Keffer (2019), a diferença de potencial hídrico do Nutrigel e da semente podem ter influenciado o fluxo de água para dentro da semente, resultando na formação de plântulas anormais. O menor acúmulo de biomassa das mudas de *S. amazonicum* pode ser um reflexo dessa desordem anterior ocorrida na semente. *S. amazonicum* é uma espécie pioneira (CARVALHO, 2006) com alta capacidade de se adaptar a estresses.

O objetivo mais comum da utilização de hidrogéis é alcançar maior eficiência no uso da água na produção de mudas florestais em viveiro (NAVROSKI, et al. 2015). Esses benefícios impulsionam o uso dos polímeros hidretentores como retardantes de fogo. Infere-se que os efeitos adversos sejam mínimos, já que esses produtos possuem pH (potencial hidrogeniônico) neutro, portanto, não afetariam a disponibilidade de nutrientes, composição química do solo, e ação de outros químicos (KALHAPURE et al., 2016).

Há na literatura diversos exemplos de espécies arbóreas que, potencializaram o seu crescimento com a aplicação via substrato de polímeros hidretentores como *Eucalyptus dunnii* (NAVROSKI et al., 2015) *Handroanthus ochraceus* (MEWS et al.,

2015), café (SOUZA et al., 2016), *Corymbia citriodora* (AZEVEDO et al., 2016), *Cordia trichotoma* (BERNADI et al., 2012; KELLING, et al., 2017), *Mimosa scabrella* (KONZEN et al., 2017) e *Enterolobium contortisiliquum* (PONTES FILHO; GONDIM; COSTA, 2018).

Não há registro na literatura da aplicação de hidrogel sobre folhas. Percebe-se através dos resultados desse estudo que, mudas de *S. amazonicum* podem ser favorecidas também pelos pequenos agregados desses polímeros sobre as folhas. A aplicação de 0,50 g L⁻¹ de Nutrigel proporcionou incrementos de 70 % para a área foliar, 29 % para a altura e 89% para a massa seca das folhas (15 DAT).

As folhas são os principais órgãos envolvidos na produção de massa seca pela fotossíntese (TONDJO et al., 2015). O contato do hidrogel com a superfície foliar diminui a interação solo-planta, proporcionando maior hidratação para a parte aérea. A captação de água nas folhas pode contribuir com até 42% da água foliar total (ELLER; LIMA; OLIVEIRA, 2013), o que afeta positivamente o crescimento das plantas.

Além disso, a hidratação proporcionada pelo hidrogel pode contribuir com a diminuição da temperatura foliar. Temperaturas foliares elevadas têm sido consideradas por vários autores como principal fator que prejudica a fixação de carbono, já que afeta a atividade enzimática (GRIFFIN et al., 2002; HESKEL et al., 2016; SLOT; WINTER, 2017; BLONDER; MICHALETZ, 2018).

5. CONCLUSÕES

As concentrações do retardante Phos-Chek WD881 (0; 3,00; 6,00; 8,00; 10,00 mL L⁻¹) testadas tanto via substrato quanto via foliar não prejudicam o crescimento inicial da espécie *S. amazonicum*.

A maior concentração do retardante Phos-Chek WD881 (10,00 mL L⁻¹) aplicada via foliar promove o crescimento em altura e o acúmulo de massa seca das mudas.

O crescimento inicial de *S. amazonicum* não é afetado negativamente pelas concentrações do retardante Hold Fire (0; 7,00; 9,00; 12,00; 15,00 mL⁻¹) aplicado via substrato.

A concentração 12,00 mL L⁻¹ de Hold Fire via substrato favorece o incremento em altura da espécie *S. amazonicum*.

Deposições, no decorrer do tempo, da maior concentração testada (15,00 mL L⁻¹) via foliar do retardante Hold Fire ocasionam menor acúmulo de massa seca de *S. amazonicum*.

O polímero hidroretentor Nutrigel via substrato não provoca efeito prejudicial duradouro no crescimento inicial de *S. amazonicum*.

A concentração de 0,50 g L⁻¹ de Nutrigel via foliar tem efeito positivo sobre o crescimento da parte aérea das mudas de *S. amazonicum*.

6. REFERÊNCIAS

ANAND, K.; PAL, D.; HILGENFELD, R. An overview on 2-methyl-2,4-pentanediol in crystallization and in crystals of biological macromolecules. **Acta Crystallographica**, v. 58, n. 10, p. 1722-1728, 2002. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1107/s0907444902014610>>.

APPAH, S.; ZHOU, H.; WANG, P.; OU, M.; JIA, W. Charged monosized droplet behaviour and wetting ability on hydrophobic leaf surfaces depending on surfactant-pesticide concentrate formulation. **Journal of Electrostatics**, v. 100, 103356, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.elstat.2019.103356>>.

APPAH, S.; JIA, W.; OU, M.; WANG, P.; ASANTE, E. A. Analysis of potential impaction and phytotoxicity of surfactant-plant surface interaction in pesticide application. **Crop Protection**, v. 127, 104961, 2020. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104961>>.

ARAGÃO, L. E. O. C.; ANDERSON, L. O.; FONSECA, M. G.; ROSAN, T. M.; VEDOVATO, L.; WAGNER, F., SILVA, C., JÚNIOR, C.; ARAI, E.; AGUIAR, A. P.; NARLOW, J.; BERENQUER, E.; DEETER, M.; DOMINGUES, L.; GATTI, L.; GLOOR, M.; MALHI, Y.; MARENGO, J.; MILLER, J.; PHILLIPS, O.; SAATCHI, S. 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. **Nature Communications**, v. 9, n. 1, 2018. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1038/s41467-017-02771-y>>.

AZEVEDO, G. T. O. S.; AZEVEDO, G. B.; SOUZA, A. M.; MEWS, C. L.; SOUSA, J. R. L. Effect of hydrogel doses in the quality of *Corymbia citriodora* Hill & Johnson seedlings. **Nativa**, Sinop, v. 4, n. 4, p. 244-248, 2016. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v04n04a10>>.

BERNARDI, M. R.; SPEROTTO JÚNIOR, M.; DANIEL, O.; VITORINO, A. C. T. Crescimento de mudas de *Corymbia citriodora* em função do uso de hidrogel e adubação. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 1, p. 67-74, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-77602012000100009>>.

BLONDER, B.; MICHALETZ, S. T. A model for leaf temperature decoupling from air temperature. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 262, p. 354-360, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.07.012>>.

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, 399 p. 2009.

CALVO-FLORES, F. G.; ISAC-GARCÍA, J.; DOBADO, J. A. Surfactantes in the environment. IN: _____. **Emerging Pollutants: Origin, Structure, and Properties**. Weinheim: Wiley-VCH, 2018. cap. 10, p. 341-384. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9783527691203>> Acesso em: 29 ago. 2019.

CARVALHO, P. H. R. Paricá. In:_____ (Ed.) **Espécies arbóreas brasileiras, v.2**. Brasília: Embrapa informação tecnológica, Colombo: Embrapa Florestas, 2006. p. 401-407.

CORDEIRO, I. M. C. C.; BARROS, P. L. C.; LAMEIRA, O. A.; FILHO, A. B. G. Avaliação de plantios de paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby de diferentes idades e sistemas de cultivo no município de Aurora do Pará - PA (Brasil). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 3, p. 679-687, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5902/1980509819618>>.

COUTO-VAZQUÉZ, A; GONZALÉZ-PRIETO, S. J. Efectos a longo prazo do lume e tres axentes extintores no sistema solo-planta. **BRAÑA**, Santiago de Compostela, v. 11, n. 1, p. 01-25, 2013.

CRUZ, E. D.; PEREIRA, A. G. **Germinação de Sementes de Espécies Amazônicas: Paricá [*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby]**. Belém: Embrapa Amazônia Ocidental, 2014. 3p. (Comunicado Técnico 251).

CURTIS, I. S.; MIRKOV, T. E. Influence of surfactants on growth and regeneration from mature internodal stem segments of sweet orange (*Citrus sinensis*) cv. Hamlin. **Plant Cell Tiss Organ Cult**, v. 108, p. 345-35, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11240-011-0037-1>>.

DAMATO, T. C.; CARRASCO, L. D. M.; CARMONA-RIBEIRO, A. M.; LUIZ, R. V.; GODOY, R.; PETRI, D. F. S. The interactions between surfactants and the epicuticular wax on soybean or weed leaves: Maximal crop protection with minimal wax solubilization. **Crop Protection**, v. 91, p. 57-65, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2016.09.019>>.

FERNANDEZ, V.; BAHAMONDE, H. A.; PEGUERO-PINA, J. J.; GIL-PELEGRIN, E.; SANCHO-KNAPIK, D.; GIL, L.; GOLDBACH, H.; EICHERT, T. Physico-chemical properties of plant cuticles and their functional and ecological significance. **Journal of Experimental Botany**, v. 68, n. 19, p. 5293-5306, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1093/jxb/erx302>>.

GAO, Y.; LU, J.; ZHANG, P.; SHI, G.; LI, Y.; ZHAO, J.; LIU, Z.; YANG, J.; DU, F.; FAN, R. Wetting and adhesion behavior on apple tree leaf surface by adding different surfactants. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, 110602, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.colsurfb.2019.110602>>.

GOMES, J. M.; SILVA, J. C. F.; VIERIA, S. B.; CARVALHO, J. O. P.; OLIVEIRA, L. C. L.; QUEIROZ, W. T. *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby pode ser utilizada em enriquecimento de clareiras de exploração florestal na Amazônia. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, n. 1, p. 417-424, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.08.001>>.

GRIFFIN, K. L.; TURNBULL, M.; MURTHY, R.; LIN, G. H.; ADAMS, J.; FARNSWORTH, B.; MAHATO, T.; BAZIN, G.; POTASNAK, M.; BERRY, J. A. Leaf respiration is differentially affected by leaf vs. stand-level night-time warming. **Global change biology**, v. 8, n. 5, p. 479-485, 2002. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2486.2002.00487.x>>.

HADI, S. M. S.; AHMED, M. Z.; HAMEED, A.; KHAN, M. A.; GUL, B. Seed germination and seedling growth responses of toothbrush tree (*Salvadora persica* Linn.) to different interacting abiotic stresses. **Flora**, v. 243, p.45-52, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.flora.2018.04.002>>.

HARTSKEERL, K.; SIMMONS, D.; ADAMS, R. Does firefighting foam affect the growth of some Australian native plants. **International Journal of Wildland Fire**, v. 13, p. 335-341, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1071/WF03065>>.

HESKEL, M. A.; O'SULLIVAN, O.; REICH, P. B.; TJOELKER, M. G.; WEERASINGHE, L. K.; PENILLARD, A.; EGERTON, J. J. G.; CREEK, D.; BLOOMFIELD, K. J.; XIANG, J.; SINCA, F.; STANGL, Z. R.; TORRE, A. M.; GRIFFIN, K. L.; HUNTINGFORD, C.; HURRY, V.; MEIR, P.; TURNBULL, M. H.; ATKIN, O. K. Convergence in the temperature response of leaf respiration across biomes and plant functional types. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, n. 14, p. 3832-3837, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1520282113>>.

IBAMA. INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Em atendimento à solicitação efetuada pela Diretoria de Proteção Ambiental (DIPRO) para que a Diretoria de Qualidade Ambiental (DIQUA) se manifeste tecnicamente sobre o uso de retardantes de chamam aplicáveis no combate a incêndios florestais.** Brasília: Coordenação de Avaliação Ambiental de Substâncias e Produtos Perigosos: IBAMA, 2018. 15p. (Parecer técnico, n.514/2018-COASP/CGASQ/DIQUA). Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/phocadownload/quimicos-e-biologicos/retardantes-dechamas/2018-SEI_IBAMA-Parecer-Tecnico-5142018COASP-CGASQ-DIQUA.pdf>. Acesso em: 16 mai. 2019.

ICL PERFORMANCE PRODUCTS LP. **Safety Data Sheet (Phos-Chek® WD881 Class a Foam Concentrate).** St. Louis, 2015. 5p. Disponível em: <<https://www.fs.fed.us/rm/fire/wfcs/products/msds/foam/wd881.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2019.

KALHAPURE, A.; KUMAR, R.; SIGH, V. P.; PANDLEY, D. S. Hydrogels: a boon for increasing agricultural productivity in water-stressed environment. **Current Science**, v. 11, n. 11, p. 1773-1779, 2016. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.18520/cs/v111/i11/1773-1779>>.

KAMALUDDIN, M.; ZWIAZEK, J. Naphthenic acids inhibit root water transport, gas exchange and leaf growth in aspen (*Populus tremuloides*) seedlings. **Tree hysiology**, Victoria, v. 22, p. 1265-1270, 2002. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1093/treephys/22.17.1265>>.

KATATA, G.; NAGAI H.; KAJINO, M.; UEDA, H.; HOZUMI, Y. Numerical study of fog deposition on vegetation for atmosphere–land interactions in semi-arid and arid regions. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 150, p. 340-353, 2010. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2009.11.016>>.

KEFFER, J. F. **Efeito de retardantes de fogo sobre a germinação de espécies florestais tropicais.** 2019. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Instituto de Ciências Naturais, Humanas e Sociais, Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, 2019.

KELLING, M. B.; ARAUJO, M. M.; LEÓN, E. B.; AIMI, S. C.; TURCHETO, F. Regímenes de riego y dosis de polímero hidrorretenedor sobre características morfológicas y fisiológicas de plantas de *Cordia trichotoma*. **Bosque**, v. 38, n. 1, p. 123-131, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002017000100013>>.

KONZEN, E. R.; NAVROSKI, M. C.; FRIEDERICHS, G.; FERRARI, L. H.; PEREIRA, M. O.; FELIPPE, D. The use of hydrogel combined with appropriate substrate and fertilizer improve quality and growth performance of *Mimosa scabrella* benth. Seedlings. **Cerne**, Lavras, v. 23, n. 4, p. 473-482, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/01047760201723042440>>.

LARSON, D. L.; NEWTON, W. E.; ANDERSON, P. J.; STEIN, S. J. Effects of fire retardant chemical and fire-suppressant foam on shrub steppe vegetation in northern Nevada. **International Journal of Wildland Fire**, Roslyn, v. 9, n. 2, p. 115-127, 1999. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1071/WF00013>>.

LEIDE, J.; HILDEBRANDT, U.; REUSSING, K.; RIEDERER, M.; VOGG, G. The developmental pattern of tomato fruit wax accumulation and its impact on cuticular transpiration barrier properties: Effects of a deficiency in a beta-ketoacyl-coenzyme A synthase (LeCER6). **Plant Physiology**, v. 144, n. 3, p. 1667-1679, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1104/pp.107.099481>>.

LIMA, D. C.; SOUZA, A. P.; CABECEIRA, F. G.; KEFFER, J. F.; PIZZATO, M.; BORELLA, D. R. Volume de calda e concentração de retardantes de fogo em queimas controladas em área de eucalipto na transição Cerrado-Amazônia. **Ciência Florestal**, 2020. No prelo

LOWE, K. C.; DALEY, M. R.; LAOUAR, L.; KHANTUN, A.; TIBEIRO, R. C. S.; POWER, J. B.; MULLIGAN, B. J. Surfactant stimulation of growth in cultured plant cells, tissues and organs. **Physiology. Growth and Development of Plants in Culture**, p. 234-244, 1994. Disponível em: <http://dx.org/10.1007/978-94-011-0790-7_23>.

LOWE, M.; McGRATH, G.; MATHES, F.; LEOPOLD, M. Evaluation of surfactant effectiveness on water repellent soils using electrical resistivity tomography. **Agricultural Water Management**, v. 181, p. 56-65, 2017. Disponível em: <<http://dx.org/10.1016/j.agwat.2016.11.013>>.

LUO, H. H.; ZHANG, Y. L.; ZHANG, W. F. Effects of water stress and rewatering on photosynthesis, root activity, and yield of cotton with drip irrigation under mulch. **Photosynthetica**, v. 54, n. 1, p. 65-73, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11099-015-0165-7>>.

MEWS, C. L.; SOUSA, J. R. L.; AZEVEDO, G. T. O. S.; SOUZA, A. M. Efeito do hidrogel e ureia na produção de mudas de *Handroanthus ochraceus* (Cham.) Mattos. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, p. 107-116, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.080814>>.

MICHALETZ, S. T. Evaluating the kinetic basis of plant growth from organs to ecosystems. **New Phytologist**, v. 219, n. 1, p. 37-44, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/nph.15015>>.

MOHAMMAD, A.; MOHEMAN, A. Effect of anionic and non-ionic surfactants in soil-plant system under pot culture. **Chemistry of Phytopotentials: Health, Energy and Environmental Perspectives**, p. 261-264, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-23394-4_55>.

MONTEIRO, E. B.; SILVA, A. C.; SOUZA, A. P.; TANAKA, A. A.; FERNEDA, B. G.; MARTIN, C. C. Water requirements and crop coefficients of tropical forest seedlings in different shading conditions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 8, p. 709-715, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n8p709-715>>

MOORE, D.; KOSTKA, S. J.; BOERTH, T. J.; FRANKLIN, M.; RITSEMA, C. J.; DEKKER, L. W.; OOSTINDIE, K.; STOOFF, C.; WESSELING, J. The effect of soil surfactants on soil hydrological behavior, the plant growth environment, irrigation efficiency and water conservation. **Journal of hydrology and hydromechanics**: Praga, v. 58, n. 3, p. 142-148, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2478/v10098-010-0013-1>>.

MOTA, P. H. S.; ROCHA, S. J. S.; CASTRO, N. L. M.; MARCATTI, G. E.; FRANÇA, L. C. J.; SCHETTINI, B. L. S.; VILLANOVA, P. H.; SANTOS, H. T.; SANTOS, A. R. Forest fire hazard zoning in Mato Grosso State, Brazil. **Land Use Policy**, v. 88, 104206, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104206>>.

NAVROSKI, M. C.; ARAÚJO M. M.; REININGER, L. R. S.; MUNIZ, M. F. B.; PEREIRA, M. O. Influência do hidrogel no crescimento e no teor de nutrientes das mudas de *Eucalyptus dunnii*. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 2, p. 315-328, 2015.

NEETHU, T. M.; DUBEY, P. K.; KASWALA, A. R. Prospects and applications of hydrogel technology in agriculture. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 7, n. 5, p. 3155-3162, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.20546/ijcmas.2018.705.369>>.

PONTES FILHO, R. A.; GONDIM, F. A.; COSTA, M. C. G. Seedling growth of tree species under doses of hydrogel and two levels of luminosity. **Revista Árvore**, v. 42, n. 1, e420112, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1806-90882018000100012>>.

RÄSCH, A.; HUNSCHE, M.; MAIL, M.; BURKHARDT, J.; NOGA, G.; PARIYAR, S. Agricultural adjuvants may impair leaf transpiration and photosynthetic activity. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 132, p. 229-237, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.08.042>>.

SÁNCHEZ-MARTÍN, M. J.; DORADO, M. C.; HOYO, C. del; RODRÍGUEZ-CRUZ, M. S. Influence of clay mineral structure and surfactant nature on the adsorption capacity of surfactants by clays. **Journal of Hazardous Materials**, v. 150, p. 115–123, 2008.

SHIMIZU, E. S. C.; PINHEIRO, H. A.; COSTA, M. A.; FILHO, B. G. S. Aspectos fisiológicos da germinação e da qualidade de plântulas de *Schizolobium amazonicum* em resposta à escarificação das sementes em lixa e água quente. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 791-800, 2011.

SILVA, C.A.; LIMA, M. Soy moratorium in Mato Grosso: deforestation undermines the agreement. **Land Use Policy**, v. 71, p. 540-542, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.11.011>>.

SILVA, S. S.; FEARNSTIDE, P. M.; GRAÇA, P. M. L. A.; BROWN, I. F.; ALENCAR, A.; MELO, A. W. F. Dynamics of forest fires in the southwestern Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 424, p. 312-322, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2018.04.041>>.

SILVÉRIO, D.; SILVA, S.; ALENCAR, A.; MOUTINHO, P. **Amazônia em chamas**. Brasília: INSTITUTO DE PESQUISA AMBIENTAL DA AMAZÔNIA-IPAM, 2019. 9p. (Nota Técnica).

SLOT, M.; WINTER, K. In situ temperature response of photosynthesis of 42 tree and liana species in the canopy of two Panamanian lowland tropical forests with contrasting rainfall regimes. **New Phytologist**, v. 214, n. 3, p. 1103-1117, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/nph.14469>>.

SONG, U.; MUN, S.; WALDMAN, B.; LEE, E. J. Effects of three fire-suppressant foams on the germination and physiological responses of plants. **Environmental Management**, Korea, v. 54, p. 865-874, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00267-014-0303-1>>.

SOUSA, D. B.; CARVALHO, G. S.; RAMOS, E. J. A. **Paricá: *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke**. Benevides: Rede de Sementes da Amazônia, 2005. 2p. (Informativo Técnico, 13).

SOUZA, A. J. J.; GUIMARÃES, R. J.; DOMINGUETTI, A. W.; SCALCO, M. S.; REZENDE, T. T. Water-retaining polymer and seedling type when planting irrigated coffee. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 2, p. 334-343, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20160039>>.

SOUZA, A. P.; ALMEIDA, F. T.; ARANTES, K. R.; MARTIM, C. C.; SILVA, J. O. Coeficiente de Tanque Classe A para estimativa da evapotranspiração de referência diária na região de transição Cerrado-Amazônica. **Scientia Plena**, v. 11, n. 5, 050204, 2015. Disponível em: <<https://www.scienciaplena.org.br/sp/article/view/2383>>.

SOUZA, A. P.; CASAVECCHIA, B. H.; STANGERLIN, D. M. Avaliação dos riscos de ocorrência de incêndios florestais nas regiões Norte e Noroeste da Amazônia Matogrossense. **Scientia Plena**, Aracaju, v. 8, 059904, 2012. Disponível em: <<https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/553>>.

SOUZA, A. P.; MOTA, L. L.; ZAMADEI, T.; MARTIM, C. C.; ALMEIDA, F. T.; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v. 1, p. 34-43, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v01n01a07>>.

SOUZA, H. N.; ARAÚJO, T. G.; RIBEIRO, G. A. Avaliação da eficiência de um gel hidrotentor como retardante de fogo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 471-477, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622012000300009>>.

TONDJO, K.; BRANCHERIAU, L.; SABATIER, S. A.; KOKUTSE, A. D.; AKOSSOU, A.; KOKOU, K.; FOURCAUD, T. Non-destructive measurement of leaf area and dry biomass in *Tectona grandis*. **Trees**, v. 29, n. 5, p. 1625-1631, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00468-015-1227-y>>.

TRUJILLO, H. E. C. **Surfactantes, química y aplicaciones**. Informe de Suficiência (Licenciatura em Química) -Facultad de Ciências, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 2011.

VANDERGRIFT, A. E.; RUTKOWSKI, B. J. The correlation of washability with the rate of surfactant adsorption. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 44, n. 2, p. 107-109, 1967. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/BF02558164>>.

WHITE, B. L. A.; Spatiotemporal variation in fire occurrence in the state of Amazonas, Brazil, between 2003 and 2016. **Acta amazônica**, v. 48, p. 358-367, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/ra.v46i3.47036>>.

YONEZAWA, U. G.; MOURA, M. R. de; AOUADA, F. A. Estado da arte: um estudo sobre polímeros biodegradáveis na germinação e desenvolvimento de plantas. **Caderno de Ciências Agrárias**, Montes Claros, v. 9, n. 2, p. 69-78, 2017.

CAPÍTULO 3 – Efeitos de retardantes de fogo sobre a emergência e crescimento inicial de *Handroanthus ochraceus* (Cham.) Mattos e *Tabebuia roseoalba* (Ridl.) Sandwith

RESUMO – Neste trabalho, objetivou-se avaliar os efeitos de produtos retardantes de fogo de curta duração e de um polímero hidrorretentor sobre a emergência e crescimento inicial de *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba*. O experimento foi conduzido em casa de vegetação no setor de Produção Vegetal da Universidade Federal de Mato Grosso, Câmpus Sinop. As sementes de *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba* foram semeadas em tubetes plásticos de 290 e 820 cm³ contendo substrato orgânico mineral. Os tratamentos consistiram nos seguintes retardantes de fogo e suas respectivas concentrações: Phos-Chek WD881® (0; 3,00; 6,00; 8,00; 10,00 mL L⁻¹) Hold Fire® (0; 7,00; 9,00; 12,00; 15,00 mL L⁻¹) , e o polímero hidrorretentor Nutrigel® (0, 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 g L⁻¹). Os tratamentos foram aplicados no substrato no dia da semeadura e a cada 15 dias até o final do experimento. No tratamento testemunha (concentração igual a 0) aplicou-se apenas água. A emergência das plântulas foi contada diariamente até o 21º dia após a semeadura, avaliada através do índice de velocidade de emergência, porcentagem e tempo médio de emergência. Para avaliação do crescimento realizaram-se análises de crescimento destrutivas aos 30, 45, 60, 90 e 120 DAS. Realizaram-se análises de fluorescência utilizando-se um fluorômetro multi modular; para cada tratamento 3 plantas foram selecionadas aleatoriamente aos 60, 75, 90 e 120 DAS. O delineamento foi inteiramente casualizado com 10 repetições para cada tratamento. Cada produto foi analisado separadamente aos 30 e 120 DAS. Realizaram-se análises de variância, e quando significativas ($p < 0,05$) ajustaram-se regressões polinomiais de primeiro ou segundo grau. As concentrações testadas dos retardantes Phos-Chek WD881 e Hold Fire, e do polímero hidrorretentor Nutrigel não influenciaram a emergência de plântulas das espécies *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba*. Aplicações de Phos-Chek WD881 até 5,00 mL L⁻¹ tem efeitos positivos sobre o crescimento de *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba*. Concentrações de Hold Fire até a 8,00 mL L⁻¹ favorecem o crescimento inicial de *Tabebuia roseoalba*. O crescimento em diâmetro de *Handroanthus ochraceus* tem resposta positiva a partir de 9,60 mL L⁻¹ de Hold Fire. O intervalo de 0,50 g L⁻¹ a 0,88 g L⁻¹ do polímero hidrorretentor Nutrigel promove o crescimento em diâmetro de mudas de *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba*. A fluorescência da clorofila a indica bom funcionamento dos processos fotossintéticos de *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba* na presença dos retardantes de fogo e do polímero hidrorretentor testados.

Palavras-chave: análise de crescimento, fluorescência, hidrogel

1. INTRODUÇÃO

Há preocupação vigente em relação a frequência e tamanho dos incêndios florestais no Brasil e no mundo (ARAGÃO et al., 2018; COSTA; MELO, 2018; SILVA et al., 2018; ANDERSON et al., 2019; CUI et al., 2019; VENKATESH; PREETHI; RAMESH, 2020). Tendo em vista as consequências drásticas, muitas vezes irreversíveis desse fator impactante, fazem-se necessárias técnicas efetivas e sustentáveis para combater o fogo e minimizar seus danos.

Os retardantes de fogo são utilizados para aumentar a eficiência da água na prevenção e combate a incêndios. Esses produtos classificam-se conforme o tempo de ação sobre o material combustível em retardantes de longa e curta duração. Os retardantes de longa duração são compostos por sais fertilizantes e, mantêm sua ação mesmo após a evaporação da água. Os produtos de curta duração, em geral contém surfactantes, espessantes e substâncias gelificantes. Sua ação não se mantém após a evaporação da água (ADAMS; SIMONS, 1999).

Retardantes de fogo são aplicados em áreas ambientalmente sensíveis (KALABOKIDIS, 2000) o que torna imprescindível o conhecimento sobre seus efeitos. Em geral, pouca informação está disponível sobre a influência dos produtos retardantes de fogo sobre o solo, fauna e flora (LARSON et al., 1999; BARREIRO et al., 2016; SONG et al., 2014), principalmente no que diz respeito aos retardantes de curta duração (COUTO-VAZQUÉZ; GONZALÉZ-PRIETO, 2013).

Para as caldas de longa duração já foram documentados maior invasão de espécies daninhas (BELL; TOLHURST; WORTERS, 2005; BESAW et al., 2011), morte de plantas (BELL; TOLHURST; WORTERS, 2005), perturbações na comunidade microbiana do solo (COUTO-VAZQUÉZ; GONZALÉZ-PRIETO, 2013; BARREIRO et al., 2010) e redução da germinação de espécie vegetal aquática (ANGELER et al., 2004; LUNA et al., 2007).

Considerando-se os retardantes de curta duração, as poucas pesquisas apontam toxicidade para organismos aquáticos (GAIKOWSKI et al., 1996) e redução na germinação de espécies vegetais sul coreanas (SONG et al., 2014). De encontro a esses resultados, outras pesquisas apontam que essa classe de retardantes não provoca nenhuma interferência no crescimento das comunidades vegetais avaliadas

(HARTSKEERL; SIMMONS; ADAMS, 2004; FERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ; GOMÉZ-REY; GONZÁLEZ-PRIETO, 2015).

O uso de retardantes de fogo no Brasil é principiante. Tais produtos encontram-se disponíveis comercialmente ainda que, não exista uma legislação brasileira que regulamente seu uso (IBAMA, 2018). Esse fato é preocupante, visto que há apenas um estudo sobre os efeitos de retardantes sobre a vegetação brasileira (KEFFER, 2019). Em contrapartida, produtos consolidados no setor agroflorestal têm sido testados como potenciais retardantes de fogo (SOUZA; ARAÚJO; RIBEIRO, 2012; LIMA et al. 2019).

A capacidade de reter umidade, atrelada aos efeitos positivos sobre a germinação (YONEZAWA; MOURA; AOUADA, 2017) e crescimento vegetal (MEWS et al., 2015; AZEVEDO et al., 2016; NAVROSKI et al., 2016) tornam os polímeros hidroretentores utilizados como condicionadores de solo, uma opção promissora como potenciadores de água para combater incêndios.

As espécies florestais *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba* desempenham importante papel na recuperação de áreas degradadas, além de serem muito utilizadas na arborização urbana (LORENZI, 1992). A dispersão das sementes dessas árvores acontece no período seco, exatamente na época de maior ocorrência de incêndios nas regiões sul e leste da Amazônia Legal.

Pesquisas sobre os efeitos de retardantes de fogo sobre as plantas e banco de sementes podem auxiliar na definição de concentrações efetivas e seguras para os ecossistemas. Portanto, objetivou-se avaliar os efeitos de diferentes concentrações de retardantes de fogo de curta duração e de um polímero hidroretentor sobre a emergência e crescimento inicial de *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no setor de Produção Vegetal da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) Câmpus Sinop, situado a 11°51'50" latitude Sul e 55°29'08" longitude Oeste e altitude média de 384 metros. O clima predominante na região Centro-Norte do Estado do Mato Grosso, onde situa-se

o município de Sinop é o Aw (tropical quente e úmido), caracterizado por duas estações bem definidas (chuvosa entre outubro e abril, e seca de maio a setembro), baixa amplitude térmica anual que varia entre 24 e 27°C (SOUZA; CASAVECCHIA; STANGERLIN, 2012) e precipitação média anual de 1970 mm (SOUZA et al., 2013). O experimento foi instalado no dia 05/03/2019 e finalizado em 02/07/2019, com duração de 120 dias.

2.2. Capacidade de retenção de água do substrato

Como substrato para crescimento das mudas utilizou-se uma mistura de substrato comercial e solo florestal na proporção 2:1. A composição do substrato comercial consistiu em casca de pinus bioestabilizada, vermiculita, moinha de carvão vegetal, água e espuma fenólica.

Para determinar a capacidade de retenção de água do substrato nos tubetes, obteve-se a massa de cinco tubetes vazios, de cada volume a ser utilizado (290 e 820 cm³). Os tubetes foram preenchidos com substrato na umidade natural e postos em uma bandeja com água para saturação, por meio da ascensão capilar. A superfície superior dos tubetes foi vedada com plástico para evitar a evaporação. As pesagens do conteúdo úmido foram realizadas com o auxílio de uma balança de precisão (0,01 g). Calculou-se a umidade na capacidade de campo conforme as equações 1 e 2.

$$\theta_{cc} = \frac{\rho}{\rho_a} U_{CC} \quad (1)$$

$$U_{CC} = \frac{M_a}{M_s} \quad (2)$$

Em que: θ_{cc} é a umidade na capacidade de campo em recipientes (cm³ cm⁻³); ρ é a massa específica do substrato (g cm⁻³); ρ_a é a massa específica da água (g cm⁻³); U_{cc} é a umidade na capacidade de campo (g g⁻¹); M_a e M_s são as massas de água e do substrato seco (g).

Os tubetes foram pesados 48 horas após a saturação do substrato, quando não havia mais drenagem na base. As amostras foram colocadas em formas de papel alumínio e mantidas em estufa de circulação de ar forçado, a 105 °C até a obtenção de massa constante. Após pesagem das massas secas determinou-se a massa específica (ρ) do substrato (Equação 3).

$$\rho = \frac{M_s}{V} \quad (3)$$

Em que: ρ é a massa específica do substrato (g cm^{-3}); M_s é a massa do substrato seco (g) e V é o volume de solo (cm^3).

A massa de água retida no substrato do tubete foi determinada pela diferença entre as massas úmida e seca (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios de massa do substrato para determinação da umidade na capacidade de campo e massa específica do substrato.

Volume do Tubete	$M_{\theta_{cc}}$ (g)	M_s (g)	θ_{cc} (g/g)	M_a (g)	ρ (g/cm^3)
820	0,66	592,10	0,48	389,89	0,72
Desvio padrão	0,02	56,25	0,04	31,77	0,07
290	0,68	207,66	0,48	139,97	0,72
Desvio padrão	0,30	14,01	0,01	3,60	0,05

$M_{\theta_{cc}}$: massa do substrato na capacidade de campo; M_s : massa do substrato seco; θ_{cc} : umidade na capacidade de campo; M_a : massa de água; ρ : massa específica do substrato.

2.3. Intensidade de irrigação da casa de vegetação e monitoramento micrometeorológico

Determinou-se a uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação por microaspersão, por meio de recipientes plásticos de aproximadamente $32,17 \text{ cm}^3$ de volume, dispostos a cada 1m dentro da casa de vegetação. O sistema de irrigação foi acionado por 10 minutos e mediu-se o volume de água coletado em cada recipiente. A partir desses dados estimou-se o volume médio armazenável durante 60 minutos, igual a $37,25 \text{ cm}^3$.

O manejo da irrigação diário foi realizado com base na evapotranspiração da cultura (ET_c), dada pelo produto entre a evapotranspiração de referência obtida pelo método do Tanque Classe A e o coeficiente de cultivo (K_c) de 0,86 (MONTEIRO et al., 2016) (Equação 4). A lâmina diária foi aplicada fracionada em duas irrigações (manhã e tarde).

$$ETC = ECA \times K_p \times K_c \quad (4)$$

em que: ET_c é a evapotranspiração da cultura (mm dia^{-1}); ECA é a evaporação do Tanque Classe A (mm dia^{-1}); K_p é o coeficiente do Tanque Classe A ($K_p = 0,78$) (SOUZA et al., 2015).

As variáveis microclimáticas das condições externas ao experimento foram obtidas da Estação Meteorológica Automática Padrão (EMA), localizada a cerca de 20 metros da casa de vegetação. Para aferição das condições internas da casa de vegetação, instalou-se um termo higrômetro digital, suspenso a 50 cm de altura das mudas, para monitoramento da temperatura e da umidade relativa do ar (Figura 1).

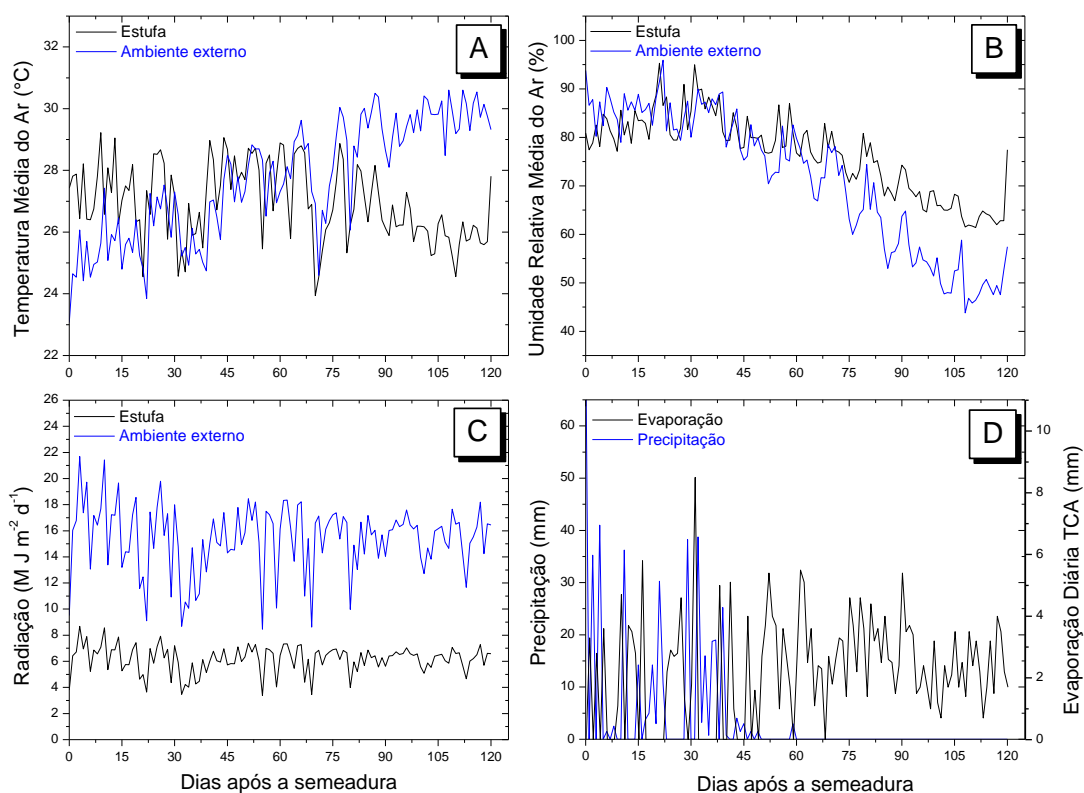


Figura 1. Valores médios de temperatura média do ar (A), umidade relativa média do ar (B), radiação global (C), precipitação e evaporação diária do Tanque Classe A (D) no período de 05/03/2019 a 02/07/2019 em Sinop, MT.

2.4. Coletas e caracterização das sementes

As sementes de *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba* foram coletadas em árvores matrizes selecionadas na arborização urbana do município de Sinop-MT. A localização das árvores matrizes e suas variáveis dendrométricas médias encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Localização e caracterização dendrométrica das árvores matrizes das espécies *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba*.

Localização das árvores matrizes					
Espécie	N	Coordenadas geográficas ⁽¹⁾		Dist. Máx. (m)	
		Latitude	Longitude		
<i>H. ochraceus</i>	4	11°50'35.9"S; 11°50' 42.5"S	55°30'26.8"W; 55°30' 27.9"W	170	
<i>T. roseoalba</i>	6	11°51'26.8"S; 11°51'24.7"S	55°29'40.2"W; 55°29'39.4"W	1571	
Valores médios das variáveis dendrométricas das árvores matrizes					
Espécie		Alt _T	C _{Copa}	D _c	DAP
		(m)			(cm)
<i>Handroanthus ochraceus</i>		6,25	3,8	5,4	16,41
Desvio padrão		1,2	1,06	1,08	3,9
<i>Tabebuia roseoalba</i>		5,23	4,15	4,71	15,3
Desvio padrão		3,01	0,72	0,78	3,01

⁽¹⁾Coordenadas geográficas das árvores mais distantes entre si; N: número de árvores matrizes; Dist. Max: Distância máxima entre as árvores matrizes; Alt_T: Altura total; C_{Copa}: Comprimento de copa; D_c: diâmetro de copa; DAP: Diâmetro a altura do peito (1,30 m).

As coletas das sementes foram realizadas entre agosto e setembro de 2018. Coletaram-se as sementes diretamente nas árvores matrizes com auxílio de um podão. Após o beneficiamento, as sementes foram armazenadas em câmara fria (temperatura média 12 °C e umidade de 10%). Separaram-se amostras dos lotes de coletas para a caracterização quanto ao peso de mil sementes, grau de umidade e medidas biométricas das sementes em conformidade com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) (Tabela 3).

Tabela 3. Caracterização biométrica das sementes das espécies *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba*.

Espécie	Comprimento	Largura	Espessura	Grau de umidade	Peso de mil sementes	Tempo de Armazenamento
<i>H. ochraceus</i>	7,39	29,50	0,55	8,20	13,89	175
Desvio padrão	0,57	2,78	0,10	1,05	1,21	-
<i>Tabebuia roseoalba</i>	10,76	38,80	0,45	7,90	12,42	155
Desvio padrão	0,79	2,35	0,15	1,22	1,12	-

2.5. Semeadura e aplicação dos tratamentos

Para desinfestação das sementes realizou-se imersão em solução de álcool 70%. Após um minuto, as sementes foram imersas em solução de hipoclorito de sódio (1% de cloro) por 10 minutos, em seguida lavadas com água destilada.

As sementes de *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba* foram colocadas para germinar a 1,0 cm de profundidade em tubetes plásticos contendo substrato orgânico mineral. Foram semeadas quatro sementes por tubete, posteriormente mantendo apenas uma plântula, a maior e mais centralizada e desbastando as demais.

Os tratamentos consistiram em diluições em água de dois retardantes de curta duração (Phos-Chek WD-881® e Hold Fire®) e de um polímero hidrotentor (Nutrigel®). O principal critério de seleção dos retardantes foi o uso e disponibilidade comercial no Brasil.

Phos-Chek WD881® (ICL PERFORMANCE PRODUCTS LP, St. Louis, MO, EUA) possui em sua composição: sulfonato de alfa olefina, 2-metilpentano-2,4-diol, álcool laurílico e d-limoneno. A combinação de surfactantes nesse retardante de chama reduz a tensão superficial da água, e em contato com o ar produz espuma que envolve os combustíveis, criando uma barreira entre o material combustível e o fogo. Phos-Chek WD881 é fornecido pelo fabricante como um líquido concentrado cuja taxa de mistura recomendada é 0,1 a 1 %. Dentro desse intervalo estabeleceu-se as seguintes concentrações para avaliação: 0; 3,00; 6,00; 8,00 e 10,00 mL L⁻¹.

Hold Fire® (FAVARO & PERIN Ind. e Com. LTDA – ME, Vila Velha, ES, BR) é um produto brasileiro fornecido na forma de um gel viscoso. É constituído por óleos vegetais, polímero natural higroscópico e surfactantes biodegradáveis, sendo isento de materiais pesados (FAVARO; PERIN, 2016). A dosagem de mistura indicada pelo fabricante é de 0,7 a 1,5%. Portanto, para esse produto utilizou-se as concentrações: 0; 7,00; 9,00; 12,00; e 15,00 mL L⁻¹.

Nutrigel® (AGROTERRA INSUMOS, São José do Rio Preto, SP, BR) é um polímero hidrotentor utilizado no setor agroflorestral como condicionador de solo, nesta pesquisa foi testado como retardante de fogo alternativo. É constituído por monômeros de carbono ligados por pontes de hidrogênio, 27,80% de CaO, 49,70% de CaCO₃, 8,70% de MgO e 18,10% de MgCO₃ (AGROTERRA, 2015). Como não possui taxa de diluição recomendada para o combate a incêndios, determinou-se em

ensaios de campo a quantidade máxima do polímero hidroretentor aplicável com uma bomba costal anti-incêndios com bicos do tipo leque. A partir da concentração máxima estabelecida ($1,00 \text{ g L}^{-1}$), fracionaram-se as seguintes: 0; 0,25; 0,50; 0,75 e $1,00 \text{ g L}^{-1}$. Em todos os tratamentos cuja concentração foi igual a 0, as mudas receberam apenas água (testemunha ou controle).

Os tratamentos foram aplicados no substrato no dia da semeadura e a partir desta, a cada 15 dias para simular as deposições acumuladas dos produtos. Utilizaram-se seringas de 20 mL para aplicação dos retardantes. As aplicações eram realizadas pela manhã, substituindo uma irrigação.

2.6. Emergência

A emergência das plântulas foi contada diariamente até o 21º dia após a semeadura. Considerou-se emergente a semente que expôs alguma parte dos seus cotilédones para fora do substrato (Figura 2).



Figura 2. Emergência da plântula da espécie *Handroanthus ochraceus*. Fonte: própria.

Avaliou-se a emergência a partir das seguintes variáveis:

- a) Índice de velocidade de emergência (IVE): contagem diária a partir do dia seguinte da instalação do experimento, até o último dia de contagem (21º). A determinação do índice de velocidade de emergência foi realizada a partir da fórmula de Maguire (1962), representada na equação 4.

$$IVE = \frac{E_1}{N_1} + \frac{E_2}{N_2} + \dots + \frac{E_n}{N_n} \quad (4)$$

Em que: IVE: índice de velocidade de emergência; E_1 , E_2 , E : número de plântulas emergidas em cada intervalo; N_1 , N_2 , N_n : número de dias da semeadura a cada intervalo.

- b) Tempo médio de emergência (TME): obtido por meio de contagens diárias das sementes emergentes até o vigésimo primeiro dia após a semeadura, conforme Labouriau (1983), calculado pela equação 5.

$$TME = \frac{\sum (n_i t_i)}{\sum n_i} \quad (5)$$

Em que: TME: tempo médio de emergência (dias); n_i : número de sementes que emergiram por dia (no intervalo entre cada contagem); t_i : tempo decorrido entre o início da emergência e a i -ésima contagem; i : 1, 2, ... n.

- c) Porcentagem de emergência (%E): a avaliação da emergência foi realizada por meio de contagens no intervalo de 21 dias após a instalação do experimento, e foram consideradas emergentes as sementes que originaram plântulas normais (BRASIL, 2009).

2.7. Análises de crescimento

Realizaram-se análises de crescimento destrutivas aos 30, 45, 60, 90 e 120 dias após a semeadura (DAS). As mudas submetidas à análise de crescimento aos 120 dias cresceram em tubetes de 820cm³ e as demais em tubetes de 290 cm³.

As variáveis de crescimento avaliadas foram:

- número de folhas por planta (NF) por contagem visual;
- área foliar por planta (AF) com um medidor fotoelétrico (cm²);
- diâmetro do coleto (D), obtido à altura do substrato com auxílio de um paquímetro digital (mm);
- altura da muda (H) medida do colo das plantas até a gema apical obtida utilizando uma régua graduada (cm);
- volume de raiz (VR) obtido com proveta graduada, por imersão das raízes lavadas em um volume de água conhecido (mL);

- f) massas secas (g) do caule (MSC), da raiz (MSR), e das folhas (MSF) determinadas em balança analítica com precisão de 0,0001 g, após a secagem do material vegetal em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de $65\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 72 horas. Calculou-se a massa seca total da planta (MST) pelo somatório da MSC, MSF e MSR (Figura 3).

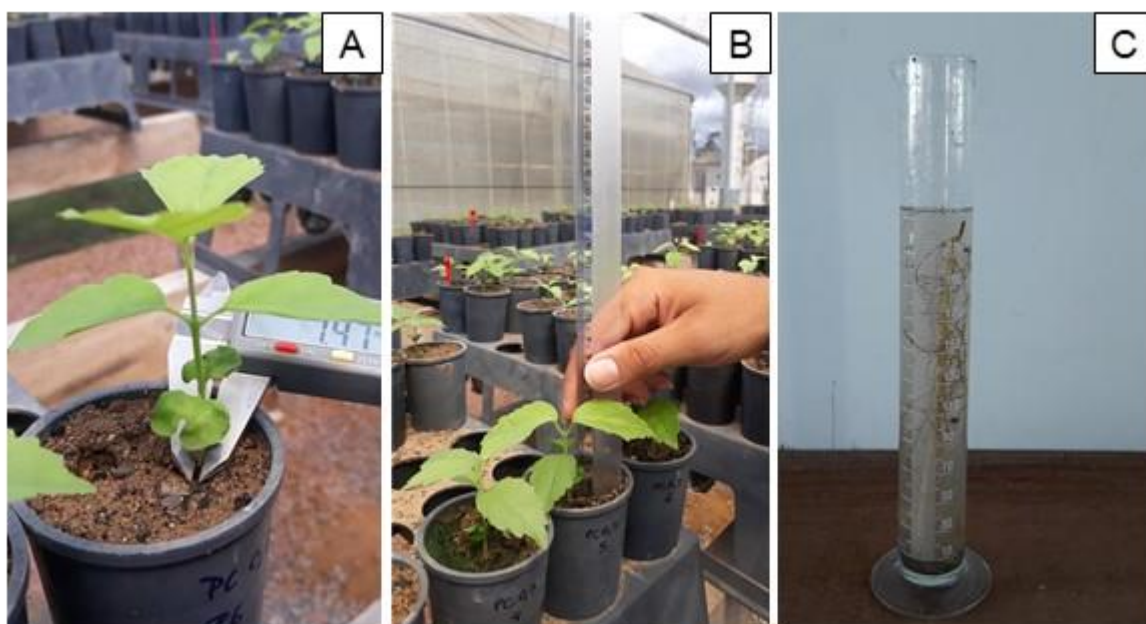


Figura 3. Aferição do diâmetro (A), altura (B) e volume de raiz (C) de mudas de *Tabebuia roseoalba*. Fonte: própria.

2.8. Fluorescência da clorofila a

A fluorescência da clorofila a foi registrada utilizando um Fluorômetro multi modular OS5p (Opti-Sciences, Hudson, USA). As avaliações foram realizadas aos 60, 75, 90, 120 DAS, no intervalo de 07 às 10 horas. Para cada tratamento, 3 plantas foram selecionadas aleatoriamente. Uma folha em cada planta foi marcada para as sucessivas avaliações, preferencialmente localizada 2 nós abaixo da gema apical para representar o estrato intermediário das mudas.

A fluorescência máxima (F_m) e a fluorescência inicial (F_0) foram determinadas após 30 minutos de aclimatação das folhas ao escuro. Essa aclimatação foi garantida em um círculo do limbo foliar, através de pinças apropriadas para esse fim (Figura

4A). Através do feixe de fibra ótica do aparelho, o tecido foliar era exposto a um pulso fraco de luz vermelha ($0,05 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) obtendo-se a fluorescência mínima (F_0). Em um intervalo de aproximadamente 0,8 segundos o equipamento emitia um pulso de luz actínica saturante de intensidade superior a $5000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para mensuração da fluorescência máxima (F_m). Esses dados foram utilizados para o cálculo do rendimento quântico máximo ou eficiência fotoquímica do fotossistema II (F_v/F_m) (Equação 6).

$$F_v/F_m = \frac{(F_m - F_0)}{F_m} \quad (6)$$

Utilizaram-se as mesmas folhas, contudo em estado adaptado à luz ambiente, e submeteu-se o limbo foliar a múltiplos pulsos sequenciais de luz actínica (5000, 10000 e 15000 micromols $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$), a fim de obter a máxima fluorescência adaptada à luz (F'_m) (Figura 4B). Obteve-se a dissipação não-fotoquímica (Non-photochemical quenching - NPQ) de acordo com a Equação 7.

$$\text{NPQ} = \frac{(F_m - F'_m)}{F'_m} \quad (7)$$

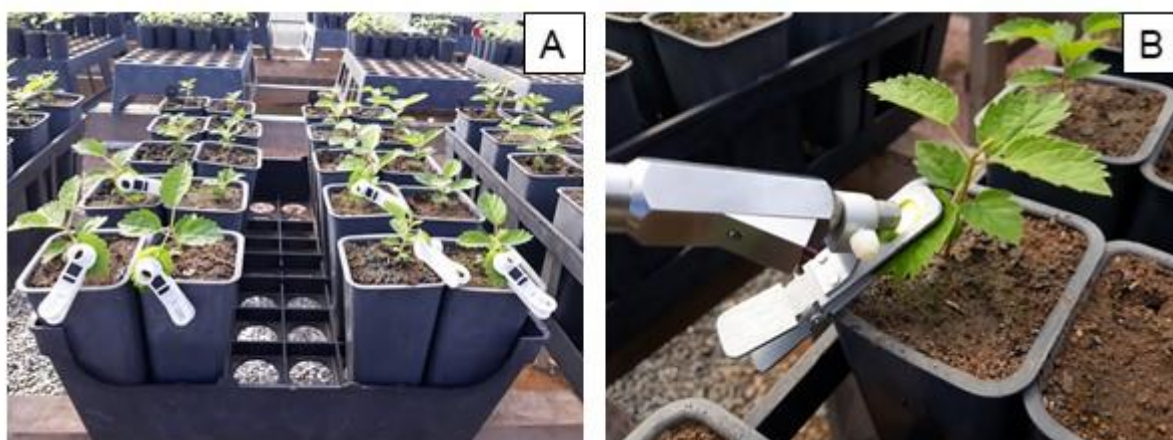


Figura 4. Folhas de *Handroanthus ochraceus* com pinças para aclimação ao escuro (A) e folha adaptada à luz ambiente submetida à luz actínica (B), durante as medidas da fluorescência da clorofila a. Fonte: própria.

2.9. Análises estatísticas

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com dez repetições por concentração, de cada produto. Os efeitos foram analisados

separadamente por produto, para cada espécie, no início (30 DAS) e no final do experimento (120 DAS).

Os dados foram avaliados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, a 5% de significância (Apêndice C), quando significativos (não normais) foram transformados pela função $Y = (x+1)^{0,5}$. Nos quadros das análises de variâncias anexadas foram apresentados os valores originais e os transformados (Apêndice D).

Realizaram-se análises de variância, e quando significativas ($p < 0,05$) foram ajustadas regressões polinomiais de primeiro e segundo grau, selecionando-se a equação com maior valor de coeficiente de ajuste (R^2). Utilizaram-se os valores originais para representação das curvas de regressão, com a estatística dos dados transformados. Quando os ajustes de regressão não foram significativos ($p > 0,05$), as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS

3.1. Emergência de plântulas

3.1.1. Phos-Chek WD881

As concentrações de Phos-Chek WD881 foram significativas apenas para o índice de velocidade de emergência (IVE) das plântulas da espécie *Handroanthus ochraceus* (Tabelas das análises de variância no Apêndice D). O IVE foi maior na concentração de 3,00 mL L⁻¹ comparando-se com o tratamento controle (0 mL L⁻¹) sendo que, este não se diferenciou das concentrações 8,00 e 6,00 mL L⁻¹ de Phos-Chek WD881 (Tabela 4).

Tabela 4. Valores médios do índice de velocidade de emergência para as sementes da espécie *Handroanthus ochraceus* sob concentrações do retardante de fogo Phos-Chek WD881.

Variável	Phos-Chek WD881 (mL L ⁻¹)				
	0,00	3,00	6,00	8,00	10,00
IVE	7,27 b	10,06 a	7,17 b	6,94 b	9,19 ab
DMS	2,78				

IVE: Índice de velocidade de emergência; DMS: diferença mínima significativa.

3.1.2. Hold Fire

Não houve diferenças para as variáveis de emergência de plântulas das espécies *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba* submetidas a concentrações de Hold Fire (Tabelas das análises de variância no Apêndice D).

3.1.3. Nutrigel

Não houve alterações significativas na emergência de plântulas das espécies *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba* quanto às concentrações de Nutrigel aplicadas (Tabelas das análises de variância no Apêndice D).

3.2. Crescimento

3.2.1. Phos-Chek WD881

Aos 30 DAS verificaram-se diferenças para o número de folhas das mudas de *Handroanthus ochraceus* submetidas às concentrações de Phos-Chek WD881. As mudas de *Tabebuia roseoalba* apresentaram diferenças para as variáveis: número de folhas, área foliar, volume de raiz, massa seca das folhas e massa seca total (Tabelas das análises de variância no Apêndice D).

Observou-se comportamento quadrático para o número de folhas das mudas de *Handroanthus ochraceus* em função das concentrações de Phos-Chek WD881. O ponto de culminação para esta variável ocorreu na concentração estimada de 4,80 mL L⁻¹ (Figura 5).

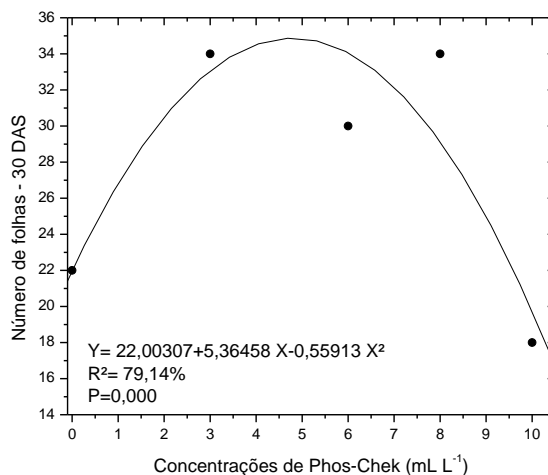


Figura 5. Número de folhas das mudas da espécie *Handroanthus ochraceus* em função das concentrações do retardante de fogo Phos-Chek WD881 aos 30 DAS.

O número de folhas, área foliar, volume de raiz e massa seca das folhas das mudas da espécie *Tabebuia roseoalba* apresentaram ajuste quadrático em função das concentrações de Phos-Chek WD881, atingindo valor máximo e decrescendo a partir deste. Os pontos máximos estimados dessas variáveis ocorreram respectivamente nas seguintes concentrações estimadas: 5,87; 4,76; 5,80 e 5,06 mL L⁻¹ (Figura 6).

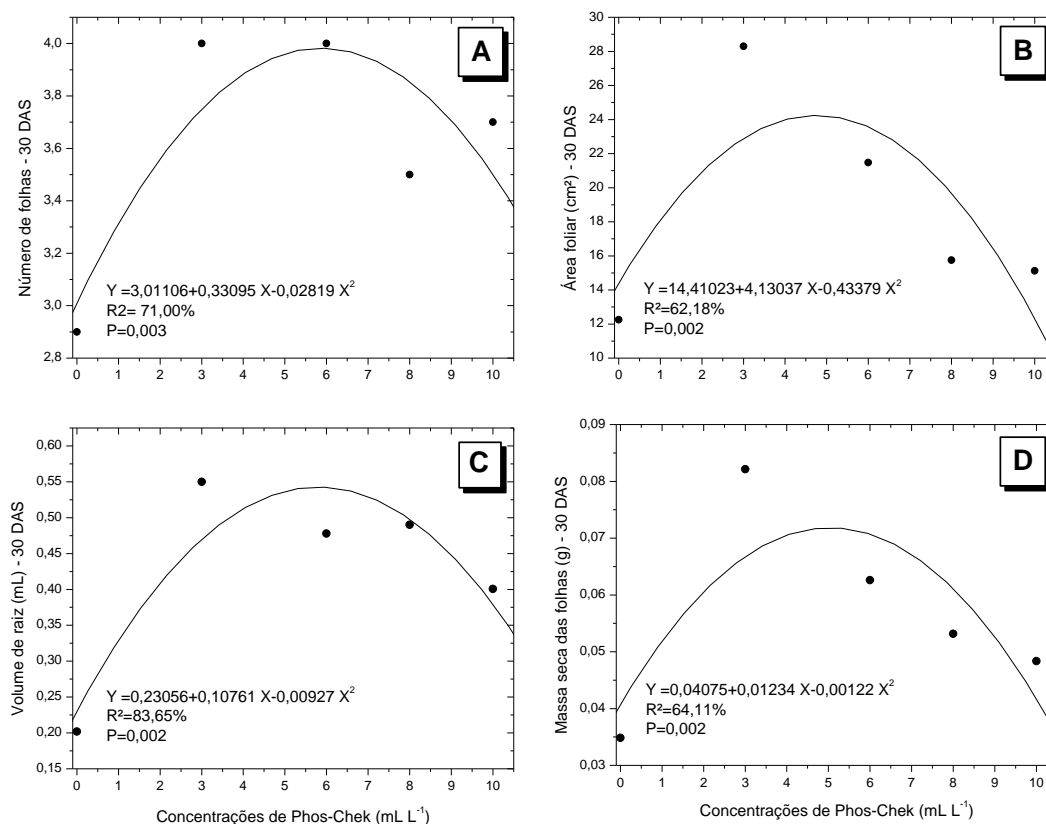


Figura 6. Número de folhas (A); área foliar (B); volume de raiz (C) e massa seca das folhas (D) das mudas da espécie *Tabebuia roseoalba* em função das concentrações do retardante de fogo Phos-Chek WD881 aos 30 DAS.

A média de massa seca total das mudas de *Tabebuia roseoalba* na concentração de 3,00 mL L⁻¹ (0,14 g) de Phos-Chek WD881 foi o dobro da observada na concentração controle (0 mL L⁻¹) (Tabela 5).

Tabela 5. Valores médios de massa seca total das mudas da espécie *Tabebuia roseoalba* submetidas às concentrações do retardante de fogo Phos-Chek WD881.

Variável	Phos-Chek WD881 (mL L ⁻¹)				
	0	3,00	6,00	8,00	10,00
MST	0,07 b	0,14 a	0,01 ab	0,09 ab	0,11 ab
DMS	0,06				

MST: massa seca total; DMS: diferença mínima significativa.

Aos 120 DAS houve diferenças significativas para as variáveis: número de folhas, volume de raiz, massa seca de raiz e massa seca total das mudas de *Handroanthus ochraceus* submetidas às concentrações de Phos-Chek WD881. Para *Tabebuia roseoalba* houve diferenças apenas para o crescimento em diâmetro (Tabelas das análises de variância no Apêndice D).

O número de folhas e o volume de raiz das mudas de *Handroanthus ochraceus* apresentaram comportamento quadrático, porém inversos. Enquanto o número de folhas apresentou valor mínimo na concentração ajustada de 5,38 mL L⁻¹, com tendência positiva a partir desta (Figura 7A); o volume de raiz aumentou até a concentração estimada de 4,73 mL L⁻¹, decrescendo a partir deste ponto (Figura 7B).

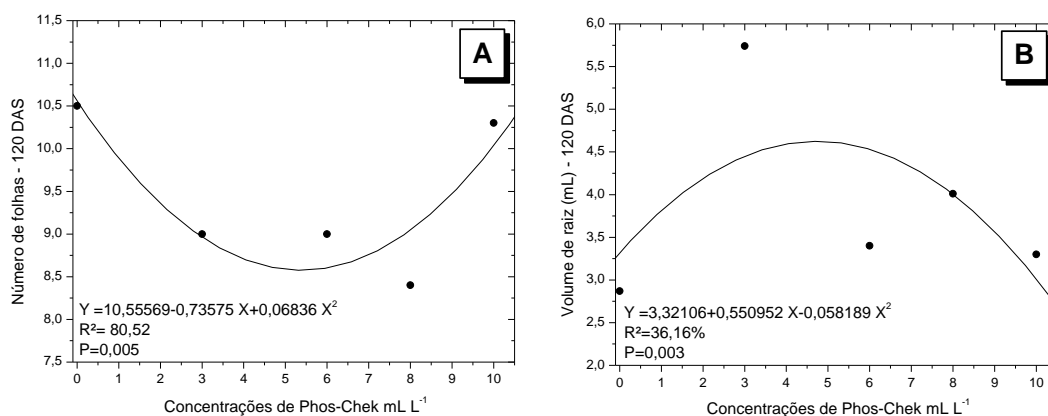


Figura 7. Número de folhas (A) e volume de raiz (B) das mudas da espécie *Handroanthus ochraceus* em função das concentrações do retardante de fogo Phos-Chek WD881 aos 120 DAS.

A massa seca de raiz e a massa seca total das mudas de *Handroanthus ochraceus* apresentaram média superior na concentração de 3,00 mL L⁻¹ quando comparadas com as concentrações controle e 6,00 mL L⁻¹ de Phos-Chek WD881 (Tabela 6).

Tabela 6. Valores médios de massa seca de raiz e massa seca total das mudas da espécie *Handroanthus ochraceus* sob concentrações do retardante de fogo Phos-Chek WD881.

Variável	Phos-Chek WD881 (mL L ⁻¹)				
	0	3,00	6,00	8,00	10,00
MSR	0,58 b	0,99 a	0,58 b	0,66 ab	0,70 ab
DMS	0,33				
MST	0,82 b	1,24 a	0,80 b	0,86 b	0,93 ab
DMS	0,37				

MSR: massa seca de raiz; MST: massa seca total; DMS: diferença mínima significativa.

Aos 120 DAS, o crescimento máximo em diâmetro das mudas de *Tabebuia roseoalba* ocorreu na concentração estimada de 6,29 mL L⁻¹ (Figura 8).

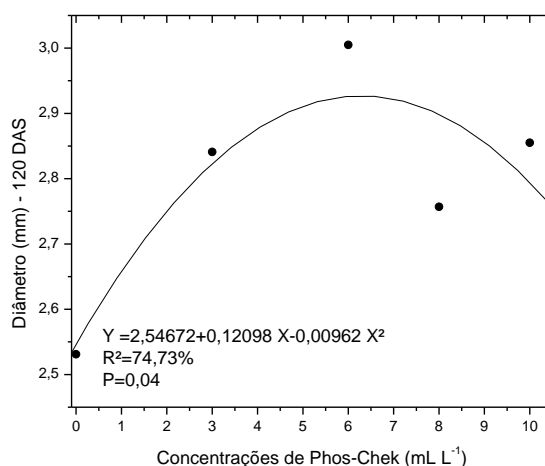


Figura 8. Diâmetro das mudas da espécie *Tabebuia roseoalba* em função das concentrações do retardante de fogo Phos-Chek WD881 aos 120 DAS.

3.2.2. Hold Fire

Não houve diferenças aos 30 DAS para as variáveis de crescimento das mudas da espécie *Handroanthus ochraceus* tratadas com as concentrações de Hold Fire. Enquanto para *Tabebuia roseoalba* observaram-se diferenças significativas no número de folhas e volume de raiz (Tabelas das análises de variância no Apêndice D).

Observou-se comportamento quadrático para o número de folhas e volume de raiz para as mudas de *Tabebuia roseoalba* em função das concentrações de Hold

Fire. Os valores máximos para essas variáveis ocorreram nas concentrações ajustadas de 10,87 e 8,04 mL L⁻¹ de Hold Fire, respectivamente (Figura 9).

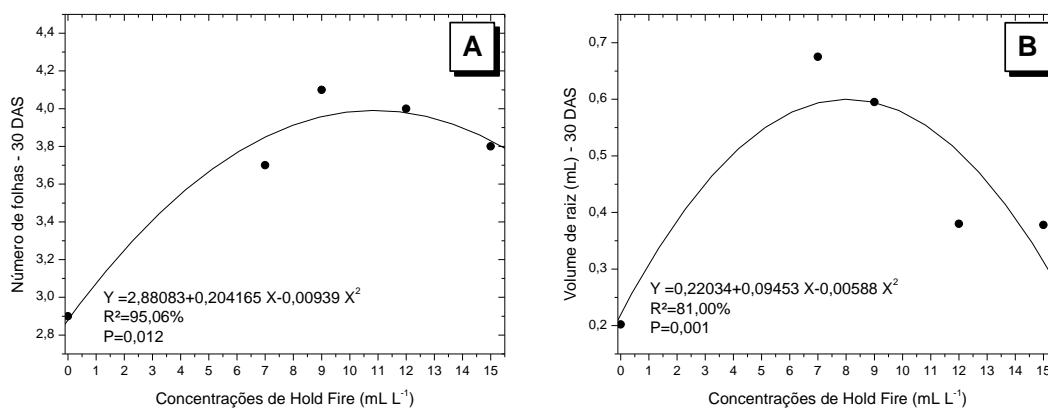


Figura 9. Número de folhas (A) e volume de raiz (B) das mudas da espécie *Tabebuia roseoalba* em função das concentrações do retardante de fogo Hold Fire aos 30 DAS.

Aos 120 DAS observaram-se diferenças para o diâmetro das mudas de *Handroanthus ochraceus*, e volume de raiz das mudas de *Tabebuia roseoalba* submetidas às concentrações do retardante Hold Fire.

Constatou-se comportamento quadrático para o crescimento em diâmetro das mudas de *Handroanthus ochraceus*, com ponto mínimo na concentração ajustada de 9,61 mL L⁻¹, para valores após esta concentração há crescimento da variável (Figura 10).

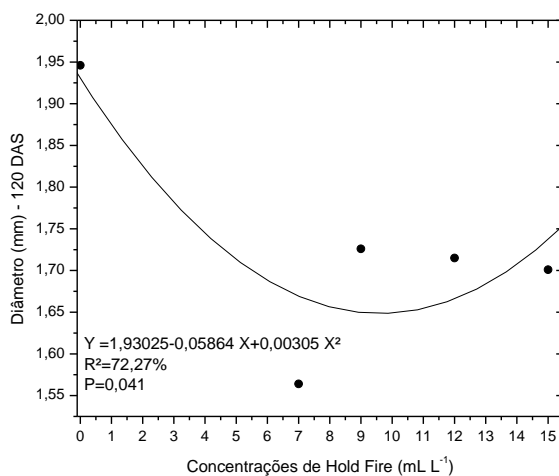


Figura 10. Diâmetro das mudas da espécie *Handroanthus ochraceus* em função das concentrações do retardante de fogo Hold Fire aos 120 DAS.

O volume de raiz das mudas de *Tabebuia roseoalba* apresentou ajuste polinomial quadrático em função das concentrações de Hold Fire, com ponto máximo na concentração estimada de 5,80 mL L⁻¹ (Figura 11).

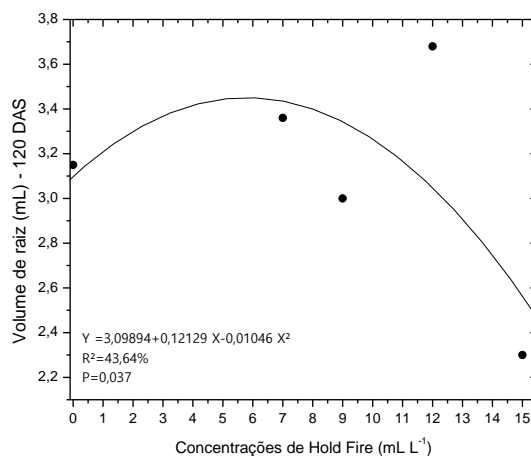


Figura 11. Volume de raiz das mudas da espécie *Tabebuia roseoalba* em função das concentrações de retardante de fogo Hold Fire aos 120 DAS.

3.2.3. Nutrigel

As concentrações de Nutrigel apresentaram diferenças para o número de folhas e diâmetro das mudas de *Handroanthus ochraceus* aos 30 DAS. Observaram-se nas

mudas de *Tabebuia roseoalba* diferenças no diâmetro e volume de raiz em relação às concentrações do polímero hidroretentor (Tabelas das análises de variância no Apêndice D).

O número de folhas das mudas da espécie *Handroanthus ochraceus* apresentou maiores médias nas concentrações de 0,25; 0,50 e 1,00 g L⁻¹ do que na concentração de 0,75 g L⁻¹. A média da testemunha (0 mL L⁻¹) não se diferenciou das demais concentrações de Nutrigel (Tabela 7).

Tabela 7: Valores médios do número de folhas das mudas da espécie *Handroanthus ochraceus* sob concentrações do polímero hidroretentor Nutrigel.

Variável	Nutrigel (g L ⁻¹)				
	0	0,25	0,50	0,75	1,00
NF	2,20 ab	2,40 a	2,50 a	1,00 b	2,40 a
DMS	1,21				

NF: número de folhas; DMS: diferença mínima significativa.

O diâmetro das mudas de *Handroanthus ochraceus* apresentou comportamento linear crescente em função do aumento das concentrações de Nutrigel (Figura 12).

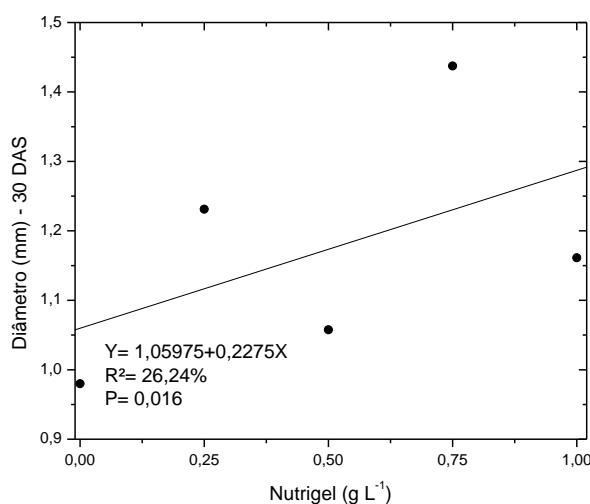


Figura 12. Diâmetro das mudas da espécie *Handroanthus ochraceus* em função das concentrações do polímero hidroretentor Nutrigel aos 30 DAS.

O diâmetro das mudas de *Tabebuia roseoalba* apresentou comportamento quadrático com valor mínimo na concentração estimada de 0,49 g L⁻¹. Para o volume

de raiz observou-se ajuste linear crescente em função das concentrações de Nutrigel (Figura 13).

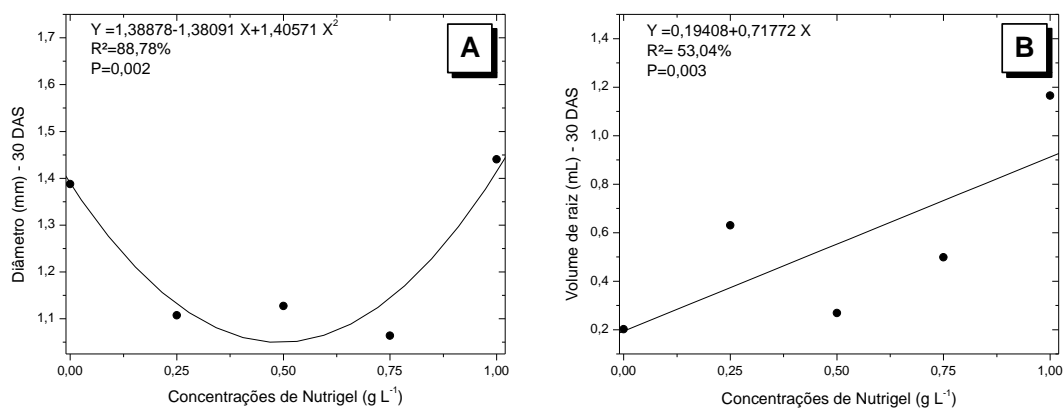


Figura 13. Diâmetro (A) e volume de raiz (B) de mudas de *Tabebuia roseoalba* em função das concentrações do polímero hidrotentor Nutrigel aos 30 DAS.

Aos 120 DAS, o número de folhas e o diâmetro das mudas de *Handroanthus ochraceus* continuaram a apresentar diferenças significativas em função das concentrações do hidrogel. Essas duas variáveis mostraram comportamento quadrático, o número de folhas apresentou ponto mínimo na concentração estimada de 0,49 g L⁻¹ (Figura 14A). O valor mínimo de diâmetro ocorreu na concentração ajustada de 0,59 g L⁻¹ de Nutrigel (Figura 14B).

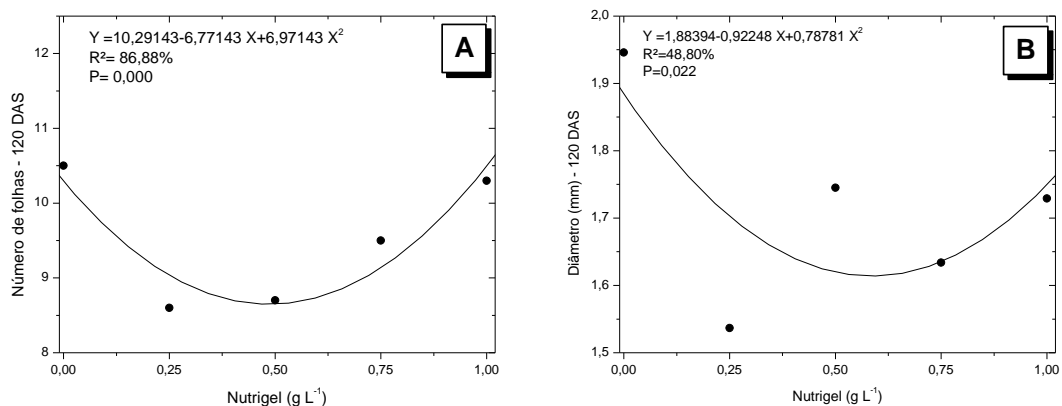


Figura 14. Número de folhas (A) e diâmetro (B) das mudas de *Handroanthus ochraceus* em função das concentrações do polímero hidrorretentor Nutrigel aos 120 DAS.

As mudas de *Tabebuia roseoalba* manifestaram diferenças apenas para o diâmetro, aos 120 DAS. Observou-se nessa variável, comportamento quadrático para esta variável, cujo ponto máximo se deu na concentração estimada de 0,88 g L⁻¹ de Nutrigel (Figura 15).

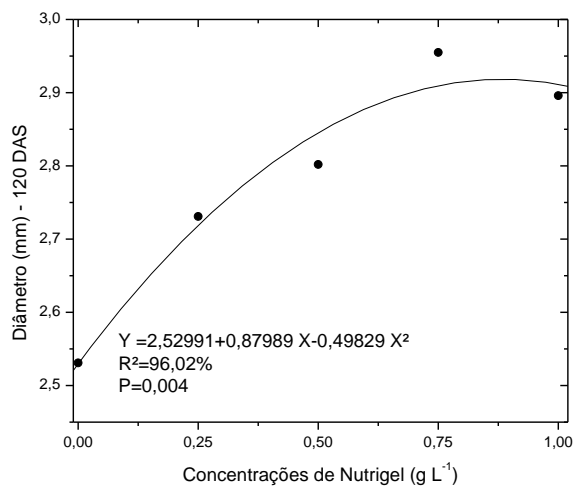


Figura 15. Diâmetro das mudas de *Tabebuia roseoalba* em função das concentrações do polímero hidrorretentor Nutrigel aos 120 DAS.

3.3. Fluorescência da clorofila a

3.3.1. Phos-Chek WD881

Houve diferenças apenas para os valores de dissipação não fotoquímica (NPQ) das mudas de *Handroanthus ochraceus* submetidas às concentrações de Phos-Chek WD881 (Tabelas das análises de variância no Apêndice D). A variável em questão apresentou comportamento quadrático em função das concentrações do retardante de fogo. Os valores de NPQ cresceram com o aumento das concentrações até o ponto máximo em 4,95 mL L⁻¹ de Phos-Chek WD881 (Figura 16).

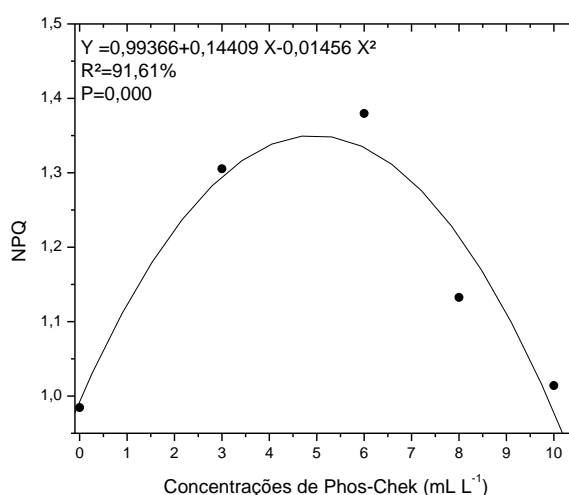


Figura 16. Dissipação não fotoquímica (NPQ) das mudas da espécie *Handroanthus ochraceus* em função das concentrações do retardante de fogo Phos-Chek WD881.

3.3.2. Hold Fire

Houve diferenças significativas apenas para *Tabebuia roseoalba* na relação F_v/F_m e na dissipação não fotoquímica (NPQ) das mudas submetidas às concentrações de Hold Fire (Tabelas das análises de variância no Apêndice D).

A eficiência fotoquímica (F_v/F_m) das mudas de *Tabebuia roseoalba* apresentou comportamento linear crescente com aumento das concentrações de Hold Fire. A dissipação não fotoquímica (NPQ) também se ajustou linearmente, porém, de forma decrescente em relação ao aumento das concentrações do retardante (Figura 17).

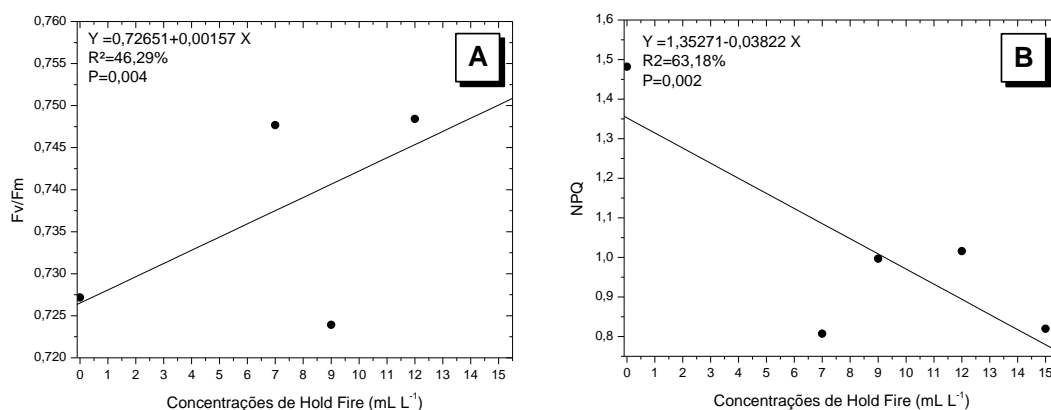


Figura 17. Relação F_v/F_m (A) e dissipação não fotoquímica (NPQ) (B) das mudas da espécie *Tabebuia roseoalba* em função das concentrações do retardante Hold Fire.

3.3.3. Nutrigel

Não houve alterações significativas para as variáveis de fluorescência medidas nas mudas de *Handroanthus ochraceus* submetidas às concentrações de Nutrigel. Para a espécie *Tabebuia roseoalba* detectaram-se diferenças significativas no rendimento quântico máximo (F_v/F_m) e na dissipação não fotoquímica (NPQ) (Tabelas das análises de variância no Apêndice D).

A eficiência máxima do FSII (F_v/F_m) e o NPQ apresentaram ajuste quadrático em função das concentrações de Nutrigel. A estimativa do valor máximo da relação F_v/F_m ocorreu na concentração de $0,56 \text{ g L}^{-1}$ do hidrogel. Já o NPQ decresceu com aumento das concentrações, atingindo menor valor ajustado na concentração de $0,67 \text{ g L}^{-1}$, apresentando comportamento crescente a partir desse ponto (Figura 18).

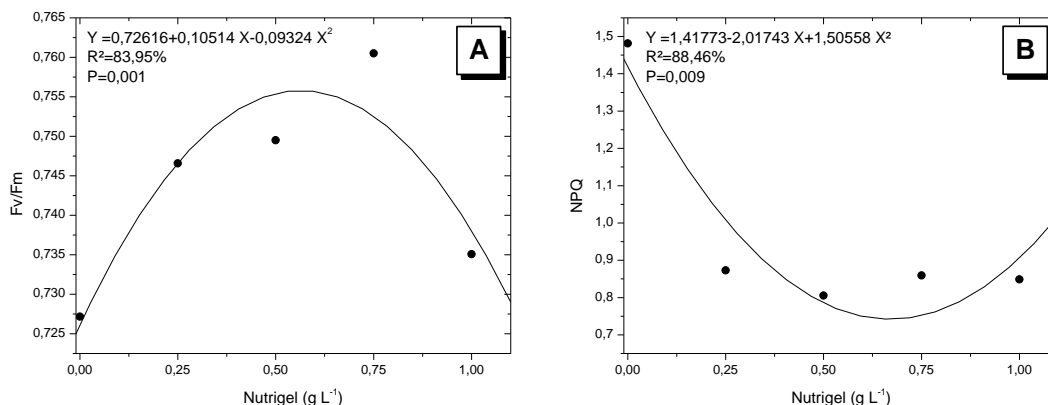


Figura 18. Relação F_v/F_m (A) e dissipação não fotoquímica (NPQ) (B) das mudas da espécie *Tabebuia roseoalba* em função das concentrações do polímero hidrotentor Nutrigel.

4. DISCUSSÃO

4.1. Phos-Chek WD881

As concentrações do retardante de fogo Phos-Chek WD881 utilizadas nesse experimento não prejudicam a emergência das espécies *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba*. Keffer (2019) encontrou resultados diferentes para a germinação em laboratório de *Tabebuia roseoalba* sob concentrações desse retardante. Na referida pesquisa, observou-se redução do índice de velocidade de germinação dessa espécie com aumento das concentrações de Phos-Chek WD881.

A diferença no processo germinativo de sementes submetidas a retardantes de fogo em ambientes variados, também foi detectada por Song et al. (2014). Esses autores testaram a influência de Phos-Chek WD881 na germinação de sementes em câmara de germinação e sua emergência em campo. As sementes de todas as espécies estudadas em laboratório tiveram taxas de germinação menores, quando imersas em soluções de retardantes de curta duração. Quanto maior o tempo de imersão nas soluções dos espumíferos, menor a germinação. Todavia, nenhum efeito significativo sobre as taxas de emergência foi detectado quando o experimento

ocorreu em campo. Nem mesmo dobrando a taxa de aplicação houve alteração para a emergência das sementes nessas condições.

O efeito negativo do retardante de fogo Phos-Chek WD881 sobre o processo germinativo de *Tabebuia roseoalba* foi minimizado com a aplicação no substrato. No experimento em câmara de germinação (KEFFER, 2019) as sementes foram tratadas diretamente com as soluções do retardante de fogo. Segundo Keffer (2019) os surfactantes presentes no Phos-Chek WD881 podem ter contribuído para uma super-hidratação das sementes, o que prejudicou a germinação. No entanto, mesmo os surfactantes contribuindo para uma melhoria da molhabilidade de solos (MOORE et al. 2010) esse efeito não foi observado para a emergência das plântulas no presente estudo.

Com base nas regressões ajustadas para as variáveis de crescimento das espécies *Handroanthus ochraceus* (Figuras 5 e 7) e *Tabebuia roseoalba* (Figuras 6 e 8), o retardante de fogo Phos-Chek WD881 tem efeito positivo no crescimento das espécies até determinada concentração, esta, sempre próxima à metade (5 mL L^{-1}) da concentração limite indicada pelo fabricante (10 mL L^{-1}). A tendência de decréscimo no valor das variáveis a partir desse ponto indica que, usar concentrações acima da metade do limite máximo estabelecido pelo fabricante pode prejudicar variáveis de crescimento de espécies florestais como *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba*.

Phos-Chek WD881 é composto em grande parte por surfactantes. Segundo Moya et al. (2001), surfactantes podem danificar as membranas celulares. Mohammad e Moheman (2012) observaram que, concentrações elevadas de surfactantes (iônico e não iônico) afetam a biomassa seca de raiz e da parte aérea de plantas de trigo. Essas informações em conjunto com os resultados do presente estudo indicam a necessidade de atenção com as concentrações de retardantes aplicadas, principalmente espumas supressoras ricas em surfactantes.

O número de variáveis de crescimento afetadas pelo aumento das concentrações de Phos-Chek é maior em *Tabebuia roseoalba* do que em *Handroanthus ochraceus*. Contudo, a forma como as variáveis respondem ao aumento das concentrações dos retardantes é semelhante para as duas espécies aos 30 DAS.

O comportamento observado para as variáveis de crescimento aos 30 DAS se manteve aos 120 DAS para a variável volume de raiz das mudas de *Handroanthus ochraceus* (Figura 7B) e diâmetro de *Tabebuia roseoalba* (Figura 8). A curva de crescimento do número de folhas de *Handroanthus ochraceus* (Figura 7A) aos 120 DAS manifestou padrão diferente, apresentando crescimento positivo apenas a partir da concentração estimada de 5,38 mL L⁻¹. Aos 120 DAS a plântula já se estabeleceu, e a vulnerabilidade a fatores ambientais diminui. Os processos de senescência das folhas começam a surgir, dificultando a avaliação da influência do retardante sobre esta variável.

Os resultados observados para as variáveis de fluorescência das mudas de *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba* demonstram que os processos fotossintéticos relacionados ao fotossistema II não sofreram danos devido às concentrações de Phos-Chek WD881. A dissipação não fotoquímica (NPQ) das folhas de *Handroanthus ochraceus* variou com as concentrações do retardante (Figura 16), porém dentro da amplitude que caracteriza bom funcionamento do aparelho fotossintético (0,5 -3,5) de acordo com Maxwell e Johnson (2000).

Song et al. (2014) constataram que Phos-Chek WD881 não provoca nenhum efeito fitotóxico de longo prazo. Esses autores observaram mudanças nos teores de clorofila uma semana após o tratamento com o retardante, no entanto após três semanas as plantas já haviam se recuperado. Nessa mesma pesquisa, mediu-se a atividade da enzima superóxido dismutase, muito utilizada como indicadora de estresse por poluição. Os resultados indicaram que o estresse induzido pela aplicação de retardantes de curta duração são insignificantes e não afetam a sobrevivência das plantas.

4.2. Hold Fire

Conforme os resultados, o aumento das concentrações de Hold Fire não influencia a emergência de plântulas das espécies *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba*. Em câmara de germinação, Keffer (2019) também não detectou diferenças nas taxas de germinação de *Tabebuia roseoalba* sob concentrações de Hold Fire.

Os resultados referentes às mudas de *Tabebuia roseoalba* indicam que, o crescimento dessa espécie é promovido com aplicações de Hold Fire inferiores a 8,00 mL L⁻¹. Acima desse valor, esta espécie sofre prejuízos no número de folhas e volume de raiz, durante a fase inicial de estabelecimento da plântula (30 DAS) (Figura 9A e B). Todavia, com o passar do tempo (120 DAS) ainda que, com sucessivas aplicações, houve diferenças apenas para a variável volume de raiz. Hartskeerl, Simmons e Adams (2004) e Fernández-Fernández; Gómez-Rey e González-Prieto (2015) também constataram que os efeitos de retardantes de curta duração sobre as comunidades vegetais são relativamente curtos.

As mudas de *Handroanthus ochraceus* manifestaram padrão diferente. Aos 30 DAS, as concentrações de Hold Fire não interferiram nas variáveis de crescimento. Porém, com o acúmulo de aplicações até os 120 DAS o crescimento em diâmetro passou a ser positivo a partir de 9,61 mL L⁻¹ de Hold Fire (Figura 10). Portanto, além de se determinar concentrações seguras deve-se ter cuidado com o número de aplicações de Hold Fire em uma mesma área. Geralmente, locais de recorrência de incêndios se tornam áreas ambientalmente sensíveis e podem conter espécies raras ou ameaçadas de extinção. (HARTSKEERL; SIMMONS; ADAMS, 2004).

Considerando-se as diferenças de sensibilidade às concentrações de Hold Fire para *Tabebuia roseoalba* e *Handroanthus ochraceus*, entende-se que as espécies vegetais podem interagir de formas diferentes com os compostos do retardante. Sendo assim, requer-se mais conhecimento específico sobre a composição de Hold Fire. Esse retardante tem a vantagem de ser produzido em território nacional e mais informações poderiam agregar segurança, principalmente à vegetação brasileira.

O funcionamento do aparelho fotossintético é um indicador fisiológico para detectar a sensibilidade vegetal ao estresse ambiental (OLIVEIRA et al., 2018). A relação entre a fluorescência máxima e a fluorescência variável (F_v/F_m) é uma medida da eficiência intrínseca do fotossistema II (MAXWELL; JOHNSON, 2000). Quando o aparelho fotossintético da planta está intacto, a razão F_v/F_m varia entre 0,75 e 0,85 (BOLHÀR-NORDENKAMPF et al., 1989). Observa-se que o aumento das concentrações de Hold Fire para as mudas de *Tabebuia roseoalba* aproxima os valores de F_v/F_m dos valores considerados ideais (Figura 17A). A dissipação não fotoquímica (NPQ) das mudas de *Tabebuia roseoalba* apesar de diminuir em função

das concentrações do retardante Hold Fire, denota bom funcionamento do fotossistema II de acordo com os limites sugeridos por Maxwell e Johnson, (2000) (Figura 17B).

4.3. Nutrigel

A emergência de plântulas das espécies *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba* não sofre influência das concentrações de Nutrigel. Esses resultados corroboram com Keffer (2019), que também testou a germinação de *Tabebuia roseoalba* sob concentrações desse hidrogel em laboratório.

Handroanthus ochraceus e *Tabebuia roseoalba* são espécies adaptadas à terrenos secos (LORENZI, 1992). Isso pode explicar a falta de efeitos nas taxas de emergência das espécies na presença de hidrogel. Os polímeros hidrotentores aplicados no solo possibilitam a disponibilidade de água por mais tempo, comparando-se com solos sem polímeros (YANG et al., 2014; TAO et al., 2018). Assim, hidrogéis promovem e melhoram a germinação de outras espécies, como colza (TANG et al, 2016), quiabo (JAMARI; GHAZALI; YAACOB, 2015; SUTRADHAR et al, 2015) trigo (SUTRADHAR et al, 2015), *Eucalyptus saligna* e *Acacia stenophylla* (DEHKORDI, 2018).

O aumento das concentrações de Nutrigel aos 30 DAS foi positivo para o diâmetro das mudas de *Tabebuia roseoalba* a partir da concentração 0,49 g L⁻¹ (Figura 13 A). Enquanto esse mesmo aumento favoreceu o crescimento linear do volume de raiz das mudas desta espécie (Figura 13B). Navroski et al. (2015) e Azevedo et al. (2016) respectivamente também observaram boas respostas no sistema radicular de *Eucalyptus dunnii* e *Corymbia citriodora*, sob concentrações de hidrogel.

Além de aumentar a disponibilidade de água para as raízes das plantas, os polímeros hidrotentores possibilitam maior tempo de duração dessa disponibilidade (VICENTE et al., 2015). O uso de polímeros hidrotentores melhora propriedades físicas e químicas do substrato, como aumento da umidade e porosidade total, elevação da condutividade elétrica e do pH dentro da faixa ideal para desenvolvimento das plantas (NAVROSKI et al., 2016).

Depois de estabelecidas (120 DAS), o número de folhas das mudas de *Handroanthus ochraceus* manifestaram interação positiva com o Nutrigel a partir de concentrações em torno da concentração média testada ($0,50 \text{ g L}^{-1}$) (Figura 14A). Provavelmente, esse comportamento sofreu influência dos processos fisiológicos normais como a senescência foliar, dado o tempo de vida útil do órgão folha. A partir da concentração de $0,59 \text{ g L}^{-1}$ o Nutrigel promoveu o crescimento em diâmetro das mudas da mesma espécie. Enquanto o diâmetro das mudas de *Tabebuia roseoalba* responderam positivamente ao aumento das concentrações do hidrogel até a concentração estimada de $0,88 \text{ g L}^{-1}$ (Figura 15).

Percebe-se que, o aumento das concentrações de Nutrigel até $0,67 \text{ g L}^{-1}$ favorece a aproximação da relação F_v/F_m das mudas de *Tabebuia roseoalba* ao valor considerado ideal (BOLHÀR-NORDENKAMPF et al., 1989). Aumentando essa concentração há uma diminuição na eficiência fotoquímica, porém não é um indicativo de fotoinibição. Para Critchley (1998) valores abaixo de 0,725 indicam dano fotoinibitório, processo caracterizado pela diminuição da eficiência na incorporação do carbono pela elevada energia luminosa (LONG; HUMPHRIES; FALKOWSKI, 1994). Os valores de dissipação não fotoquímica (NPQ) das folhas de *Tabebuia roseoalba* sob concentrações de Nutrigel (Figura 18B) indicam eficiente sistema de dissipação energética na forma de calor, segundo intervalo sugerido por Maxwell e Johnson (2000).

A fluorescência da clorofila a é uma ferramenta útil para estimar os parâmetros fotossintéticos das folhas, possibilitando avaliar a condição fisiológica do fotossistema II (KALAJI et al., 2016). É uma técnica poderosa (GOTTARDINI et al., 2014), mas complexa e limitada (MAXWELL; JOHNSON, 2000). As pesquisas sobre o intervalo regular da relação F_v/F_m geralmente são realizadas em regiões com clima muito diferente do clima brasileiro, principalmente em relação à radiação solar global e fotossintetizante ativa.

5. CONCLUSÕES

A emergência de plântulas das espécies *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba* não é afetada pelas concentrações testadas dos retardantes Phos-Chek

WD881 (0; 3,00; 6,00; 8,00; 10,00 mL L⁻¹), Hold Fire (0; 7,00; 9,00; 12,00; 15,00 mL L⁻¹) e do polímero hidrotentor Nutrigel (0; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 g L⁻¹).

Aplicações crescentes de Phos-Chek WD881 até 50 % da dose recomendada tem efeitos positivos sobre o crescimento de *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba*.

Aplicações crescentes de Hold Fire até a concentração de 8,00 mL L⁻¹ favorecem o crescimento do número de folhas e volume de raiz de *Tabebuia roseoalba*.

Sucessivas aplicações dentro do intervalo de 9,61 mL L⁻¹ a 15 mL L⁻¹ de Hold Fire tem efeito positivo sobre o crescimento em diâmetro de mudas de *Handroanthus ochraceus*.

O intervalo de 0,50 g L⁻¹ até 0,88 g L⁻¹ do polímero hidrotentor Nutrigel promove o crescimento em diâmetro de *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba*.

A fluorescência da clorofila a como parâmetro para avaliação de estresse indica que as concentrações dos retardantes de fogo Phos-Chek WD881 e Hold Fire, e do polímero hidrotentor Nutrigel não prejudicam os processos fotossintéticos relacionados ao fotossistema II.

6. REFERÊNCIAS

ADAMS, R.; SIMMONS, D. Ecological effects of fire fighting foams and retardants: a summary. **Australian Forestry**, Queen Victoria, v. 62, n. 4, p. 307-314, 1999. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1080/00049158.1999.10674797>>.

ANDERSON, L. O.; MARCHEZINI, V.; MORELO, T. F.; CUNNIGHAN, C. A. Modelo conceitual de sistema de alerta e de gestão de riscos e desastres associados a incêndios florestais e desafios para políticas públicas no Brasil. **Revista Territorium**, v. 26, n. 1, p. 43-62, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.14195/1647-7723>>.

ANGELER, D. G.; RODRÍGUEZ, M.; MARTÍN, S.; MORENO, J. M. Assessment of application-rate dependent effects of a long-term fire retardant chemical (Fire Trol 934R) on *Typha domingensis* germination. **Environment International**, Toledo, v. 30, p. 375-381, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2003.09.003>>.

ARAGÃO, L. E. O. C.; ANDERSON, L.O.; FONSECA, M. G.; ROSAN, T. M.; VEDOVATO, L.; WAGNER, F., SILVA, C.; JÚNIOR, C.; ARAI, E.; AGUIAR, A. P.; NARLOW, J.; BERENQUER, E.; DEETER., M.; DOMINGUES, L.; GATTI, L.; GLOOR, M.; MALHI, Y.; MARENGO, J.; MILLER, J.; PHILLIPS, O.; SAATCHI, S. 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. **Nature Communications**, v. 9, n. 1, 2018. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1038/s41467-017-02771-y>>.

AZEVEDO, G. T. O. S.; AZEVEDO, G. B.; SOUZA, A. M.; MEWS, C. L.; SOUSA, J. R. L. Effect of hydrogel doses in the quality of *Corymbia citriodora* Hill & Johnson seedlings. **Nativa**, Sinop, v. 4, n. 4, p. 244-248, 2016. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v04n04a10>>.

BARREIRO, A.; MARTÍN, A.; CARBALLAS, T.; DÍAZ-RAVIÑA, M. Long-term response of soil microbial communities to fire and fire-fighting chemicals. **Biology and Fertility of Soils**, v. 52, p. 963-975, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00374-016-1133-5>>.

BARREIRO, A.; MARTÍN, A.; CARBALLAS, T.; DÍAZ-RAVINA, M. Response of soil microbial communities to fire and fire-fighting chemicals. **Science of the Total Environment**, v. 408, p. 6172-6178, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.09.011>>.

BELL, T.; TOLHURST, K.; WORTERS, M. Effects of fire retardant Phos-Chek on vegetation in eastern Australian heathlands. **International Journal of Wildland Fire, Roslyn**, v. 14, p. 199-211, 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1071/WF04024>>.

BESAW, L. M.; THELEN, G. C.; SUTHERLAND, S.; METLEN, K.; CALLAWAY, R.M. Disturbance, resource pulses and invasion: short- term shifts in competitive effects, not growth responses, favor exotic annuals. **Journal of Applied Ecology**, v. 48, n. 4, p. 998-1006, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.01988.x>>.

BOLHÀR-NORDENKAMPF, H. R.; LONG, S.P., BAKER, N. R., OQUIST, G.; SCHREIBER, U.; LECHNER, E. G. Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrument. **Functional Ecology**, v. 3, p. 497-514, 1989. Disponível em: <<https://doi.org/10.2307/2389624>>.

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, 399 p. 2009.

COSTA, M. S. S.; MELO, L. O. Dinâmica da regeneração natural após manejo e incêndio em área da floresta nacional do Tapajós. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 9, n. 6, p. 37-44, 2018. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2018.006.0004>>.

COUTO-VAZQUÉZ, A; GONZALÉZ-PRIETO, S. J. Efectos a longo prazo do lume e tres axentes extintores no sistema solo-planta. **BRAÑA**, Santiago de Compostela, v. 11, n. 1, p. 01-25, 2013.

CRITCHLEY, C. Photoinhibition. In: RAGHAVENDRA, A.S. (Ed.). **Photosynthesis: A comprehensive treatise**. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. p. 264-272.

CUI, X.; ALAM, M. A.; PERRY, G. L. W.; PATERSON, A. M.; WYSE, S. V.; CURRAN, T. J. Green firebreaks as a management tool for wildfires: Lessons from China. **Journal of Environmental Management**, v. 233, p. 329-336, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.12.043>>.

DEHKORDI, D. K. Effect of hydrophilic polymers on seed germination and plant survival for sloping area. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 73, n. 2, p. 173-178, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2489/jswc.73.2.173>>.

FERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, M.; GOMÉZ-REY, M.X.; GONZÁLEZ-PRIETO, S. J. Effects of fire and three fire-fighting chemicals on main soil properties, plant nutrient content and vegetation growth and cover after 10 years. **Science of the Total Environment**, v. 515-516, p. 92-100, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.02.048>>.

GAIKOWSKI, M. P.; HAMILTON, S. J.; BUHL, K. J.; MCDONALD, S. F.; SUMMERS, C. H. Acute toxicity of three fire-retardant and two fire-suppressant foam formulations to the early life stages of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Environmental toxicology and Chemistry**, v. 15, n. 8, 1996. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/etc.5620150816>>.

GOTTARDINI, E.; CRISTOFORI, A.; CRISTOFOLINI, F.; NALI, C.; PELLEGRINI, E.; BUSSOTTI, F.; FERRETTI, M. Chlorophyll-related indicators are linked to visible ozone symptoms: evidence from a field study on native *Viburnum lantana* L. plants in northern Italy. **Ecological Indicators**, v. 39, p. 65-74, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.11.021>>.

HARTSKEERL, K.; SIMMONS, D.; ADAMS, R. Does firefighting foam affect the growth of some Australian native plants. **International Journal of Wildland Fire**, v. 13, p. 335-341, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1071/WF03065>>.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS- IBAMA. **Em atendimento à solicitação efetuada pela Diretoria de Proteção Ambiental (DIPRO) para que a Diretoria de Qualidade Ambiental (DIQUA) se manifeste tecnicamente sobre o uso de retardantes de chamas aplicáveis no combate a incêndios florestais.** Brasília: Coordenação de Avaliação Ambiental de Substâncias e Produtos Perigosos: IBAMA, 2018. 15p. (Parecer técnico, n.514/2018-COASP/CGASQ/DIQUA). Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/phocadownload/quimicos-e-biologicos/retardantes-dechamas/2018-SEI_IBAMA-Parecer-Tecnico-5142018COASP-CGASQ-DIQUA.pdf>. Acesso em: 16 mai. 2019.

JAMARI, S. S.; GHAZALI, S.; YAACOB, W. S. N. W. Effect of superabsorbent polymer composite filled carbon fiber towards the germination of *Abelmoschus esculentus*. **Journal of Advanced Agricultural Technologies**, v. 2, p. 156-159, 2015. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.12720/joaat.2.2.156-159>>.

KALABOKIDIS, K. D. Effects of wildfire suppression chemicals on people and the environment- a review. **Global Nest Journal**, Marousi, v. 2, n. 1, p. 129-137, 2000. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.30955/gnj.000144>>.

KALAJI, H. M.; JAJOO, A.; OUKARROUM, A.; BRESTIC, M.; ZIVCAK, M.; SAMBORSKA, I. A.; CETNER, M. D.; ŁUKASIK, I.; GOLTSEV, V.; LADLE, R. Chlorophyll a fluorescence as a tool to monitor physiological status of plants under abiotic stress conditions. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 38, 102, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11738-016-2113-y>>.

KEFFER, J. F. **Efeito de retardantes de fogo sobre a germinação de espécies florestais tropicais.** 2019. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Instituto de Ciências Naturais, Humanas e Sociais, Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, 2019.

KOUPAI, J. A.; ESLAMIAN, S. S.; KAZEMI, J. A. Enhancing the available water content in unsaturated soil zone using hydrogel, to improve plant growth indices. **Ecohydrology & Hydrology**, v. 8, n. 1, p. 67-75, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2478/v10104-009-0005-0>>.

Labouriau, L. G. **A germinação das sementes.** Washington: OEA, 1983. 174p.

LARSON, D. L.; NEWTON, W. E.; ANDERSON, P. J.; STEIN, S. J. Effects of fire retardant chemical and fire-suppressant foam on shrub steppe vegetation in northern Nevada. **International Journal of Wildland Fire**, Roslyn, v. 9, n. 2, p. 115-127, 1999. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1071/WF00013>>.

LIMA, D. C.; SOUZA, A. P.; CABECEIRA, F. G.; KEFFER, J. F.; PIZZATO, M.; BORELLA, D. R. Volume de calda e concentração de retardantes de fogo em queimas controladas em área de eucalipto na transição Cerrado-Amazônia. **Ciência Florestal**, 2020. No prelo

LONG, S. P.; HUMPHRIES, S.; FALKOWSKI, P.G. Photoinhibition of photosynthesis in nature. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, New York, v. 45, p. 633-662, 1994.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. São Paulo: Instituto Plantarum, 1992. 382p.

LUNA, B.; MORENO, J. M.; CRUZ, A.; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, F. Effects of a long-term fire retardant chemical (Fire-Trol 934) on seed viability and germination of plants growing in a burned Mediterranean area. **International Journal Wildland Fire**, v. 16, n. 3, p. 349-359, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1071/WF06093>>.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for emergence and vigour. **Crop Science**, Madison, v. 2, p. 176-177, 1962. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>>.

MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. Chlorophyll fluorescence-a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, n. 345, p. 659-668, 2000. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1093/jexbot/51.345.659>>.

MEWS, C. L.; SOUSA, J. R. L.; AZEVEDO, G. T. O. S.; SOUZA, A. M. Efeito do hidrogel e ureia na produção de mudas de *Handroanthus ochraceus* (Cham.) Mattos. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, p. 107-116, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.080814>>.

MOHAMMAD, A.; MOHEMAN, A. Effect of anionic and non-ionic surfactants in soil-plant system under pot culture. **Chemistry of Phytopotentials: Health, Energy and Environmental Perspectives**, p. 261-264, 2012. Disponível em:

MONTEIRO, E. B.; SILVA, A. C.; SOUZA, A. P.; TANAKA, A. A.; FERNEDA, B. G.; MARTIN, C. C. Water requirements and crop coefficients of tropical forest seedlings in different shading conditions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 8, p. 709-715, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n8p709-715>>

MOORE, D.; KOSTKA, S. J.; BOERTH, T. J.; FRANKLIN, M.; RITSEMA, C. J.; DEKKER, L. W.; OOSTINDIE, K.; STOOFF, C.; WESSELING, J. The effect of soil surfactants on soil hydrological behavior, the plant growth environment, irrigation efficiency and water conservation. **Journal of hydrology and hydromechanics**, Praga, v. 58, n. 3, p. 142-148, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2478/v10098-010-0013-1>>.

MOYA, I.; SILVESTRI, M.; VALLON, O.; CINQUE, G.; BASSI, G. Time-resolved fluorescence analysis of the photosystem II antenna proteins in detergent micelles and liposomes. **Biochemistry**, v. 40, p. 12552-12561, 2001. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1021/bi010342x>>.

NAVROSKI, M. C.; ARAÚJO M. M.; REININGER, L. R. S.; MUNIZ, M. F. B.; PEREIRA, M. O. Influência do hidrogel no crescimento e no teor de nutrientes das mudas de *Eucalyptus dunnii*. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 2, p. 315-328, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/rf.v45i2.34411>>.

NAVROSKI, M. C.; ARAUJO, M. M.; PEREIRA, M. O.; FIOR, C. S. Influência do polímero hidrotentor nas características do substrato comercial para produção de mudas florestais. **Interciencia**, Caracas, v. 41, n. 5, p. 357-361, 2016.

OLIVEIRA, W. J.; SOUZA, E. R.; SANTOS, R. B.; SILVA, E. F. F.; DUARTE, H. H. F.; MELO, D. V. M. Fluorescência da clorofila como indicador de estresse salino em feijão caupi. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 3, p. 2592-2603, 2018. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.7127/rbai.v12n300700>>

SILVA, S. S.; FEARNSIDE, P. M.; GRAÇA, P. M. L. de A.; BROWN, I. F.; ALENCAR, A.; MELO, A. W. F. Dynamics of forest fires in the southwestern Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 424, p. 312-322, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2018.04.041>>.

SONG, U.; MUN, S.; WALDMAN, B.; LEE, E. J. Effects of three fire-suppressant foams on the germination and physiological responses of plants. **Environmental Management**, Korea, v. 54, p. 865-874, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00267-014-0303-1>>.

SOUZA, A. P.; ALMEIDA, F. T.; ARANTES, K. R.; MARTIM, C. C.; SILVA, J. O. Coeficiente de Tanque Classe A para estimativa da evapotranspiração de referência diária na região de transição Cerrado-Amazônica. **Scientia Plena**, v. 11, n. 5, 050204, 2015. Disponível em: <<https://www.scientiaplenu.org.br/sp/article/view/2383>>.

SOUZA, A. P.; CASAVECCHIA, B. H.; STANGERLIN, D. M. Avaliação dos riscos de ocorrência de incêndios florestais nas regiões Norte e Noroeste da Amazônia Matogrossense. **Scientia Plena**, Aracaju, v. 8, 059904, 2012. Disponível em: <<https://www.scientiaplenu.org.br/sp/article/view/553>>.

SOUZA, A. P.; MOTA, L. L.; ZAMADEI, T.; MARTIM, C. C.; ALMEIDA, F. T.; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v. 1, p. 34-43, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v01n01a07>>.

SOUZA, H. N.; ARAÚJO, T. G.; RIBEIRO, G. A. Avaliação da eficiência de um gel hidroretentor como retardante de fogo. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 36, n. 3, p. 471-477, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622012000300009>>.

SUTRADHAR, S. C.; KHAN, M. M. R.; RAHMAN, M. M.; DAFADAR, N. C. The synthesis of superabsorbent polymer from a carboxymethylcellulose/acrylic acid blend using gamma radiation and its application in agriculture. **Journal of Physical Science**, v. 26, p. 23-39, 2015.

TANG, H.; ZHANG, L.; HU, L.; ZHANG, L. Application of chitin hydrogels for seed germination, seedling growth of rapeseed. **Journal Plant Growth Regulation**, v. 33, p. 195-201, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00344-013-9361-5>>.

TAO, J.; ZHANG, W.; LIANG, L.; LEI, Z. Effects of eco-friendly carbohydrate-based superabsorbent polymers on seed germination and seedling growth of maize. **Royal Society Open Science**, v. 5, n. 2, 171184, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/doi:10.1098/rsos.171184>>.

VENKATESH, K.; PREETHI, K.; RAMESH, H. Evaluating the effects of forest fire on water balance using fire susceptibility maps. **Ecological Indicators**, v. 110, 105856, 2020. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105856>>.

VICENTE, M. R.; MENDES, A. A.; SILVA, N. F.; OLIVEIRA, F. R.; MOTTA JÚNIOR, M. G.; LIMA, V. O. B. Uso de gel hidroretentor associado à irrigação no plantio do eucalipto. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 5, p. 344-349, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.7127/RBAI.V9N500332>>.

YANG, L.; YANG, Y.; CHEN, Z.; GUO, C.; LI, S. Influence of super absorbent polymer on soil water retention, seed germination and plant survivals for rocky slopes eco-engineering. **Ecological Engineering**, v. 62, p. 27-32, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.10.019>>.

YONEZAWA, U. G.; MOURA, M. R.; AOUADA, F. A. Estado da arte: um estudo sobre polímeros biodegradáveis na germinação e desenvolvimento de plantas. **Caderno de Ciências Agrárias**, Montes Claros, v. 9, n. 2, p. 69-78, 2017.

APÊNDICES

APÊNDICE A - TESTE DE NORMALIDADE (CAPÍTULO 2)

Tabela 1A. Teste de normalidade W de Shapiro-Wilk para as variáveis de crescimento das mudas da espécie *S. amazonicum* submetidas às concentrações de Phos-Chek WD881, Hold Fire e Nutrigel.

Variáveis de Crescimento	Phos-Chek WD881							
	Via Solo				Via Foliar			
	15 DAS		80 DAS		15 DAT		80 DAT	
	W	p-valor	W	p-valor	W	p-valor	W	p-valor
NF	0,64	0,00*	0,97	0,28	0,81	0,00*	0,98	0,18
NFO	0,90	0,00*	0,97	0,39	0,87	0,00*	0,98	0,68
AF	0,95	0,03*	0,99	0,88	0,96	0,07	0,90	0,00*
D	0,99	0,97	0,93	0,01*	0,98	0,73	0,96	0,15
ALT	0,99	0,96	0,96	0,07	0,96	0,10	0,98	0,79
VR	0,75	0,00*	0,74	0,00*	0,74	0,00*	0,91	0,00*
MSF	0,94	0,01*	0,98	0,42	0,97	0,18	0,92	0,00*
MSC	0,88	0,00*	0,95	0,02*	0,93	0,01*	0,92	0,00*
MSR	0,97	0,33	0,94	0,01*	0,95	0,04*	0,92	0,00*
MST	0,98	0,73	0,98	0,68	0,97	0,36	0,94	0,01*
	Hold Fire							
NF	0,60	0,00*	0,95	0,08	0,69	0,00*	0,96	0,12
NFO	0,90	0,00*	0,94	0,02*	0,86	0,00*	0,99	0,86
AF	0,96	0,10	0,97	0,30	0,96	0,15	0,96	0,08
D	0,92	0,00*	0,98	0,52	0,90	0,00*	0,89	0,00*
ALT	0,97	0,30	0,97	0,27	0,98	0,44	0,97	0,81
VR	0,80	0,00*	0,83	0,00*	0,75	0,00*	0,95	0,02
MSF	0,98	0,72	0,98	0,54	0,97	0,17	0,94	0,01*
MSC	0,86	0,00*	0,95	0,06	0,97	0,20	0,85	0,00*
MSR	0,97	0,22	0,96	0,12	0,94	0,01*	0,91	0,00*
MST	0,98	0,64	0,97	0,28	0,96	0,11	0,92	0,00*
	Nutrigel							
NF	0,63	0,00*	0,96	0,06	0,69	0,00*	0,97	0,20
NFO	0,88	0,00*	0,92	0,00*	0,81	0,00*	0,95	0,05
AF	0,98	0,48	0,98	0,81	0,97	0,25	0,97	0,23
D	0,97	0,36	0,98	0,51	0,93	0,00*	0,95	0,03*
ALT	0,97	0,23	0,97	0,28	0,94	0,01*	0,97	0,26
VR	0,77	0,00*	0,81	0,00*	0,72	0,00*	0,95	0,03*
MSF	0,96	0,08	0,96	0,13	0,88	0,00*	0,97	0,18
MSC	0,75	0,00*	0,96	0,09	0,96	0,07	0,97	0,32
MSR	0,98	0,61	0,97	0,32	0,50	0,00*	0,97	0,15
MST	0,99	0,88	0,97	0,28	0,94	0,02*	0,98	0,79

*significante a 5% de probabilidade.

APÊNDICE B - ANÁLISES DE VARIÂNCIA (CAPÍTULO 2)

Tabela 1B. Resumo da ANOVA dos dados de crescimento das mudas da espécie *S. amazonicum* aos 15 DAS submetidas às concentrações do retardante Phos-Chek WD881 aplicado via substrato.

Variáveis de Crescimento	QM	QM T	F	F T	Média	Média T	CV %	CV % T
NF	0,40	0,03	1,65 ^{ns}	1,65 ^{ns}	2,50	1,87	19,69	7,07
NFO	149,08	0,83	1,31 ^{ns}	1,31 ^{ns}	46,04	6,81	23,21	11,70
AF	74,96	0,41	0,12 ^{ns}	0,16 ^{ns}	79,46	8,84	31,66	17,91
D	0,11	-	0,89 ^{ns}	-	3,43	-	10,17	-
H	0,33	-	0,11 ^{ns}	-	10,58	-	16,33	-
VR	0,48	0,04	1,45 ^{ns}	1,37 ^{ns}	1,94	1,70	29,66	10,03
MSF	0,001	<0,000	0,34 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,17	1,08	34,87	2,54
MSC	0,003	0,001	0,22 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,25	1,12	47,51	4,85
MSR	0,001	-	0,50 ^{ns}	-	0,11	-	29,27	-
MST	0,004	-	0,23 ^{ns}	-	0,53	-	26,82	-

Em que: QM: quadrado médio, F: estatística do teste; CV: Coeficiente de Variação; ^{ns}: não significativo, * significativo a 5 % de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; T: estatística referente aos dados transformados; NF: número de folhas; NFO: número de folíolos; AF: área foliar; D: diâmetro do coleto; H: altura; VR: volume de raiz; MSC: massa seca do caule; MSR: massa seca de raiz; MSF: massa seca das folhas; MST: massa seca total

Tabela 2B. Resumo da ANOVA dos dados de crescimento das mudas da espécie *S. amazonicum* aos 80 DAS submetidas às concentrações do retardante Phos-Chek WD881 aplicado via substrato.

Variáveis de Crescimento	QM	QM T	F	F T	Média	Média T	CV %	CV % T
NF	2,72	-	0,25 ^{ns}	-	11,88	-	28,01	-
NFO	1243,52	-	0,33 ^{ns}	-	179,52	-	34,17	-
AF	3962,51	-	2,80 ^{ns}	-	145,87	-	25,79	-
D	0,12	0,01	0,64 ^{ns}	0,60 ^{ns}	4,59	2,36	9,26	3,79
H	1,21	-	0,18 ^{ns}	-	22,76	-	11,32	-
VR	2,95	0,11	0,71 ^{ns}	0,79 ^{ns}	5,94	2,61	34,32	14,62
MSF	0,020	-	0,35 ^{ns}	-	0,73	-	36,37	-
MSC	0,120	0,017	1,09 ^{ns}	1,23 ^{ns}	1,14	1,46	28,59	8,05
MSR	0,050	0,006	0,45 ^{ns}	0,54 ^{ns}	1,36	1,53	24,09	7,08
MST	0,170	-	0,36 ^{ns}	-	3,23	-	21,57	-

Em que: QM: quadrado médio, F: estatística do teste; CV: Coeficiente de Variação; ^{ns}: não significativo, * significativo a 5 % de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; T: estatística referente aos dados transformados; NF: número de folhas; NFO: número de folíolos; AF: área foliar; D: diâmetro do coleto; H: altura; VR: volume de raiz; MSC: massa seca do caule; MSR: massa seca de raiz; MSF: massa seca das folhas; MST: massa seca total.

Tabela 3B. Resumo da ANOVA dos dados de crescimento das mudas da espécie *S. amazonicum* aos 15 DAT submetidas às concentrações do retardante Phos-Chek WD881 aplicado via foliar.

Variáveis de Crescimento	QM	QM T	F	F T	Média	Média T	CV %	CV % T
NF	4,53	0,21	0,92 ^{ns}	1,00 ^{ns}	4,54	2,31	48,96	19,72
NFO	978,28	3,83	0,95 ^{ns}	1,15 ^{ns}	72,06	8,35	44,61	21,87
AF	3183,97	-	3,51*	-	68,50	-	43,94	-
D	0,18	-	1,92 ^{ns}	-	2,83	-	10,85	-
H	45,82	-	5,88**	-	15,44	-	18,07	-
VR	0,47	0,05	1,79 ^{ns}	1,82	1,24	1,48	41,21	11,27
MSF	0,020	-	1,73 ^{ns}	-	0,20	-	52,13	-
MSC	0,010	0,002	2,10 ^{ns}	2,19 ^{ns}	0,17	1,080	42,04	3,08
MSR	0,010	0,001	2,39 ^{ns}	2,38 ^{ns}	0,10	1,050	48,96	2,28
MST	0,100	-	2,61 ^{ns}	-	0,48	-	40,55	-

Em que: QM: quadrado médio, F: estatística do teste; CV: Coeficiente de Variação; ^{ns} : não significativo, * significativo a 5 % de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; T: estatística referente aos dados transformados; NF: número de folhas; NFO: número de folíolos; AF: área foliar; D: diâmetro do coleto; H: altura; VR: volume de raiz; MSC: massa seca do caule; MSR: massa seca de raiz; MSF: massa seca das folhas; MST: massa seca total.

Tabela 4B. Resumo da ANOVA dos dados de crescimento das mudas da espécie *S. amazonicum* aos 80 DAT submetidas às concentrações do retardante Phos-Chek WD881 aplicado via foliar.

Variáveis de Crescimento	QM	QM T	F	F T	Média	Média T	CV %	CV % T
NF	11,39	-	1,52 ^{ns}	-	11,03	-	24,79	-
NFO	3992,66	-	2,62*	-	154,68	-	25,22	-
AF	1303,09	5,42	3,02*	3,15*	54,69	7,33	37,98	17,89
D	2,64	-	5,40**	-	3,96	-	17,66	-
H	70,39	-	9,46**	-	16,08	-	16,97	-
VR	6,80	0,58	6,48**	7,44**	2,21	1,76	46,32	15,93
MSF	0,040	0,007	3,30*	3,38*	0,33	1,150	32,18	3,940
MSC	0,320	0,050	4,05**	4,30**	0,58	1,250	48,23	8,60
MSR	0,280	0,045	6,26**	6,58**	0,52	1,230	40,22	6,75
MST	1,540	0,156	5,15**	5,55**	1,44	1,550	38,00	10,840

Em que: QM: quadrado médio, F: estatística do teste; CV: Coeficiente de Variação; ^{ns} : não significativo, * significativo a 5 % de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; T: estatística referente aos dados transformados; NF: número de folhas; NFO: número de folíolos; AF: área foliar; D: diâmetro do coleto; H: altura; VR: volume de raiz; MSC: massa seca do caule; MSR: massa seca de raiz; MSF: massa seca das folhas; MST: massa seca total.

Tabela 5B. Resumo da ANOVA dos dados de crescimento das mudas da espécie *S. amazonicum* aos 15 DAS submetidas às concentrações do retardante Hold Fire aplicado via substrato.

Variáveis de Crescimento	QM	QM T	F	F T	Média	Média T	CV %	CV % T
NF	0,23	0,02	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	2,66	1,90	17,99	6,72
NFO	128,68	0,67	1,67 ^{ns}	1,68 ^{ns}	50,16	7,12	17,50	8,87
AF	1041,10	-	2,16 ^{ns}	-	86,09	-	25,50	-
D	0,22	0,01	1,51 ^{ns}	1,55 ^{ns}	3,56	2,13	10,69	4,09
H	6,71	-	3,29*	-	11,49	-	12,42	-
VR	1,73	0,15	4,89**	5,07	1,94	1,70	30,64	10,09
MSF	0,003	-	0,96 ^{ns}	-	0,19	-	27,02	-
MSC	0,005	<0,000	0,41 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,27	1,120	40,40	4,35
MSR	0,001	-	1,59 ^{ns}	-	0,11	-	24,64	-
MST	0,010	-	0,69 ^{ns}	-	0,58	-	22,46	-

Em que: QM: quadrado médio, F: estatística do teste; CV: Coeficiente de Variação; ^{ns} : não significativo, * significativo a 5 % de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; T: estatística referente aos dados transformados; NF: número de folhas; NFO: número de folíolos; AF: área foliar; D: diâmetro do coleto; H: altura; VR: volume de raiz; MSC: massa seca do caule; MSR: massa seca de raiz; MSF: massa seca das folhas; MST: massa seca total.

Tabela 6B. Resumo da ANOVA dos dados de crescimento das mudas da espécie *S. amazonicum* aos 80 DAS submetidas às concentrações do retardante Hold Fire aplicado via substrato.

Variáveis de Crescimento	QM	QM T	F	F T	Média	Média T	CV %	CV % T
NF	4,78	0,10	0,65 ^{ns}	0,7 ^{ns}	10,86	3,42	25,04	11,38
NFO	1535,98	-	0,46 ^{ns}	-	167,46	-	34,37	-
AF	3784,25	-	2,55 ^{ns}	-	145,02	-	26,58	-
D	0,16	-	0,39 ^{ns}	-	4,48	-	14,17	-
H	1,39	-	0,21 ^{ns}	-	22,42	-	11,54	-
VR	12,03	0,44	2,30 ^{ns}	2,36 ^{ns}	6,41	2,68	35,73	16,14
MSF	0,081	-	0,97 ^{ns}	-	0,72	-	40,10	-
MSC	0,080	-	0,88 ^{ns}	-	1,10	-	27,41	-
MSR	0,040	-	0,30 ^{ns}	-	1,22	-	31,24	-
MST	0,410	-	0,60 ^{ns}	-	3,04	-	27,41	-

Em que: QM: quadrado médio, F: estatística do teste; CV: Coeficiente de Variação; ^{ns} : não significativo, * significativo a 5 % de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; T: estatística referente aos dados transformados; NF: número de folhas; NFO: número de folíolos; AF: área foliar; D: diâmetro do coleto; H: altura; VR: volume de raiz; MSC: massa seca do caule; MSR: massa seca de raiz; MSF: massa seca das folhas; MST: massa seca total.

Tabela 7B. Resumo da ANOVA dos dados de crescimento das mudas da espécie *S. amazonicum* aos 15 DAT submetidas às concentrações do retardante Hold Fire aplicado via foliar.

Variáveis de Crescimento	QM	QM T	F	F T	Média	Média T	CV %	CV % T
NF	9,65	0,41	2,24 ^{ns}	2,29 ^{ns}	3,90	2,17	53,23	19,56
NFO	1398,73	5,11	2,07 ^{ns}	2,07 ^{ns}	59,96	7,64	43,33	20,55
AF	664,35	-	0,83 ^{ns}	-	57,28	-	49,42	-
D	0,62	0,04	6,00 ^{**}	5,91 ^{**}	2,93	1,98	11,01	4,02
H	43,69	-	5,48 ^{**}	-	13,24	-	21,33	-
VR	0,21	0,02	0,73 ^{ns}	0,69 ^{ns}	1,20	1,47	45,05	12,15
MSF	0,006	-	0,81 ^{ns}	-	0,16	-	55,02	-
MSC	0,005	0,001	2,11 ^{ns}	2,08 ^{ns}	0,13	1,060	36,66	2,11
MSR	0,001	-	0,56 ^{ns}	-	0,07	-	53,87	-
MST	0,030	-	1,13 ^{ns}	-	0,36	-	44,62	-

Em que: QM: quadrado médio, F: estatística do teste; CV: Coeficiente de Variação; ^{ns}: não significativo, * significativo a 5 % de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; T: estatística referente aos dados transformados; NF: número de folhas; NFO: número de folíolos; AF: área foliar; D: diâmetro do coleto; H: altura; VR: volume de raiz; MSC: massa seca do caule; MSR: massa seca de raiz; MSF: massa seca das folhas; MST: massa seca total.

Tabela 8B. Resumo da ANOVA dos dados de crescimento das mudas da espécie *S. amazonicum* aos 80 DAT submetidas às concentrações do retardante Hold Fire aplicado via foliar.

Variáveis de Crescimento	QM	QM T	F	F T	Média	Média T	CV %	CV % T
NF	8,33	-	1,18 ^{ns}	-	10,67	-	24,91	-
NFO	3160,95	-	1,69 ^{ns}	-	146,54	-	29,55	-
AF	701,10	-	2,18 ^{ns}	-	50,35	-	35,62	-
D	1,46	0,07	5,85 ^{**}	5,90 ^{**}	3,54	2,12	14,15	5,34
H	28,64	-	4,84 ^{**}	-	14,33	-	16,97	-
VR	6,04	-	7,56 ^{**}	-	1,96	-	45,64	-
MSF	0,023	0,004	2,19 ^{ns}	2,14 ^{ns}	0,30	1,140	34,86	3,93
MSC	0,170	0,029	4,05 ^{**}	4,23 ^{**}	0,42	1,190	49,18	6,95
MSR	0,086	0,014	2,50 ^{ns}	2,490	0,43	1,190	42,58	6,30
MST	0,710	0,078	3,42 [*]	3,48 [*]	1,15	1,460	39,62	10,26

Em que: QM: quadrado médio, F: estatística do teste; CV: Coeficiente de Variação; ^{ns}: não significativo, * significativo a 5 % de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; T: estatística referente aos dados transformados; NF: número de folhas; NFO: número de folíolos; AF: área foliar; D: diâmetro do coleto; H: altura; VR: volume de raiz; MSC: massa seca do caule; MSR: massa seca de raiz; MSF: massa seca das folhas; MST: massa seca total.

Tabela 9B. Resumo da ANOVA dos dados de crescimento das mudas da espécie *S. amazonicum* aos 15 DAS submetidas às concentrações do polímero hidretentor Nutrigel aplicado via substrato.

Variáveis de Crescimento	QM	QM T	F	F T	Média	Média T	CV %	CV % T
NF	0,47	0,03	2,05 ^{ns}	2,05 ^{ns}	2,58	1,89	18,54	6,79
NFO	199,57	1,05	2,87*	2,93*	49,28	7,06	16,93	8,47
AF	328,43	-	0,73 ^{ns}	-	77,47	-	27,31	-
D	0,38	-	2,09 ^{ns}	-	3,02	-	14,00	-
H	5,80	-	2,48 ^{ns}	-	11,74	-	13,08	-
VR	1,10	0,08	3,17*	2,93*	2,00	1,72	29,44	9,93
MSF	0,001	-	0,58 ^{ns}	-	0,17	-	30,20	-
MSC	0,022	-	3,86**	-	0,17	-	43,26	-
MSR	0,002	-	3,50*	-	0,09	-	27,61	-
MST	0,030	-	3,03*	-	0,44	-	23,94	-

Em que: QM: quadrado médio, F: estatística do teste; CV: Coeficiente de Variação; ^{ns}: não significativo, * significativo a 5 % de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; T: estatística referente aos dados transformados; NF: número de folhas; NFO: número de folíolos; AF: área foliar; D: diâmetro do coleto; H: altura; VR: volume de raiz; MSC: massa seca do caule; MSR: massa seca de raiz; MSF: massa seca das folhas; MST: massa seca total.

Tabela 10B. Resumo da ANOVA dos dados de crescimento das mudas da espécie *S. amazonicum* aos 80 DAS submetidas às concentrações do polímero hidretentor Nutrigel aplicado via substrato.

Variáveis de Crescimento	QM	QM T	F	F T	Média	Média T	CV %	CV % T
NF	8,73	-	1,26 ^{ns}	-	10,34	-	25,40	-
NFO	5215,67	7,39	1,97 ^{ns}	1,88 ^{ns}	155,92	12,36	33,02	16,07
AF	997,27	-	0,56 ^{ns}	-	149,09	-	28,34	-
D	0,41	-	1,20 ^{ns}	-	4,56	-	12,82	-
H	15,11	-	1,67 ^{ns}	-	21,93	-	13,73	-
VR	4,08	0,15	0,67 ^{ns}	0,70 ^{ns}	6,41	2,68	38,51	17,40
MSF	0,090	-	0,99 ^{ns}	-	0,70	-	44,19	-
MSC	0,020	-	0,33 ^{ns}	-	1,16	-	24,40	-
MSR	0,105	-	0,72 ^{ns}	-	1,14	-	33,60	-
MST	0,118	-	0,20 ^{ns}	-	2,99	-	25,83	-

Em que: QM: quadrado médio, F: estatística do teste; CV: Coeficiente de Variação; ^{ns}: não significativo, * significativo a 5 % de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; T: estatística referente aos dados transformados; NF: número de folhas; NFO: número de folíolos; AF: área foliar; D: diâmetro do coleto; H: altura; VR: volume de raiz; MSC: massa seca do caule; MSR: massa seca de raiz; MSF: massa seca das folhas; MST: massa seca total.

Tabela 11B. Resumo da ANOVA dos dados de crescimento das mudas da espécie *S. amazonicum* aos 15 DAT submetidas às concentrações do polímero hidroretentor Nutrigel aplicado via foliar.

Variáveis de Crescimento	QM	QM T	F	F T	Média	Média T	CV %	CV % T
NF	15,27	0,65	4,08**	4,23**	44,12	2,22	46,93	17,67
NFO	2988,17	9,90	3,70*	3,93**	66,72	8,04	42,60	19,73
AF	3252,72	-	3,58*	-	77,00	-	39,12	-
D	0,09	0,01	0,48 ^{ns}	0,52 ^{ns}	2,92	1,98	14,50	5,32
H	152,05	-	26,66*	-	14,41	-	16,57	-
VR	0,75	0,08	3,00*	3,04*	1,41	1,54	35,58	10,52
MSF	0,062	0,012	4,24**	4,36**	0,23	1,01	52,54	4,74
MSC	0,016	-	2,34 ^{ns}	-	0,18	-	46,45	-
MSR	0,008	0,002	0,45 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,13	1,06	105,02	5,40
MST	0,166	0,027	2,86 ^{ns}	3,06 ^{ns}	0,54	1,23	44,40	7,59

Em que: QM: quadrado médio, F: estatística do teste; CV: Coeficiente de Variação; ^{ns}: não significativo, * significativo a 5 % de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; T: estatística referente aos dados transformados; NF: número de folhas; NFO: número de folíolos; AF: área foliar; D: diâmetro do coleto; H: altura; VR: volume de raiz; MSC: massa seca do caule; MSR: massa seca de raiz; MSF: massa seca das folhas; MST: massa seca total.

Tabela 12B. Resumo da ANOVA dos dados de crescimento das mudas da espécie *S. amazonicum* aos 80 DAT submetidas às concentrações do polímero hidroretentor Nutrigel aplicado via foliar.

Variáveis de Crescimento	QM	QM T	F	F T	Média	Média T	CV %	CV % T
NF	14,09	-	1,42 ^{ns}	-	8,54	-	36,87	-
NFO	2016,39	-	1,13 ^{ns}	-	110,93	-	38,11	-
AF	787,30	-	1,98 ^{ns}	-	57,01	-	35,01	-
D	1,32	0,07	3,25 ^{ns}	3,16 ^{ns}	3,70	2,16	17,21	6,71
H	20,57	-	2,10 ^{ns}	-	17,11	-	18,27	-
VR	7,29	0,38	2,07 ^{ns}	2,10 ^{ns}	3,98	2,19	47,18	19,43
MSF	0,026	-	1,73 ^{ns}	-	0,35	-	35,49	-
MSC	0,196	-	2,99*	-	0,62	-	40,99	-
MSR	0,168	-	2,58 ^{ns}	-	0,65	-	39,47	-
MST	0,891	-	2,87**	-	1,62	-	34,43	-

Em que: QM: quadrado médio, F: estatística do teste; CV: Coeficiente de Variação; ^{ns}: não significativo, * significativo a 5 % de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; T: estatística referente aos dados transformados; NF: número de folhas; NFO: número de folíolos; AF: área foliar; D: diâmetro do coleto; H: altura; VR: volume de raiz; MSC: massa seca do caule; MSR: massa seca de raiz; MSF: massa seca das folhas; MST: massa seca total.

APÊNDICE C - TESTE DE NORMALIDADE (CAPÍTULO 3)

Tabela 1C. Teste de normalidade W de Shapiro-Wilk e seu valor de significância para as variáveis relacionadas à emergência das sementes das espécies *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba*.

Variáveis	Phos-Chek WD881			
	<i>Handroanthus ochraceus</i>		<i>Tabebuia roseoalba</i>	
	W	p-valor	W	p-valor
IVE	0,92	0,06	0,94	0,20
E%	0,92	0,05	0,92	0,05
TME	0,94	0,18	0,98	0,08
	Hold Fire			
IVE	0,96	0,46	0,97	0,70
E%	0,89	0,01*	0,91	0,03*
TME	0,97	0,82	0,98	0,94
	Nutrigel			
IVE	0,94	0,13	0,96	0,51
E%	0,96	0,41	0,93	0,08
TME	0,95	0,22	0,97	0,74

*significante a 5% de probabilidade; IVE: Índice de Velocidade de Emergência; E%: Porcentagem de emergência; TME: Tempo médio de emergência.

Tabela 2C. Teste de normalidade W de Shapiro-Wilk e seu valor de significância para as variáveis de crescimento das mudas das espécies *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba* submetidas às concentrações de Phos-Chek WD881, Hold Fire e Nutrigel.

Variáveis de Crescimento	Phos-Chek WD881							
	<i>Handroanthus ochraceus</i>				<i>Tabebuia roseoalba</i>			
	30 DAS		120 DAS		30 DAS		120 DAS	
	W	p-valor	W	p-valor	W	p-valor	W	p-valor
NF	0,75	0,00*	0,82	0,00*	0,52	0,00*	0,86	0,00*
AF	0,94	0,01*	0,98	0,68	0,96	0,09	0,98	0,72
D	0,93	0,01*	0,95	0,03*	0,65	0,00*	0,97	0,51
H	0,96	0,14	0,95	0,03*	0,98	0,71	0,97	0,20
VR	0,85	0,00*	0,89	0,00*	0,96	0,10	0,86	0,00*
MSF	0,93	0,00*	0,96	0,11	0,95	0,02*	0,97	0,33
MSC	0,38	0,00*	0,91	0,00*	0,63	0,00*	0,96	0,11
MSR	0,89	0,00*	0,95	0,04*	0,75	0,00*	0,95	0,09
MST	0,90	0,00*	0,96	0,06	0,97	0,18	0,96	0,10
	Hold Fire							
NF	0,80	0,00*	0,81	0,00*	0,54	0,00*	0,80	0,00*
AF	0,94	0,01*	0,96	0,08	0,96	0,06	0,98	0,47
D	0,99	0,81	0,97	0,38	0,98	0,50	0,95	0,03*
H	0,98	0,44	0,96	0,11	0,97	0,24	0,98	0,62
VR	0,88	0,00*	0,90	0,00*	0,86	0,00*	0,87	0,00*
MSF	0,89	0,00*	0,95	0,01*	0,95	0,02*	0,97	0,22
MSC	0,56	0,00*	0,90	0,00*	0,32	0,00*	0,96	0,06
MSR	0,86	0,00*	0,97	0,38	0,90	0,00*	0,93	0,00*
MST	0,95	0,03*	0,97	0,32	0,84	0,00*	0,97	0,25
	Nutrigel							
NF	0,73	0,00*	0,60	0,00*	0,76	0,00*	0,70	0,00*
AF	0,94	0,02*	0,97	0,39	0,96	0,06	0,96	0,06
D	0,97	0,30	0,93	0,01*	0,95	0,05	0,96	0,10
H	0,96	0,07	0,96	0,08	0,96	0,08	0,95	0,04*
VR	0,85	0,00*	0,86	0,00*	0,57	0,00*	0,88	0,00*
MSF	0,74	0,00*	0,97	0,31	0,39	0,00*	0,98	0,75
MSC	0,62	0,00*	0,94	0,02*	0,73	0,00*	0,23	0,00*
MSR	0,86	0,00*	0,97	0,20	0,92	0,00*	0,97	0,25
MST	0,92	0,00*	0,97	0,27	0,95	0,04*	0,88	0,00*

*significante a 5% de probabilidade; NF: número de folhas; AF: área foliar; D: diâmetro do coleto; H: altura; VR: volume de raiz; MSC: massa seca do caule; MSR: massa seca de raiz; MSF: massa seca das folhas; MST: massa seca total.

Tabela 3C. Teste de normalidade W de Shapiro-Wilk e seu valor de significância para os dados de fluorescência das mudas das espécies *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba* submetidas às concentrações de Phos-Chek WD881, Hold Fire e Nutrigel.

Parâmetros da Fluorescência	Phos-Chek WD881			
	<i>Handroanthus ochraceus</i>		<i>Tabebuia roseoalba</i>	
	W	p-valor	W	p-valor
F _v /F _m	0,72	0,00*	0,85	0,00*
NPQ	0,88	0,00*	0,93	0,00*
Hold Fire				
F _v /F _m	0,91	0,00*	0,92	0,00*
NPQ	0,88	0,00*	0,76	0,00*
Nutrigel				
F _v /F _m	0,75	0,00*	0,92	0,00*
NPQ	0,95	0,02*	0,75	0,00*

*significante a 5% de probabilidade; F_v/F_m: eficiência fotoquímica do fotossistema II; NPQ: dissipação não fotoquímica.

APÊNDICE D - ANÁLISES DE VARIÂNCIA (CAPÍTULO 3)

Tabela 1D. Resumo da ANOVA dos dados de emergência das mudas das espécies *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba* submetidas às concentrações do retardante Phos-Chek WD881.

<i>Handroanthus ochraceus</i>							
Variáveis Emergência	QM	QM T	F	F T	Média	CV %	CV% T
IVE	8,28	-	3,84*	-	7,93	18,52	-
E%	280,00	-	1,71 ^{ns}	-	82,00	15,62	-
TME	1,99	-	1,35 ^{ns}	-	9,22	13,14	-
<i>Tabebuia roseoalba</i>							
IVE	0,83	-	0,27 ^{ns}	-	8,73	19,91	-
E%	66,00	-	0,51 ^{ns}	-	81,2	14,04	-
TME	3,51	-	2,54 ^{ns}	-	8,35	14,09	-

QM: quadrado médio, F: estatística do teste; CV: Coeficiente de Variação; ^{ns}: não significativo, * significativo a 5 % de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; T: estatística referente aos dados transformados; IVE: Índice de Velocidade de Emergência; E%: Porcentagem de emergência; TME: Tempo médio de emergência.

Tabela 2D. Resumo da ANOVA dos dados de emergência das mudas das espécies *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba* submetidas às concentrações do retardante Hold Fire.

<i>Handroanthus ochraceus</i>							
Variáveis da Emergência	QM	QM T	F	F T	Média	CV %	CV% T
IVE	4,15	-	0,83 ^{ns}	-	6,87	32,58	-
E%	306,00	1,26	0,91 ^{ns}	1,03 ^{ns}	73,20	25,04	12,98
TME	1,41	-	0,83 ^{ns}	-	9,45	13,80	-
<i>Tabebuia roseoalba</i>							
IVE	3,75	-	0,83 ^{ns}	-	7,50	28,26	-
E%	254,00	0,84	1,07 ^{ns}	1,09 ^{ns}	76,04	20,19	10,02
TME	2,51	-	1,45 ^{ns}	-	9,24	14,25	-

QM: quadrado médio, F: estatística do teste; CV: Coeficiente de Variação; ^{ns}: não significativo, * significativo a 5 % de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; T: estatística referente aos dados transformados; IVE: Índice de Velocidade de Emergência; E%: Porcentagem de emergência; TME: Tempo médio de emergência.

Tabela 3D. Resumo da ANOVA dos dados de emergência das mudas das espécies *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba* submetidas às concentrações do polímero hidrorretentor Nutrigel.

<i>Handroanthus ochraceus</i>							
Variáveis da Emergência	QM	QM T	F	F T	Média	CV %	CV% T
IVE	5,79	-	1,30 ^{ns}	-	6,07	34,80	-
E%	530,00	-	1,22 ^{ns}	-	64,00	32,55	-
TME	1,20	-	0,44 ^{ns}	-	9,50	17,45	-
<i>Tabebuia roseoalba</i>							
IVE	1,90	-	0,40 ^{ns}	-	7,49	29,05	-
E%	194,00	-	1,00 ^{ns}	-	77,60	17,95	-
TME	0,52	-	0,26 ^{ns}	-	9,52	14,86	-

QM: quadrado médio, F: estatística do teste; CV: Coeficiente de Variação; ^{ns}: não significativo, * significativo a 5 % de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; T: estatística referente aos dados transformados; IVE: Índice de Velocidade de Emergência; E%: Porcentagem de emergência; TME: Tempo médio de emergência.

Tabela 4D. Resumo da ANOVA dos dados de crescimento das mudas das espécies *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba* aos 30 DAS submetidas às concentrações do retardante Phos-Chek WD881.

<i>Handroanthus ochraceus</i>								
Variáveis de Crescimento	QM	QM T	F	F T	Média	Média T	CV %	CV% T
NF	5,28	0,40	5,94**	5,90**	2,76	1,91	34,16	13,55
AF	38,02	1,14	2,62 ^{ns}	2,50 ^{ns}	7,08	2,75	53,82	24,49
D	0,13	0,01	1,73 ^{ns}	1,68 ^{ns}	1,08	1,44	26,06	6,64
H	0,42	-	0,76 ^{ns}	-	2,42	-	30,52	-
VR	0,01	<0,00	0,14 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,31	1,14	57,85	6,71
MSF	<0,00	<0,00	1,20 ^{ns}	1,20 ^{ns}	0,02	1,01	59,01	0,61
MSC	<0,00	<0,00	0,39 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,01	1,00	133,54	0,71
MSR	<0,00	<0,00	0,08 ^{ns}	1,08 ^{ns}	0,01	1,00	68,67	0,49
MST	<0,00	<0,00	0,20 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,05	1,02	54,34	1,15
<i>Tabebuia roseoalba</i>								
NF	2,07	0,13	4,77**	4,75**	3,62	2,14	18,18	7,72
AF	407,00	-	4,37**	-	18,58	-	51,91	-
D	0,36	0,03	1,30 ^{ns}	1,24 ^{ns}	1,56	1,59	33,71	9,20
H	3,19	-	2,03 ^{ns}	-	3,60	-	35,24	-
VR	0,18	-	4,20**	-	0,42	-	49,14	-
MSF	<0,00	<0,00	4,30**	4,30**	0,06	1,03	49,79	1,31
MSC	<0,00	<0,00	1,15 ^{ns}	1,17 ^{ns}	0,02	1,01	91,50	0,92
MSR	<0,00	<0,00	1,69 ^{ns}	1,69 ^{ns}	0,02	1,01	83,61	0,95
MST	0,01	-	3,25*	-	0,10	-	44,66	-

QM: quadrado médio, F: estatística do teste; CV: Coeficiente de Variação; ^{ns}: não significativo, * significativo a 5 % de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; T: estatística referente aos dados transformados; NF: número de folhas; AF: área foliar; D: diâmetro do coleto; H: altura; VR: volume de raiz; MSC: massa seca do caule; MSR: massa seca de raiz; MSF: massa seca das folhas; MST: massa seca total.

Tabela 5D. Resumo da ANOVA dos dados de crescimento das mudas das espécies *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba* aos 120 DAS submetidas às concentrações do retardante Phos-Chek WD881.

<i>Handroanthus ochraceus</i>								
Variáveis de Crescimento	QM	QM T	F	F T	Média	Média T	CV %	CV% T
NF	8,33	0,19	2,95*	2,96*	9,44	3,21	17,80	7,82
AF	207,26	-	2,01 ^{ns}	-	41,96	-	24,20	-
D	0,89	0,01	1,41 ^{ns}	1,45 ^{ns}	1,80	1,67	13,92	4,41
H	0,95	0,04	1,03 ^{ns}	0,95 ^{ns}	4,44	2,32	21,51	9,21
VR	12,65	0,61	6,92**	6,31**	3,86	2,17	35,00	14,28
MSF	<0,00	-	1,51 ^{ns}	-	0,19	-	24,05	-
MSC	<0,00	<0,00	1,03 ^{ns}	1,03 ^{ns}	0,04	1,02	30,44	0,60
MSR	0,28	0,40	4,18*	3,98*	0,70	1,30	37,10	7,69
MST	0,32	-	3,72*	-	0,93	-	31,73	-
<i>Tabebuia roseoalba</i>								
NF	0,85	0,02	0,36 ^{ns}	0,38 ^{ns}	9,60	3,25	16,03	7,10
AF	58,26	-	0,24 ^{ns}	-	79,79	-	19,56	-
D	0,30	-	2,74*	-	2,80	-	11,87	-
H	1,02	-	1,04 ^{ns}	-	6,98	-	14,21	-
VR	0,62	0,03	0,60 ^{ns}	0,50 ^{ns}	3,04	1,99	33,42	12,34
MSF	<0,00	-	0,38 ^{ns}	-	0,36	-	19,99	-
MSC	<0,00	-	1,57 ^{ns}	-	0,10	-	21,16	-
MSR	0,01	-	0,70 ^{ns}	-	0,52	-	27,09	-
MST	0,03	-	0,66 ^{ns}	-	0,98	-	21,73	-

QM: quadrado médio, F: estatística do teste; CV: Coeficiente de Variação; ^{ns}: não significativo, * significativo a 5 % de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; T: estatística referente aos dados transformados; NF: número de folhas; AF: área foliar; D: diâmetro do coleto; H: altura; VR: volume de raiz; MSC: massa seca do caule; MSR: massa seca de raiz; MSF: massa seca das folhas; MST: massa seca total.

Tabela 6D. Resumo da ANOVA dos dados de crescimento das mudas das espécies *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba* aos 30 DAS submetidas às concentrações do retardante Hold Fire.

<i>Handroanthus ochraceus</i>								
Variáveis de Crescimento	QM	QM T	F	F T	Média	Média T	CV %	CV% T
NF	2,57	0,19	2,19 ^{ns}	2,10 ^{ns}	2,68	1,89	40,34	15,90
AF	29,60	0,86	1,99 ^{ns}	1,74 ^{ns}	6,51	2,64	59,27	26,52
D	0,13	-	1,80 ^{ns}	-	1,18	-	23,28	-
H	0,13	-	0,24 ^{ns}	-	2,23	-	32,55	-
VR	<0,00	<0,00	0,12 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,29	1,13	66,88	7,27
MSF	<0,00	<0,00	1,08 ^{ns}	1,07 ^{ns}	0,02	1,01	56,83	0,56
MSC	<0,00	<0,00	1,66 ^{ns}	1,66 ^{ns}	0,01	1,00	69,43	0,30
MSR	<0,00	<0,00	0,56 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,01	1,01	66,51	0,52
MST	<0,00	<0,00	0,40 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,04	1,02	49,29	1,02
<i>Tabebuia roseoalba</i>								
NF	2,25	0,41	5,78 ^{**}	5,75 ^{**}	3,70	2,16	16,85	7,21
AF	83,41	-	1,72 ^{ns}	-	15,18	-	45,88	-
D	0,04	-	0,77 ^{ns}	-	1,34	-	17,52	-
H	1,91	-	2,45 ^{ns}	-	3,49	-	25,29	-
VR	0,36	0,06	4,63 ^{**}	4,94 ^{**}	0,45	1,20	62,33	9,00
MSF	<0,00	<0,00	0,84 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,04	1,02	44,33	0,93
MSC	<0,00	<0,00	1,50 ^{ns}	1,50 ^{ns}	0,02	1,01	148,76	1,23
MSR	<0,00	<0,00	1,44 ^{ns}	1,44 ^{ns}	0,02	1,01	57,39	0,51
MST	<0,00	<0,00	0,99 ^{ns}	0,99 ^{ns}	0,08	1,04	52,77	1,91

QM: quadrado médio, F: estatística do teste; CV: Coeficiente de Variação; ^{ns}: não significativo, * significativo a 5 % de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; T: estatística referente aos dados transformados; NF: número de folhas; AF: área foliar; D: diâmetro do coleto; H: altura; VR: volume de raiz; MSC: massa seca do caule; MSR: massa seca de raiz; MSF: massa seca das folhas; MST: massa seca total.

Tabela 7D. Resumo da ANOVA dos dados de crescimento das mudas das espécies *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba* aos 120 DAS submetidas às concentrações do retardante Hold Fire.

<i>Handroanthus ochraceus</i>								
Variáveis de Crescimento	QM	QM T	F	F T	Média	Média T	CV %	CV% T
NF	4,82	0,11	2,29 ^{ns}	2,27 ^{ns}	9,38	3,21	15,45	6,81
AF	97,15	-	0,96 ^{ns}	-	41,02	-	24,53	-
D	0,19	-	2,93*	-	1,73	-	14,66	-
H	0,86	-	0,85 ^{ns}	-	4,31	-	23,50	-
VR	2,66	0,14	1,63 ^{ns}	1,72 ^{ns}	3,52	2,10	36,31	13,80
MSF	<0,00	<0,00	1,14 ^{ns}	1,12 ^{ns}	0,18	1,08	24,49	1,83
MSC	<0,00	<0,00	0,81 ^{ns}	0,81 ^{ns}	0,04	1,02	30,78	0,54
MSR	0,07	-	1,24 ^{ns}	-	0,69	-	33,78	-
MST	0,05	-	0,65 ^{ns}	-	0,90	-	29,84	-
<i>Tabebuia roseoalba</i>								
NF	2,72	0,06	2,10 ^{ns}	2,06 ^{ns}	9,12	3,17	12,49	5,61
AF	337,61	-	0,88 ^{ns}	-	75,13	-	25,98	-
D	0,17	0,01	2,12 ^{ns}	2,13	2,71	1,92	10,58	3,84
H	0,31	-	0,32 ^{ns}	-	6,73	-	14,59	-
VR	2,64	0,17	3,64*	3,80*	3,10	2,01	27,48	10,53
MSF	<0,00	-	0,53 ^{ns}	-	0,34	-	29,09	-
MSC	<0,00	-	0,73 ^{ns}	-	0,09	-	24,61	-
MSR	0,01	<0,00	0,64 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,50	1,22	26,67	4,39
MST	0,03	-	0,58 ^{ns}	-	0,94	-	23,76	-

QM: quadrado médio, F: estatística do teste; CV: Coeficiente de Variação; ^{ns}: não significativo, * significativo a 5 % de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; T: estatística referente aos dados transformados; NF: número de folhas; AF: área foliar; D: diâmetro do coleto; H: altura; VR: volume de raiz; MSC: massa seca do caule; MSR: massa seca de raiz; MSF: massa seca das folhas; MST: massa seca total.

Tabela 8D. Resumo da ANOVA dos dados de crescimento das mudas das espécies *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba* aos 30 DAS submetidas às concentrações do polímero hidrorretentor Nutrigel.

<i>Handroanthus ochraceus</i>								
Variáveis de Crescimento	QM	QM T	F	F T	Média	Média T	CV %	CV% T
NF	3,90	0,42	4,29**	5,18**	2,10	1,73	45,40	16,44
AF	16,84	0,76	2,16 ^{ns}	2,40 ^{ns}	4,89	32,35	56,99	23,91
D	0,31	-	6,03**	-	1,17	-	19,37	-
H	0,38	-	0,74 ^{ns}	-	2,10	-	34,03	-
VR	0,02	<0,00	0,44 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,29	1,13	65,05	7,11
MSF	<0,00	<0,00	1,13 ^{ns}	1,13 ^{ns}	0,02	1,01	90,42	0,98
MSC	<0,00	<0,00	1,48 ^{ns}	1,48 ^{ns}	0,01	1,00	73,45	0,32
MSR	<0,00	<0,00	0,76 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,01	1,01	78,66	0,61
MST	<0,00	<0,00	0,10 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,05	1,02	55,47	1,24
<i>Tabebuia roseoalba</i>								
NF	1,03	0,06	1,18 ^{ns}	1,19 ^{ns}	3,36	2,07	27,85	11,07
AF	31,45	-	0,45 ^{ns}	-	14,85	-	56,46	-
D	0,30	-	3,06*	-	1,22	-	25,69	-
H	1,22	-	1,05 ^{ns}	-	3,35	-	32,11	-
VR	1,47	0,17	3,71*	4,64**	0,55	1,22	113,68	15,84
MSF	0,02	<0,00	2,52 ^{ns}	1,03	0,06	1,03	155,58	4,23
MSC	<0,00	<0,00	2,39 ^{ns}	2,39 ^{ns}	0,02	1,00	71,81	0,56
MSR	<0,00	<0,00	1,49 ^{ns}	1,49 ^{ns}	0,02	1,01	68,31	0,64
MST	<0,00	<0,00	0,79 ^{ns}	0,79 ^{ns}	0,07	1,04	50,85	1,76

QM: quadrado médio, F: estatística do teste; CV: Coeficiente de Variação; ^{ns}: não significativo, * significativo a 5 % de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; T: estatística referente aos dados transformados; NF: número de folhas; AF: área foliar; D: diâmetro do coleto; H: altura; VR: volume de raiz; MSC: massa seca do caule; MSR: massa seca de raiz; MSF: massa seca das folhas; MST: massa seca total.

Tabela 9D. Resumo da ANOVA dos dados de crescimento das mudas das espécies *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba* aos 120 DAS submetidas às concentrações do polímero hidrotentor Nutrigel.

<i>Handroanthus ochraceus</i>								
Variáveis de Crescimento	QM	QM T	F	F T	Média	Média T	CV %	CV% T
NF	7,72	0,18	5,14*	5,14*	9,52	3,23	12,87	5,69
AF	190,55	-	2,47 ^{ns}	-	42,97	-	20,44	-
D	0,23	0,02	3,48*	3,89*	1,72	1,65	14,28	4,44
H	0,97	-	0,84 ^{ns}	-	4,38	-	24,59	-
VR	1,55	0,01	1,17 ^{ns}	1,27 ^{ns}	3,19	2,03	36,19	13,76
MSF	<0,00	-	1,07 ^{ns}	-	0,18	-	27,63	-
MSC	<0,00	<0,00	1,54 ^{ns}	1,54 ^{ns}	0,04	1,02	33,05	0,59
MSR	0,02	-	0,48 ^{ns}	-	0,62	-	35,49	-
MST	0,02	-	0,26 ^{ns}	-	0,83	-	31,56	-
<i>Tabebuia roseoalba</i>								
NF	2,07	0,05	2,07 ^{ns}	2,05 ^{ns}	9,92	3,30	10,13	4,60
AF	101,52	-	0,36 ^{ns}	-	80,58	-	20,81	-
D	0,27	-	2,77*	-	2,78	-	11,27	-
H	0,27	0,01	0,39 ^{ns}	0,39 ^{ns}	6,76	2,78	12,27	5,41
VR	1,10	0,06	1,45 ^{ns}	1,46 ^{ns}	3,33	2,07	26,10	10,07
MSF	<0,00	-	0,19 ^{ns}	-	0,37	-	21,22	-
MSC	0,02	<0,00	0,97 ^{ns}	0,97 ^{ns}	0,11	1,05	124,92	5,48
MSR	0,03	-	1,39 ^{ns}	-	0,55	-	27,07	-
MST	0,07	<0,00	1,41 ^{ns}	1,49 ^{ns}	1,04	1,42	22,51	5,53

QM: quadrado médio, F: estatística do teste; CV: Coeficiente de Variação; ^{ns}: não significativo, * significativo a 5 % de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; T: estatística referente aos dados transformados; NF: número de folhas; AF: área foliar; D: diâmetro do coleto; H: altura; VR: volume de raiz; MSC: massa seca do caule; MSR: massa seca de raiz; MSF: massa seca das folhas; MST: massa seca total.

Tabela 10D. Resumo da ANOVA dos dados de fluorescência das mudas das espécies *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba* submetidas às concentrações do retardante Phos-Chek WD881.

<i>Handroanthus ochraceus</i>								
Parâmetros da Fluorescência	QM	QM T	F	F T	Média	Média T	CV %	CV% T
F _v /F _m	<0,00	<0,00	2,61 ^{ns}	2,58 ^{ns}	0,76	1,33	3,40	0,75
NPQ	0,37	0,04	4,10*	4,03*	1,16	1,46	25,71	6,73
<i>Tabebuia roseoalba</i>								
F _v /F _m	0,01	<0,00	2,01 ^{ns}	2,00 ^{ns}	0,74	1,32	3,82	0,82
NPQ	0,74	0,08	2,61 ^{ns}	2,36 ^{ns}	1,06	1,42	50,39	12,69

QM: quadrado médio, F: estatística do teste; CV: Coeficiente de Variação; ^{ns}: não significativo, * significativo a 5 % de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; T: estatística referente aos dados transformados; F_v/F_m: eficiência fotoquímica do fotossistema II; NPQ: dissipação não fotoquímica.

Tabela 11D. Resumo da ANOVA dos dados de fluorescência das mudas das espécies *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba* submetidas às concentrações do retardante Hold Fire.

<i>Handroanthus ochraceus</i>								
Parâmetros da Fluorescência	QM	QM T	F	F T	Média	Média T	CV %	CV% T
F _v /F _m	<0,00	<0,00	4,27 ^{ns}	4,27 ^{ns}	0,76	1,32	2,15	0,47
NPQ	0,08	0,01	0,87 ^{ns}	0,87 ^{ns}	1,06	1,43	29,21	7,30
<i>Tabebuia roseoalba</i>								
F _v /F _m	0,02	<0,00	5,32 ^{**}	5,34 ^{**}	0,74	1,32	2,72	0,58
NPQ	0,90	0,08	4,53 ^{**}	4,46 ^{**}	1,02	1,41	43,52	9,71

QM: quadrado médio, F: estatística do teste; CV: Coeficiente de Variação; ^{ns}: não significativo, * significativo a 5 % de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; T: estatística referente aos dados transformados; F_v/F_m: eficiência fotoquímica do fotossistema II; NPQ: dissipação não fotoquímica.

Tabela 12D. Resumo da ANOVA dos dados de fluorescência das mudas das espécies *Handroanthus ochraceus* e *Tabebuia roseoalba* submetidas às concentrações do polímero hidrotentor Nutrigel.

<i>Handroanthus ochraceus</i>								
Parâmetros da Fluorescência	QM	QM T	F	F T	Média	Média T	CV %	CV% T
F _v /F _m	<0,00	<0,00	0,64 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,76	1,33	3,90	0,86
NPQ	0,05	0,01	0,76 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,97	1,39	26,67	6,24
<i>Tabebuia roseoalba</i>								
F _v /F _m	<0,00	<0,00	4,81 ^{**}	4,83 ^{**}	0,74	1,32	2,75	0,59
NPQ	0,97	0,09	4,97 ^{**}	4,84 ^{**}	0,97	1,39	45,52	9,84

QM: quadrado médio, F: estatística do teste; CV: Coeficiente de Variação; ^{ns}: não significativo, * significativo a 5 % de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; T: estatística referente aos dados transformados; F_v/F_m: eficiência fotoquímica do fotossistema II; NPQ: dissipação não fotoquímica.