

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade



Tese

**Modelagem do fluxo de emergência e caracterização da
longevidade do banco de sementes de espécies de plantas
daninhas na cultura da soja e manejo com herbicidas pré-
emergentes**

Renan Ricardo Zandoná

Pelotas, 2019

RENAN RICARDO ZANDONÁ

**MODELAGEM DO FLUXO DE EMERGÊNCIA E CARACTERIZAÇÃO DA
LONGEVIDADE DO BANCO DE SEMENTES DE ESPÉCIES DE PLANTAS
DANINHAS NA CULTURA DA SOJA E MANEJO COM HERBICIDAS PRÉ-
EMERGENTES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Fitossanidade (área do conhecimento: Herbologia).

Orientador: Dr. Dirceu Agostinetto

Coorientadores: Dr. Mário Antônio Bianchi

Dr. Rogério Costa Campos

Dr. Edinalvo Rabaioli Camargo

Dr. Luis Antônio de Ávila

Pelotas, 2019

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

Z27m Zandoná, Renan Ricardo

Modelagem do fluxo de emergência e caracterização da longevidade do banco de sementes de espécies de plantas daninhas na cultura da soja e manejo com herbicidas pré-emergentes / Renan Ricardo Zandoná ; Dirceu Agostinetto, orientador. — Pelotas, 2019.

159 f.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2019.

1. *Glycine max*. 2. Germinação. 3. Condições climáticas. 4. Sistema plantio direto. I. Agostinetto, Dirceu, orient. II. Título.

CDD : 631.521

Elaborada por Gabriela Machado Lopes CRB: 10/1842

Banca examinadora:

Eng. Agr. Dr. Geri Eduardo Meneghello

Eng. Agr. Dr. Leandro Vargas

Eng. Agr. Dr. André Andres

Eng. Agr. Dr. Mário Antônio Bianchi
(Coorientador)

Dirceu Agostinetti, Dr.
(Orientador)

Aos meus pais Claudemir e Lenir;

À minha irmã Claudiane;

À minha noiva Caroline;

Ao Carlos, Roseli, Mayara e Adenilson;

Pelo amor, carinho, apoio, amizade, companheirismo, compreensão, que sempre auxiliam e contribuem de forma decisiva na minha vida e possibilitaram a realização desse sonho.

OFEREÇO E DEDICO

Agradecimentos

A Deus, por tudo que tenho em minha vida e pelas oportunidades que me foram concedidas.

A minha família em especial Pai, Mãe e Irmã que com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

À minha noiva Caroline Farias, pelo amor, carinho e dedicação incondicionais; por me fornecer inspiração; e por estar sempre presente durante todas as etapas da Pós-Graduação, com incansável disposição, dedicação, incentivo, apoio e compreensão, não me deixando desanimar, para que eu pudesse concluir mais esta etapa.

Ao Professor Dirceu Agostinetto pela orientação, ensinamentos, confiança, conselhos, disponibilidade, mas principalmente pela amizade e pelo exemplo de caráter e ética; e por não ter medido esforços para ajudar-me na garantia do bom andamento da pesquisa.

Aos coorientadores Professor Mário Antônio Bianchi pela disponibilidade e paciência que sempre manifestou em ajudar-me, ensinamentos e amizade; Professor Luis Antonio Avila e Edinalvo Rabaioli Camargo pelo convívio e por ter contribuído para minha formação; Dr. Rogério Costa Campos pela disponibilidade, paciência, amizade e ensinamentos de estatística.

A todos os professores desta conceituada instituição que participaram e contribuíram com a minha formação.

À Pós-Doutoranda Elisa Souza Lemes, pela amizade e auxílio na realização desse trabalho.

Ao Centro de Herbologia (CEHERB) por ter me abrigado e ter me formado profissionalmente e pessoalmente durante os anos da Pós-Graduação.

Aos meus colegas e amigos do Centro de Herbologia (CEHERB) Alcimar Mazon, Andressa Pitol, Edna Souza, Jéssica Garcia, Joanei Cechin, Lais Perboni, em especial a Adriana do Amarante, Andrés Monge, André Ulguim, Bruno Moncks, Cláudia de Oliveira, Diego Fraga, Francisco Goulart, Maicon Schmitz, Nixon Westendorff e Queli Ruchel, pela amizade, incentivo, auxílio na execução dos trabalhos e pelos momentos de convívio.

Aos estagiários e bolsistas: Alessandro Neutzling, Angélica Cruz, João Goebel, Jonathan Torchelsen, José Vitor, Kevin Weissahn, Marlon Teixeira, Roberto Neto, Silvio Raphaelli, Richard Quevedo, Túlio Dahmer, pela amizade e auxílio na execução dos experimentos.

A Cooperativa Central Gaúcha Ltda (CCGL), por toda o auxílio e colaboração para a realização deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade pela oportunidade de realização do curso e aos professores que contribuíram para minha formação. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de Doutorado.

A todos os que contribuíram e não mediram esforços para a realização deste trabalho.

Resumo

ZANDONÁ, Renan Ricardo. **Modelagem do fluxo de emergência e caracterização da longevidade do banco de sementes de espécies de plantas daninhas na cultura da soja e manejo com herbicidas pré-emergentes**. 2019. 159f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

A conscientização da sociedade para reduzir a utilização de agrotóxicos associado a evolução de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas e às perspectivas para o surgimento de novos modos de ação herbicida, acarretou na necessidade de desenvolver novas estratégias para otimizar o controle de plantas daninhas. Diante disso, os objetivos desse trabalho foram modelar o fluxo de emergência de *Bidens pilosa* (picão-preto), *Ipomoea grandifolia* (corda-de-viola), *Sida rhombifolia* (guanxuma), *Digitaria* spp. (milhã) e *Urochloa plantaginea* (papuã); caracterizar sua longevidade e persistência do banco de sementes; e, avaliar a seletividade de herbicidas pré-emergentes na cultura da soja, sua eficácia no controle e na redução do fluxo de emergência de plantas daninhas poaceas e eudicotiledôneas. Realizaram-se três estudos para atender aos objetivos, sendo que os resultados permitiram inferir que ambos os modelos de tempo térmico e hidrotérmico foram adequados para prever a emergência de picão-preto, corda-de-viola, guanxuma, milhã e papuã em diferentes épocas de semeadura da soja. Além disso, o comportamento de emergência foi caracterizado por elevada emergência inicial, sendo milhã e papuã classificados como espécies de emergência precoce e com fluxo prolongado. Já guanxuma e picão-preto apresentaram emergência intermediária e fluxo curto, enquanto corda-de-viola teve emergência tardia e fluxo curto. No solo, as sementes de picão-preto e milhã possuem banco de semente transitório, enquanto corda-de-viola, guanxuma e papuã possuem banco de sementes persistente. Independente da espécie avaliada, quanto maior a profundidade de enterrio maior é a longevidade do banco de sementes do solo. Os herbicidas pré-emergentes utilizados proporcionaram baixa fitotoxicidade e não provocaram perdas na produtividade da cultura da soja, reduzindo o fluxo de emergência e a competição de plantas daninhas no início do ciclo da cultura e proporcionam melhores condições para o controle com herbicidas em pós-emergência.

Palavras-chave: Glycine max, germinação, condições climáticas, sistema plantio direto.

Abstract

ZANDONÁ, Renan Ricardo. **Emergency flow modeling and description of seed bank longevity of weed species in soybean crop and management with pre-emerging herbicides.** 2019. 159f. Doctor - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

The awareness of society to reduce the use of pesticides associated with evolution of weed resistant biotypes to herbicides and with perspectives to arising of new herbicides modes of action, result in need to develop new strategies to optimize weed control. Thus, the objectives of this work were model the emergency flow of *Bidens pilosa* (hairy beggarstick), *Ipomoea grandifolia* (morning glory), *Sida rhombifolia* (wire weed), *Digitaria* spp. (crabgrass) and *Urochloa plantaginea* (Alexander grass); characterize longevity and seed bank persistence; and evaluate the selectivity of pre-emerging herbicides on soybean crop, its effectiveness on control and reduction emergency flow of poaceas and eudycotyledons weeds. Three studies were performed to accomplish the objectives and the results allow to infer that both models of time termic and hidrotermic were appropriate to predict the emergency of hairy beggarstick, morning glory, wire weed, crabgrass and Alexander grass in different seasons of soybean seeding. Besides that, the emergency behavior was characterized by high inicial emergency, so crabgrass and Alexander grass were classified like premature emergency with prolonged flow. Wire weed and hairy beggarstick showed intermediate emergency and short flow, while morning glory had late emergency and shot flow. On soil, hairy beggarstick and crabgrass seeds have transitional seed bank, while morning glory, wire weed and Alexander grass, persistent seed bank. Independent of evaluate specie, greater burial depth, greater is the longevity of soil seed bank. The herbicides pre-emerging utilized provides low phytotoxicity and did not caused lost on yield of soybean crop, reducing the emergence flow and weed competition in the beginning of crop cycle. Still provided best conditions to control with herbicides in post-emergency.

Key-words: *Glycine max*, germination, climatic conditions, no-tillage system.

Lista de Figuras

Figura 1 -	Curvas cumulativas de germinação para picão-preto em diferentes temperaturas constantes na primeira e segunda repetição do experimento em função do tempo em dias. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	37
Figura 2 -	Linha de regressão ajustada aos resultados $1/T_{50}$, nas faixas de temperatura sub ótima e supra ótima em resposta a diferentes temperaturas para picão-preto. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	39
Figura 3 -	Curvas cumulativas de germinação para picão-preto em diferentes potenciais hídricos em função do tempo em dias. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	40
Figura 4 -	Linha de regressão ajustada aos resultados $1/T_{50}$ nos diferentes potenciais hídricos (MPa) UFPel. Capão do Leão-RS. 2019.....	41
Figura 5 -	Curvas cumulativas de germinação para corda-de-viola em diferentes temperaturas constantes na primeira e segunda repetição do experimento em função do tempo em dias. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	42
Figura 6 -	Linha de regressão ajustada aos resultados $1/T_{50}$, nas faixas de temperatura sub ótima e supra ótima em resposta a diferentes temperaturas para corda-de-viola. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	43
Figura 7 -	Curvas cumulativas de germinação para corda-de-viola em diferentes potenciais hídricos em função do tempo em dias. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	44
Figura 8 -	Linha de regressão ajustada aos resultados $1/T_{50}$ nos diferentes potenciais hídricos (MPa) UFPel. Capão do Leão-RS. 2019.....	45

Figura 9 -	Curvas cumulativas de germinação para guanxuma em diferentes temperaturas constantes na primeira e segunda repetição do experimento em função do tempo em dias. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	46
Figura 10 -	Linha de regressão ajustada aos resultados $1/T_{50}$, nas faixas de temperatura sub-ótima e supra-ótima em resposta a diferentes temperaturas para guanxuma. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	47
Figura 11 -	Curvas cumulativas de germinação para guanxuma em diferentes potenciais hídricos em função do tempo em dias. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	48
Figura 12 -	Linha de regressão ajustada aos resultados $1/T_{50}$ nos diferentes potenciais hídricos (MPa) UFPel. Capão do Leão-RS. 2019.....	49
Figura 13 -	Curvas cumulativas de germinação para milhã em diferentes temperaturas constantes na primeira e segunda repetição do experimento em função do tempo em dias. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	50
Figura 14 -	Linha de regressão ajustada aos resultados $1/T_{50}$, nas faixas de temperatura sub-ótima e supra-ótima em resposta a diferentes temperaturas para milhã. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	51
Figura 15 -	Curvas cumulativas de germinação para milhã em diferentes potenciais hídricos em função do tempo em dias. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	52
Figura 16 -	Linha de regressão ajustada aos resultados $1/T_{50}$ nos diferentes potenciais hídricos (MPa). UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	53
Figura 17 -	Curvas cumulativas de germinação para papuã em diferentes temperaturas constantes na primeira e segunda repetição do experimento em função do tempo em dias. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	54
Figura 18 -	Linha de regressão ajustada aos resultados $1/T_{50}$, nas faixas de temperatura sub-ótima e supra-ótima em resposta a diferentes temperaturas para papuã. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	56
Figura 19 -	Curvas cumulativas de germinação para papuã em diferentes potenciais hídricos em função do tempo em dias. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	56

Figura 20 -	Linha de regressão ajustada aos resultados $1/T_{50}$ nos diferentes potenciais hídricos (MPa) UFPel. Capão do Leão-RS. 2019.....	57
Figura 21 -	Estimativa da quantidade de sementes de plantas daninhas por m ² a 0-5 cm de profundidade presentes no banco de sementes. Capão do Leão-RS, 2019.....	60
Figura 22 -	Dados climáticos observados na área experimental durante a realização do experimento: Temperatura média diária do ar e precipitação acumulada por 15 dias para 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018. Capão do Leão-RS. 2019.....	62
Figura 23	Potencial hídrico do solo (MPa) diário observados na área experimental durante a realização do experimento nos anos de 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018. Capão do Leão-RS, 2019..	63
Figura 24 -	Modelo de tempo térmico a esquerda e tempo hidrotérmico a direita para a emergência de picão-preto em três épocas de semeadura (20 de outubro; 10 de novembro e 01 de dezembro), respectivamente, nas estações de cultivo de 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018. UFPel, Capão do Leão-RS.....	64
Figura 25 -	Modelo de tempo térmico a esquerda e tempo hidrotérmico a direita para a emergência de corda-de-viola em três épocas de semeadura (20 de outubro; 10 de novembro e 01 de dezembro), respectivamente, nas estações de cultivo de 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018. UFPel, Capão do Leão-RS.....	65
Figura 26 -	Modelo de tempo térmico a esquerda e tempo hidrotérmico a direita para a emergência de guanxuma em três épocas de semeadura (20 de outubro; 10 de novembro e 01 de dezembro), respectivamente, nas estações de cultivo de 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018. UFPel, Capão do Leão-RS.....	66
Figura 27 -	Modelo de tempo térmico a esquerda e tempo hidrotérmico a direita para a emergência de milhã em três épocas de semeadura (20 de outubro; 10 de novembro e 01 de dezembro), respectivamente, nas estações de cultivo de 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018. UFPel, Capão do Leão - RS.....	67
Figura 28 -	Modelo de tempo térmico a esquerda e tempo hidrotérmico a direita para a emergência de papuã em três épocas de semeadura (20 de outubro; 10 de novembro e 01 de dezembro), respectivamente, nas estações de cultivo de 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018. UFPel, Capão do Leão - RS.....	68
Figura 29 -	Períodos estimados de emergência para cada uma das três épocas de semeadura (20 de outubro; 10 de novembro e 01 de dezembro). UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	74

Figura 30 -	Porcentagem de sementes remanescentes (A) germinação (B), dormência (C), mortalidade (D) e persistência (E) de picão-preto após o teste de germinação, em função da profundidade de enterrio e época de coleta (meses). UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.....	85
Figura 31 -	Variação no tempo (meses) do estado das sementes de picão-preto no solo, em função da época de coleta e profundidade de coleta: 0,0 cm (A), 3,0 cm (B) e 6,0 cm (C); na germinação, mortalidade, viabilidade e predação ou deterioração. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.....	88
Figura 32 -	Porcentagem de sementes remanescentes (A) germinação (B), dormência (C), mortalidade (D) e persistência (E) de corda-de-violão após o teste de germinação, em função da profundidade de enterrio e época de coleta (meses). UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.....	90
Figura 33 -	Variação no tempo (meses) do estado das sementes de corda-de-violão no solo, em função da época de coleta e profundidade de coleta: 0,0 cm (A), 3,0 cm (B) e 6,0 cm (C); na germinação, mortalidade, viabilidade e predação ou deterioração. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.....	92
Figura 34 -	Porcentagem de sementes remanescentes (A) germinação (B), dormência (C), mortalidade (D) e persistência (E) de guanxuma após o teste de germinação, em função da profundidade de enterrio e época de coleta (meses). UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.....	94
Figura 35 -	Variação no tempo (meses) do estado das sementes de guanxuma no solo, em função da época de coleta e profundidade de coleta: 0,0 cm (A), 3,0 cm (B) e 6,0 cm (C); na germinação, mortalidade, viabilidade e predação ou deterioração. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.....	96
Figura 36 -	Porcentagem de sementes remanescentes (A) germinação (B), dormência (C), mortalidade (D) e persistência (E) de milhã após o teste de germinação, em função da profundidade de enterrio e época de coleta (meses). UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.....	98
Figura 37 -	Variação no tempo (meses) do estado das sementes de milhã no solo, em função da época de coleta e profundidade de coleta: 0,0 cm (A), 3,0 cm (B) e 6,0 cm (C); na germinação, mortalidade, viabilidade e predação ou deterioração. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.....	100

Figura 38 - Porcentagem de sementes remanescentes (A) germinação (B), dormência (C), mortalidade (D) e persistência (E) de papuã após o teste de germinação, em função da profundidade de enterrio e época de coleta (meses). UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.....	102
Figura 39 - Variação no tempo (meses) do estado das sementes de papuã no solo, em função da época de coleta e profundidade de coleta: 0,0 cm (A), 3,0 cm (B) e 6,0 cm (C); na germinação, mortalidade, viabilidade e predação ou deterioração. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.....	103
Figura 40 - Dados climáticos observados na área experimental durante a realização do experimento em ambas as épocas de semeadura nos anos agrícolas de 2017/18 e 2018/19: temperatura média do ar, precipitação e suplementação hídrica. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.....	109
Figura 41 - Número de plantas daninhas poáceas emergidas em função do período residual de herbicidas pré-emergentes na primeira (A) e segunda época de semeadura (B) durante a safra 2017/18. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	120
Figura 42 - Número de plantas daninhas eudicotiledôneas emergidas em função do período residual de herbicidas pré-emergentes na primeira (A) e segunda época de semeadura (B) durante a safra 2017/18. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	121
Figura 43 - Número de plantas daninhas poáceas emergidas em função do período residual de herbicidas pré-emergentes na primeira (A) e segunda época de semeadura (B) durante a safra 2018/19. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	130
Figura 44 - Número de plantas daninhas eudicotiledôneas emergidas em função do período residual de herbicidas pré-emergentes na primeira (A) e segunda época de semeadura (B) durante a safra 2018/19. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	131

Lista de Tabelas

Tabela 1 -	Parâmetros estimados (a, T_{50} , b, c) da função de Weibull ajustada a dados de temperaturas constantes de 10,0, 15,0, 20,0, 25,0, 30,0, 35,0, 40,0 e 45,0 °C na figura 1 para picão-preto. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	38
Tabela 2 -	Parâmetros estimados (a, T_{50} , b, c) da função de Weibull ajustada aos dados de potencial hídrico na figura 3. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	40
Tabela 3 -	Parâmetros estimados (a, T_{50} , b, c) da função de Weibull ajustada a dados de temperaturas constantes de 10,0, 15,0, 20,0, 25,0, 30,0, 35,0, 40,0 e 45,0 °C na figura 5 para corda-de-viola. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	43
Tabela 4 -	Parâmetros estimados (a, T_{50} , b, c) da função de Weibull ajustada aos dados de potencial hídrico. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	44
Tabela 5 -	Parâmetros estimados (a, T_{50} , b, c) da função de Weibull ajustada a dados de temperaturas constantes de 10,0, 15,0, 20,0, 25,0, 30,0, 35,0, 40,0 e 45,0 °C na figura 9 para guanxuma. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	47
Tabela 6 -	Parâmetros estimados (a, T_{50} , b, c) da função de Weibull ajustada aos dados de potencial hídrico. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	48
Tabela 7 -	Parâmetros estimados (a, T_{50} , b, c) da função de Weibull ajustada a dados de temperaturas constantes de 10,0, 15,0, 20,0, 25,0, 30,0, 35,0, 40,0 e 45,0 °C na figura 13 para milhã. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	51
Tabela 8 -	Parâmetros estimados (a, T_{50} , b, c) da função de Weibull ajustada aos dados de potencial hídrico. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	52

Tabela 9 -	Parâmetros estimados (a, T_{50} , b, c) da função de Weibull ajustada a dados de temperaturas constantes de 10,0, 15,0, 20,0, 25,0, 30,0, 35,0, 40,0 e 45,0 °C na figura 17 para papuã. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	55
Tabela 10 -	Parâmetros estimados (a, T_{50} , b, c) da função de Weibull ajustada aos dados de potencial hídrico. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	57
Tabela 11 -	Parâmetros de temperatura e potencial hídrico estimados para picão-preto, corda-de-viola, guanxuma, milhã e papuã. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	59
Tabela 12 -	Relação de plantas daninhas identificadas por família, espécie e nome comum. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	59
Tabela 13 -	Parâmetros estimados (a, T_{50} , b, c) da função de Weibull ajustada ao modelo de tempo térmico e hidrotérmico para picão-preto. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	69
Tabela 14 -	Parâmetros estimados (a, T_{50} , b, c) da função de Weibull ajustada ao modelo de tempo térmico e hidrotérmico para corda-de-viola. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	70
Tabela 15 -	Parâmetros estimados (a, T_{50} , b, c) da função de Weibull ajustada ao modelo de tempo térmico e hidrotérmico para guanxuma. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	70
Tabela 16 -	Parâmetros estimados (a, T_{50} , b, c) da função de Weibull ajustada ao modelo de tempo térmico e hidrotérmico para milhã. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	70
Tabela 17 -	Parâmetros estimados (a, T_{50} , b, c) da função de Weibull ajustada ao modelo de tempo térmico e hidrotérmico para papuã. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.....	70
Tabela 18 -	Cobertura de palha de aveia preta (kg ha^{-1}) na área durante o monitoramento da emergência de plantas daninhas. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.....	72
Tabela 19 -	Componentes de produtividade de picão-preto, corda-de-viola, guanxuma, milhã e papuã. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.....	84
Tabela 20 -	Lista de herbicidas com seu respectivo ingrediente ativo, modo de ação, produto comercial e dose (mL ou g ha^{-1}), utilizados em pré-emergência da cultura da soja. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.....	108

Tabela 21 -	Fitotoxicidade (%) a cultivar de soja NS5959IPRO em função da interação de épocas de semeadura e uso de herbicidas pré-emergentes, avaliados 07 dias após a emergência da cultura (DAE), durante a safra 2017/18. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.....	111
Tabela 22 -	Cobertura de palha de aveia preta (kg ha ⁻¹) na área durante o monitoramento da emergência de plantas daninhas. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.....	112
Tabela 23 -	Fitotoxicidade (%) a cultivar de soja NS5959IPRO aos 14 dias após a emergência (DAE) função do uso de herbicidas pré-emergentes, durante a safra 2017/18. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.....	113
Tabela 24 -	Controle (%) de poáceas (POA) (papuã e milhã) em função da interação entre épocas de semeadura e uso de herbicidas pré-emergentes, avaliados aos 07 e 21 dias após e emergência (DAE) durante a safra 2017/18. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.....	114
Tabela 25 -	Controle (%) de poáceas (POA) (papuã e milhã) aos 14 DAE e eudicotiledôneas (Dico) aos 14 e 21 DAE em função do uso de herbicidas pré-emergentes, durante a safra 2017/18. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.....	115
Tabela 26 -	Número de vagens e grãos por planta de soja em função da interação entre época de semeadura e do uso de herbicidas pré-emergentes, durante a safra 2017/18. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.....	122
Tabela 27 -	Produtividade (kg ha ⁻¹) da cultura da soja em função da interação entre época de semeadura e do uso de herbicidas pré-emergentes, durante a safra 2017/18. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.....	124
Tabela 28 -	Fitotoxicidade (%) a cultivar de soja BMX58I60IPRO em função da interação de épocas de semeadura e uso de herbicidas pré-emergentes, avaliados 07 e 14 dias após a emergência da cultura (DAE), durante a safra 2018/19. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.....	125
Tabela 29 -	Controle (%) de poáceas (POA) (papuã e milhã) em função da interação entre épocas de semeadura e uso de herbicidas pré-emergentes, avaliados aos 07 e 14 dias após e emergência (DAE) durante a safra 2018/19. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.....	127

Tabela 30 -	Controle (%) de poáceas (POA) (papuã e milhã) em função da interação entre épocas de semeadura e uso de herbicidas pré-emergentes, avaliados aos 21 dias após e emergência (DAE) durante a safra 2018/19. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.....	127
Tabela 31 -	Controle (%) de eudicotiledôneas (Dico) em função da interação entre épocas de semeadura e uso de herbicidas pré-emergentes, avaliados aos 14 e 21 dias após e emergência (DAE) durante a safra 2018/19. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.....	129
Tabela 32 -	Número de vagens por planta e produtividade da cultura da soja em função do uso de herbicidas pré-emergentes em diferentes épocas de semeadura durante a safra 2018/19. UFPel, Capão do Leão-RS 2019.....	132
Tabela 33 -	Peso de mil grãos (g) de soja na média das duas épocas em função do uso de herbicidas pré-emergentes, durante a safra 2018/19. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.....	133

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	20
2. CAPÍTULO I - Modelagem do fluxo de emergência de <i>Bidens pilosa</i> , <i>Ipomoea grandifolia</i> , <i>Sida rhombifolia</i> , <i>Digitaria</i> spp. e <i>Urochloa plantaginea</i> em ambiente subtropical.....	28
2.1 Introdução.....	28
2.2 Material e Métodos.....	30
2.2.1 Teste de germinação.....	30
2.2.2 Determinação do banco de sementes.....	33
2.2.3 Modelagem do fluxo de emergência.....	34
2.3 Resultados e Discussão.....	36
2.3.1 Teste de germinação.....	36
2.3.2 Determinação do banco de sementes.....	59
2.3.3 Modelagem do fluxo de emergência.....	61
2.4 Conclusões.....	76
3 CAPÍTULO II - Produção de sementes, longevidade e persistência no banco de sementes de <i>Bidens pilosa</i> , <i>Ipomoea</i> <i>grandifolia</i> , <i>Sida rhombifolia</i> , <i>Digitaria</i> spp. e <i>Urochloa</i> <i>plantaginea</i> em Argissolo.....	77
3.1 Introdução.....	77
3.2 Material e Métodos.....	79
3.3 Resultados e Discussão.....	83
3.3.1 Componentes de produtividade de sementes.....	83
3.3.2 Longevidade e persistência do banco de sementes.....	84
3.4 Conclusões.....	104
4 CAPÍTULO III - Eficácia de herbicidas pré-emergentes no controle de plantas daninhas em diferentes épocas de semeadura da soja.....	105
4.1 Introdução.....	105
4.2 Material e Métodos.....	107
4.3 Resultados e Discussão.....	110
4.3.1 Experimento conduzido na safra 2017/18.....	110
4.3.2 Experimento conduzido na safra 2018/19.....	124
4.4 Conclusões.....	135
5 CONCLUSÕES.....	136

6 REFERÊNCIAS.....	137
VITA.....	159

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a soja constitui a principal cultura agrícola, com produção total superior a 114,3 milhões de toneladas e área colhida de aproximadamente 36 milhões de hectares nos últimos cinco anos (CONAB, 2019). O Brasil é o segundo maior produtor e exportador mundial do grão, atrás apenas dos Estados Unidos (FAO, 2019). O Rio Grande do Sul (RS) é o Estado brasileiro que apresenta a segunda maior produção, representando aproximadamente 17% da produção nacional e com média de 3.321 kg ha⁻¹ (CONAB, 2019).

A produtividade da soja pode ser afetada por diversos fatores, tais como: condições ambientais desfavoráveis, sistemas de cultivo, práticas culturais e manejo de pragas inadequadas. Dentre as pragas, as plantas daninhas possuem destaque, visto que podem ser responsáveis por prejuízos de até 94% na produtividade (ZANDONÁ, 2016). Além disso, afetam a economia agrícola de forma permanente, pois causam prejuízos de forma direta e indiretamente e, seu controle eleva consideravelmente os custos de produção (SOUZA, 2014).

Os prejuízos causados pela presença de plantas daninhas nas áreas cultivadas são reflexos da competição por recursos limitantes, liberação de compostos alelopáticos ou por serem hospedeiros de insetos e doenças (VASCONCELOS; SILVA; LIMA, 2012), que afetam a formação dos trifólios, acúmulo de massa seca, número de vagens, número de grãos por vagem e peso de grãos (LAMEGO et al., 2004; PITTELKOW et al., 2009) e/ou dificultam a operação de colheita. Estas alterações são dependentes da população e espécie de planta daninha que compete com a cultura (RIZZARDI et al., 2003), e também da época de emergência e estágio fenológico dos competidores (AGOSTINETTO et al., 2014). Além disso, as alterações estão relacionadas ao solo, clima e práticas de manejo adotadas (PITELLI, 1985). Esses fatores, juntamente com o período de convivência entre a cultura e as plantas

daninhas, definem o nível de dano causado à cultura (SILVA et al., 2008). Dessa forma, quanto maior for o período de convivência da planta daninha com a cultura, maior serão os prejuízos à produtividade de grãos (FURTADO et al., 2012).

O grau de competição entre plantas daninhas e culturas pode ser alterado devido aos períodos em que a comunidade está competindo por determinado recurso. Sabe-se que, a concorrência estabelecida nas fases iniciais provoca perdas na produção (AGOSTINETTO et al., 2014), devendo-se proporcionar o estabelecimento da cultura livre da presença de plantas daninhas para evitar tais danos.

Atualmente a agricultura, em prol do desenvolvimento de culturas livres de plantas daninhas, utiliza-se de tecnologia para planejar, monitorar e executar atividades fitossanitárias no campo, que visam não somente melhorar o controle de plantas daninhas, mas também contribuem para minimizar os custos de produção. Sendo assim, o conhecimento dos sistemas biológicos em que estas tecnologias são empregadas se torna fundamental, tanto para a implementação de estratégias de manejo (WERLE et al., 2014b) quanto para aprimoramento das tecnologias.

As maiores limitações para a implementação do manejo integrado de plantas daninhas é a falta de conhecimento sobre a biologia e ecologia das espécies (SADEGHLOO; ASGHARI; GHADERI-FAR, 2013). Assim, o conhecimento de aspectos relacionados à germinação como temperatura ótima, causas da dormência e velocidade de emergência, auxiliam na adoção de práticas adequadas de manejo (GUO; AI-KHATIB, 2003), sendo que, estudos relacionados ao início da germinação e ao fluxo de emergência de plantas daninhas permitem desenvolver estratégias de manejo, que proporcionam maior habilidade competitiva à cultura, diminuindo as perdas de produtividade.

A época e o tempo de germinação das sementes de plantas daninhas estão relacionados ao sucesso de qualquer espécie no agroecossistema (KOGER; REDDY; POSTON, 2004), pois determinam a capacidade de uma planta competir com seus vizinhos, sobreviver a estresses bióticos e abióticos e se reproduzir (FORCELLA et al., 2000). Entretanto, a germinação das sementes pode ser afetada por vários fatores, desde intrínsecos como o estágio de maturação, dormência e longevidade (MARTINS et al., 2000) e/ou ambientais, como a disponibilidade de água, temperatura, luz, oxigênio, pH, salinidade do solo e profundidade de enterrio (CHACHALIS; REDDY, 2000; CHAUHAN; GILL; PRESTON, 2006a).

Todos estes fatores mencionados acima, têm o potencial de influenciar o comportamento de sementes de plantas daninhas, mas cada espécie exige requisitos específicos quanto à disponibilidade de água, temperatura e luz para a ocorrência dos processos germinativos. A falta de algum desses fatores pode fazer com que a germinação ocorra de forma lenta e em menor escala, ou ainda, induzir à dormência (CANOSSA et al., 2008). Contudo, temperatura e luz são considerados os sinais ambientais que regulam a germinação, distribuição das espécies e interações ecológicas (CHAUHAN; JHONSON, 2008; GUAN et al., 2009; ALI et al., 2013), quando a umidade do solo é suficiente para a embebição da semente, pois a água faz parte das estruturas moleculares como proteínas e ácidos nucleicos, bem como de lipídeos e carboidratos (GUIMARÃES et al., 2008). Assim, pode-se considerar que a água é a principal responsável pela restrição, muitas vezes, do crescimento e desenvolvimento de espécies vegetais (TAIZ et al., 2017).

A temperatura afeta tanto a porcentagem, quanto a velocidade de germinação das sementes (ALBUQUERQUE; GUIMARÃES, 2007), estando relacionada com as reações bioquímicas necessárias para o início do processo germinativo (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). As sementes respondem a temperatura dentro de uma faixa que está relacionada à região de origem geográfica da espécie (ANDRADE et al., 2000). Nesta faixa, existe a temperatura ótima, na qual ocorre máxima germinação em menor intervalo de tempo (POPINIGIS, 1985) e a máxima e mínima, sendo estas, variável entre as espécies.

Vários estudos vêm sendo desenvolvidos para determinar qual a temperatura ótima para a germinação das espécies de plantas daninhas. Alguns trabalhos relatam que temperaturas constantes são necessárias para a germinação de sementes de plantas daninhas, sendo de 20 °C para *Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis* (VIDAL et al., 2007; YAMASHITA; GUIMARÃES, 2011), 25 °C para *Leucaena leucocephala* (BORGES; BORGES; PAULA, 1997) e *Alternanthera tenella* (CANOSSA et al., 2008) e 30 °C para *Mimosa pudica* e *Ipomoea asarifolia* (SOUZA FILHO et al., 2001). Outros estudos mostraram que a alternância de temperatura de 30-20 °C para o gênero *Amaranthus* spp., proporcionam maior taxa e velocidade de germinação (CARVALHO; CHRISTOFFOLETI, 2007), enquanto que para *Digitaria bicornis* e *D. ciliaris*, a faixa de temperatura variou de 20-35 °C e, para *D. horizontalis* e *D. insularis* variou de 15-35 °C (MONDO et al., 2010). No entanto, poucos estudos

são realizados a campo para inferir sobre o fluxo de emergência de plantas daninhas com variação da temperatura.

A luz é outro fator fundamental para a germinação das sementes, envolvida na regulação do crescimento e desenvolvimento de plântulas. É necessária para a germinação de muitas espécies de plantas daninhas (CANOSSA et al., 2008), sendo essa resposta denominada de fotoblastia. Deste modo, existem sementes que germinam apenas sob rápida exposição à luz ou após longo período de exposição, podendo-se citar as espécies *Bidens pilosa*, *Acanthospermum* sp., *Ayeratum* sp., *Xanthium* sp., *Galinsoga* sp., *Eupatorium* sp., *D. horizontalis* (KLEIN; FELIPPE 1991) *C. bonariensis* e *C. canadenses* (VIDAL et al., 2007). As sementes em que a germinação é desencadeada no escuro são consideradas fotoblásticas negativas, como as espécies de *I. grandifolia*, *I. nil*, *Merremia aegyptia* (ORZARI et al., 2013), *D. ciliaris* e *D. insularis* (MONDO et al., 2010). Já outras não respondem à luz, sendo estas fotoblásticas neutras, pois germinam na presença ou ausência de luz como *Euphorbia heterophylla*, *Sida glaziovii*, *Brachiaria plantaginea* (SALVADOR et al., 2007; VÁZQUEZ-YANES; OROZCO-SEGOVIA, 1990). Dessa forma, a intensidade, o comprimento de onda e o fotoperíodo regulam o início da germinação através dos sinais luminosos, que são interpretados pelo fitocromo e traduzidos no citoplasma para a expressão dos genes que iniciam e tem a função de promover a germinação.

Além dos fatores já citados, a concentração de oxigênio é importante para a germinação, visto que grande parte das espécies não apresentam a capacidade de germinar sob condição de hipoxia. Então, a temperatura do solo, luz, disponibilidade de água e a composição do ar (oxigênio/dióxido de carbono) são essenciais para o início e continuidade do crescimento de espécies vegetais, particularmente em relação à germinação e emergência das plantas (CALADO; BASCH; CARVALHO, 2011). Entretanto, as exigências ambientais para germinação das sementes de espécies de plantas daninhas ainda não são conhecidas para várias espécies, mas são fundamentais para o seu comportamento ecológico no campo (MONDO et al., 2010).

Na última década houve aumento das áreas com sistemas de produção agrícolas conservacionistas (DERPSCH et al., 2010), com pouco ou nenhum distúrbio no solo. Nesse sistema, o manejo de plantas daninhas depende quase que exclusivamente da aplicação de herbicidas. Entretanto, com o surgimento de plantas daninhas resistentes, aliada com as preocupações ambientais, tornou-se necessário o desenvolvimento de outras estratégias de manejo (COLBACH et al., 2006). Várias

estratégias estão sendo usadas para reduzir a competição das culturas com plantas daninhas, dentre elas estão o manejo sobre o banco de sementes do solo (SWANTON; BOOTH, 2004) e o desenvolvimento de modelos para prever os fluxos de emergência de plantas daninhas (DORADO et al., 2009; WERLE et al., 2014a) visando selecionar medidas de controle e realizá-las somente durante os fluxos de emergência ou ainda, selecionar práticas que diminuam a emergência de plantas daninhas ou escapem deste período.

Atualmente, sabe-se que a partir de informações climáticas, pode-se inferir qual o nível de risco de infestações de plantas daninhas na produção agrícola em determinada época. Assim, pesquisadores desenvolveram modelos matemáticos empíricos e mecanicistas para prever a emergência de espécies de plantas daninhas. No entanto, Grundy (2003) concluiu que os modelos mecanicistas permitem melhor compreensão sobre a emergência de plantas daninhas, mas os modelos empíricos podem oferecer a simplicidade e a flexibilidade necessária para a tomada de decisão sobre o controle de plantas daninhas (GRUNDY, 2003; DORADO et al., 2009). Vários tipos de modelos empíricos têm sido utilizados para prever a emergência das plantas daninhas (MYERS et al., 2004; CHAUHAN; GILL; PRESTON, 2006a; DORADO et al., 2009; WERLE et al., 2014a) baseados no tempo térmico ou tempo hidrotérmico. Então, alguns modelos permitem o acúmulo de temperatura acima de um valor limite mínimo (temperatura base) e em outros, acima de um conteúdo de água no solo, limiar necessário para a germinação das sementes (WERLE et al., 2014a). Esses modelos são desenvolvidos com base em condições ambientais, o que permite o uso para prever a emergência de plantas daninhas em diferentes anos e regiões geográficas (GRUNDY, 2003; WERLE et al., 2014a).

O conhecimento do fluxo de emergência das espécies do banco de sementes, em diferentes épocas do ano, pode servir para adequar práticas de manejo e racionalizar o uso de herbicidas, com base nas premissas do manejo integrado de plantas daninhas. Assim, a previsão da emergência das plantas daninhas pode ser eficientemente utilizada na prevenção de infestações, através de aplicações localizadas de herbicidas pré-emergentes, com altas atividades residuais no solo em áreas com elevado banco de sementes de plantas daninhas. Por outro lado, pode-se eliminar a aplicação de herbicidas pré-emergentes, e utilizar herbicidas em pós-emergência no momento do maior fluxo de emergência das plantas daninhas. Dessa

forma, reduzindo os custos de produção, bem como os impactos da aplicação de herbicidas no ambiente.

Informações de satélites e de estações meteorológicas podem ser utilizadas para identificar as condições e monitorar os fluxos de emergência de plantas daninhas. Assim, é possível georreferenciar áreas e confeccionar mapas mais rapidamente para aplicar herbicidas com precisão, quando e onde o nível de dano econômico é atingido (SANTI et al., 2014). O fluxo de emergência de plantas daninhas também pode ser utilizado para determinar os períodos de interferência. Sabe-se que as culturas podem conviver com as plantas daninhas por determinado período, enquanto que em outros, a interferência deve ser evitada e o controle é essencial para manter a produtividade (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007).

O momento ideal para adotar-se a estratégia de controle é o mais próximo quanto possível do período anterior à interferência (PAI), pois no período crítico de prevenção à interferência (PCPI) já existem perdas na produtividade. Os estudos sobre competição entre plantas daninhas e as culturas, visam em maior parte definir os períodos críticos de interferência e, deste modo, inferir sobre a melhor época de controle da comunidade infestante (FURTADO et al., 2012). Entretanto são necessários estudos que correlacionem estes períodos com o fluxo de emergência de plantas daninhas.

As populações de plantas daninhas em lavouras agrícolas geralmente são compostas por uma hierarquia de indivíduos, sendo uma ou duas espécies dominantes e outras com menor importância (BUSSLER; MAXWELL; PUETTMANN, 1995). Em áreas de coxilha *Urochloa plantaginea* e *Digitaria* spp., são as espécies importantes, pois apresentam elevada habilidade competitiva (ZANDONÁ, 2016). Outras espécies que merecem destaque são as espécies magnoliopsidas como *Bidens pilosa*, *Ipomoea grandifolia* e *Sida rhombifolia*, pois normalmente são mais competitivas com a cultura da soja devido à proximidade fenotípica e por possuírem ampla distribuição e frequência nas lavouras de soja e milho no Estado do RS (RIZZARDI et al., 2003).

A emergência dessas plantas daninhas, que são anuais de verão, ocorre geralmente na primavera e muitas vezes coincidem com o início da semeadura da soja (DEVORE et al., 2013), resultando em alto nível de interferência. O início da emergência no campo ocorre logo após a semeadura, desde que a umidade do solo seja adequada (FERNANDEZ-QUINTANILLA et al., 2000). Ainda 90% de emergência

são atingidas 15 a 45 dias após a semeadura (ZANDONÁ, 2016). No entanto, a frequência, densidade e a concentração das espécies de plantas daninhas variam todos os anos pelo efeito das práticas de manejo e das condições climáticas (CHAUHAN; GILL; PRESTON, 2006b).

As práticas agrícolas podem alterar os processos que conduzem à emergência das plantas daninhas (COLBACH et al., 2005), ou estimular a germinação pelo revolvimento do solo durante a semeadura (DEL MONTE; DORADO, 2011). Várias estratégias de manejo estão sendo desenvolvidas para reduzir a competição de plantas daninhas com as culturas, entretanto, têm sido sugerindo que o manejo do banco de sementes de plantas daninhas deve ser realizado para aumentar a mortalidade ou estimular a germinação das sementes (SWANTON; BOOTH, 2004).

A densidade e diversidade de plantas daninhas no banco de sementes são afetadas por vários fatores, tais como rotação de culturas (DAVIS et al., 2005), condições ambientais, sistema de manejo (MENALLED et al., 2001; TUESCA, 2001) e aplicações de herbicidas (MELANDER et al., 2008). Assim, a melhor compreensão de como as práticas de manejo influenciam a dinâmica de emergência das espécies presentes no banco de sementes, vai contribuir para aprimorar o manejo integrado de plantas daninhas (MIPD) e pode ser considerado uma das melhores alternativas para contornar os problemas de resistência.

O MIPD visa manipular várias práticas de manejo para minimizar o impacto de plantas daninhas nas culturas. Assim, para desenvolver estratégias de MIPD são necessários a compreensão e o desenvolvimento de modelos para prever os fluxos de emergência de plantas daninhas em diferentes épocas de semeadura, associado ao conhecimento da produção de sementes e longevidade do banco. Além disso, as respostas dessas plantas a aplicação de herbicidas pré-emergentes devem ser estudadas a fim de selecionar alternativas de controle e prevenir a evolução da resistência com o menor impacto ambiental.

Diante disso, o trabalho está calcado nas hipóteses de que o aumento na temperatura do ambiente incrementa o fluxo de emergência de picão-preto (*Bidens pilosa*), corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia*), guanxuma (*Sida rhombifolia*), milhã (*Digitaria* spp.) e papuã (*Urochloa plantaginea*) em condições ideais de umidade do solo; as sementes dessas espécies enterradas em maiores profundidades apresentam maior longevidade e o uso de herbicidas pré-emergentes diminuem o

fluxo de emergência de plantas daninhas independente da época de semeadura e são seletivos para a cultura da soja.

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivos: determinar os parâmetros de temperaturas e umidade limiares para a germinação, o banco de sementes de plantas daninhas e realizar a modelagem do fluxo de emergência de emergência de picão-preto, corda-de-viola, guanxuma, milhã e papuã; avaliar a produção de sementes e a longevidade do banco de sementes dessas espécies e avaliar a seletividade e eficiência de herbicidas pré-emergentes no controle de plantas daninhas em diferentes épocas de semeadura da cultura da soja.

2 CAPÍTULO I – Modelagem do fluxo de emergência de *Bidens pilosa*, *Ipomoea grandifolia*, *Sida rhombifolia*, *Digitaria* spp. e *Urochloa plantaginea* em ambiente subtropical

2.1 Introdução

O fluxo de emergência de plantas é definido como a dinâmica de emergência de sementes do banco em relação ao tempo, sob influência das condições ambientais que as mesmas se encontram, atrelados ao manejo do solo e utilização de herbicidas (BLANCO, 2014; ZANDONÁ et al., 2018). Assim, diferentes fluxos de emergência são observados ao longo do desenvolvimento das culturas e ocasionam sérios impactos à produtividade dos cultivos.

Plantas daninhas anuais de verão germinam entre a primavera e início do verão (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007), e ao contrário de outras pragas, as populações geralmente, são compostas por hierarquia de indivíduos, sendo uma ou duas espécies dominantes e outras com menor importância, mas com diferentes características biológicas (WERLE et al., 2014). Embora a agricultura continue confiando na tecnologia, o conhecimento da biologia e ecologia das espécies daninhas ainda é fundamental para a implementação de estratégias de manejo (SADEGHLOO; ASGHARI; GHADERI-FAR, 2013).

Muitos esforços, têm sido realizados para prever a emergência de planta daninhas como meio de minimizar o impacto da competição com as culturas e racionalizar o uso de herbicidas (HOLST; RASMUSSEN; BASTIAANS, 2007). Entende-se, que a eficiência das operações de manejo de plantas daninhas é dependente da sua temporização correta, de acordo com a sua dinâmica da emergência durante o estabelecimento da cultura (MASIN et al., 2011). Essa consciência, induziu o crescente interesse no desenvolvimento de modelos que

podem simular a emergência de plantas daninhas para a adoção mais precisa do manejo integrado (LODDO et al., 2017).

Vários modelos foram criados para simular a emergência de plantas daninhas nas culturas como o milho (DORADO et al. 2009a; MASIN et al. 2012), soja (WERLE et al. 2014; MASIN et al. 2014) e cereais de inverno (ROYO-ESNAI et al. 2010, 2015; GARCÍA et al. 2013; IZQUIERDO et al. 2013), entretanto, poucos são relacionadas às espécies e às condições ambientais tropicais e subtropicais (GOULART, 2019). Estes modelos são frequentemente baseados nos conceitos de tempo térmico (TT) e/ou hidrotérmico (TH) (DOURADO et al., 2009; WERLE et al., 2014a) e requerem a estimativa de parâmetros biológicos, como temperatura base (T_b) e potencial hídrico base (Ψ_b) para a germinação.

O uso de TT e TH nos modelos de emergência, tornou-se bem-sucedido com a constatação de que essa pode ser representada por uma simples curva cumulativa sigmoide (Gompertz, Weibull), ou funções logísticas nas quais o TT/TH serve como variável independente (BROWN; MAYER, 1988; FORCELA et al., 2000). No entanto, o modelo não faz distinção de dormência, germinação e crescimento pré-emergência e, o processo de modelagem é iniciado em uma data fixa, independentemente de práticas de cultivo (COLBACH et al., 2005).

O conhecimento sobre o padrão de emergência de plantas daninhas anuais de verão, é crucial para a elaboração de estratégias de manejo para reduzir as perdas de produtividade e minimizar a pressão de seleção de herbicidas e evolução da resistência (BENJAMIN et al. 2010; ZANDONÁ et al., 2018). Além disso, baseado nos modelos de emergência, os agricultores podem selecionar o melhor momento de controle em diferentes épocas de semeadura (CHANTRE et al., 2012; MASIN et al., 2011). Como a época de semeadura é baseada seguindo o zoneamento agrícola de risco climático, a semeadura da soja ocorre de forma escalonada e tende a ser influenciada por diferentes fluxos de emergência de plantas daninhas.

Para a realização da modelagem, estudos em laboratório são essenciais para desenvolver os parâmetros limiares de temperatura e umidade (WERLE et al., 2014a; ROYO-ESNAL et al., 2015). Além disso, monitorar as condições ambientais e a emergência de plantas daninhas a campo em diferentes locais são essenciais para a precisão do modelo de emergência. Diante disso, as hipóteses deste trabalho é que o aumento da temperatura do ambiente incrementa o fluxo de emergência de picão-preto (*Bidens pilosa*), corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia*), guanxuma (*Sida*

rhombofolia), milhã (*Digitaria* spp.) e papuã (*Urochloa plantaginea*) em condições ideais de umidade do solo. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi determinar os parâmetros de temperaturas e umidade limiares para a germinação, o banco de sementes de plantas daninhas e realizar a modelagem do fluxo de emergência destas espécies em diferentes épocas de semeadura da soja.

2.2 Material e Métodos

Foram realizados estudos de germinação, banco de sementes e fluxo de emergência de picão-preto, corda-de-viola, guanxuma, milhã e papuã. Os estudos de germinação foram conduzidos no laboratório de Análises de Sementes, pertencente à Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM/UFPel) no ano de 2017. Os experimento de banco de sementes e fluxo de emergência foram conduzidos a campo, na área experimental do Centro Agropecuário da Palma (CAP), pertencente ao Centro de Estudos em Herbologia (CEHERB), Capão do Leão-RS (31°48'04,7"S; 52°30'11,2"W) entre os anos de 2014 e 2019. O solo da área está classificado como Argissolo Vermelho amarelo, de textura franco-arenosa, pertencente à unidade de mapeamento Pelotas (EMBRAPA, 2013). Os dados de fluxo de emergência, foram validados na Estação Experimental da Cooperativa Central Gaúcha Ltda (CCGL), em Cruz Alta-RS (28°36.11,7"S; 53°40'28.1"W), situada nas coordenadas geográficas, com o solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico (Embrapa 2013).

A região tem um clima relatado na classe Cfa (clima subtropical úmido), sendo temperado húmido, com verão quente e sem período de estação seca definida. A temperatura média anual é de 18,0 °C, com média do mês mais quente de 23,5 °C e temperaturas máxima e mínima normais variando de 17,9 a 29,1 °C, respectivamente. Já para o mês mais frio a média normal de temperatura é de 12,8 °C, com mínima e máxima de 7,6 e 18,0 °C respectivamente. A precipitação anual normal é de 1378 mm anuais, sendo o mês de novembro o de menor frequência pluviométrica.

2.2.1 Testes de germinação

As sementes foram coletadas nos meses de março e abril de 2016 a partir de populações espontâneas na área experimental do CAP. Para tanto, a fim de obter uma amostra que representasse a variabilidade genética da intrapopulação, selecionaram-se diversas plantas da mesma espécie, que já estavam com sementes

em maturidade fisiológica. Posteriormente as sementes foram limpas e deixadas secar em temperatura ambiente por dez dias, sendo depois armazenados em sacos de papel à temperatura de 20 °C em câmara fria por 3-4 meses, até o início dos testes de germinação.

Testes preliminares de germinação foram realizados a fim de identificar a existência ou não de dormência nas espécies estudadas. Os resultados (não apresentados) demonstraram que, à exceção de picão-preto, as outras quatro espécies apresentavam algum mecanismo de dormência. Nesse sentido, foram testados métodos de superação de dormência nas espécies e, o que obteve melhor resultado foi utilizado para promover a germinação no momento de instalação dos experimentos. Sendo que, para superação de corda-de-viola, agitou-se a semente imersas em ácido sulfúrico na concentração de 98% por oito minutos. Para guanxuma o método que melhor se adequou foi 3 minutos em água quente a 95 °C e 2 minutos em água a 25 °C. Para milhã e papuã foram necessários armazenar as sementes por 48 horas em temperatura de \pm -5,0 °C e embeber as sementes por 12 horas em ácido giberélico na concentração de 300 ppm.

Visando a obtenção dos parâmetros necessários (temperatura base e potencial hídrico base) para a predição modelo, foram realizados dois experimentos em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições para cada espécie. Para a determinação das temperaturas limiares realizaram-se dois experimentos (primeiro experimento, segundo experimento), expondo as espécies a oito temperaturas constantes (10,0, 15,0, 20,0, 25,0, 30,0, 35,0, 40,0 e 45,0 °C). Para as determinações de potencial hídrico, o experimento foi realizado após a obtenção da temperatura ótima para a germinação de cada espécie, utilizando como tratamento 10 potenciais hídricos (0, -0.05, -0.1, -0.2, -0.4, -0.6, -0.9, -1.2, -1.5 e -2.0 MPa).

Para a simulação dos potenciais hídricos foi utilizado polietileno glicol 8000 (PEG) em diferentes concentrações para formar as soluções, seguindo a metodologia e indicações de Hardegree e Emmerich (1994). Este composto foi usado por não causar interferência nos fenômenos biológicos envolvido nos processos de germinação e alongação do sistema radicular e parte aérea, além de não possuir efeito fitotóxico, não atravessar o sistema de membranas e não ser metabolizado pelas sementes nos processos de germinação e de alongação de radícula e parte aérea (PILL; FINCH-SAVAGE, 1998; HARDEGREE; EMMERICH, 1994).

Para cada tratamento foram semeadas manualmente 200 sementes divididas em quatro sub amostras de 50 sementes. A semeadura foi feita em papel mata borrão previamente umedecido com água destilada (experimento de temperatura) ou solução de PEG (experimento de potencial hídrico), na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco e acondicionadas em caixas gerbox. O material foi mantido em câmara de germinação nas temperaturas correspondentes a cada tratamento e fotoperíodo de oito horas dia e 16 horas noite. Sementes germinadas foram contadas e removidas diariamente, sendo consideradas germinadas quando o comprimento da radícula atingiu 2 mm. Os testes foram considerados concluídos quando nenhuma germinação adicional ocorreu por 5 dias.

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade (teste de Shapiro Wilk) e, homocedasticidade (teste de Hartley) e, posteriormente, submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$). Quando constatada significância estatística, fez-se análise de regressão por meio de scripts do software R (R Core Team, 2012).

A partir do número de sementes germinadas nas diferentes temperaturas e potenciais hídricos, foi possível determinar as taxas de germinação cumulativa. Para cada temperatura e potencial hídrico a função logística de Weibull foi ajustada:

$$y = a \left[1 - e^{-\left(x - T_{50} + \frac{b \ln 2^{\frac{1}{c}}}{b}\right)c} \right]$$

onde: y é a porcentagem de emergência; x é o tempo expresso em dias; e , a , b , c e T_{50} são constantes derivadas empiricamente, sendo a o percentual máximo de emergência registrada; b a taxa de aumento; c o parâmetro de forma; e , T_{50} o tempo necessário para obter 50% de emergência.

O tempo necessário para a germinação de metade do total de sementes germinadas (T_{50}) foi calculado para cada temperatura e potencial hídrico. Assim, para determinar a temperatura base, ótima e máxima, a taxa de germinação foi estimada em $1/T_{50}$ e duas regressões lineares independentes (sub e supra-ótima) foram geradas com as taxas de germinação das quatro repetições em função da temperatura de incubação (DUMUR et al., 1990). A temperatura base (T_b) e a máxima (T_{max}) foram estimadas como o intercepto da linha de regressão com a abscissa (eixo da temperatura). Então, a temperatura ótima (T_o) foi calculada da interceptação dessas duas linhas de regressão (DUMUR et al., 1990), usando os interceptos e a inclinação dessas duas equações de regressões:

$$T_o = (a_2 - a_1) / (b_1 - b_2)$$

O potencial hídrico base (Ψ_b), foi calculado plotando a taxa de 50% de germinação estimada em $1/T_{50}$ para cada potencial hídrico. O Ψ_b foi determinado pela interseção da linha de regressão com a abscissa (FYFIELD; GREGORY, 1989; DAHAL; BRADFORD, 1994). Para obter os limiares de temperatura (T_b , T_o , T_{max}) e o Ψ_b representativos da população, o procedimento estatístico de bootstrap foi adotado para calcular os intervalos de confiança. A melhor estimativa é aquela que dá o menor desvio dos resíduos (LODDO et al., 2017). Esses valores de T_b , T_o , T_{max} e Ψ_b estimados, foram utilizados para calcular o tempo térmico (TT) e tempo hidrotérmico (TH) para cada combinação de temperatura e potencial hídrico no campo.

2.2.2 Determinação do banco de sementes

O estudo sobre o banco de sementes foi realizado em casa de vegetação e em laboratório durante o ano de 2014 e 2016, para verificar possíveis alterações no banco de sementes da área. Para isso, foram feitas amostragens de solo na camada de zero a cinco centímetros em cada ano, utilizando trado calador com dimensões de 5,0 cm de altura por 5,0 cm de diâmetro (98,17 cm³). A faixa de coleta corresponde à camada em que ocorre mais de 90% da emergência das plantas daninhas (MONQUERO; CHRISTOFFOLETI, 2005).

As amostras coletadas no campo foram devidamente identificadas e transportadas para casa de vegetação pertencente ao CEHERB/FAEM/UFPel. O material foi alocado em bandejas plásticas, numeradas e separadas conforme a localização georreferenciada.

A quantificação do banco de sementes foi realizada utilizando-se o método da contagem direta de plântulas emergidas, seguindo a metodologia de Roberts e Nielson (1981). As amostras foram avaliadas diariamente e quando o fluxo de emergência estabilizava, o solo era removido, proporcionando novo fluxo. A cada fluxo as plântulas eram identificadas, registradas e descartadas. A fim de resgatar as sementes que continuaram no banco sem germinar, ao final da contagem de emergência (8 meses) peneirou-se o solo utilizando-se um conjunto de peneiras de 8, 10 e 30 mesh, extraindo posteriormente as sementes com o auxílio de estereoscópio.

As sementes então foram submetidas à análise de viabilidade por meio do teste de tetrazólio, com sal 2,3,5-trifenil-cloreto-de-tetrazólio a 1,0%, considerando-se viáveis aquelas que apresentassem coloração rosa ou carmim (BRASIL, 2009). Para tanto, as sementes foram embebidas em águas destilada por 24 horas, posteriormente

cortadas, seguindo as instruções de corte para cada espécie, e acondicionadas em vidro transparente envolto em papel alumínio, a fim de evitar a entrada de luz, em solução de tetrazólio por 12 horas à 30 °C (BRASIL, 2009).

2.2.3 Modelagem do fluxo de emergência

O fluxo de emergência de plantas daninhas foi realizado a campo durante três épocas e em 5 anos (2014 a 2018). As épocas corresponderam ao período em que a semeadura de soja é recomendada na região, conforme zoneamento agrícola de risco climático (MAPA, 2017). Nesse sentido, o experimento incluiu as semeaduras antecipadas, intermediárias e tardias, estipulando-se a instalação da primeira época no dia 20 de outubro, a segunda época em 10 de novembro e a terceira época em 01 de dezembro.

Todas as épocas foram dessecadas aos 15 e ao zero dias antes do início de cada experimento, com o herbicida glyphosate (1440 g e. a. ha⁻¹) e paraquat (300 g i. a. ha⁻¹) respectivamente. A aplicação foi realizada com pulverizador costal, equipado com barra de dois metros de comprimento, com quatro pontas modelo Magnojet com indução de ar 110.015 de jato plano espaçadas a 0,50 m, com vazão média de 120 L ha⁻¹ de calda, altura de 0,50 m em relação ao solo, e, velocidade média de deslocamento de 3,6 Km h⁻¹.

O monitoramento de emergência em cada época foi realizado a cada quatro dias pelo período de 24 dias e mais uma contagem aos 48 dias, cuja última contagem coincidiu com o período total de prevenção a interferência para a cultura da soja (ZANDONÁ et al., 2018). A área foi dividida em quatro blocos, os quais receberam quatro parcelas de 15,75 m² (3,15 x 5 m) por época. Cada parcela foi dividida em quatro quadrantes, realizando-se a contagem de todas as plantas daninhas emergidas em área útil de 0,25 m². As plantas foram consideradas emergidas quando apresentavam no mínimo um centímetro de parte aérea acima do solo, sendo identificadas com auxílio de literatura (LORENZI, 2014), contabilizadas e marcadas com micro estacas.

Medições diárias de temperatura do solo e do ambiente foram realizadas na área experimental, durante quatro meses, com o auxílio de data logger (modelo HOBO® Pro v2 2x External Temperature). A umidade do solo na camada de zero a cinco centímetros foi determinada a cada quatro dias, concomitante às contagens de emergência. O solo foi coletado com trado calador, pesado e levado à estufa para

secagem, posteriormente pesado novamente, sendo a umidade do solo obtida pela subtração da massa do solo no momento da coleta e do solo seco. A transformação dos dados de porcentagem de umidade para potencial hídrico do solo, seguiu a equação média de retenção de água no solo proposta por Bortoluzzi et al. (2008) para o sistema de semeadura direta.

Os dados de emergência foram convertidos de contagens semanais para emergência cumulativa, com base na emergência total de plântulas emergidas. Da mesma forma, os dados de temperatura e umidade foram utilizados para determinar o tempo térmico (TT) e hidrotérmico (TH), de acordo com equação sugerida por Gummerson (1986):

$$TH = \sum (\theta H \times \theta T)$$

na qual: $\theta H = 1$, quando $\Psi > \Psi_b$; caso contrário $\theta H = 0$; e $\theta T = T - T_b$ quando $T > T_b$, caso contrário $\theta T = 0$; Ψ é o potencial médio diário da água na camada do solo; Ψ_b é o potencial de água base para emergência de plântulas; T é a temperatura média diária do solo na profundidade aferida e T_b é a temperatura de base para a emergência das plântulas (MARTINSON et al., 2007; ROYO-ESNAL et al., 2010). Com esta fórmula, o TH só é acumulado quando as condições Ψ e T foram superiores a Ψ_b e T_b . Então, a relação entre a emergência cumulativa foi descrita pelo modelo Weibull:

$$y = a \left[1 - e^{-\left(x - T_{50} + \frac{b \ln 2^{\frac{1}{c}}}{b}\right)^c} \right]$$

onde: y é a porcentagem de emergência; x é o tempo expresso como TT ou TH; a , é a porcentagem máxima de emergência registrada; b é a taxa de aumento; c é um parâmetro de forma; e, T_{50} é o TT ou TH necessário para obter 50% de emergência.

O modelo desenvolvido foi validado com dados de emergência da estação experimental da empresa CCGL, e os valores reais da emergência e os valores estimados pelo modelo foram analisados pelo quadrado médio do erro (RMSEP) e pelo critério de informação de Akaike (AIC) como sugerido por (CHANTRE et al., 2012; ROYO-ESNAL et al., 2015):

$$RMSEP = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}$$

no qual: P_i representa a porcentagem cumulativa prevista de emergência; O_i é a porcentagem cumulativa efetiva de emergência; e, n é o número de observações (MAYER; BUTLER, 1993; ROMAN et al., 2000).

$$AIC = \log(RMSEP^2) + \frac{2m^d}{N}$$

onde: m é o número de parâmetros do modelo; N é o número de observações; e , d é uma constante definida pelo usuário (QI; ZHANG, 2001). O RMSE e AIC fornecem uma medida da diferença típica entre os valores previstos e os reais em unidades de porcentagem de concentração de plântulas, assim os menores valores de RMSE e AIC permitem o ajuste satisfatório aos dados (CHANTRE et al., 2012; ROYO-ESNAL et al., 2015).

2.3 Resultados e Discussão

A apresentação dos resultados e discussão de cada experimento estão descritas abaixo, adotando-se a sequência apresentada nos materiais e métodos.

2.3.1 Testes de Germinação

Os resultados dos testes de homocedasticidade e normalidade para os estudos de germinação, tanto de temperatura, como potencial hídrico, indicaram não ser necessária a transformação dos dados para nenhuma das espécies. De acordo com os resultados da análise de variância ($p \leq 0,05$), tanto temperatura quanto potencial hídrico influenciam na germinação de picão-preto, corda-de-viola, guaxuma, milhã e papuã.

Para picão-preto a germinação foi nula quando as sementes foram mantidas nas temperaturas de 10,0, 35,0 40,0 e 45,0 °C no primeiro experimento e 40,0 e 45,0 no segundo experimento (Figura 1). Para as demais temperaturas, é observado aumento no acúmulo de germinação de picão-preto, e os dados se ajustam ao modelo sigmoidal de Weibull de quatro parâmetros (Figura 1; Tabela 1). Os valores de R^2 foram de 0,97 a 0,99 e o RMSEP foram de 8,5, 7,3, 3,7, 3,9, 4,1 e 7,8 para as temperaturas de 10,0, 15,0, 20,0, 25,0, 30,0 e 35,0 °C, respectivamente, indicando ajuste satisfatório dos dados ao modelo de Weibull, mesmo com alguns parâmetros não significativos nas temperaturas de 15,0 e 35,0 °C na primeira e segunda época, respectivamente.

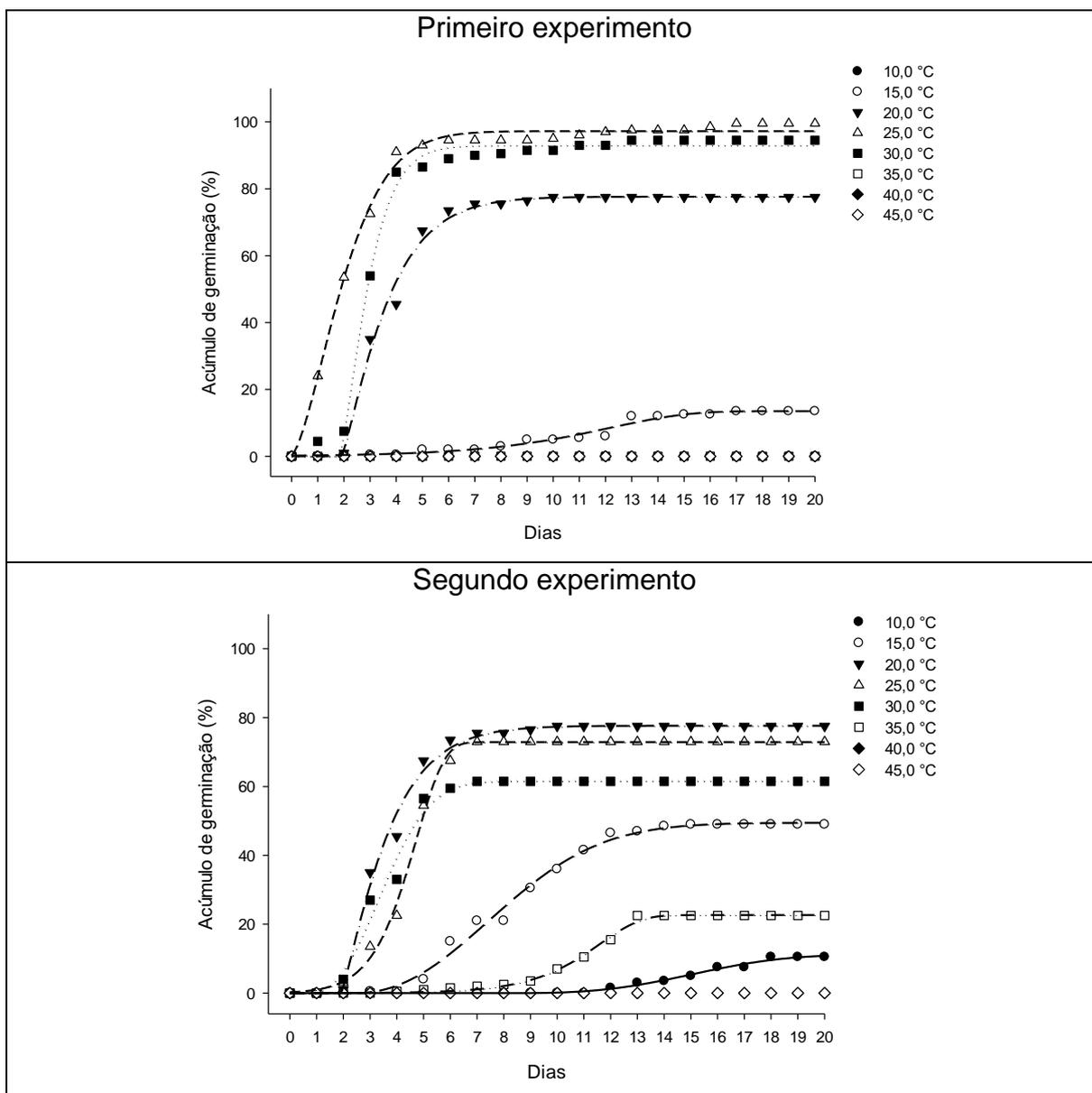


Figura 1 - Curvas cumulativas de germinação para picão-preto em diferentes temperaturas constantes na primeira e segunda repetição do experimento em função do tempo em dias. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019. As linhas foram ajustadas ao modelo de Weibull para cada série de dados.

A porcentagem de germinação aumentou notavelmente a partir da temperatura de 20,0 °C, e um período de latência da germinação é observado na germinação em temperaturas amenas (10,0-20,0 °C). Resultados similares foram observados em populações coletadas de diferentes regiões do Brasil, onde as sementes da maioria das localidades, germinaram na faixa de temperatura de 10,0 a 35,0 °C (BARROES et al., 2017).

Tabela 1 - Parâmetros estimados (a, T_{50} , b, c) da função de Weibull ajustada a dados de temperaturas constantes de 10,0, 15,0, 20,0, 25,0, 30,0, 35,0, 40,0 e 45,0 °C na figura 1 para picão-preto. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019

Primeiro Experimento									
Temperatura	a		T_{50}		b		c		R^2
15,0 °C	13,50	±0,43	11,10	±0,35	139464,4	^{ns}	47368,9	^{ns}	0,97
20,0 °C	77,64	±0,63	3,31	±0,07	1,89	±0,14	1,19	±0,13	0,99
25,0 °C	97,23	±0,54	1,83	±0,06	2,38	±0,28	1,55	±0,21	0,99
30,0 °C	92,96	±0,63	2,79	±0,06	1,30	±0,16	1,37	±0,25	0,99
Segundo Experimento									
10,0 °C	11,23	±0,83	15,14	±0,27	8,01	±2,68	3,02	±1,49	0,99
15,0 °C	49,46	±0,78	7,98	±0,14	6,63	±1,18	2,22	±0,50	0,99
20,0 °C	77,64	±0,63	3,31	±0,07	1,89	±0,14	1,19	±0,13	0,99
25,0 °C	72,90	±0,41	4,43	±0,07	17,70	±5,88	17,77	±6,84	0,99
30,0 °C	61,62	±0,63	3,50	±0,10	3,28	±1,03	2,41	±0,89	0,98
35,0 °C	22,65	±0,25	11,04	±0,14	174558,1	^{ns}	113128,2	^{ns}	0,99

^{ns} Os parâmetros não são significativo; ¹ Valores representam os erros padrões. As temperaturas que não estão na tabela não apresentaram germinação e, portanto, não houve ajuste da regressão.

As temperaturas cardeais para germinação de picão-preto foram calculadas usando as regressões lineares aplicadas ao inverso do tempo para 50% da germinação (T_{50}). Assim, utilizando os parâmetros das equações obtidas da reta na faixa sub ótima e supra ótima, a temperatura base estimada foi de 10,41 °C ±0,03, a ótima 24,70 °C ±0,04 e a máxima 41,85 °C ±0,05 (Figura 2). A máxima germinação de picão-preto também foi observada a 25 °C (CHIVINGE, 1996) e em temperaturas alternadas de 20 e 30 °C (CARMONA; VILLAS; BÔAS, 2001). Estes dados, também corroboram aos observados para diferentes populações de *Bidens pilosa*, onde a faixa ideal de germinação desta espécie está entre 15 e 30 °C (BARROS et al., 2017).

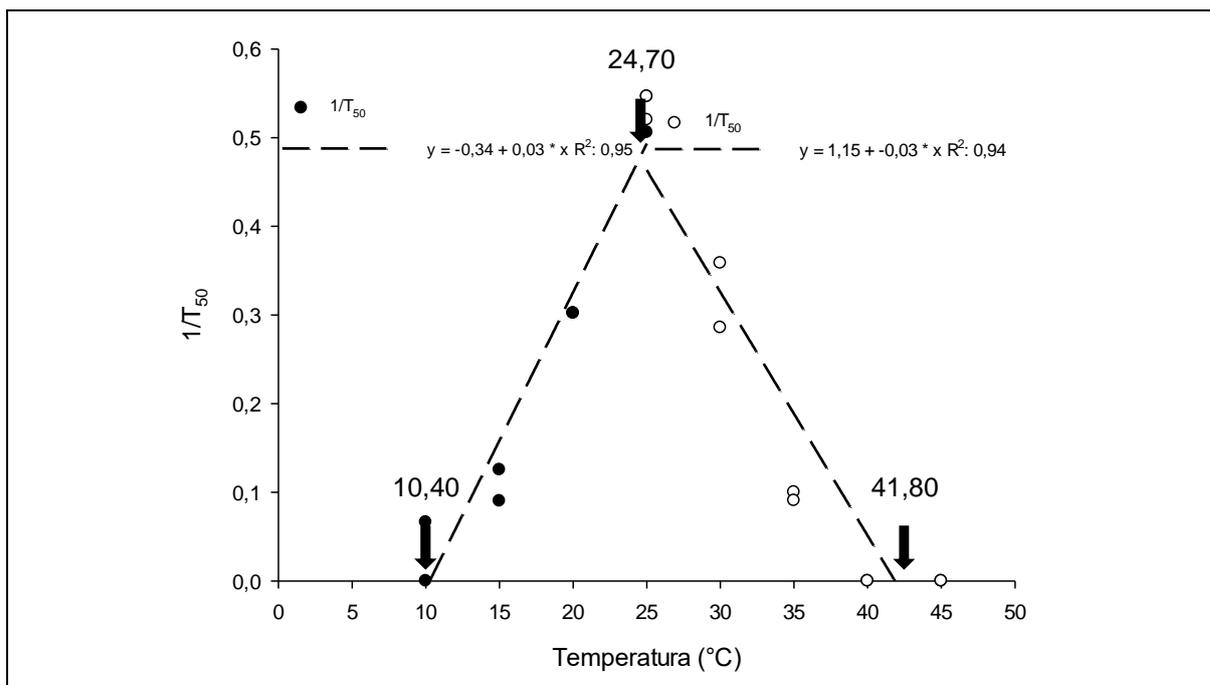


Figura 2 - Linha de regressão ajustada aos resultados $1/T_{50}$, nas faixas de temperatura sub ótima e supra ótima em resposta a diferentes temperaturas para picão-preto. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019. Símbolos são observações e as linhas são as regressões lineares ajustadas.

No experimento de potencial hídrico (Ψ), observa-se que a porcentagem final de germinação foi diminuindo com a redução do potencial hídrico (Figura 3, Tabela 2). As curvas cumulativas de germinação foram ajustadas a uma função de Weibull, com R^2 de 0,98 e 0,99 e RMSEP variando de 3,3; 4,7; 3,4; 4,1; 4,8 e 10,8 para os potenciais de 0,0; -0,05; -0,1; -0,2; -0,4 e -0,6 MPa respectivamente, indicando ajuste satisfatório dos dados ao modelo.

Entre os diferentes níveis de potencial testados, observou-se as maiores porcentagens de germinação nos quatro primeiros níveis (0,0; -0,05; -0,1 e 0,2 MPa), e uma redução acentuada na germinação de sementes causada pelo decréscimo dos níveis de potencial hídrico das soluções a partir de -0,6 MPa (Figura 3). Não houve germinação nos potenciais hídricos mais baixos (-0,9, -1,2, -1,5 e -2,0 MPa), sendo atribuído à redução da quantidade de água absorvida pelas sementes em função do menor potencial osmótico disponível no meio. A baixa disponibilidade de água, impede a reidratação e inibe a capacidade de síntese e a atividade das enzimas hidrolíticas necessárias para a germinação e afeta a expansão celular (MARCOS FILHO., 2015). Assim, a taxa de germinação diminuiu linearmente com a redução do potencial hídrico

(Figura 4) e o potencial hídrico base (Ψ_b) para picão-preto foi estimado em $-0,85 \pm 0,05$ MPa.

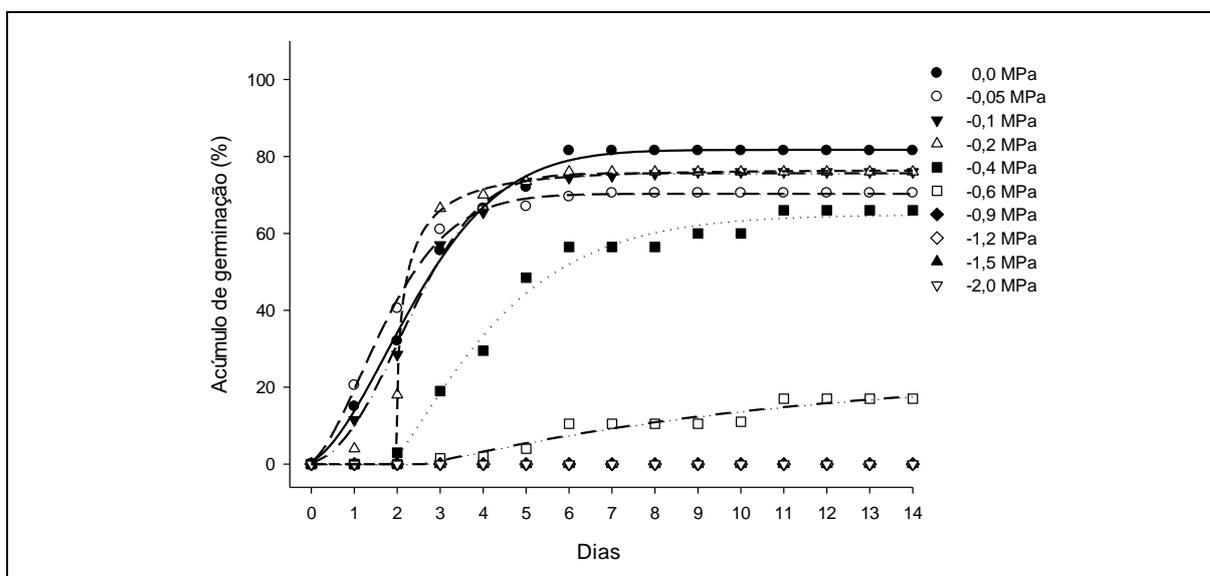


Figura 3 - Curvas cumulativas de germinação para picão-preto em diferentes potenciais hídricos em função do tempo em dias. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019. As linhas foram ajustadas ao modelo de Weibull para cada série de dados.

Tabela 2 - Parâmetros estimados (a, T_{50} , b, c) da função de Weibull ajustada aos dados de potencial hídrico na figura 3. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019

Potencial	a	T_{50}	b	c	R^2
0,0 MPa	81,7 $\pm 0,59^1$	2,33 $\pm 0,06$	3,12 $\pm 0,32$	1,78 $\pm 0,22$	0,99
-0,05 MPa	70,3 $\pm 0,42$	1,65 $\pm 0,05$	2,21 $\pm 0,22$	1,66 $\pm 0,19$	0,99
-0,1 MPa	75,6 $\pm 0,55$	2,28 $\pm 0,06$	3,04 $\pm 0,54$	2,32 $\pm 0,49$	0,99
-0,2 MPa	74,5 $\pm 0,88$	2,09 $\pm 0,06$	0,23 $\pm 0,11$	0,47 $\pm 0,14$	0,99
-0,4 MPa	65,0 $\pm 1,70$	3,91 $\pm 0,15$	2,83 $\pm 0,35$	1,23 $\pm 0,23$	0,99
-0,6 MPa	24,1 $\pm 10,3$	8,76 $\pm 7,56$	8,73 $\pm 6,32$	1,04 $\pm 0,74$	0,98

¹Valores representam os erros padrões. Os potenciais hídricos que não estão na tabela, não apresentaram germinação e, portanto, não houve ajuste da regressão.

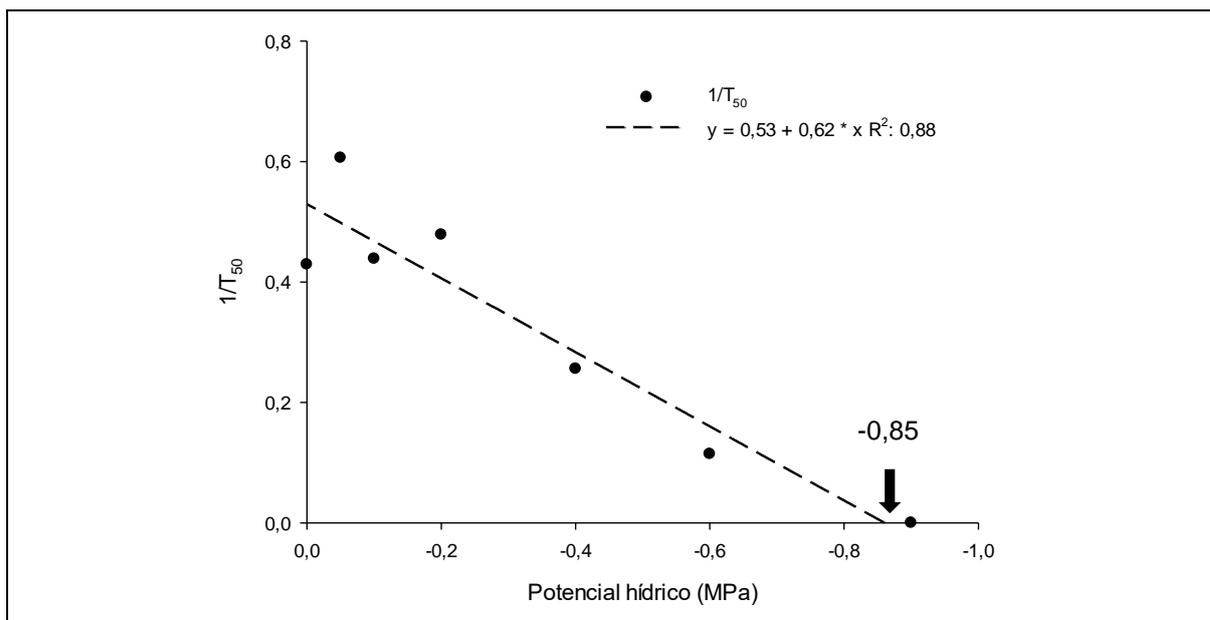


Figura 4 - Linha de regressão ajustada aos resultados $1/T_{50}$ nos diferentes potenciais hídricos (MPa) UFPel. Capão do Leão-RS. 2019. Símbolos são observações e a linha é a regressão linear ajustada.

A germinação de corda-de-viola também foi baixa ou nula quando as sementes foram mantidas nas temperaturas de 10,0 e 45,0 °C em ambos experimentos, respectivamente (Figura 5). Nessas condições, a atividade enzimática é muito baixa em temperaturas amenas, porém em temperaturas elevadas ocorre a desnaturação de proteínas que são fundamentais no processo de germinação, afetando reações enzimáticas das sementes e comprometimento da porcentagem e velocidade de germinação (DOUSSEAU et al., 2008).

A menor velocidade de germinação foi observada para corda-de-viola na temperatura de 15,0 °C, mas embora o fluxo tenha sido mais lento, ao final do período de avaliação observou-se percentual próximo a 100%. Então, acima de 15,0 °C os dados se ajustaram ao modelo sigmoidal de Weibull, com valores de R^2 variando de 0,90 a 0,99 e o RMSEP entre 5,3; 4,4; 4,5; 4,1; 4,8 e 6,8 para as temperaturas de 15,0; 20,0; 25,0; 30,0; 35,0 e 40,0 °C, respectivamente (Tabela 3).

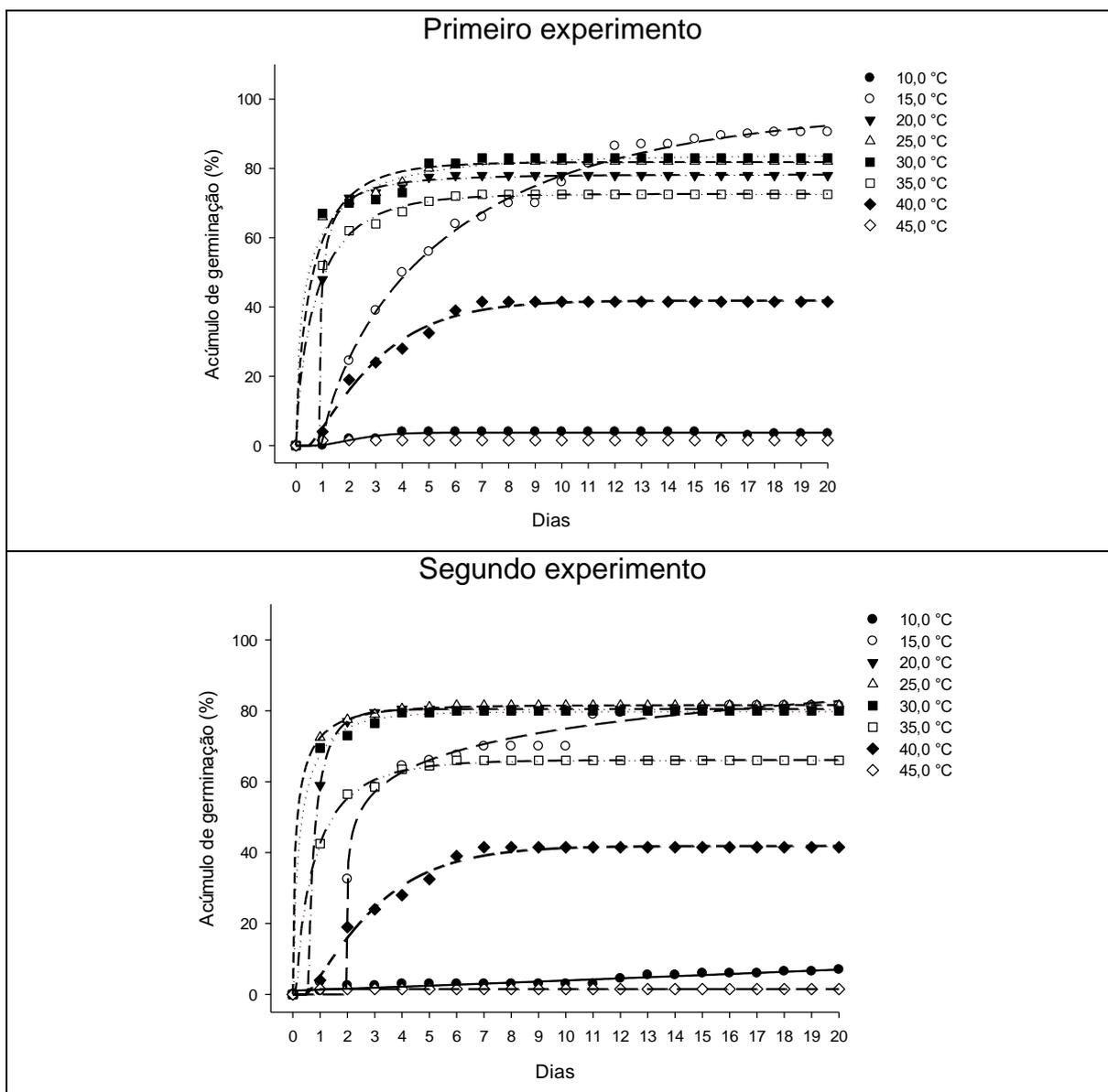


Figura 5. Curvas cumulativas de germinação para corda-de-viola em diferentes temperaturas constantes na primeira e segunda repetição do experimento em função do tempo em dias. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019. As linhas foram ajustadas ao modelo de Weibull para cada série de dados.

As temperaturas cardeais, obtidas pelo inverso de T_{50} , foram estimadas em T_b 11,12 °C \pm 1,04, a T_o 29,49 °C \pm 2,03 e a T_{max} 43,78 °C \pm 2,06 (Figura 6). Resultados diferentes foram estimados quando avaliado o efeito associado de temperatura e potencial hídrico, onde as T_b , T_o e T_{max} foram de 9,0; 27,1 e 51,3 °C, respectivamente (LUIZ, 2006). Na literatura também são relatadas máxima germinação de corda-de-viola a 20,4 °C, mas a maior velocidade de germinação a 25 °C (\pm 2,0) (ORZARI et al., 2013). Essas diferenças podem estar associadas as condições de desenvolvimento da semente durante a maturação e aos processos evolutivos envolvidos em cada genótipo (STRECK et al., 2003; PAULA; STRECK, 2008).

Tabela 3 - Parâmetros estimados (a, T_{50} , b, c) da função de Weibull ajustada a dados de temperaturas constantes de 10,0, 15,0, 20,0, 25,0, 30,0, 35,0, 40,0 e 45,0 °C na figura 5 para corda-de-viola. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019

Primeiro Experimento									
Temperatura	a		T_{50}		b		c		R^2
10,0 °C	3,73	±0,15	2,23	±0,36	2,02	±1,72	1,79	±1,97	0,90
15,0 °C	98,5	±3,14	4,09	±0,21	5,03	±0,43	0,77	±0,05	0,99
20,0 °C	78,28	±0,26	0,94	±0,02	0,12	±0,05	0,38	±0,06	0,99
25,0 °C	81,86	±0,60	0,41	±0,09	0,70	±0,09	0,71	±0,11	0,98
30,0 °C	84,06	±1,05	0,27	±0,19	0,57	±0,04	0,48	±0,04	0,98
35,0 °C	72,65	±0,34	0,53	±0,05	0,88	±0,05	0,73	±0,06	0,99
40,0 °C	41,84	±0,46	2,54	±0,11	2,79	±0,36	1,19	±0,19	0,98
Segundo Experimento									
10,0 °C	2760,85	ns	4110,51	ns	5753,52	ns	1,09	ns	0,90
15,0 °C	161,15	±39,0	16,36	±24,04	118,04	±47,13	0,17	±0,14	0,99
20,0 °C	80,51	±0,01	0,75	±0,02	0,29	±0,04	0,71	±0,05	0,99
25,0 °C	81,62	±0,05	0,08	±0,04	0,18	±0,02	0,46	±0,01	0,99
30,0 °C	79,38	±0,21	0,17	±0,11	0,33	±0,01	0,58	±0,03	0,99
35,0 °C	66,13	±0,21	0,63	±0,08	0,83	±0,29	0,73	±0,15	0,99
40,0 °C	41,84	±0,46	2,54	±0,11	2,79	±0,36	1,19	±0,19	0,98

^{ns}Os parâmetros não são significativos; ¹Valores representam os erros padrões. As temperaturas que não estão na tabela não apresentaram germinação e, portanto, não houve ajuste da regressão.

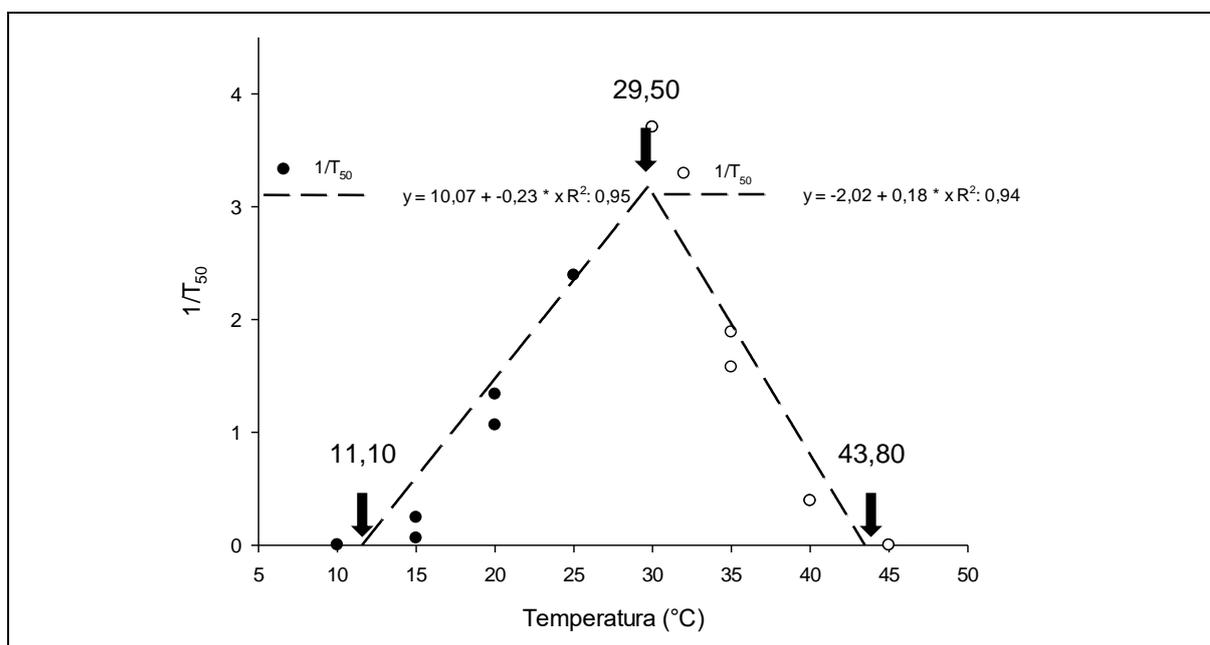


Figura 6 - Linha de regressão ajustada aos resultados $1/T_{50}$, nas faixas de temperatura sub ótima e supra ótima em resposta a diferentes temperaturas para corda-de-viola. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019. Símbolos são observações e as linhas são as regressões lineares ajustadas.

O comportamento da germinação de corda-de-viola em função dos diferentes potenciais hídricos foi mais acentuado do que o observado para *Bidens pilosa*, pois a partir de -0,4 MPa a germinação foi nula (Figura 7). Assim, quanto menor o potencial

hídrico, menor o percentual germinativo da espécie (Tabela 4). Para os potenciais hídricos 0,0; -0,05; -0,1; -0,2 e -0,4 MPa os dados se ajustaram ao modelo de Weibull, com R^2 de 0,99 e RMSEP de 3,3; 6,4; 8,5; 10,1 e 12,2, respectivamente.

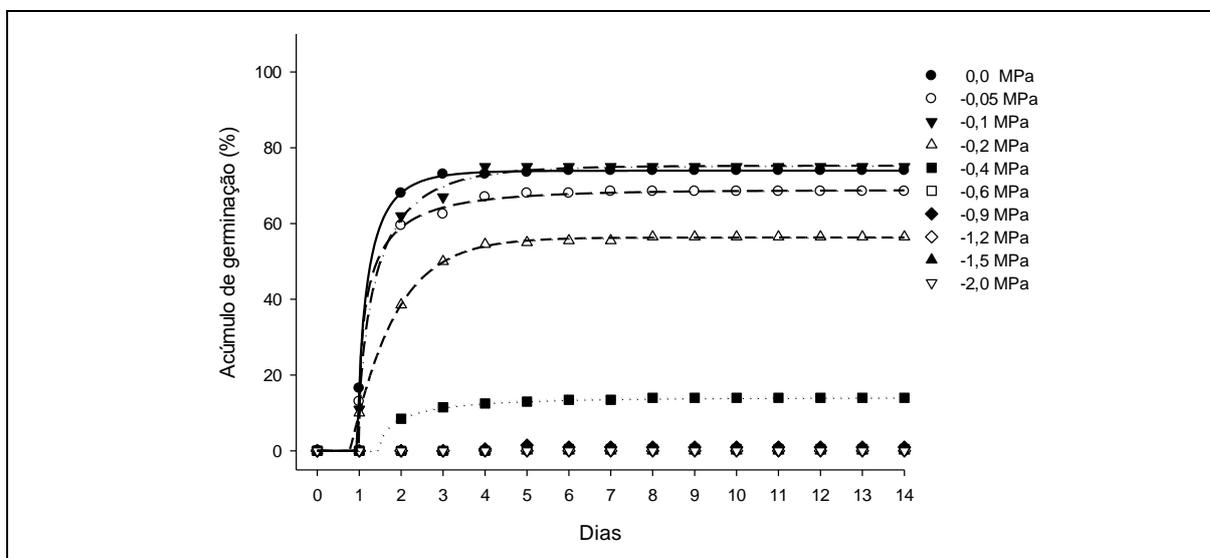


Figura 7 - Curvas cumulativas de germinação para corda-de-viola em diferentes potenciais hídricos em função do tempo em dias. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019. As linhas foram ajustadas ao modelo de Weibull para cada série de dados.

Tabela 4 - Parâmetros estimados (a, T_{50} , b, c) da função de Weibull ajustada aos dados de potencial hídrico. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019

Potencial	a	T_{50}	b	c	R^2
0,0 MPa	73,9 ±0,08 ¹	1,12 ±0,02	0,26 ±0,04	0,67 ±0,07	0,99
-0,05 MPa	68,8 ±0,36	1,11 ±0,03	0,25 ±0,06	0,48 ±0,07	0,99
-0,1 MPa	75,3 ±0,46	1,24 ±0,06	0,47 ±0,09	0,66 ±0,11	0,99
-0,2 MPa	56,3 ±0,13	1,53 ±0,02	1,07 ±0,05	1,06 ±0,06	0,99
-0,4 MPa	4,64 ±0,08	5,38 ±0,12	70,1 ±11,2	75,5 ±13,2	0,99

¹Valores representam os erros padrões. Os potenciais hídricos que não estão na tabela, não apresentaram germinação e, portanto, não houve ajuste da regressão.

A taxa de germinação diminuiu linearmente com a redução do potencial hídrico, o Ψ_b estimado para a espécie foi de -0,8 MPa (Figura 8), apresentando-se similar ao observado para picão-preto. Esses resultados corroboram com os observados para populações de corda-de-viola oriundas da região Noroeste do RS, sendo o Ψ_b estimado em -0,9 MPa (LUIZ, 2006).

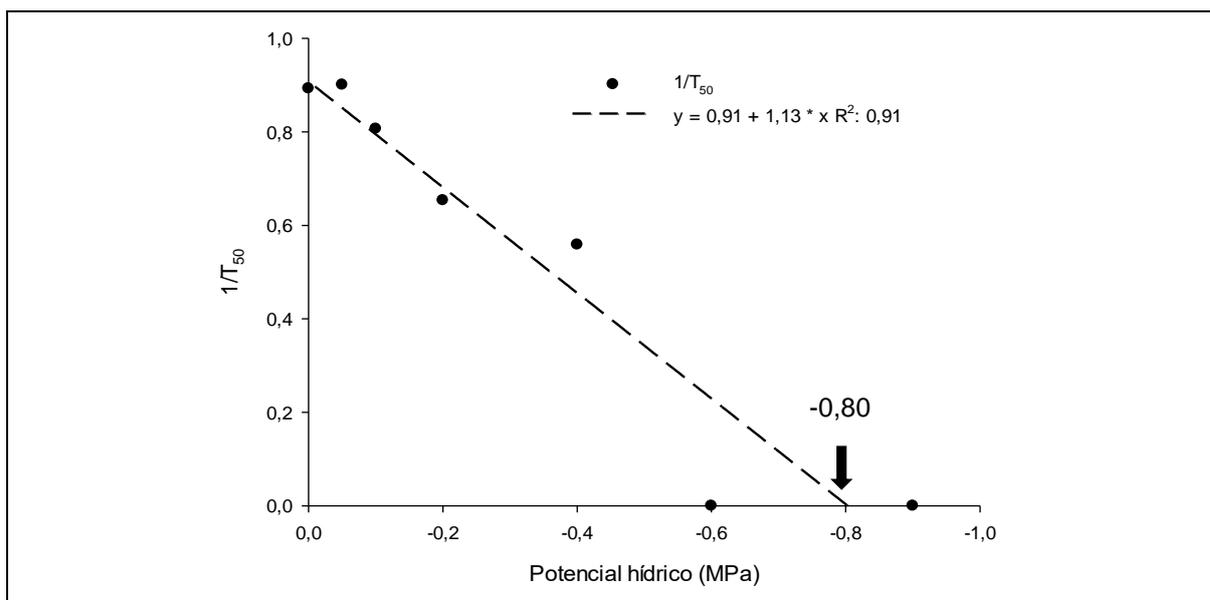


Figura 8 - Linha de regressão ajustada aos resultados $1/T_{50}$ nos diferentes potenciais hídricos (MPa) UFPel. Capão do Leão-RS. 2019. Símbolos são observações e a linha é a regressão linear ajustada.

Para guaxuma a germinação foi nula quando as sementes foram mantidas na temperatura de 40,0 e 45,0 °C (Figura 9). Sob temperatura de 10,0 °C observou-se que a espécie inicia o processo germinativo a partir dos 19 dias após o início do experimento, indicando menor acúmulo de temperatura para a germinação nessas condições. Para as demais temperaturas é observado aumento no acúmulo de germinação, sendo que entre 20,0 e 30,0 °C, ocorre a máxima germinação e em menor período de tempo. Dessa forma, os dados se ajustam ao modelo sigmoidal de Weibull de quatro parâmetros, com os valores de R^2 variando entre 0,98 e 0,99 e o RMSEP foram de 14,4; 10,3; 5,7, 3,9, 4,0, e 12,8 para as temperaturas de 15,0; 20,0; 25,0; 30,0; 35,0 e 40,0 °C, respectivamente (Tabela 5). Resultados similares foram observados em temperatura constante de 35,0 °C ou na alternância de temperatura de 20,0 a 35,0 °C (ROSA; FERREIRA, 2001). Além disso, outros trabalhos relatam que a presença de luz inibe a germinação em temperaturas sub ótimas, sendo a temperatura alternada de 30/20 e 35/25°C as mais adequadas para germinação da espécie (MISHRA; AGNIHOTRI, 2016).

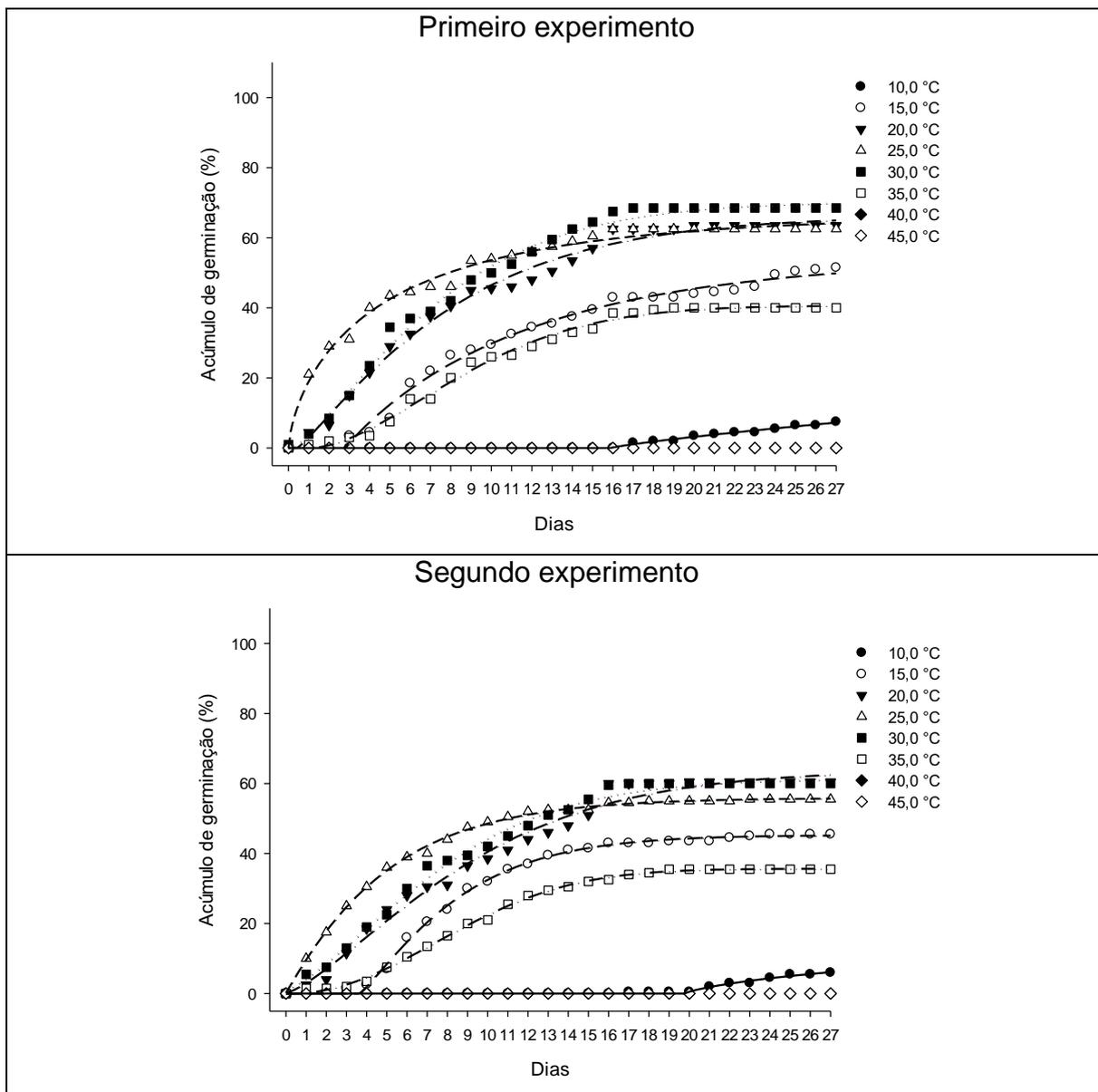


Figura 9 - Curvas cumulativas de germinação para guanxuma em diferentes temperaturas constantes na primeira e segunda repetição do experimento em função do tempo em dias. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019. As linhas foram ajustadas ao modelo de Weibull para cada série de dados.

Tabela 5. Parâmetros estimados (a, T_{50} , b, c) da função de Weibull ajustada a dados de temperaturas constantes de 10,0, 15,0, 20,0, 25,0, 30,0, 35,0, 40,0 e 45,0 °C na figura 9 para guanxuma. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019

Primeiro Experimento									
Temperatura	a		T_{50}		b		c		R^2
10,0 °C	991,97	ns	2758,85	ns	4276,55	ns	0,83	0,09	0,99
15,0 °C	54,50	±3,25	9,06	±0,61	9,22	±1,08	0,94	±0,11	0,99
20,0 °C	66,20	±1,62	6,33	±0,22	8,12	±0,51	1,15	±0,13	0,99
25,0 °C	66,88	±1,67	2,89	±0,18	4,94	±0,39	0,69	±0,05	0,98
30,0 °C	70,33	±1,09	6,05	±0,16	7,82	±0,53	1,30	±0,14	0,99
35,0 °C	40,64	±0,60	8,43	±0,17	9,12	±0,87	1,72	±0,23	0,99
Segundo Experimento									
10,0 °C	16,12	±8,29	31,51	±9,01	18,93	±3,36	0,77	±0,42	0,98
15,0 °C	45,24	±0,33	7,46	±0,08	5,22	±0,20	1,18	±0,07	0,99
20,0 °C	63,75	±2,07	7,59	±0,32	10,04	±0,84	1,37	±0,21	0,98
25,0 °C	55,90	±0,26	3,54	±0,05	5,07	±0,10	1,04	±0,03	0,99
30,0 °C	61,31	±0,81	6,47	±0,15	8,98	±0,60	1,51	±0,15	0,99
35,0 °C	35,64	±0,22	8,46	±0,08	9,95	±0,63	2,10	±0,17	0,99

^{ns} Os parâmetros não são significativo; ¹Valores representam os erros padrões. As temperaturas que não estão na tabela não apresentaram germinação e, portanto, não houve ajuste da regressão.

As temperaturas cardeais (T_b , T_o , T_{max}) estimadas pelos parâmetros das equações obtidas da reta na faixa sub ótima e supra ótima, foram 9,53 °C ±1,03, 24,67 °C ±2,23 e 42,41 °C ±2,05, respectivamente (Figura 10). Outros trabalhos estimam a T_o para germinação de guanxuma entre 30 °C (CARDOSO, 1990), ou em temperaturas alternadas de 30/20 e 35/25 °C (ROSA; FERREIRA, 2001; MISHRA; AGNIHOTRI, 2016). Entretanto, Voll et al. (2003) observou em temperatura alternada de 30/20 °C germinação máxima de 30%.

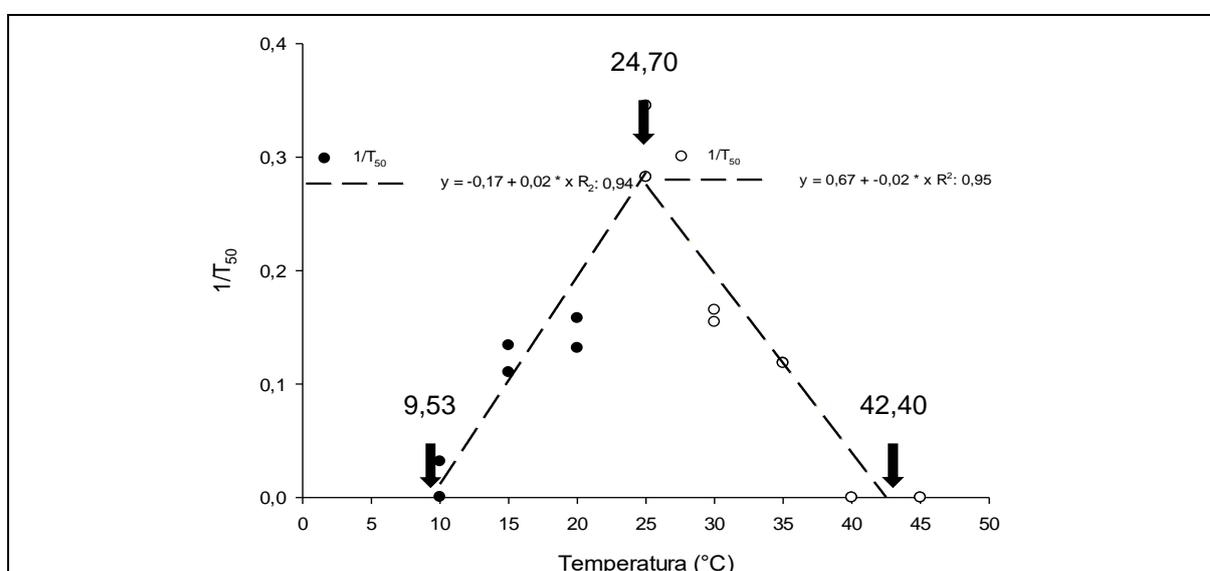


Figura 10 - Linha de regressão ajustada aos resultados $1/T_{50}$, nas faixas de temperatura sub-ótima e supra-ótima em resposta a diferentes temperaturas para guanxuma. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019. Símbolos são observações e as linhas são as regressões lineares ajustadas.

Quanto ao potencial hídrico (Ψ) crítico para a germinação de guanxuma, observou-se que, quanto menor o potencial hídrico, menor o percentual germinativo da espécie (Figura 11, Tabela 6). Do mesmo modo que para temperatura, as curvas cumulativas de germinação se ajustaram ao modelo de Weibull, com R^2 de 0,99 e RMSEP de 8,4; 7,3; 6,7, 7,9, 8,0, e 13,5 para os potenciais de 0,0; -0,05; -0,1; -0,2; -0,4 e -0,6 MPa, respectivamente.

Entre os diferentes níveis de potencial testados, observou-se maiores percentuais de germinação com -0,05 MPa e, a partir de -0,4 MPa obteve-se redução acentuada de germinação, sendo esta nula em potenciais acima de -0,9 MPa (Figura 11). Resultados similares para a espécie foram relatados por Mishra e Agnihotri (2016), onde não houve germinação a -1,0 MPa e 50% da germinação foi inibida no potencial de -0,49 MPa. Entretanto, em função do modelo o Ψ_b para a germinação de guanxuma foi estimado em -1,2 MPa (Figura 12).

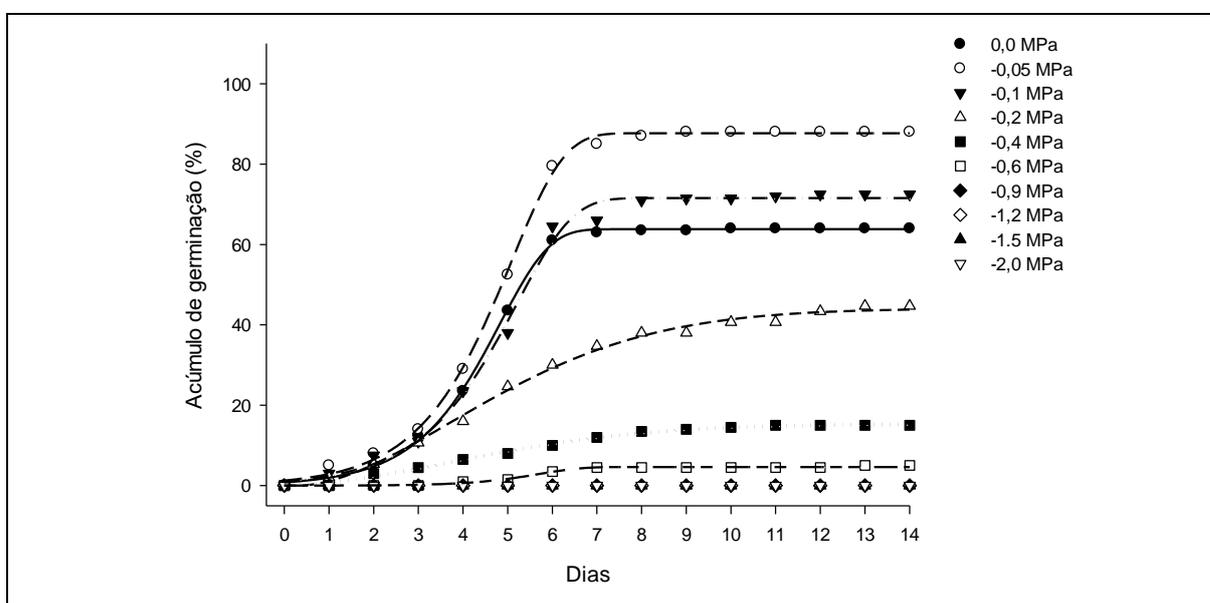


Figura 11 - Curvas cumulativas de germinação para guanxuma em diferentes potenciais hídricos em função do tempo em dias. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019. As linhas foram ajustadas ao modelo de Weibull para cada série de dados.

Tabela 6. Parâmetros estimados (a, T_{50} , b, c) da função de Weibull ajustada aos dados de potencial hídrico. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019

Potencial	a	T_{50}	b	c	R^2
0,0 MPa	63,8 ±0,25 ¹	4,42 ±0,03	478805,4 ns	431062,2 ns	0,99
-0,05 MPa	87,7 ±0,46	4,63 ±0,05	21273,7 ns	17754,8 ns	0,99
-0,1 MPa	71,6 ±0,79	4,74 ±0,08	499312,8 ns	397356,5 ns	0,99
-0,2 MPa	44,04 ±0,89	4,71 ±0,12	5,42 ±0,58	1,77 ±0,29	0,99
-0,4 MPa	12,27 ±0,30	4,57 ±0,12	5,85 ±0,73	1,92 ±0,34	0,99
-0,6 MPa	4,64 ±0,08	5,38 ±0,12	70,1 ±11,2	75,5 ±13,2	0,99

^{ns} Os parâmetros não são significativo; ¹Valores representam os erros padrões. Os potenciais hídricos que não estão na tabela, não apresentaram germinação e, portanto, não houve ajuste da regressão.

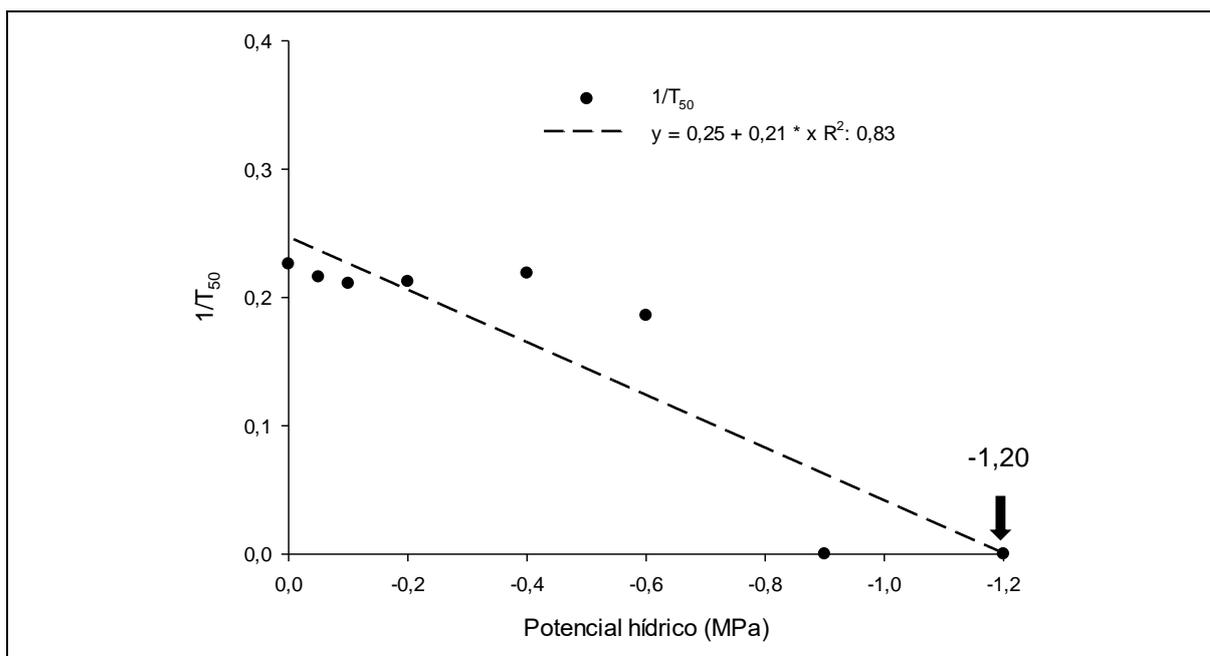


Figura 12 - Linha de regressão ajustada aos resultados $1/T_{50}$ nos diferentes potenciais hídricos (MPa) UFPel. Capão do Leão-RS. 2019. Símbolos são observações e a linha é a regressão linear ajustada.

Para milhã a germinação foi nula quando as sementes foram mantidas nas temperaturas de 10,0 e 45,0 °C em ambos experimentos (Figura 13). Para as demais temperaturas é observado aumento no acúmulo de germinação, com os maiores percentuais nas temperaturas de 25,0 e 30,0 °C. Observou-se também que um período de latência na germinação da espécie nas temperaturas mais baixas. O modelo de Weibull foi ajustado aos dados de germinação com valores de R^2 entre 0,97 e 0,99 e o RMSEP de 11,4; 9,3; 8,0; 6,2; 7,0 e 12,5 para as temperaturas de 15,0; 20,0; 25,0; 30,0; 35,0 e 40,0 °C, respectivamente (Tabela 7).

As temperaturas cardeais obtidas pelo inverso de T_{50} para milhã foram estimadas em 10,88 °C \pm 2,05, 27,14 °C \pm 3,05 e 44,96 °C \pm 1,05 para a T_b , T_o e T_{max} (Figura 14). Resultados similares foram observado para *Digitaria horizontalis*, onde as máximas porcentagens de germinação ocorreram entre as temperaturas de 22,5 a 32,5 °C e a temperatura superior limite foi de 42,5 °C (HOLFFMANN, 2017). Por outro lado, o resultado de temperatura base é inferior aos 15,1 °C, encontrados por Sternmaus; Prather e Holt (2000) e superior aos 8,0 °C encontrados por Gramig; Stoltenberg (2007). Entretanto, a amplitude térmica de 15,0 °C é mais importante para a germinação do gênero *Digitaria*, tendo as maiores porcentagens de germinação em

temperatura alternadas de 20,0 a 35,0 °C para *Digitaria bicornis* e *D. ciliaris*, e 15,0 a 35,0 °C para *D. horizontalis* e *D. insularis*, na presença de luz (MONDO et al.; 2010).

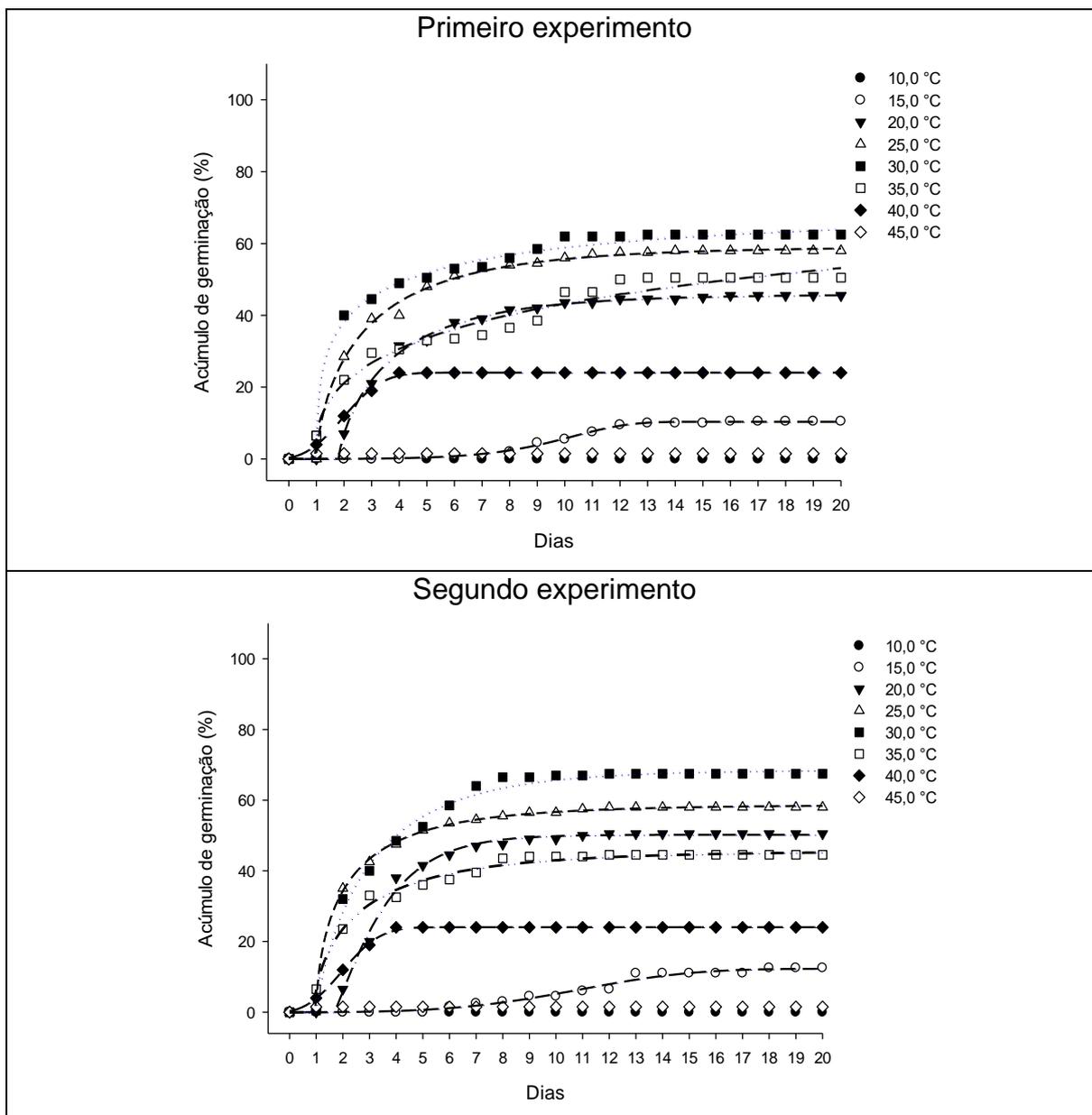


Figura 13 - Curvas cumulativas de germinação para milhã em diferentes temperaturas constantes na primeira e segunda repetição do experimento em função do tempo em dias. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019. As linhas foram ajustadas ao modelo de Weibull para cada série de dados.

Tabela 7 - Parâmetros estimados (a, T_{50} , b, c) da função de Weibull ajustada a dados de temperaturas constantes de 10,0, 15,0, 20,0, 25,0, 30,0, 35,0, 40,0 e 45,0 °C na figura 13 para milhã. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019

Primeiro Experimento									
Temperatura	a		T_{50}		b		c		R^2
15,0 °C	10,37	±0,12 ¹	9,73	±0,10	27,33	±3,74	14,34	±8,45	0,99
20,0 °C	45,82	±0,38	3,10	±0,05	2,09	±0,09	0,77	±0,05	0,99
25,0 °C	59,12	±0,63	2,14	±0,06	1,94	±0,09	0,68	±0,04	0,99
30,0 °C	69,71	±4,19	1,68	±0,11	1,78	±0,46	0,39	±0,06	0,99
35,0 °C	90,55	±4,29	11,51	±5,43	25,48	±5,72	0,42	±0,16	0,97
40,0 °C	24,03	±0,06	2,02	±0,03	3,08	±0,35	2,87	±0,38	0,99
Segundo Experimento									
15,0 °C	12,29	±0,49	10,70	±0,30	13,45	±7,62	4,01	±2,71	0,98
20,0 °C	50,21	±0,39	3,16	±0,07	2,05	±0,19	1,14	±0,14	0,99
25,0 °C	58,67	±0,22	1,68	±0,02	1,24	±0,03	0,62	±0,02	0,99
30,0 °C	68,59	±0,76	2,36	±0,08	2,14	±0,11	0,81	±0,06	0,99
35,0 °C	45,60	±0,83	1,92	±0,09	1,81	±0,15	0,65	±0,08	0,99
40,0 °C	24,03	±0,06	2,02	±0,03	3,08	±0,35	2,87	±0,38	0,99

^{ns} Os parâmetros não são significativo; ¹Valores representam os erros padrões. As temperaturas que não estão na tabela não apresentaram germinação e, portanto, não houve ajuste da regressão.

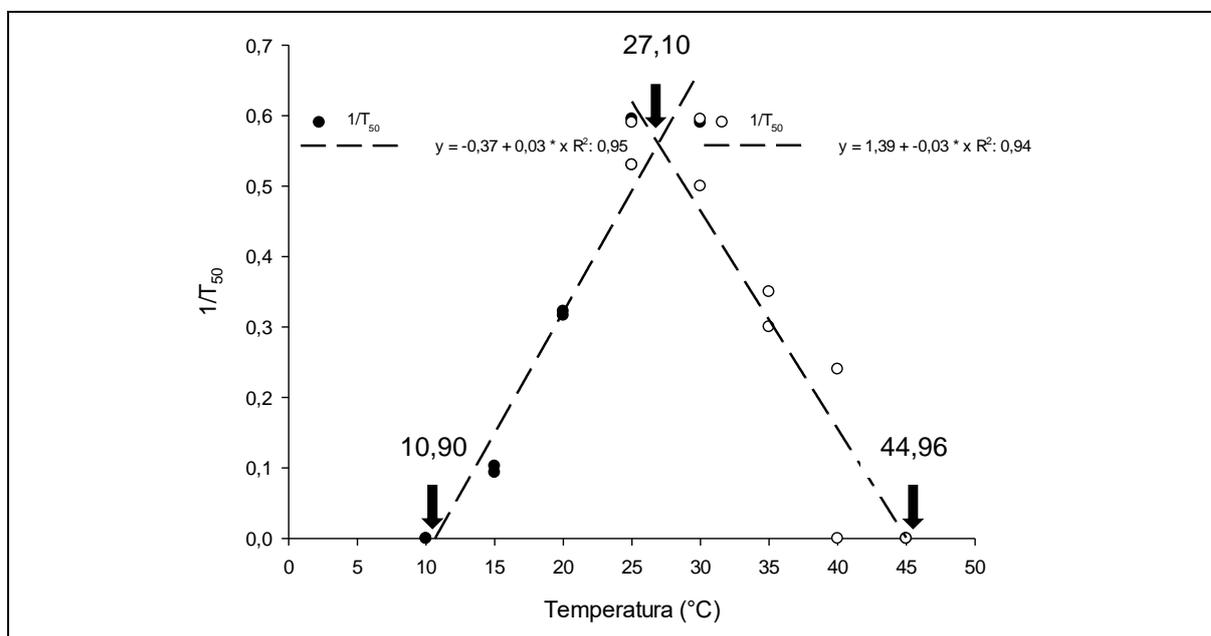


Figura 14 - Linha de regressão ajustada aos resultados $1/T_{50}$, nas faixas de temperatura sub-ótima e supra-ótima em resposta a diferentes temperaturas para milhã. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019. Símbolos são observações e as linhas são as regressões lineares ajustadas.

No experimento de potencial hídrico (Ψ), observou-se que a porcentagem final de germinação de milhã seguiu o mesmo comportamento das demais (Figura 15, Tabela 8). Assim, as curvas cumulativas de germinação se ajustaram ao modelo de Weibull, com R^2 de 0,97 a 0,99 e RMSEP de 5,3; 6,8; 7,9; 9,1; 10,8, 13,9 e 15,7 para os potenciais de 0,0 -0,05, -0,1, -0,2, -0,4; -0,6 e -0,9 MPa respectivamente. Entre os

diferentes níveis de potencial testados, não se observou germinação em potenciais acima de -1,2 MPa (Figura 15).

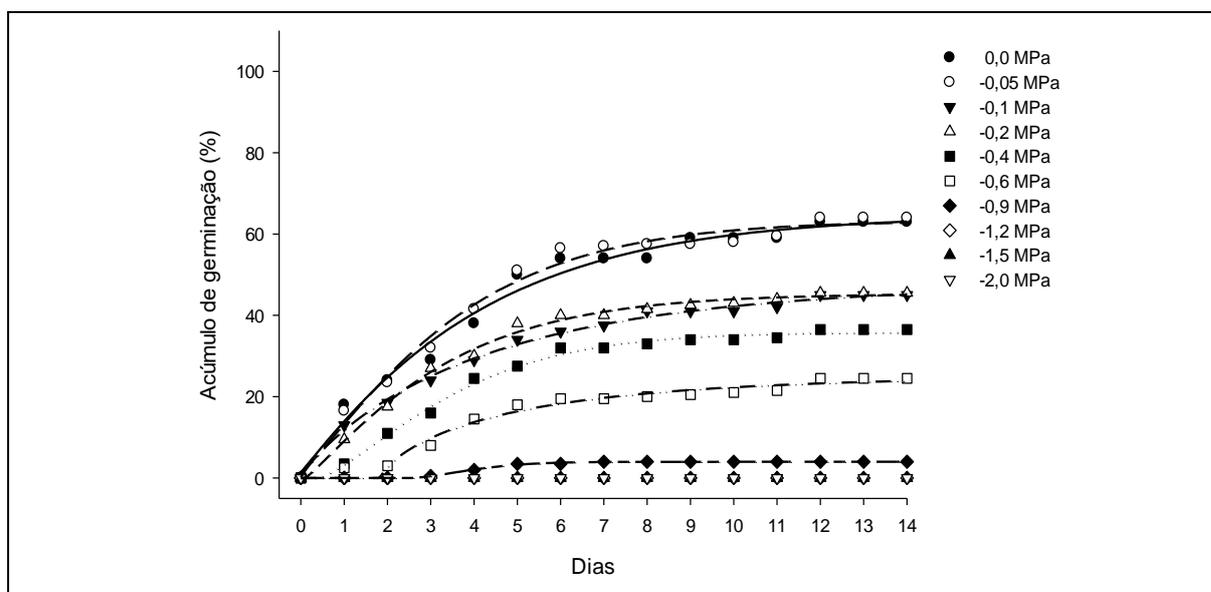


Figura 15 - Curvas cumulativas de germinação para milhã em diferentes potenciais hídricos em função do tempo em dias. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019. As linhas foram ajustadas ao modelo de Weibull para cada série de dados.

Tabela 8 - Parâmetros estimados (a, T_{50} , b, c) da função de Weibull ajustada aos dados de potencial hídrico. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019

Potencial	a	T_{50}	b	c	R^2
0,0 MPa	64,7 ±3,02 ¹	2,85 ±0,24	4,18 ±0,45	1,08 ±0,18	0,98
-0,05 MPa	63,3 ±1,77	2,64 ±0,16	3,78 ±0,38	1,21 ±0,19	0,98
-0,1 MPa	47,9 ±1,68	2,79 ±0,18	4,25 ±0,36	0,88 ±0,06	0,99
-0,2 MPa	45,3 ±0,87	2,51 ±0,10	3,32 ±0,44	1,16 ±0,22	0,99
-0,4 MPa	35,8 ±0,60	3,04 ±0,11	3,48 ±0,38	1,34 ±0,21	0,99
-0,6 MPa	25,3 ±2,95	3,67 ±0,40	2,99 ±0,82	0,76 ±0,25	0,97
-0,9 MPa	3,99 ±0,04	3,93 ±0,07	1,80 ±0,34	1,63 ±0,39	0,99

^{ns} Os parâmetros não são significativo; ¹Valores representam os erros padrões. Os potenciais hídricos que não estão na tabela, não apresentaram germinação e, portanto, não houve ajuste da regressão.

O Ψ_b para milhã foi estimado em -1,50 MPa, cujo comportamento em relação aos níveis de potencial hídrico seguiu o observado para as demais espécies, diferindo entretanto no potencial limiar para germinação, que para milhã foi inferior aos demais, sugerindo a habilidade da espécie em germinar sob condições de menor disponibilidade hídrica (Figura 16). Resultados similares foram observados em *Digitaria horizontalis*, onde a inibição da germinação ocorreu acima de -0,9 MPa (HOFFMANN, 2017). Ainda, este autor também relatou que em temperaturas elevadas (32,5 °C) o potencial hídrico para a germinação é maior que em temperaturas

mais baixas (22,5 °C), onde 100% da germinação ocorre no potencial de -0,1 MPa e -0,03 a -0,06 MPa, respectivamente.

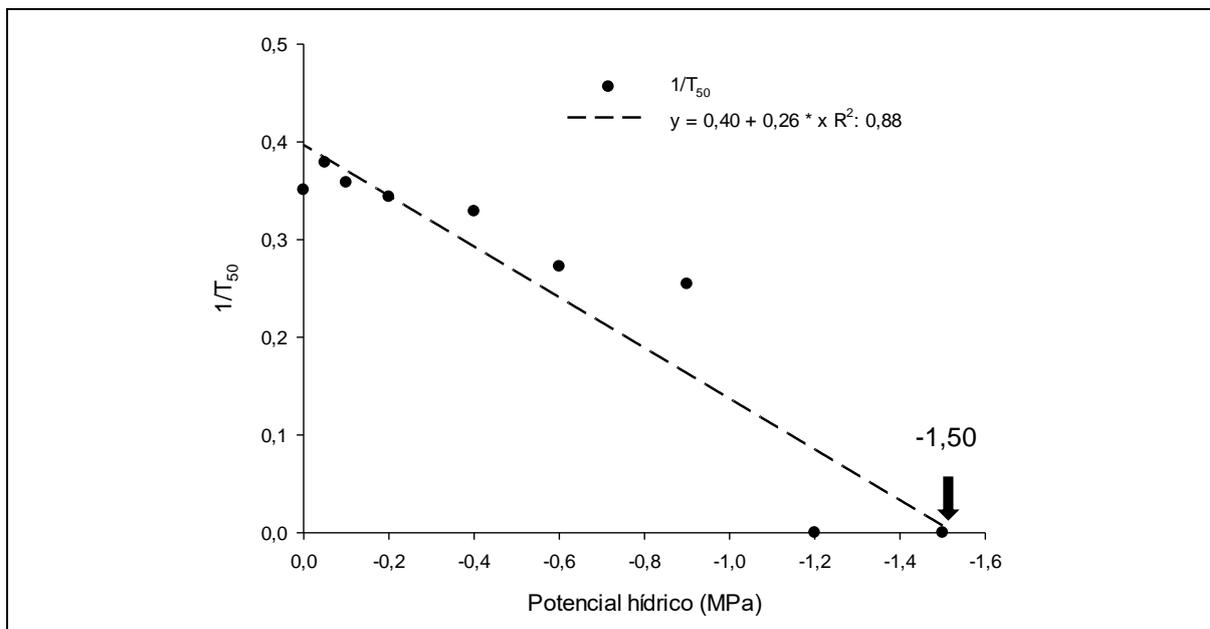


Figura 16 - Linha de regressão ajustada aos resultados $1/T_{50}$ nos diferentes potenciais hídricos (MPa). UFPel. Capão do Leão-RS. 2019. Símbolos são observações e a linha é a regressão linear ajustada.

Para papuã a germinação foi nula quando as sementes foram mantidas nas temperaturas de 10,0 °C e 45,0 °C em ambos experimentos (Figura 17). Nas demais temperaturas é observado aumento no acúmulo de germinação com maiores percentuais nas temperaturas de 25,0 e 30,0 °C, mas o menor tempo para atingir 50% da germinação (T_{50}) foi a 30 °C (Tabela 1).

Observa-se a tendência é a redução na taxa de germinação (aumento do intervalo de tempo de germinação) com temperaturas acima ou abaixo de 30,0°C. Salienta-se que a porcentagem de germinação aumentou notadamente a partir da temperatura de 20,0°C; e, período de latência também é observado para germinação de papuã. Assim, os dados de germinação se ajustaram ao modelo sigmoidal de weibull, com valores de R^2 entre 0,98 e 0,99 e o RMSEP de 7,5; 3,7; 5,9; 7,1 e 7,8 para as temperaturas de 20,0; 25,0; 30,0; 35,0 e 40,0 °C respectivamente.

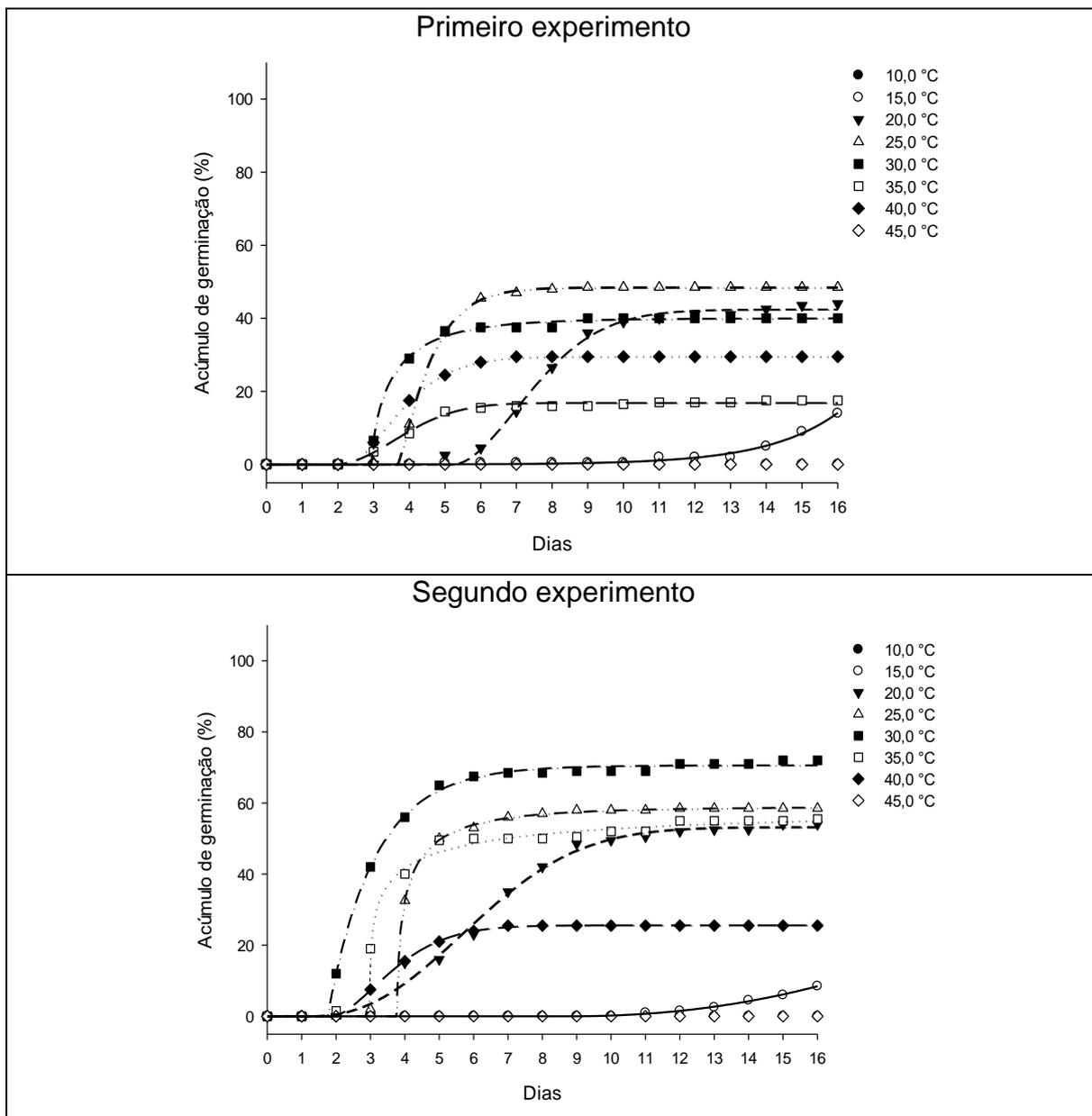


Figura 17 - Curvas cumulativas de germinação para papuã em diferentes temperaturas constantes na primeira e segunda repetição do experimento em função do tempo em dias. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019. As linhas foram ajustadas ao modelo de Weibull para cada série de dados.

Tabela 9 - Parâmetros estimados (a, T₅₀, b, c) da função de Weibull ajustada a dados de temperaturas constantes de 10,0, 15,0, 20,0, 25,0, 30,0, 35,0, 40,0 e 45,0 °C na figura 17 para papuã. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019

Primeiro Experimento									
Temperatura	a		T ₅₀		b		c		R ²
15,0 °C	843,27	ns	26,46	±0,25	620,68	ns	241,06	ns	0,98
20,0 °C	42,37	±0,54 ¹	7,50	±0,07	2,79	±0,45	1,78	±0,37	0,99
25,0 °C	48,44	±0,09	4,42	±0,06	1,01	±0,06	1,17	±0,08	0,99
30,0 °C	39,99	±0,33	3,34	±0,06	0,67	±0,09	0,66	±0,09	0,99
35,0 °C	29,54	±0,04	3,75	±0,01	1,86	±0,07	1,56	±0,07	0,99
40,0 °C	16,83	±0,19	3,89	±0,09	2,41	±0,71	1,98	±0,68	0,99
Segundo Experimento									
15,0 °C	454,38	ns	66,83	±0,18	60,70	ns	5,18	ns	0,99
20,0 °C	53,18	±1,08	6,06	±0,15	5,68	±1,40	2,33	±0,72	0,99
25,0 °C	58,92	±0,53	3,94	±0,03	0,34	±0,12	0,48	±0,10	0,99
30,0 °C	70,58	±0,39	2,69	±0,04	1,37	±0,10	0,97	±0,09	0,99
35,0 °C	57,92	±4,62	3,13	±0,05	0,49	±0,13	0,34	±0,13	0,99
40,0 °C	25,56	±0,06	3,63	±0,02	2,17	±0,07	1,59	±0,06	0,99

^{ns} Os parâmetros não são significativo; ¹Valores representam os erros padrões. As temperaturas que não estão na tabela não apresentaram germinação e, portanto, não houve ajuste da regressão.

As temperaturas cardeais (T_b, T_o e T_{max}) foram estimadas em 11,70 °C ±3,12, a ótima 30,69 °C ±1,55 e 45,84 °C ±3,05, respectivamente (Figura 18). Poucas pesquisas relatam as condições ideais para a germinação de papuã, sendo reconhecidas as T_b 7,5 °C T_o 31,5, e T_{max} de 41,5 °C estimadas para *Urochloa brizantha* (NAKAO, 2012). Entretanto, alguns estudos estimam a temperatura ótima para papuã em 26,0 °C (CAROLLO et al., 1997) e outros sugerem temperaturas alternadas de 30/25 °C (SILVA et al., 2013). Estudos estimaram a T_b em 3,0 °C ± 4,1 para o desenvolvimento vegetativo de papuã (PAULA; STRECK, 2008), indicando necessidade inferior de temperatura para que a planta desenvolva vegetativamente.

No experimento de potencial hídrico (Ψ) para a germinação de papuã, observou-se também que a porcentagem final de germinação foi diminuindo com a redução do potencial hídrico (Figura 19, Tabela 10). As curvas cumulativas de germinação de ajustaram ao modelo de Weibull, com R² de 0,98 e 0,99 e RMSEP de 6,3; 5,8; 9,9; 10,1; 11,8 e 15,9, para os potenciais de 0, -0,05, -0,1, -0,2, -0,4, e -0,6 MPa, respectivamente. Entre os diferentes níveis de potencial testados, observou-se maiores percentuais de germinação a 0,0; -0,05 e -0,1 MPa e redução acentuada na germinação de sementes é causada pelo decréscimo dos níveis de potencial hídrico das soluções a partir de -0,4 MPa (Figura 19).

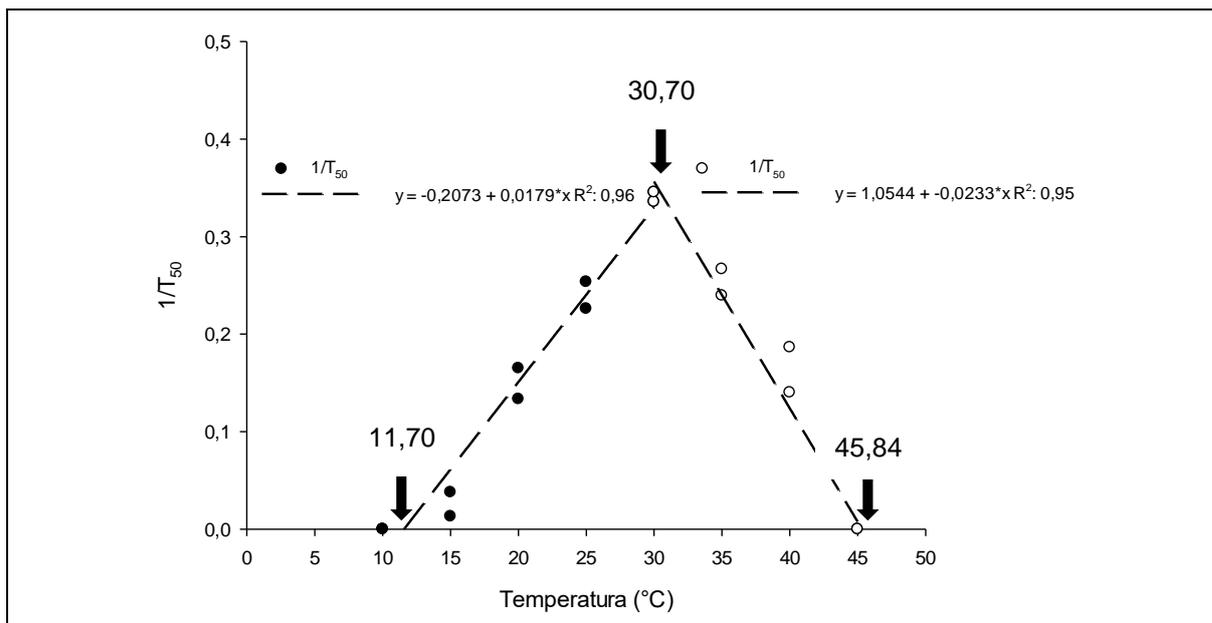


Figura 18 - Linha de regressão ajustada aos resultados $1/T_{50}$, nas faixas de temperatura sub-ótima e supra-ótima em resposta a diferentes temperaturas para papuã. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019. Símbolos são observações e as linhas são as regressões lineares ajustadas.

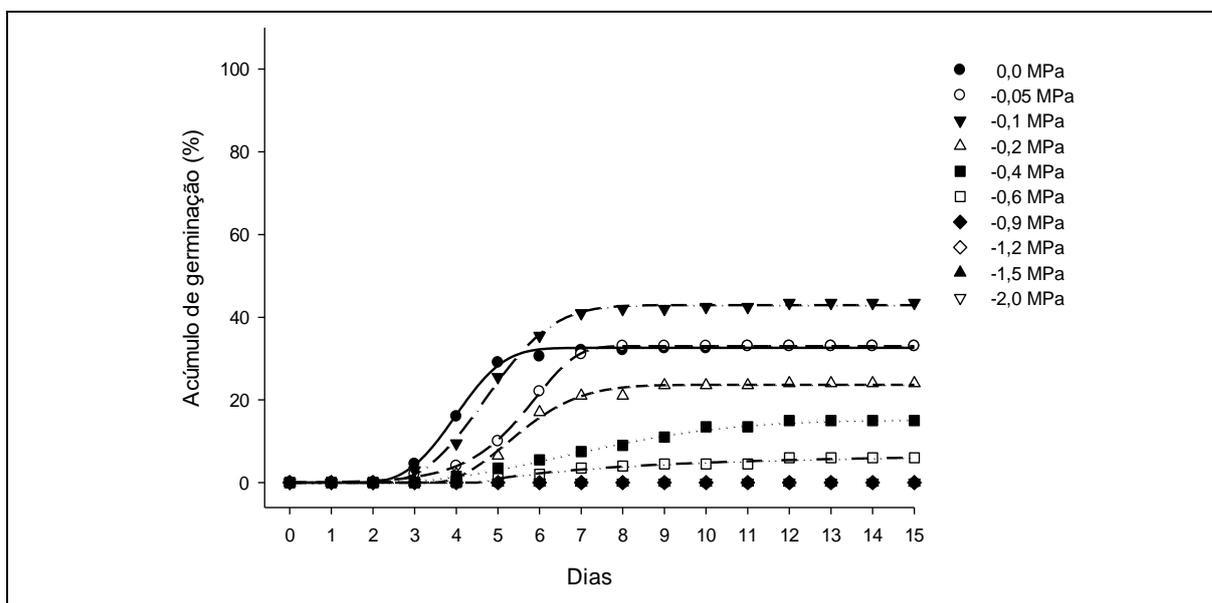


Figura 19 - Curvas cumulativas de germinação para papuã em diferentes potenciais hídricos em função do tempo em dias. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019. As linhas foram ajustadas ao modelo de Weibull para cada série de dados.

Tabela 10 - Parâmetros estimados (a, T_{50} , b, c) da função de Weibull ajustada aos dados de potencial hídrico. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019

Potencial	a	T_{50}	b	c	R^2
0,0 Mpa	32,5 ±0,20 ¹	3,99 ±0,04	2,83 ±0,74	3,19 ±0,95	0,99
-0,05 Mpa	32,9 ±0,08	5,58 ±0,01	34,4 ±38,0	35,4 ±39,9	0,98
-0,1 Mpa	42,9 ±0,25	4,78 ±0,05	3,26 ±0,54	2,69 ±0,53	0,98
-0,2 Mpa	22,7 ±0,28	5,49 ±0,08	2,49 ±0,57	2,08 ±0,59	0,99
-0,4 Mpa	15,4 ±0,24	7,07 ±0,41	6,40 ±0,87	2,27 ±0,41	0,99
-0,6 Mpa	6,90 ±1,24	7,36 ±0,85	4,35 ±1,46	0,84 ±0,32	0,98

¹Valores representam os erros padrões. Os potenciais hídricos que não estão na tabela, não apresentaram germinação e, portanto, não houve ajuste da regressão.

A taxa de germinação diminuiu linearmente com a redução do potencial hídrico (Figura 20). Assim, o potencial hídrico base (Ψ_b) para o papuã foi estimado em $-1,10 \pm 0,05$ MPa. Resultado similar ($-1,2$ MPa) foi relatado para outras espécies de *Urochloa* (GARCIA et al., 1998). Este resultado de Ψ_b observado é similar ao descrito para a maioria das espécies de plantas daninhas relatados na literatura (GARDARIN et al., 2010; GUILLEMIN et al., 2013; WERLE et al., 2014).

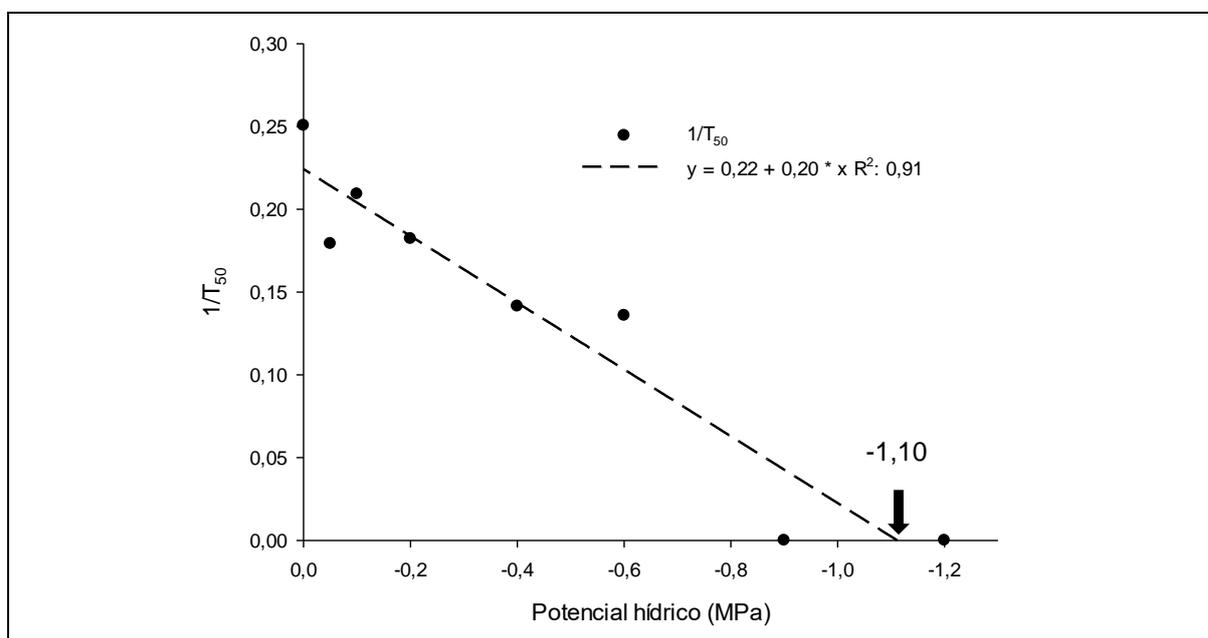


Figura 20 - Linha de regressão ajustada aos resultados $1/T_{50}$ nos diferentes potenciais hídricos (MPa) UFPel. Capão do Leão-RS. 2019. Símbolos são observações e a linha é a regressão linear ajustada.

De maneira geral, as espécies apresentaram comportamento semelhante, havendo tendência de aumento linear da taxa de germinação quanto maior a temperatura, até o limite de 40-45°C dependendo da espécie, cuja germinação não ocorreu. Por se tratarem de espécies anuais de verão, observou-se o ponto a partir

do qual começa a haver acúmulo térmico para o desenvolvimento das espécies entre 9,53 a 11,70 °C. Salienta-se que quanto maior a temperatura base da espécie, maior serão suas temperaturas ótima e máxima. Nesse sentido, papuã e milhã apresentaram melhor adaptação a temperaturas mais altas, o que favorece seu desenvolvimento em detrimento às demais espécies quando exposto à estresse térmico.

Do mesmo modo que para temperatura, observou-se tendência de reduzir a germinação quando as plantas são expostas a condições de déficit hídrico. Nesse sentido, picão-preto e corda-de-viola demonstraram serem mais sensíveis ao estresse hídrico do que papuã, guanxuma e milhã que apresentaram potenciais hídricos menores que -1,0. As diferenças podem estar relacionadas ao tipo da semente, seu tegumento, tamanho, dentre outros fatores. A redução acentuada da germinação das sementes em maiores concentrações de PEG 8000 ($> -0,4$ MPa) deve-se à redução da quantidade de água absorvida pelas sementes em função do menor potencial osmótico disponível no meio. Isso impede a reidratação e inibe a capacidade de síntese e a atividade das enzimas hidrolíticas necessárias para a germinação e por afetar a expansão celular (MARCOS FILHO., 2015).

Essas respostas diferentes de temperaturas base e ótimas e os potenciais hídricos encontradas estão diretamente relacionadas ao fato de as espécies pertencerem à famílias botânicas e espécies distintas e ao fato de que, cada uma delas desenvolveu, ao longo do processo evolutivo, diferentes mecanismos de adaptação às condições ambientais e agronômicas (LODDO et al. 2014), podendo haver variação nas próprias espécies, como relatado para interpopulações de *Conyza canadensis* L. e *Datura stramonium* L. (LODDO et al. 2013; TOZZI et al. 2014). Além disso, as diferenças entre as espécies podem ainda estar relacionado ao nível e mecanismo de dormência que cada espécie apresenta (BENECH-ARNOLD et al., 2000; BASTIANI et al., 2015).

A temperatura base e o potencial de água base para a germinação são dois parâmetros fundamentais para o desenvolvimento de modelos de germinação e emergência de plantas daninhas (ROMAN et al., 1999; GRUNDY et al., 2000; COLBACH et al., 2006a). Ambos são importantes para prever a variabilidade entre anos em tempo de germinação (GUILLEMIN et al., 2013). Assim esses parâmetros foram utilizados para modelar o fluxo de emergência dessas espécies em três épocas de semeadura (Tabela 11).

Tabela 11. Parâmetros de temperatura e potencial hídrico estimados para picão-preto, corda-de-viola, guanxuma, milhã e papuã. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019

Espécie	T _b		T _o		T _{max}		Ψ _b	
Picão-preto	10,41	¹ ±0,03	24,70	±0,04	41,85	±0,05	-0,85	±0,05
Corda-de-viola	11,12	±1,04	29,49	±2,03	43,78	±2,06	-0,80	±0,07
Guanxuma	9,53	±1,03	24,67	±2,23	42,41	±2,05	-1,20	±0,04
Milhã	10,88	±2,05	27,14	±3,05	44,96	±1,05	-1,50	±0,06
Papuã	11,70	±3,12	30,69	±1,55	45,84	±3,05	-1,10	±0,05

¹Valores representam os erros padrões.

2.3.2 Determinação do banco de sementes

Analisando a composição do banco de sementes nos primeiros 5 cm de profundidade da área estudada, foram encontradas sementes de 14 espécies de plantas daninhas, pertencentes a 10 famílias botânicas (Tabela 12). Destaca-se em número de espécie, a família Poaceae e Asteraceae com quatro e duas espécies, respectivamente. Em relação ao número de sementes, 67% pertencem à família Poaceae e 10% a Brassicaceae.

Tabela 12 – Relação de plantas daninhas identificadas por família, espécie e nome comum. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019

Família	Espécie	Nome comum
Amaranthaceae	<i>Amaranthus viridis</i>	Caruru
Asteraceae	<i>Conyza</i> spp.	Buva
Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i>	Picão-preto
Brassicaceae	<i>Raphanus sativus</i>	Nabo
Cyperaceae	<i>Cyperus</i> spp.	Tiririca
Convolvulaceae	<i>Ipomoea grandifolia</i>	Corda-de-viola
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia heterophylla</i>	Leiteira
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i>	Guanxuma
Poaceae	<i>Digitaria</i> sp.	Milhã
Poaceae	<i>Eleusine indica</i>	Capim-pé-de-galinha
Poaceae	<i>Lolium multiflorum</i>	Azevém
Poaceae	<i>Urochloa plantaginea</i>	Papuã
Rubiaceae	<i>Richardia brasiliensis</i>	Poaia-branca
Solanaceae	<i>Solanum americanum</i>	Maria-pretinha

Observou-se predominância de papuã e milhã, com média de 24.893 e 23.281 sementes m⁻² a profundidade de 0-5cm, respectivamente, seguido por nabo com 7.438

sementes m^{-2} (Figura 21). As espécies papuã e milhã representaram 34% e 32% respectivamente, do banco de sementes.

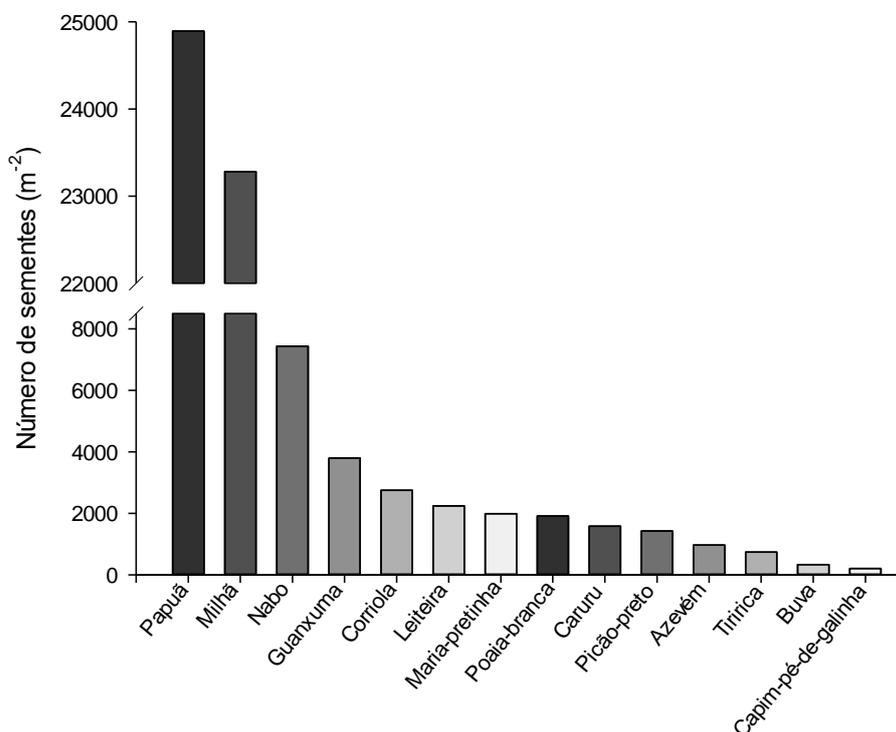


Figura 21 – Estimativa da quantidade de sementes de plantas daninhas por m^{-2} a 0-5 cm de profundidade presentes no banco de sementes. Capão do Leão-RS, 2019.

A quantidade total de 73.543 sementes presentes na área demonstrou o potencial de infestação de plantas daninhas do banco. Entretanto, os valores apresentados não representam o potencial de infestação imediato da área, pois representam sementes provenientes da contagem direta do fluxo de emergência e contabilizam também as sementes dormentes que apresentam capacidade de germinação (KUVA et al., 2008).

Esses valores ficaram acima dos valores apresentados por FENNER (1995), para áreas cultivadas de clima temperado, que variaram até 40.000 sementes m^{-2} e aos de CARMONA (1995), que estimando o banco de sementes em área de rotação de culturas, observou uma quantidade média de 1.903 sementes m^{-2} . Porém, não chegam a ser excepcionais quando comparados a estimativas na ordem de 137.000 sementes m^{-2} à profundidade de 0-25 cm numa rotação de cevada-milho-beterraba, nos Estados Unidos (SCHWEIZER; ZIMDAHL, 1984).

A variabilidade observada entre os resultados neste tipo de estudo é normalmente alta devido à relativa desuniformidade de distribuição de sementes no solo (CARMONA, 1995) e é influenciada pelas práticas culturais e sistemas de manejo (BENOIT; DARKSEN; PANNETON, 1992) associadas a taxa de herbivoria (GALLANDT, 2006; ALIGNIER et al. 2008). Deste modo, o banco de sementes geralmente é composto por várias espécies, porém, poucas são dominantes, compreendendo 70 a 90% do total de sementes presentes no solo (MONQUERO; CHRISTOFFOLETI, 2005).

2.3.3 Modelagem do fluxo de emergência

As três épocas diferiram consideravelmente em termos de precipitação e o atraso na semeadura proporcionou maiores acúmulos de temperatura média diária (Figura 22 A e B). A precipitação observada durante os cinco anos demonstrou que o mês mais seco é em novembro, com chuvas abaixo de 50 mm e muito irregulares. Apenas em 2015 e 2016 houve precipitação acima do normal para o mês de novembro. Para a primeira época um acumulado maior de precipitação é observado antes do dia 20 de outubro, mas já nos primeiros 10 dias são observadas precipitações que mantem o potencial hídrico do solo. Essas precipitações iniciais são observadas também na terceira época de semeadura nos cinco anos de monitoramento, porém como em novembro ocorrem baixas quantidade de precipitação, o potencial hídrico do solo está mais baixo (Figura 23).

As precipitações iniciais associadas ao aumento da temperatura média diária, estimulam novos fluxos de emergência de plantas daninhas. Resultados similares foram observado em laboratório, onde o aumento da temperatura de 22,5 para 32,5 °C proporcionou um potencial hídrico menor para a germinação máxima de *Eleusine indica*, *Digitaria insularia* e *Digitaria horizontalis* de -0,03 para -0,1 a -0,6 MPa, respectivamente (HOFFMANN, 2017). Outros trabalhos de campo, também observaram que a reidratação do solo, mesmo em baixas quantidades de precipitação após um período de deficiência hídrica, estimulam a emergência de plantas daninhas (ROYO-ESNAL et al., 2012; WERLE et al., 2014; SOHRABI et al., 2016). Isso ocorre porque, as camadas superficiais do solo retêm umidade suficiente para a reidratação das sementes e ativação dos processos de germinação e emergência.

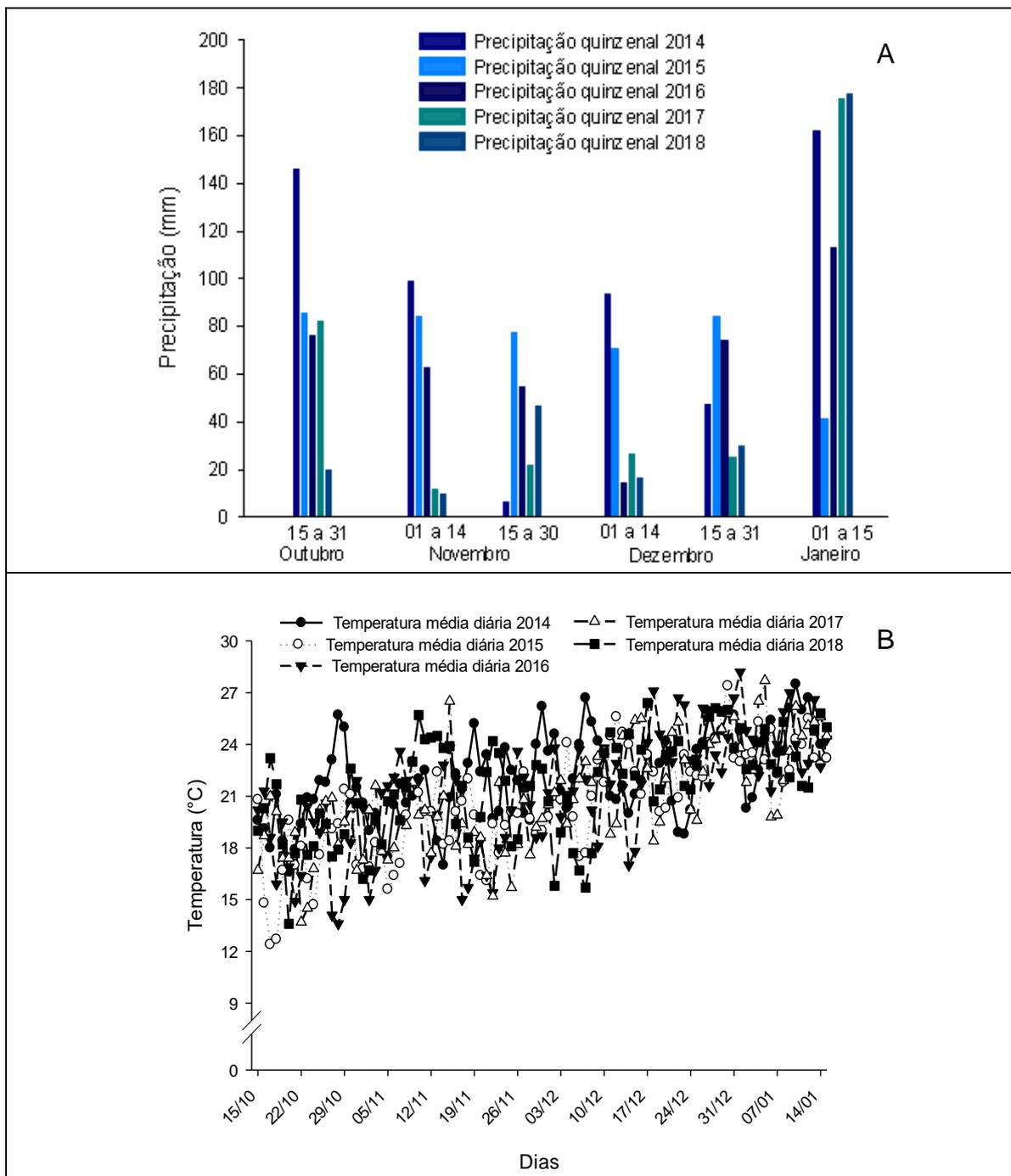


Figura 22 - Dados climáticos observados na área experimental durante a realização do experimento: Temperatura média diária do ar (A) e precipitação acumulada por 15 dias (B) para 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018. Capão do Leão-RS. 2019.

Como os volumes acumulados de água no solo são baixos e a precipitação mal distribuída, diferentes potenciais hídricos são observados entre as épocas e os anos (Figura 23). Observa-se, elevação do potencial hídrico do solo logo após as precipitações, onde, acúmulos maiores com baixa frequência tendem a manter o potencial hídrico em uma faixa por um curto período de tempo, enquanto que chuvas

mais bem distribuídas tende a manter o potencial hídrico do solo favorável à emergência de plantas daninhas por mais tempo.

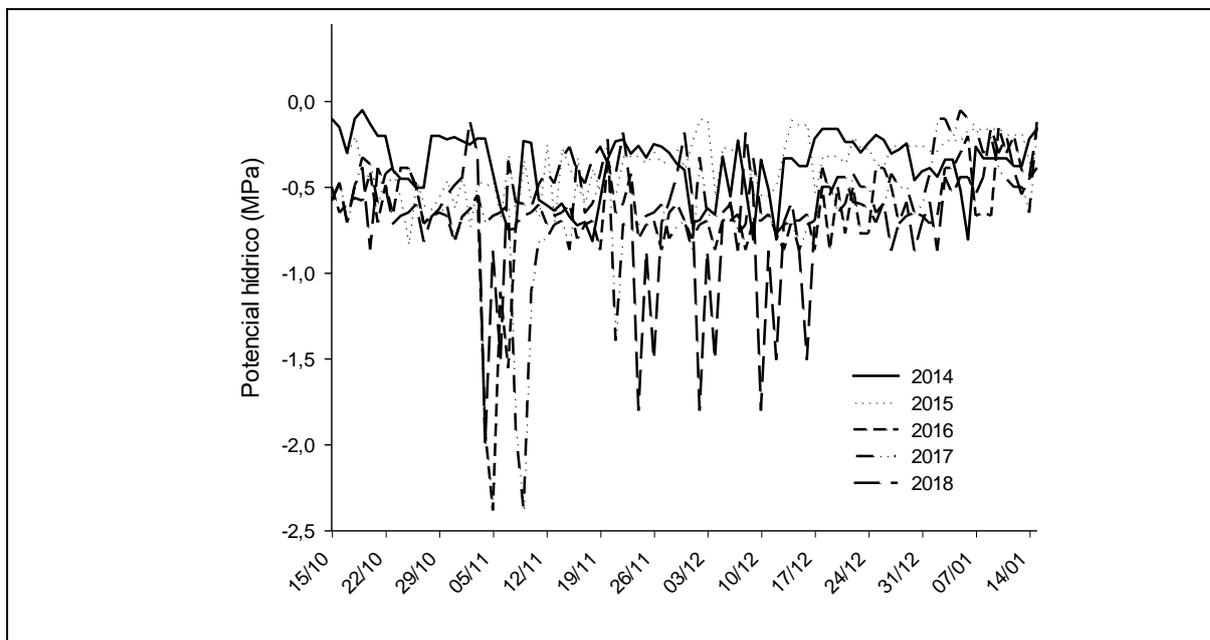


Figura 23 - Potencial hídrico do solo (MPa) diário observados na área experimental durante a realização do experimento nos anos de 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018. Capão do Leão-RS, 2019.

Essa variabilidade na precipitação ao longo dos anos é altamente desejável para o desenvolvimento de modelos baseados no microclima da região (ROYO-ESNAL et al., 2015). Assim, as características dos fluxos de emergência das cinco espécies de plantas daninhas associado à variabilidade ambiental possibilitaram o desenvolvimento do modelo de emergência baseado no tempo térmico (TT) e tempo hidrotérmico (TH). Ambos os modelos descreveram a emergência das espécies nas três épocas de semeadura utilizando a função sigmoidal de Weibull com quatro parâmetros (Figuras 24, 25, 26, 27 e 28). Os modelos apresentaram previsibilidade muito similar para cada época, mas o modelo baseado no TT prevê a emergência das espécies de forma escalonada, enquanto o TH prevê a emergência por fluxos mais rápidos e em menor período de tempo.

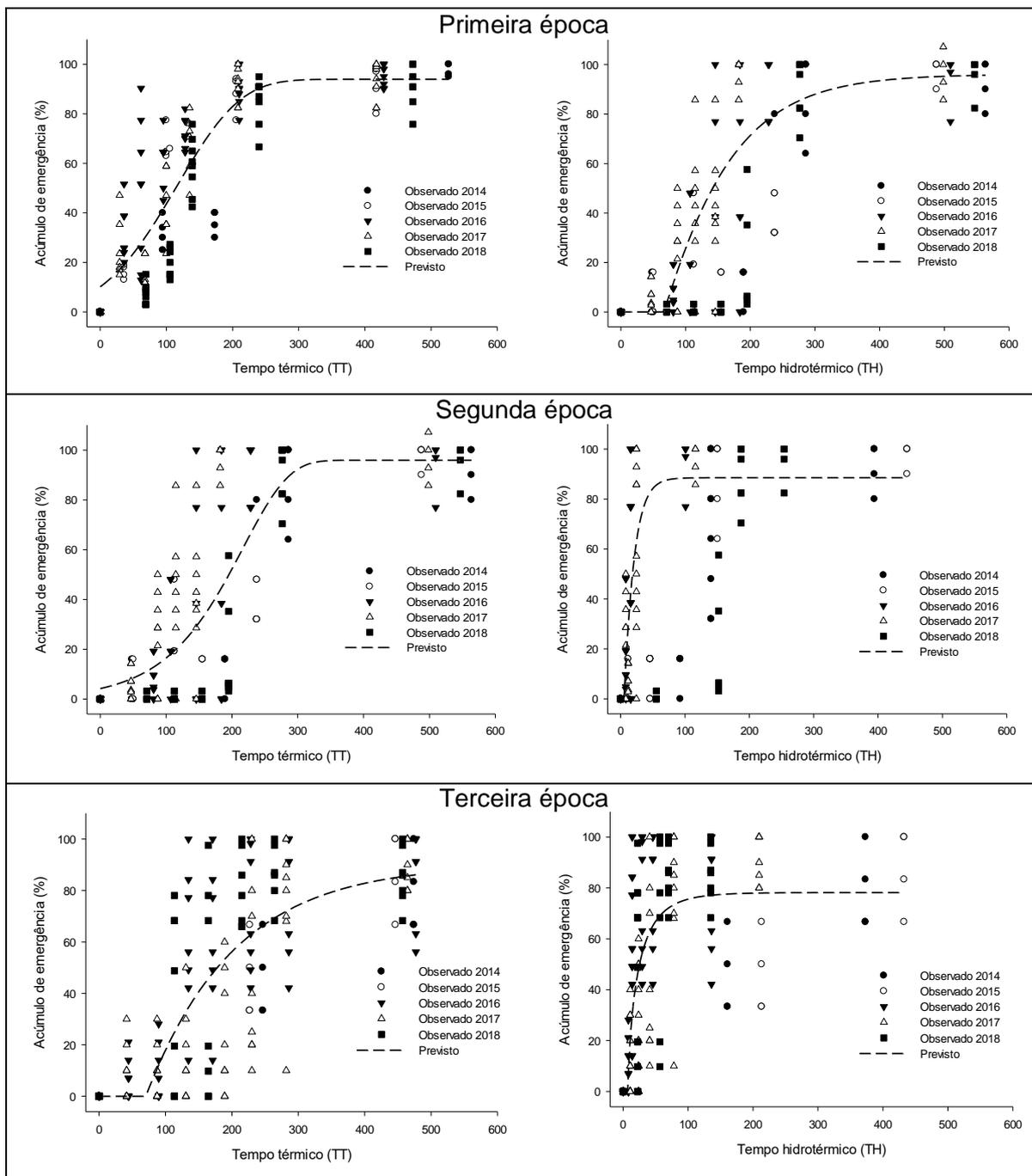


Figura 24 - Modelo de tempo térmico a esquerda e tempo hidrotérmico a direita para a emergência de picão-preto em três épocas de semeadura (20 de outubro; 10 de novembro e 01 de dezembro), respectivamente, nas estações de cultivo de 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018. UFPel, Capão do Leão-RS. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada.

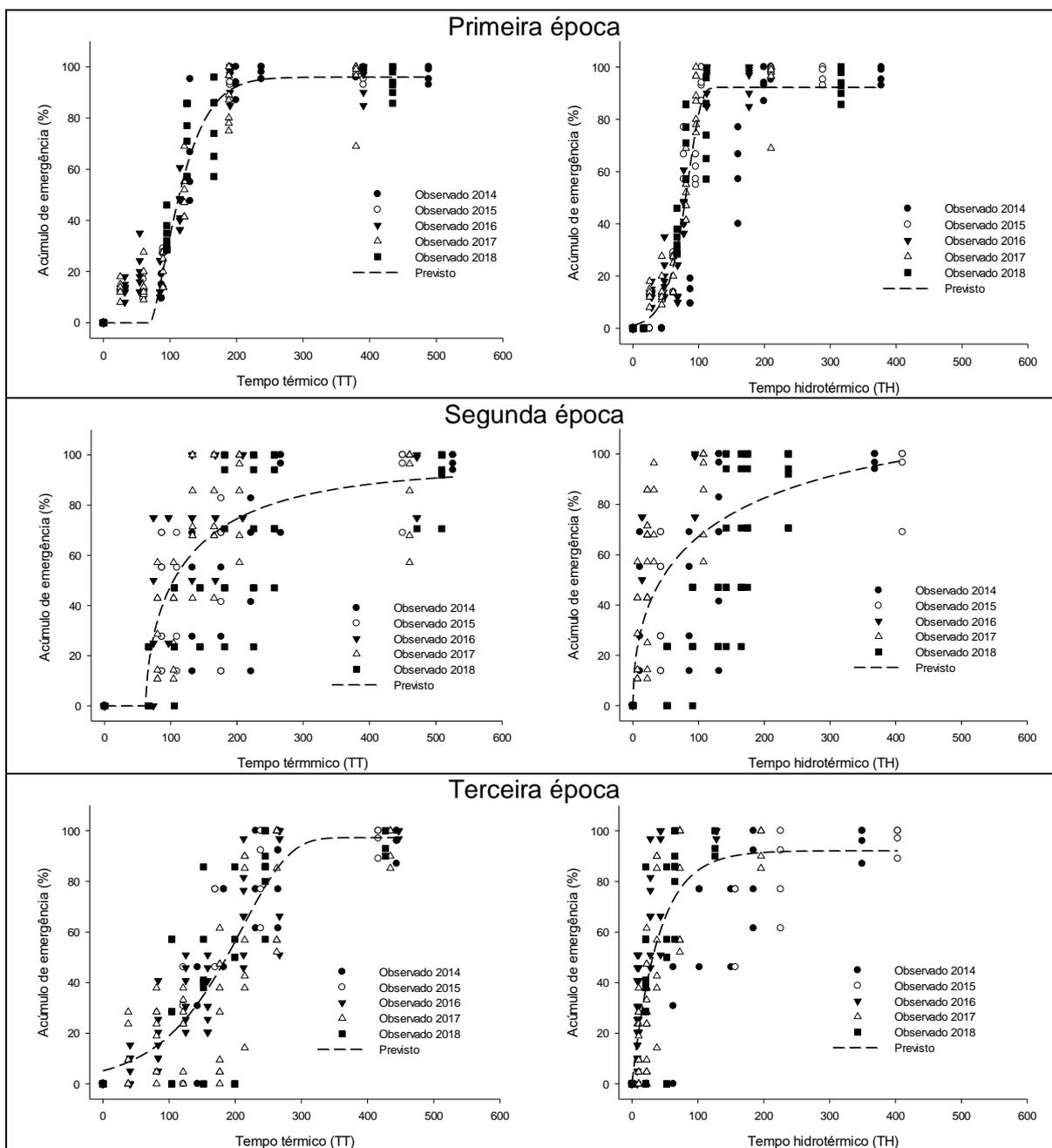


Figura 25 - Modelo de tempo térmico a esquerda e tempo hidrotérmico a direita para a emergência de corda-de-viola em três épocas de semeadura (20 de outubro; 10 de novembro e 01 de dezembro), respectivamente, nas estações de cultivo de 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018. UFPel, Capão do Leão-RS. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada.

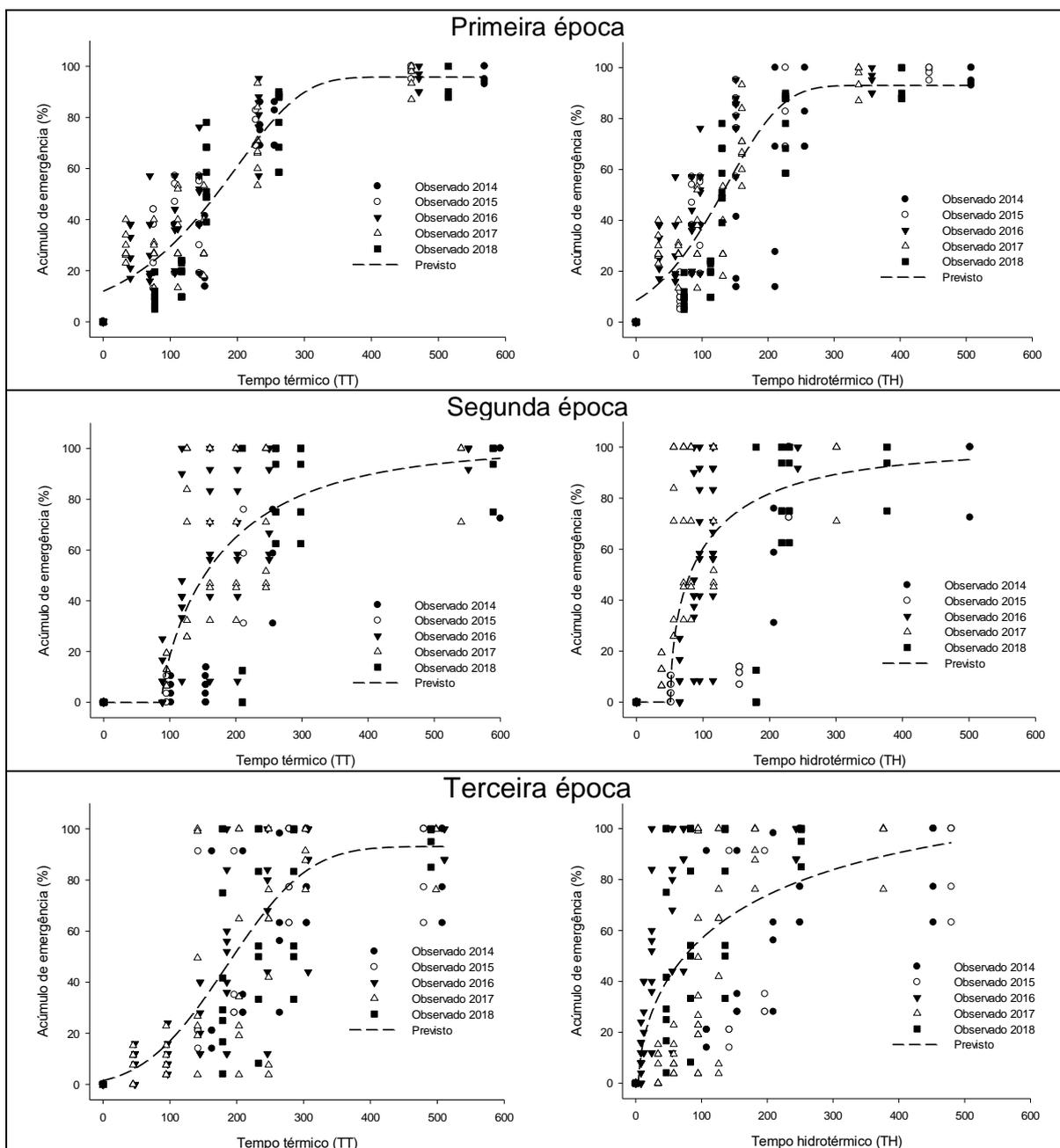


Figura 26. Modelo de tempo térmico a esquerda e tempo hidrotérmico a direita para a emergência de guanyma em três épocas de semeadura (20 de outubro; 10 de novembro e 01 de dezembro), respectivamente, nas estações de cultivo de 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018. UFPel, Capão do Leão-RS. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada.

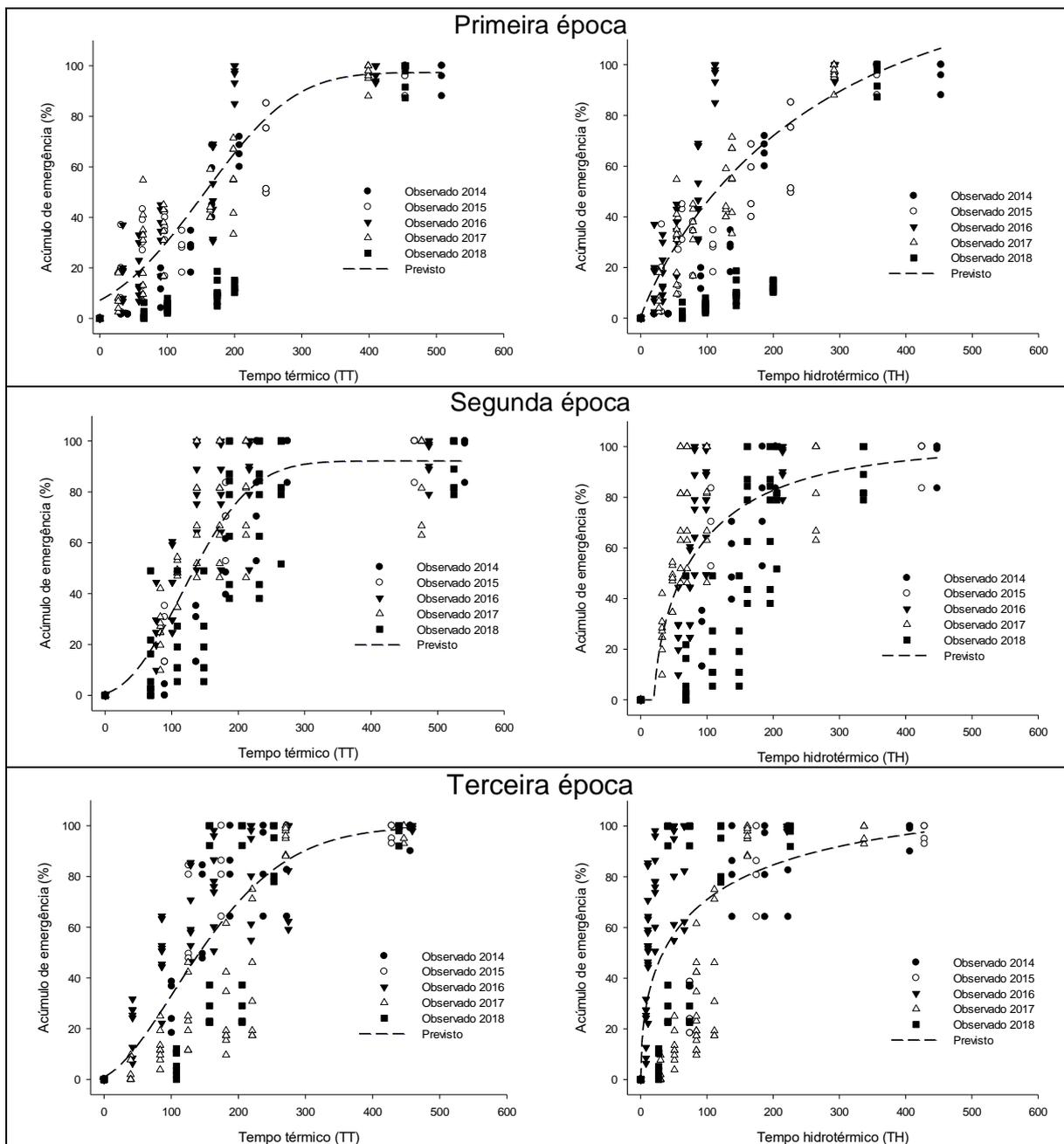


Figura 27 - Modelo de tempo térmico a esquerda e tempo hidrotérmico a direita para a emergência de milhã em três épocas de semeadura (20 de outubro; 10 de novembro e 01 de dezembro), respectivamente, nas estações de cultivo de 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018. UFPel, Capão do Leão-RS. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada.

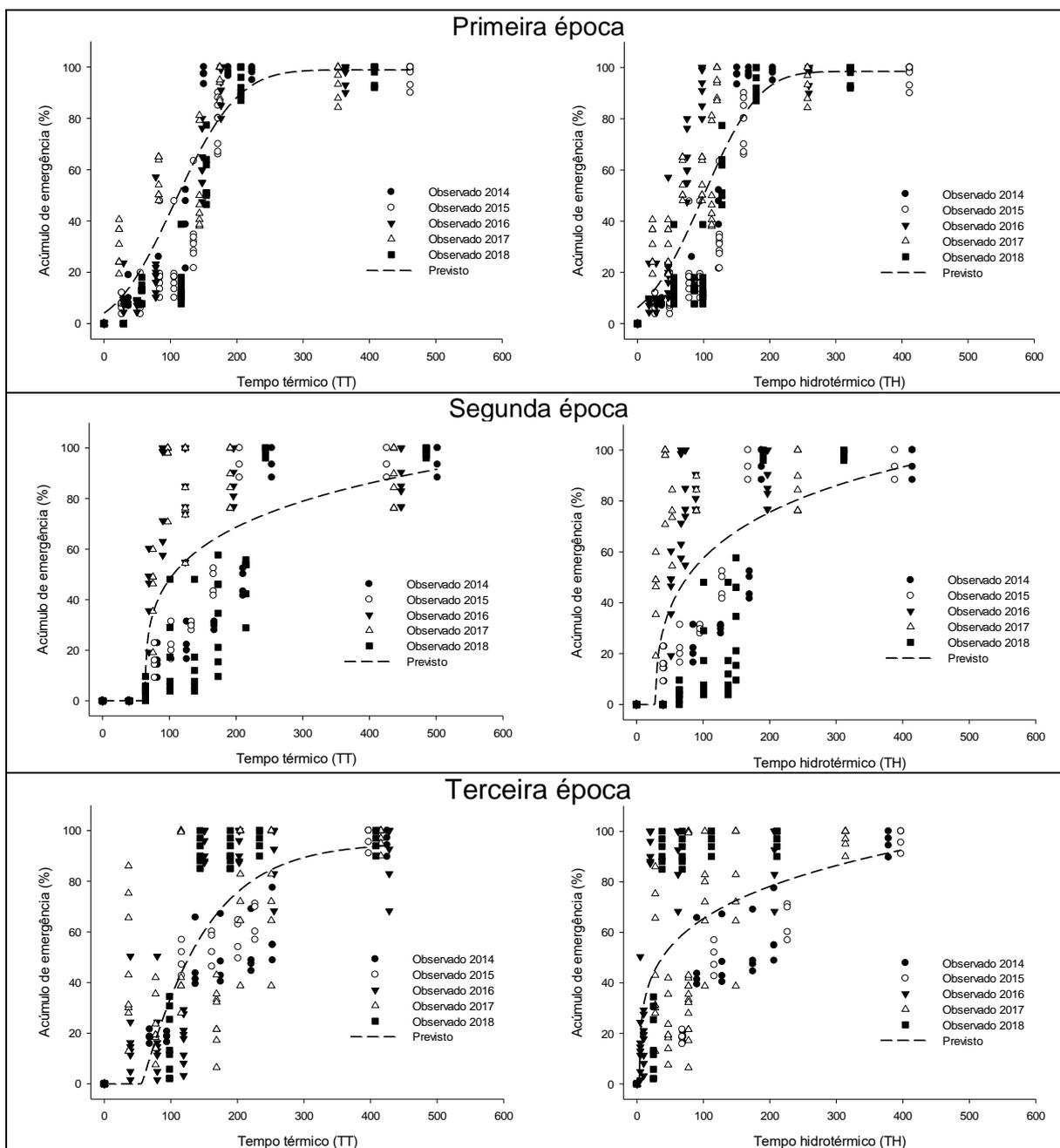


Figura 28 - Modelo de tempo térmico a esquerda e tempo hidrotérmico a direita para a emergência de papuã em três épocas de semeadura (20 de outubro; 10 de novembro e 01 de dezembro), respectivamente, nas estações de cultivo de 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018. UFPel, Capão do Leão-RS. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada.

O ajuste satisfatório dos modelos para prever a emergência de plantas daninhas baseado no TT e TH com comportamento muito similar decorre do grande número de dados e da variabilidade observada nos diferentes anos. Além disso, em poucos momentos o potencial hídrico do solo esteve abaixo do Ψ_b das espécies. Entretanto, observa-se que mesmo o modelo de TT possuindo ajuste satisfatório,

alguns parâmetros não foram significativos para picão-preto, corda-de-viola, guaxuma e papuã na segunda, terceira, primeira e segunda época de semeadura respectivamente (Tabela 13; 14; 15 e 17). Porém, quando é incluído o Ψ_b , o modelo apenas apresenta parâmetros de forma não significativo para corda-de-viola, na primeira época de semeadura (Tabela 14). Por outro lado, para milhã ambos os modelos se ajustaram nas três épocas de semeadura (Tabela 16). A precisão do modelo de TH é maior e se ajusta em ambas as épocas em função do potencial hídrico influenciar também no acúmulo de temperatura e não apenas a T_b , pois ambos os modelos iniciaram a acumulação de temperatura no momento da semeadura da cultura. Isso é confirmado pelo maior R^2 e menores erros padrões obtidos nos modelos de TH.

Os modelos TH melhoraram a precisão das previsões do modelo TT, principalmente em locais onde ocorrem períodos de déficit hídrico (LEGUIZAMON et al., 2005), mas a influência do TH pode ocorrer para algumas espécies mesmo em condições normais de disponibilidade de água no solo (WERLE et al., 2014a). O modelo de TH também foi mais preciso que o de TT para a emergência de capim-arroz em diferentes regiões da Itália (MASIN et al., 2010) e no RS (GOULART, 2019) e para outras espécies como relatado para *Lolium rigidum* (IZQUERDO et al., 2013), *Avena sterilis* (LEGUIZAMÓN et al., 2005), *Conyza bonariensis* (ZAMBRANO-NAVEA; BASTIDA; GONZALEZ-ANDUJAR, 2013).

Tabela 13 - Parâmetros estimados (a, T_{50} , b, c) da função de Weibull ajustada ao modelo de tempo térmico e hidrotérmico para picão-preto. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019

Modelo	a		T_{50}		b		c		R^2
A	93,94	±2,87	107,44	±5,83	355,27	±29,99	4,54	±0,59	0,85*
B	96,05	±5,02	137,61	±8,29	101,01	±16,92	1,08	±0,27	0,87*
C	95,91	±5,28	191,08	±15,66	112551,66	^{ns}	16091,86	^{ns}	0,63*
D	88,53	±2,56	16,25	±1,24	15,88	±4,04	1,06	±0,49	0,74*
E	90,27	±12,29	162,70	±19,72	133,02	±31,61	1,01	±0,61	0,70*
F	78,17	±4,57	17,89	±2,27	17,37	±4,12	0,73	±0,20	0,77*

* O modelo é significativo. ^{ns} Parâmetro não significativo. ± Erro padrão. A e B primeira época; C e D segunda época; E e F terceira época, para TT e TH respectivamente.

Tabela 14 - Parâmetros estimados (a, T₅₀, b, c) da função de Weibull ajustada ao modelo de tempo térmico e hidrotérmico para corda-de-viola. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019

Modelo	a		T ₅₀		b		c		R ²
A	99,96	±2,02	112,08	±2,14	54,34	±9,56	1,37	±0,34	0,91*
B	92,28	±1,52	77,46	±1,12	5928203,12 ^{ns}		32097,27 ^{ns}		0,91*
C	95,19	±10,92	99,52	±9,98	68,19	±22,62	0,60	±0,21	0,70*
D	120,15	±26,94	71,54	±18,60	148,67	±30,79	0,50	±0,23	0,75*
E	97,31	±4,02	183,83	±7,26	14080235,76 ^{ns}		194815,69 ^{ns}		0,73*
F	92,16	±4,75	27,77	±3,26	40,33	±6,24	0,99	±0,19	0,79*

* O modelo é significativo. ^{ns} Parâmetro não significativo. ± Erro padrão. A e B primeira época; C e D segunda época; E e F terceira época, para TT e TH respectivamente.

Tabela 15 - Parâmetros estimados (a, T₅₀, b, c) da função de Weibull ajustada ao modelo de tempo térmico e hidrotérmico para guanxuma. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019

Modelo	a		T ₅₀		b		c		R ²
A	95,78	±2,67	162,78	±6,33	867161,90 ^{ns}		8772,19 ^{ns}		0,81*
B	93,04	±3,06	121,55	±5,58	513,00	±20,61	6,89	±1,62	0,87*
C	99,65	±7,49	152,05	±11,20	105,00	±21,29	0,76	±0,15	0,80*
D	99,04	±11,72	79,45	±9,38	54,91	±23,37	0,57	±0,13	0,83*
E	93,12	±4,73	185,43	±10,02	307,23	±19,49	3,32	±2,42	0,78*
F	116,12	±20,62	105,33	±38,56	191,52	±30,35	0,57	±0,28	0,77*

* O modelo é significativo. ^{ns} Parâmetro não significativo. ± Erro padrão. A e B primeira época; C e D segunda época; E e F terceira época, para TT e TH respectivamente.

Tabela 16 - Parâmetros estimados (a, T₅₀, b, c) da função de Weibull ajustada ao modelo de tempo térmico e hidrotérmico para milhã. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019

Modelo	a		T ₅₀		b		c		R ²
A	97,36	±2,84	152,57	±5,98	361,42	±19,13	3,48	±2,40	0,84*
B	134,40	±35,29	177,98	±14,04	270,15	±14,06	0,87	±0,14	0,80*
C	92,18	±3,18	127,03	±6,07	175,16	±40,13	2,37	±1,35	0,71*
D	99,97	±14,61	64,71	±13,05	76,98	±25,87	0,66	±0,29	0,77*
E	99,70	±6,60	141,73	±10,60	192,00	±53,14	1,74	±0,72	0,78*
F	112,83	±19,79	47,55	±16,14	101,36	±45,66	0,48	±0,25	0,75*

* O modelo é significativo. ^{ns} Parâmetro não significativo. ± Erro padrão. A e B primeira época; C e D segunda época; E e F terceira época, para TT e TH respectivamente.

Tabela 17 - Parâmetros estimados (a, T₅₀, b, c) da função de Weibull ajustada ao modelo de tempo térmico e hidrotérmico para papuã. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019

Modelo	a		T ₅₀		b		c		R ²
A	98,94	±2,50	110,45	±4,25	200,29	±26,13	2,82	±1,04	0,85*
B	98,49	±3,55	98,64	±4,46	219,30	±10,06	3,38	±2,00	0,84*
C	204,66	^{ns}	775,19	^{ns}	2244,22 ^{ns}		0,32	±0,12	0,65*
D	148,86	±38,83	191,23	±19,87	382,74	±34,71	0,42	±0,16	0,75*
E	95,27	±6,22	122,70	±7,46	93,94	±20,80	1,07	±0,39	0,77*
F	128,04	±72,36	110,98	±16,20	207,75	±25,40	0,57	±0,26	0,78*

* O modelo é significativo. ^{ns} Parâmetro não significativo. ± Erro padrão. A e B primeira época; C e D segunda época; E e F terceira época, para TT e TH respectivamente.

Corroborando os resultados dessa pesquisa, Werle et al. (2014a), observaram que o modelo de TT é adequado para descrever a emergência de 17 espécies de plantas daninhas que emergem na primavera e no verão nos Estados Unidos. Uma das vantagens do modelo de TT em relação ao TH é que os parâmetros de temperatura do solo são facilmente acessíveis, tornando este tipo de modelo prático e útil para os agricultores (MASIN et al., 2010; LUNDY et al., 2014).

Observando os modelos para picão-preto, corda-de-viola, guanxuma, milhã e papuã, verifica-se que nas três épocas de semeadura a emergência é maior no início do ciclo de desenvolvimento da cultura (Figuras 24; 25; 26; 27 e 28). Isso também foi observado com plantas daninhas em cereais de inverno, onde 90% de emergência é alcançada entre 15 e 45 dias após a semeadura (FERNÁNDEZ-QUINTANILLA et al., 2000). Essa tendência é relatada para várias espécies de plantas daninhas, tanto poáceas, como eudicotiledôneas (ZANDONÁ, 2016), e geralmente garante o sucesso no estabelecimento e na perpetuação da espécie (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007). O crescimento linear é verificado principalmente em áreas de baixa infestação (SILVA et al., 2009), pois sabe-se que, com o desenvolvimento da cultura ou da emergência de plantas daninhas, esta tende a se estabelecer ou diminuir em função da capacidade de suporte do ambiente e/ou pela capacidade inata de auto desbaste em áreas com recursos e condições limitantes (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007).

Houve alteração no número de plântulas de picão-preto, corda-de-viola, guanxuma, milhã e papuã que emergiram entre as épocas e os anos de monitoramento da emergência. Entretanto, dos cinco anos de avaliação, em três anos (2014, 2017 e 2018) os maiores fluxos de emergência ocorreram na terceira época e em 2015 e 2016 na segunda época de semeadura da soja. Cabe ressaltar que a semeadura realizada em outubro ou na primeira quinzena de novembro é mais propensa a apenas um fluxo contínuo de emergência de plantas daninhas, enquanto que a semeadura no início de dezembro pode ser influenciada por mais de um fluxo e em maior velocidade de emergência.

Diferentes fluxos de emergência de plantas daninhas entre épocas de semeadura e anos são relatados para várias espécies de plantas daninhas em diferentes culturas como cereais de inverno (IZQUIERDO et al., 2013), soja e milho (MASIN et al., 2014) e arroz (GOULART, 2019). Entretanto, é difícil apontar com exatidão as causas da redução ou aumento do número de emergência de plantas

daninhas em cada fluxo de emergência, pois vários fatores podem estar envolvidos. Entre os principais aspectos, destacam-se as alterações climáticas durante as épocas e anos (Figura 22), o não revolvimento do solo, a cobertura do solo (Tabela 18), e as condições de dormência, que certamente podem ter interferido no surgimento e estabelecimento das plantas daninhas.

Tabela 18 - Cobertura de palha de aveia preta (kg ha^{-1}) na área durante o monitoramento da emergência de plantas daninhas. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019

Época	Palha (kg ha^{-1})				
	2014	2015	2016	2017	2018
Primeira	2,470	4,910	4,560	5,910	5,320
Segunda	2,980	4,300	4,910	6,300	4,970
Terceira	3,730	4,560	5,160	6,560	5,270

A população de cada espécie é informação importante na determinação da capacidade competitiva (BALBINOT et al., 2003). Em todas as épocas avaliadas papuã apresentou em média dos cinco anos as maiores populações (285, 377 e 328 plantas m^{-2}), seguida por milhã (145, 101 e 239 plantas m^{-2}). Guanxuma, picão-preto, corda-de-viola, emergiram em menor quantidade em todas as épocas, mas cada uma tende se sobressair em algumas das épocas, sendo guanxuma na primeira época (82 plantas m^{-2}), picão-preto na segunda (41 plantas m^{-2}) e corda-de-viola na terceira (54 plantas m^{-2}). Essa densidade populacional de espécies pode ser atribuída à competição interespecífica exercida por uma espécie dominante, inibindo o desenvolvimento de outras (JAKELAITIS et al., 2003). O desenvolvimento de papuã e milhã é muito vigoroso, mas o predomínio dessas espécies pode ser atribuído ao elevado banco de sementes na área (Figura 22).

Mesmo em baixas populações, espécies eudicotiledôneas podem causar sérios prejuízos às culturas, pois três plantas de corda-de-viola m^{-2} podem ocasionar prejuízos de 10% (VOLL et al., 2002), 10 plantas de guanxuma causam 4% e oito plantas de picão-preto 10% (RIZZARDI, 2002) de perdas de produtividade na cultura da soja. Assim a modelagem se justifica mesmo em baixas populações, para auxiliar na tomada de decisão e evitar perdas de produtividade acima do nível de dano econômico. A predominância de uma terceira espécie em cada época está relacionada à biologia da espécie, principalmente relacionado a temperatura base exigida para emergência (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007).

Com base nos modelos termais e hidrotermais de emergência desenvolvidos, as espécies podem ser classificadas em três padrões de emergência, precoce, médio e tardio, conforme sugerido por Dorado et al.(2009) e Werle et al. (2014) para outras espécies anuais de verão. Deste modo, papuã e milhã são classificados como espécies de emergência precoce com fluxo prolongado, enquanto que, guanxuma e picão-preto são classificadas como intermediário e fluxo curto. Por outro lado, corda-de-viola tem aparecimento tardio e fluxo curto.

Esses padrões de emergência foram relatados para *Abutilon theophrasti*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Chenopodium album*, *Datura stramonium*, *Datura ferox*, *Digitaria sanguinalis*, *Sorghum halepense*, que emergem no início do ciclo da cultura; *Cyperus rotundus*, *Echinochloa Crus-galli*, *Setaria faberi*, *Setaria pumila*, *Setaria viridis*, *Solanum ptychanthum*, *Solanum nigrum* e *Xanthium strumarium*, são espécies com emergência intermediária, durante o ciclo da cultura(DORADO et al., 2009; WERLE et al., 2014a). Espécie como *Amaranthus retroflexus*, *Amaranthus rudis*, *Ipomoea hederacea*, *Sonchus oleraceus* e *Sorghum bicolor*, tem aparecimento tardio (DORADO et al., 2009; WERLE et al., 2014a).

Conhecendo as principais espécies por fluxo de emergência e sabendo que o momento em que ocorrem 70 a 80% da emergência das plantas daninhas é o momento ideal para intervir com medidas de controle (OTTO et al., 2009), diferentes estratégias de manejo podem ser adotadas para cada época de semeadura. Na primeira, segunda e terceira época, o tempo em dias necessário para ocorrer 70 a 80% da emergência das espécies ocorre apenas aos 20, 16 e 12 dias após a semeadura, respectivamente (Figura 29). Esses resultados corroboram com os dados de período anterior à interferência (PAI), que estão na faixa destes períodos para a soja (CONSTANTIN et al., 2007; MESCHÉDE et al., 2004; SILVA et al., 2009a; ZANDONÁ et al., 2018), confirmando o momento para fazer o controle de plantas daninhas em pós-emergência.

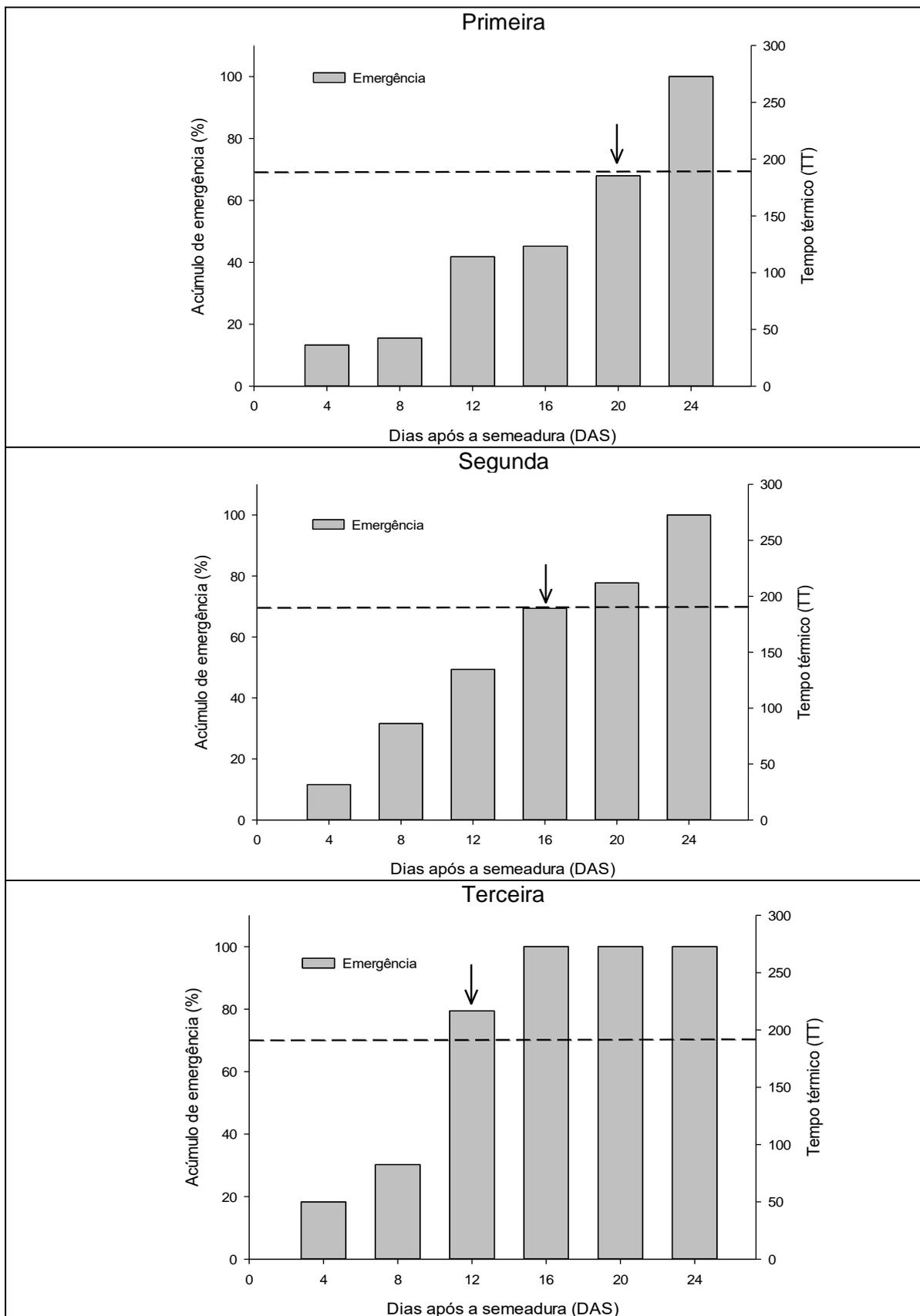


Figura 29 - Períodos estimados de emergência para cada uma das três épocas de semeadura (20 de outubro; 10 de novembro e 01 de dezembro). UFPel, Capão do Leão-RS. 2019. Linhas tracejada indicam a porcentagem de emergência para controle.

Os resultados obtidos nesse trabalho permitem organizar o planejamento de manejo para a cultura da soja com base na época de semeadura e em função da emergência de plantas daninhas ao longo do ciclo da cultura. Assim, para a primeira época, o controle químico preconizado seria realizado com a aplicação de herbicida em pós-emergência com efeito residual, em função do fluxo de emergência ser mais lento. Para a segunda e terceira época, é necessária realizada dessecação, associada com herbicida pré-emergente para garantir efeito residual e o estabelecimento inicial da cultura livre da presença de plantas daninhas.

O modelo de emergência para as espécies parece ser robusto o suficiente para ser utilizado como ferramenta no manejo de plantas daninhas, em função do grande conjunto de dados utilizados. Quanto maior o conjunto de dados, melhor é a estimativa dos parâmetros, entretanto modelos com grandes e complexos conjuntos de entrada de dados nem sempre são completos e confiáveis (COLBACH et al., 2006). Para evitar o excesso de parametrização, a decomposição em sub processos deve ser restrita aos aspectos que interagem com sistemas de cultivo, processos biológicos e efeitos ambientais (COLBACH et al., 2006; MASIN et al., 2014).

No trabalho atual o modelo descreve a emergência das espécies à campo não em quantidade, mas a proporção de emergência que ocorre em vários tempos termais e hidrotermais. Com base nesse modelo, é possível monitorar o fluxo de emergência de plantas daninhas em extensas áreas através de informações meteorológicas. Essas informações podem ser utilizadas para georreferenciar áreas e confeccionar mapas mais rapidamente e, assim, colaborar na tomada de decisão de controle, quando e onde o nível de dano econômico será alcançado (SANTI et al., 2014). Além disso, como vários modelos já existem para prever a emergência de plantas daninhas, estes podem ser usados em conjunto para auxiliar na escolha de opções de gerenciamento (BATLLA et al., 2009; ONOFRI et al., 2011; BODDY; BRADFORD; FIXCHER, 2012).

O benefício de usar TH em vez de TT é devido à sua capacidade para prever possíveis pausas de emergência causadas pela baixa umidade do solo, o que é importante para reduzir o erro na prática, ou seja, quando o modelo de emergência está sendo aplicado (MASIN et al., 2014). Neste caso, o modelo de TH evita aplicações precoces de herbicidas na lavoura, permitindo o melhor momento de controle de plantas daninhas. Por exemplo, se o agricultor decide controlar plantas daninhas com herbicida pós-emergente é necessário esperar até que a maioria das

plantas tenham emergido, mas que não ultrapassem o estágio de controle. Com base nisso, o produtor poderá decidir realizar a aplicação do herbicida quando a emergência cumulativa atingir 70 a 80% avaliando os estágios de desenvolvimento de plantas daninhas. Salienta-se também que os modelos podem ser utilizados como parâmetros para o planejamento de práticas de manejos para várias culturas de verão cultivadas no sistema de semeadura direta.

Os modelos desenvolvidos podem ser utilizados como preditor de emergências de plantas daninhas ao longo do ciclo da cultura em diferentes épocas de semeadura, através de informações climáticas de satélites e/ou estações meteorológicas. Com essas informações é possível georreferenciar áreas e confeccionar mapas mais rapidamente para aplicar herbicidas com precisão, quando e onde o nível de dano econômico é atingido. Ainda alertas de infestações de plantas daninhas podem ser desenvolvidos para auxiliar no planejamento das lavouras em diferentes regiões. Salienta-se, que esses modelos devem ser associados ao nível de dano econômico e ao período anterior a interferência para definir com precisão o nível populacional da planta daninha a ser controlada.

2.4 Conclusões

As temperaturas base, ótima e máxima para picão-preto são 10,40; 24,70 e 41,90 °C; corda-de-viola são 11,20; 29,50 e 43,80 °C; guanxuma são 9,50; 24,70 e 42,40 °C; milhã são 10,90; 27,10 e 45,00 °C; e, para papuã são 11,70; 30,70 e 45,80 °C, respectivamente.

O potencial hídrico base para emergência de picão-preto, corda-de-viola, guanxuma, milhã e papuã é de -0,85; -0,80; -1,20; -1,50 e -1,10 MPa, respectivamente.

O banco de sementes de plantas daninhas na área é elevado e composto por 14 espécies de plantas daninhas.

Ambos modelos de tempo térmico e hidrotérmico são adequados para prever a emergência de picão-preto, corda-de-viola, guanxuma, milhã e papuã nas três épocas de semeadura e servem como ferramenta para a tomada de decisão sobre o uso de medidas de controle em função das condições ambientais.

3 CAPÍTULO II – Produção de sementes, longevidade e persistência no banco de sementes de *Bidens pilosa*, *Ipomoea grandifolia*, *Sida rhombifolia*, *Digitaria* spp. e *Uruchloa plantaginea* em Argissolo

3.1 Introdução

O sucesso da sobrevivência das plantas daninhas está diretamente vinculado à existência de sementes, as quais representam a estrutura regenerativa e dispersiva no tempo e espaço das comunidades vegetais. Além de conterem a carga genética dos progenitores, as sementes apresentam a capacidade de responder a estímulos do ambiente, durante ou após a sua formação, permitindo alterar o comportamento a partir do desprendimento da planta mãe (VIVIAN et al., 2008). Assim, devido à ação do ambiente, muitas espécies de plantas desenvolveram evolutivamente mecanismos que permitissem a sua sobrevivência (GARDARIN; COLBACH, 2014). Dentre estes, a dormência de sementes representa uma das principais habilidades das espécies vegetais de garantir a sobrevivência e perpetuação da espécie (VIVIAN et al., 2008).

A dormência é a condição intrínseca da semente que impede a germinação sob condições ambientais desfavoráveis (NARWAL; SINDEL; JESSOP, 2008). Do ponto de vista evolutivo, a dormência é considerada estratégia importante para prolongar a longevidade das sementes e evitar a germinação e emergência em períodos onde às condições de umidade e temperatura do solo, disponibilidade de oxigênio e luminosidade não são adequadas para o desenvolvimento da espécie (GARDARIN; COLBACH, 2014).

As sementes de angiospermas ortodoxas podem apresentar dormência classificada como fisiológica, morfológica, morfofisiológica, física, ou a combinação de duas dormências (BASKIN; BASKIN, 2004). Dentre as causas fisiológicas, sementes

recentemente amadurecidas apresentam dormência primária, quando esta se desenvolve durante a maturação da semente na planta mãe, por outro lado, se as sementes não são dormentes após a desconexão com a planta mãe e entram em dormência por algum outro fator, a dormência é classificada como secundária (BASKIN; BASKIN, 2004; FENNER; THOMPSON, 2005). Já, sementes não dormentes que não germinam devido à ausência de um ou mais fatores ambientais (umidade, luz, escuro, entre outros) são caracterizadas como quiescentes, em latência forçada ou pseudodormência (BASKIN; BASKIN, 2004).

O banco de sementes de plantas daninhas do solo é preocupação constante para os agricultores, porque ele representa tanto o passado quanto o futuro da emergência de plantas daninhas (SWANTON; BOOTH, 2004). As características intrínsecas de cada espécie e o manejo afetam a persistência das sementes no solo, influenciando na distribuição vertical e horizontal dos propágulos no perfil de solo que dispõe de microambiente com diferentes condições bióticas e abióticas, favoráveis ou não para sobrevivência (LUTMAN et al., 2002; CHAUHAN; GILL; PRESTON, 2006). Também, ressalta-se que as plantas daninhas anuais, de reprodução sexuada, possuem germinação escalonada, com flutuações populacionais, reguladas pelo ambiente e pelas características endógenas e exógenas da semente (YAMASHITA; GUIMARÃES, 2010).

O sucesso das espécies daninhas anuais em sistemas de cultivo pode ser avaliado através da taxa de produção e dispersão de sementes para o banco no solo, a partir deste ponto, a sincronização da germinação (determinado por fatores que controlam a saída da dormência), a capacidade da espécie de germinar em altas taxas (determinado pela resposta da semente a fatores ambientais, principalmente a temperatura) e a longevidade (determinada pelo genótipo em resposta aos fatores ambientais que promovem a deterioração) apresentam papel determinante no destino ecológico das estruturas reprodutivas (GUNDEL; MARTÍNEZ-GHERSA; GHERSA, 2008). A longevidade das sementes determina tanto o número de sementes potencialmente emergentes, quanto à frequência de aparecimento da espécie no sistema de cultivo agrícola (GARDARIN; COLBACH, 2014).

A avaliação da viabilidade e longevidade do banco de sementes de plantas daninhas no solo permite determinar a capacidade de sobrevivência e persistência das espécies sobre diferentes condições, podendo auxiliar na tomada de decisões para o planejamento do manejo de plantas daninhas (CARVALHO;

CHRISTOFFOLETI, 2007). Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar a produção de sementes, longevidade e persistência no banco de sementes de picão-preto, corda-de-viola, guanxuma, milhã e papuã em Argissolo.

3.2 Material e Métodos

O experimento foi realizado em campo, na área experimental do Centro de Herbologia da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), na área experimental do Centro Agropecuário da Palma (CAP/UFPel), em Capão do Leão, RS (31°48'30" S, 52°30'14,5" W) entre os meses de julho de 2017 a novembro de 2018. Os testes para avaliar a qualidade fisiológica das sementes foram conduzidos no Laboratório Didático de Análise de Sementes da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel/UFPel.

Para estimar a produção de sementes viáveis por planta de picão-preto, corda-de-viola, guanxuma, milhã e papuã, 20 plantas por espécie foram selecionadas aleatoriamente da área experimental e mantidas isoladas e sem competição durante o seu desenvolvimento. As plantas foram marcadas e acompanhadas semanalmente durante a sua produção de sementes no estágio reprodutivo. As sementes foram coletadas por armadilhas instaladas em suas inflorescências, sendo avaliada a estatura (cm); o número de filhotes ou ramificações; o número de inflorescências por capítulos ou panículas; o número de sementes por capítulo ou panícula; e a produção total de sementes por plantas. As sementes coletadas foram contadas e submetidas ao teste de tetrazólio com o sal 2,3,5 trifenil cloreto de tetrazólio a 1,0%, onde foi considerada semente viável aquela que apresentou cor rosa ou carmim na semente (BRASIL, 2009).

Para o experimento de longevidade e persistência foram utilizadas sementes de picão-preto, corda-de-viola, guanxuma, milhã e papuã previamente coletadas na própria área experimental. Cada unidade experimental foi composta por saco feito de malha de nylon (10 x 10 cm), no qual foram acondicionadas 125; 50; 75; 50 e 57 sementes de picão-preto, corda-de-viola, guanxuma, milhã e papuã respectivamente, distribuídas em 50 g de solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo de textura franco-arenosa, pertencente à unidade de mapeamento de Pelotas (EMBRAPA, 2013). Essas quantidades diferentes de sementes por espécie, foi selecionada em função da viabilidade dos lotes de sementes, sendo essas as que proporcionaram obter 50 sementes viáveis na amostra. O experimento foi conduzido em esquema

fatorial (3 x 5) em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. O fator A correspondeu a três profundidades de enterrio das sementes (0,0, 3,0 e 6,0 cm) e, o fator B compreendeu cinco épocas de coleta/resgate (0, 1, 4, 10 e 16 meses).

Os sacos foram alocados a profundidade desejada no tratamento sendo a camada de solo removida, e repostada na sua condição original, exceto para a profundidade de enterrio de 0 cm, onde o saco contendo solo e sementes foi disposto sobre a superfície do solo. Sobre a área foi realizado o cultivo da cultura da soja durante o verão, já durante o inverno a área foi mantida com ausência de cultivo. O manejo de plantas daninhas foi realizado com aplicações de glifosato na dessecação e pós-emergência da cultura, sendo que os demais tratamentos culturais foram realizados de acordo com as recomendações técnicas do cultivo de soja (EMBRAPA, 2014).

Para avaliar a qualidade das sementes de cada espécie, foram realizadas coletas no período descrito para épocas de coleta/resgate. Em cada coleta foram extraídas as sementes do saco através de lavagem da amostra com o auxílio de borrifador em conjunto de peneiras com tamanhos de 16, 32 e 60 mesh. As espécies de plantas daninhas foram retidas nas peneiras de 16 e 32 mesh. Após lavagem a amostra foi deixada em papel filtro para secar por período de 24 horas, sendo então analisada em estereoscópio de luz para extrair as sementes remanescentes, as quais foram colocadas em água destilada por dois minutos e submetidas ao teste de germinação para determinar sua qualidade fisiológica.

As sementes de corda-de-violão, guanxuma, papuã e milhã foram colocadas sobre papel mata-borrão, o qual foi utilizado como substrato, previamente umedecido com água destilada na proporção de três vezes a massa do papel seco, e alocadas em caixas tipo gerbox. Já, as sementes de picão-preto foram dispostas sobre duas folhas de papel germitest[®], embebido com água destilada em três vezes a massa para realização do teste, uma vez que, a embebição das sementes demonstrava-se limitada em caixas gerbox, para esta espécie em específico.

O teste de germinação foi conduzido em câmara tipo BOD a temperaturas alternadas, oito horas de luz (30,0 °C) e 16 horas de escuro (20,0 °C), sendo a germinação apurada aos 21 dias após a semeadura (DAS) (BRASIL, 2009). As variáveis analisadas neste experimento foram: sementes remanescentes, germinação (G), sementes mortas e dormentes sendo os resultados expressos em porcentagem (BRASIL, 2009). A porcentagem de sementes remanescentes foi calculada baseando-se no número inicial de sementes por repetição, enquanto as porcentagens de

germinação, sementes mortas e dormentes os cálculos foram realizados baseando-se no número de sementes remanescentes.

Após a finalização do teste de germinação foi verificada a viabilidade das sementes dormentes através do teste de tetrazólio como descrito anteriormente (BRASIL, 2009). Para isso as sementes foram colocadas na solução de tetrazólio, em recipiente de vidro transparente e fechado com papel alumínio, para evitar a entrada de luz por 24 horas a temperatura de $30^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ (BRASIL, 2009). A porcentagem de viabilidade foi calculada baseada no número de sementes dormentes do teste de germinação. Ainda, foi calculada a persistência, que expressa o somatório do número sementes germinadas em laboratório e sementes viáveis no teste de tetrazólio, descontadas do número original de sementes por repetição, e expressas em porcentagem.

Os dados foram analisados quanto à normalidade e, posteriormente, submeteram-se os mesmos à análise de variância ($p \leq 0,05$). Em caso de significância estatística realizou-se análise de regressão para as épocas de coleta, testando-se os modelos: polinomial linear e quadrático, sigmoidal não linear, exponenciais decrescentes de dois e três parâmetros e distribuição de Gaussian, com auxílio do programa SigmaPlot 12.0 (SIGMAPLOT, 2012), ajustando o modelo que apresentou o melhor R^2 e o menor desvio padrão dos resíduos.

As variáveis sementes remanescentes (picão-preto), germinação (picão-preto), dormência (picão-preto, corda-de-viola, guanxuma e papuã), e, persistência (picão-preto), ajustaram-se à equação de regressão do tipo exponencial decrescente de três parâmetros:

$$y = y_0 + a \cdot e^{(-b \cdot x)}$$

onde: y = variável resposta de interesse; x = épocas de coleta; e = função exponencial; y_0 = é o intercepto (valor da resposta para $x=0$); a = diferença entre os pontos máximo e mínimo da variável e b = declividade da curva.

A variável sementes remanescentes em guanxuma se ajustou à equação de regressão do tipo exponencial decrescente de dois parâmetros:

$$y = a \cdot e^{(-b \cdot x)}$$

onde: y = variável resposta de interesse; x = épocas de coleta; e = função exponencial; a = diferença entre os pontos máximo e mínimo da variável e b = declividade da curva.

Para as variáveis sementes remanescentes (papuã e milhã), e, persistência (corda-de-viola, guanxuma, papuã e milhã), a modelo sigmoidal não linear demonstrouse o mais adequado:

$$y = a/(1+e^{-(x-x_0)/b})$$

sendo que y = representa a variável resposta; x épocas de coleta; e , a , x_0 e b são parâmetros da equação, em que a é a diferença entre os pontos máximo e mínimo da curva, x_0 são os meses que proporcionam 50% de resposta da variável e b é a declividade da curva.

Para os dados das variáveis mortalidade (picão-preto), e, sementes remanescentes (corda-de-viola), a equação de regressão de tipo polinomial linear foi a mais adequada:

$$y = a + bx$$

onde: y = variável resposta de interesse; x = épocas de coleta; a = é o intercepto ou coeficiente linear e b = representa a inclinação da reta.

Os dados da variável germinação para papuã foram ajustados ao modelo quadrático:

$$y = a + b*x + c*x^2$$

onde: y = variável resposta de interesse; x = épocas de coleta; a = é o intercepto (valor da resposta para $x=0$); b = é a taxa de variação na origem; e, c = mede o grau de curvatura e orientação da concavidade da parábola.

Nas variáveis germinação (guanxuma), dormência (milhã) e mortalidade (corda-de-viola e papuã) os dados se ajustaram a equação de regressão, do tipo distribuição de Gaussian:

$$y = a * e^{-0,5*((x-x_0)/b)^2}$$

onde: y = variável resposta de interesse; x = são as épocas de coleta; a = representa a diferença entre os pontos máximo e mínimo da variável; b = declividade da curva; e, x_0 = ponto máximo da variável.

Estimou-se a variação no tempo (meses) do estado das sementes no solo, nas variáveis: germinação, mortalidade, viabilidade (sementes viáveis e inviáveis), e, predação ou deterioração das sementes, a partir das médias.

3.3 Resultados e Discussão

Neste tópico serão inicialmente apresentados os dados referentes aos componentes de produtividades das plantas daninhas estudadas, e em seguida, será demonstrado a longevidade e persistência no banco de sementes detalhada para cada espécie de planta daninha.

3.3.1 Componentes de produtividade de sementes

Observou-se que as espécies possuem capacidade para produzir grande quantidade de órgão de perpetuação da espécie, mas poucos desses órgão se tornaram propágulos viáveis. Dentre as espécies, corda-de-viola apresenta a maior viabilidade de sementes 95%, seguido por milhã 74%, picão-preto com 64%, guanxuma 56% e papuã com apenas 33%. Em sua grande maioria são órgãos que não apresentavam estruturas de reserva ou embrião (sementes vazias). Esses resultados são fruto do padrão de alocação de recursos das espécies, que pode variar entre indivíduos e ser influenciado por condições ambientais (FLECK et al., 2003). A variação na produção de sementes por planta foi atribuída 40% ao tamanho da planta e das sementes e 60% às diferenças de nicho, estratégias de alocação e de exigência de recursos (JAKOBSSON; ERIKSSON, 2000). Salienta-se ainda, que a produção de sementes pelas plantas daninhas pode variar consideravelmente em função da densidade e da época de sua emergência em relação à cultura (FLECK et al., 2003).

No presente estudo estima-se que uma planta isolada de corda-de-viola, tem a capacidade de produzir em média 1626, sementes viáveis por planta, mas essa pode variar de 952,0 a 2.528,0 sementes (Tabela 19). Para as outras espécies, mesmo com baixa fecundidade (FLECK et al., 2003), uma planta de picão-preto pode produzir 2.065,0 a 11.062,0, guanxuma 3.243,0 a 16.827,0, milhã 3137,0 a 14.902,0 e papuã 713,0 a 4.709,0 sementes por planta, o que demonstra o alto poder de infestação e renovação do banco de sementes dessas espécies em áreas agrícolas.

No geral, as plantas daninhas apresentam prolífica produção de sementes, mas com número médio de propágulos bastante variável de uma espécie para outra (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007). Os resultados corroboram com os relatados na literatura, onde *Ipomoea grandifolia* é capaz de produzir 5.000 e 6.000 sementes por planta e *Bidens pilosa* 3000 a 6000 sementes germináveis e *Digitaria horizontalis* e *D. ciliares* que podem produzir até 8.000 sementes (KISSMAN; GROTH, 1999; LORENZI, 2000), e *Urochloa plantaginea* que produz em média 1.218,0 sementes

(KISSMAN; GROTH, 1999). Por outro lado, o número de sementes estimadas para *Sida rhombifolia* é superior as 510 sementes sugeridas por Zimdahl (2007). Quando avaliado a produção de sementes de plantas de guanxuma em função da densidade de planta e épocas de semeadura da soja após a dessecação relatou-se quantidades de 275 a 1056 sementes por planta (FLECK et al., 2003), sugerindo que uma planta isolada de guanxuma, livre da competição pode produzir maior número de sementes. As variações na produção de sementes pelas plantas daninhas representam estratégias evolutivas que as capacitam a explorar determinada área e garantir a sobrevivência da espécie através de sua longevidade no solo.

Tabela 19 - Componentes de produtividade de picão-preto, corda-de-viola, guanxuma, milhã e papuã. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.

Espécies	Estatura (cm)	Número de ramificações ou afilhos	Inflorescência: capítulo ou panícula	Sementes por capítulo ou panícula	Número de sementes
<i>Bidens pilosa</i>	117	5 a 10	50 a 300	20 a 60	5969,0
<i>Ipomoea grandifolia</i>	200	3 a 10	200 a 650	4	1626,0
<i>Sida rhombifolia</i>	70	3 a 10	300 a 2000	6 a 9	6089,0
<i>Digitaria</i> sp.	50	90 a 160	90 a 160	20 a 200	8332,0
<i>Urochloa plantaginea</i>	30	8 a 14	30 a 200	50 a 150	1836,0

A alta produção e dispersão de sementes, são características importantes que conferem o sucesso de uma planta daninha a colonizar áreas agrícolas (BAKER, 1974). Essas características, também contribuem com a persistência de sementes de plantas daninhas no solo (RODRIGUES et al., 2000). Outros estudos afirmam que as plantas daninhas não eliminadas de uma área, mesmo crescendo em condições desfavoráveis, podem produzir grande número de sementes, o que resulta em um banco de sementes potencialmente maior para os anos seguintes (LINDQUIST et al., 1995; CARVALHO et al., 2005).

3.3.2. Longevidade e persistência do banco de sementes

Bidens pilosa

A análise dos dados demonstrou interação significativa entre profundidade de enterrio e épocas de coleta (tempo de enterrio) somente para a variável sementes remanescentes (SR), enquanto para germinação (G), dormência (D), mortalidade

(MS) e persistência (PER) verificou-se efeito simples do tempo de enterrio (Figura 30 A-E). Para a variável sementes remanescentes, observou-se redução na porcentagem de sementes resgatadas no decorrer das épocas de coleta, independente da profundidade de enterrio, onde os dados se ajustaram à equação de regressão exponencial decrescente (Figura 30 A).

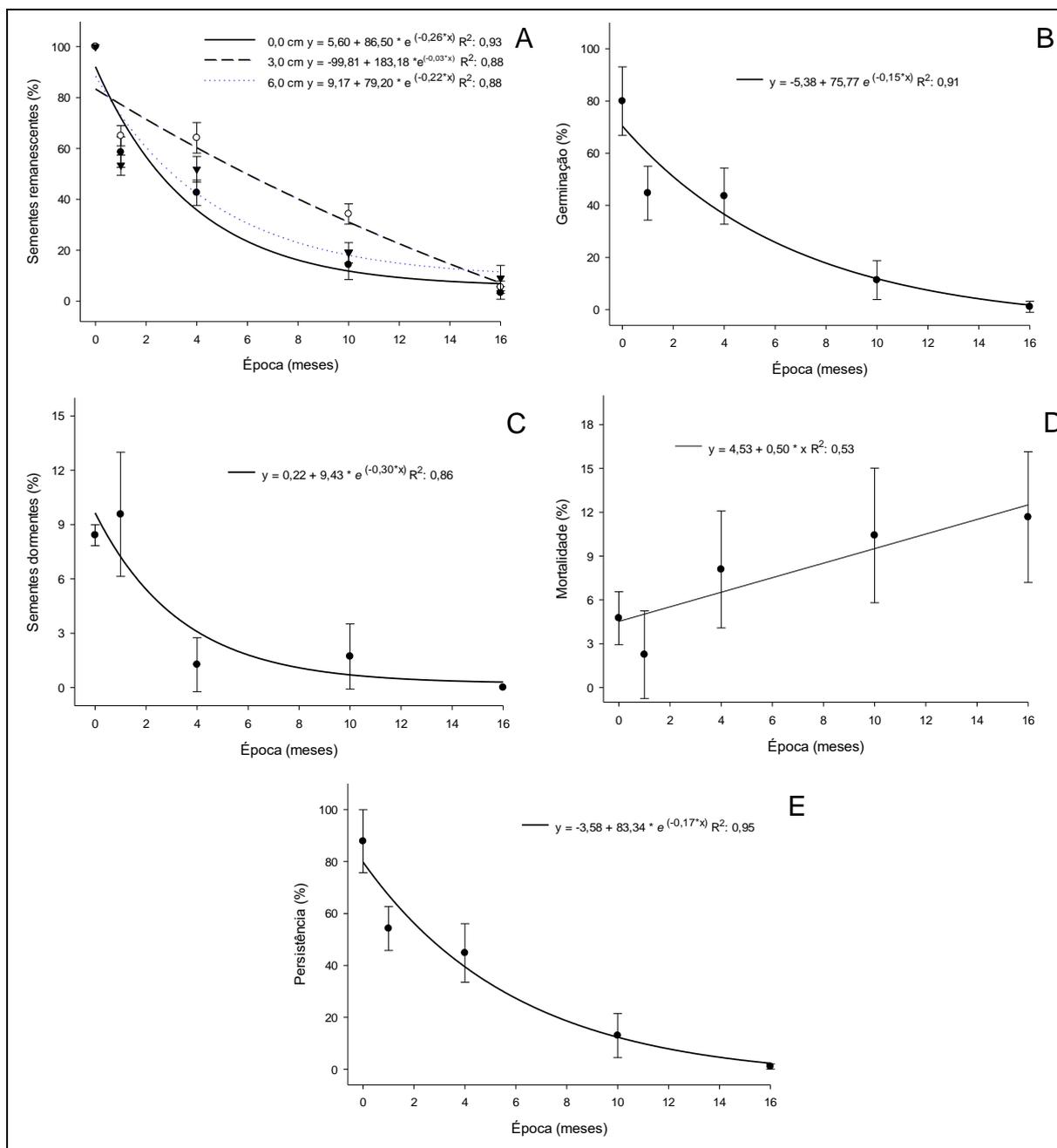


Figura 30 - Porcentagem de sementes remanescentes (A) germinação (B), dormência (C), mortalidade (D) e persistência (E) de picão-preto após o teste de germinação, em função da profundidade de enterrio e época de coleta (meses). UFPel, Capão do Leão-RS, 2019. Os pontos representam os valores médios das repetições de cada profundidade em cada época, e as barras, os respectivos intervalos de confiança de 95% de probabilidade. Julho corresponde o momento do enterrio no mês zero.

O comportamento entre as profundidades de enterrio em relação à porcentagem de SR foi distinto, sendo que de maneira geral, o número de SR tendeu a ser reduzido quando as sementes foram dispostas sobre a superfície do solo, apesar de não ter sido observado efeito significativo entre as profundidades 0,0 e 6,0 cm durante as épocas avaliadas (Figura 30 A). A quantidade de sementes resgatadas diminuiu consideravelmente após os 10 meses de enterrio, sendo que na última avaliação aos 16 meses foram encontradas apenas 3,2; 5,5 e 9,0; respectivamente, para as profundidades de enterrio 0,0, 3,0 e 6,0 cm.

As sementes de picão-preto demonstraram elevada porcentagem de germinação (G), próximo a 80% no momento do enterrio (época de coleta 0), demonstrando que as sementes desta espécie apresentam curto período de dormência após o desprendimento da planta mãe (Figura 30 B). Desta forma, no momento do enterrio apenas 8,3% das sementes apresentavam-se dormentes (Figura 30 C). Similarmente, sementes de picão-preto de aquênio longo, armazenadas secas a $20 \pm 2^\circ\text{C}$ no escuro por 1 e 14 dias após a colheita, apresentaram respectivamente, germinação de 55% e 100%, demonstrando o baixo nível e duração da dormência nas sementes desta espécie (FORSYTH; BROWN, 1982).

Apesar da baixa porcentagem de dormência (8,3%) e elevada predisposição a germinação (80%) no momento do enterrio, aproximadamente 43% das sementes coletadas aos 2 e 4 meses após o enterrio permaneceram quiescentes no solo, germinando somente quando submetidas ao teste em laboratório (Figura 30 B e C). Estes resultados demonstram que as sementes podem responder a estímulos ambientais após o enterrio, sendo que sementes de picão-preto de aquênio curto, apresentam forte resposta a qualidade da luz e hormônios endógenos, demonstrando efeito inibitório da germinação no escuro, ou sob luz vermelho-longo e branca, no entanto, o efeito elicitor da qualidade da luz é similar a exposição ao ácido giberélico (10 mg L^{-1}) (FORSYTH; BROWN, 1982). Os fotoreceptores (fitocromos) são ativados quando o comprimento de onda da luz se aproxima do vermelho (620-750 nm), sendo que em sua forma ativa, desencadeiam a biossíntese de giberelinas, que promove a expressão de vários genes envolvidos na indução do processo germinativo em sementes de *Arabidopsis thaliana* (JIA et al., 2018).

A mortalidade apresentou comportamento linear e crescente durante o período avaliado (Figura 30 D). Analisando conjuntamente a mortalidade com sementes remanescentes verificou-se que do montante recuperado quase a totalidade

das sementes eram inviáveis (mortas) (Figura 30 A e D), conferindo persistência próxima à zero após 16 meses para todas as profundidades de enterrio (Figura 30 E).

A principal fonte de suprimento para futuras infestações de plantas daninhas é dependente do banco de sementes, no qual apresenta comportamento dinâmico, com entradas provenientes de imigração ou das próprias sementes produzidas e dispersas na área, por outro lado, as saídas decorrem em virtude da germinação, envelhecimento, perda de viabilidade, predação e deterioração (CHAUHAN; JOHNSON, 2010; RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007). No caso do picão-preto, as saídas do banco de sementes foram elevadas, predispondo à espécie a necessidade da recomposição anual do banco de sementes, uma vez que, após os 16 meses de enterrio somente 3, 5 e 9% das sementes, respectivamente nas profundidades 0,0, 3,0, e 6,0 cm foram recuperadas, sendo que destas, apenas a profundidade de enterrio de 6,0 cm apresentou 3% sementes viáveis (Figuras 30 A e 31 A, B e C).

Levando em consideração que são necessários 10 meses após a dispersão e disposição no solo, para que as sementes que emergirem apresentarem sucesso no estabelecimento, devido à baixa tolerância da espécie ao frio, verifica-se que apenas 4, 20 e 14 %, do montante de sementes dispersos nas profundidades 0,0, 3,0 e 6,0 cm, respectivamente, permanecem viáveis e podem levar ao estabelecimento de novas plantas (Figuras 30 A e 31 A, B e C). Em virtude dos resultados observados para esta espécie é possível concluir que práticas de manejo que visem à erradicação da espécie, se conduzidas de maneira adequada, são efetivas devido à reduzida persistência da espécie no banco de sementes no solo.

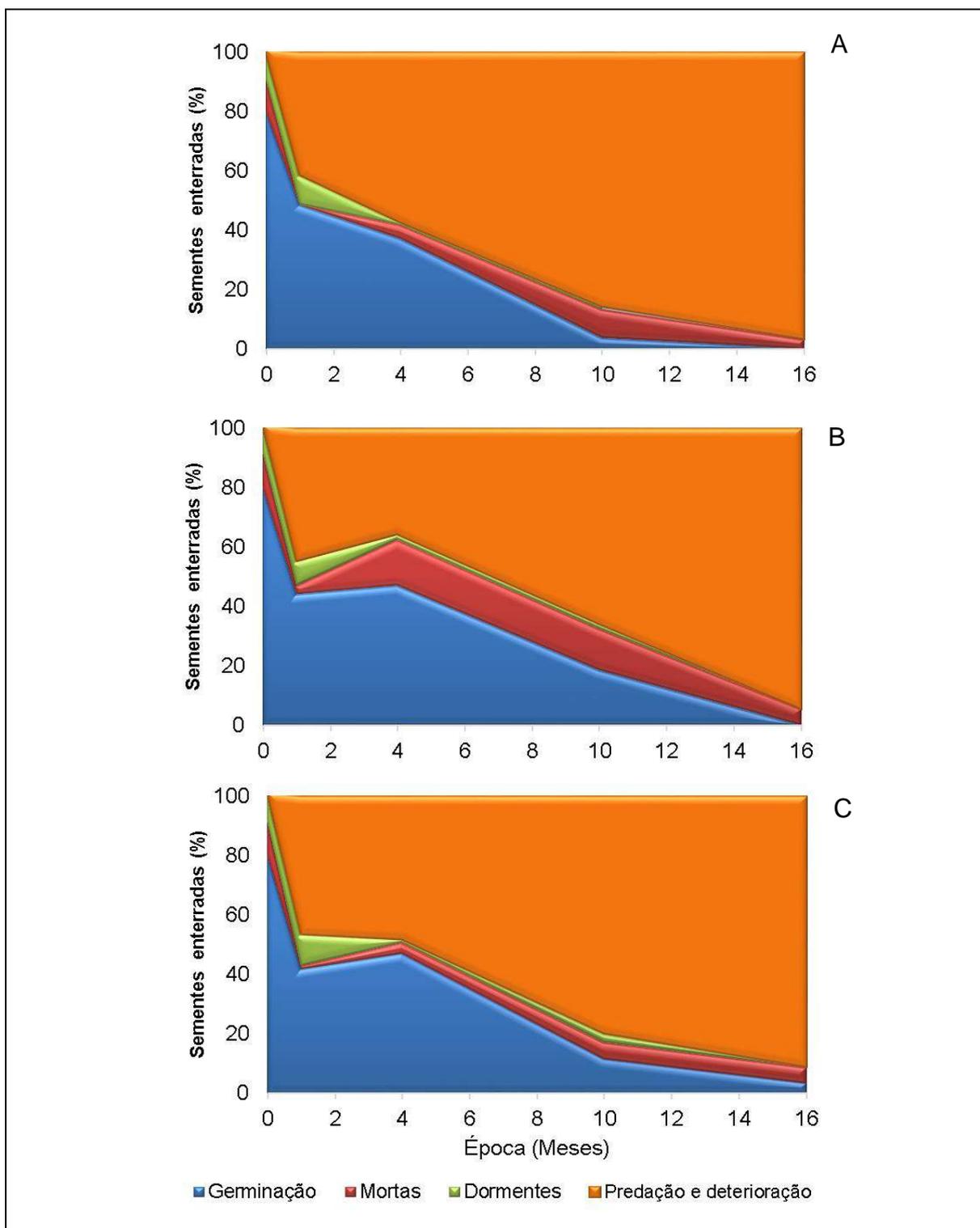


Figura 31 - Variação no tempo (meses) do estado das sementes de picão-preto no solo, em função da época de coleta e profundidade de coleta: 0,0 cm (A), 3,0 cm (B) e 6,0 cm (C); na germinação, mortalidade, viabilidade e predação ou deterioração. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019. Julho corresponde o momento do enterrio no mês zero.

Ipomoea grandifolia

A análise dos dados demonstrou não haver efeito significativo entre profundidade de enterrio e épocas de coleta para nenhuma variável avaliada, no entanto, verificou-se efeito simples do tempo de enterrio para todas variáveis (Figura 32 A-E). Ao analisar as SR, verificou-se decréscimos de 4,48% para cada mês, sendo que os dados se ajustaram a equação de regressão de tipo linear (Figura 32 A). Resultados similares foram reportadas para *Conyza* spp., em período de 12 meses de avaliações (VARGAS et al., 2018). O processo de deterioração das sementes no solo pode ser variável segundo a espécie e as capacidades de sobrevivência intrínsecas, mas também, as condições ambientais podem acelerar esse processo (KAPOOR et al., 2010).

Analisando a G, embora, os dados não se ajustaram num modelo específico, verificou-se percentagens baixas de G no início do experimento, e, a partir dos quatro meses, os valores tenderam a decrescer conforme aumentou o período de avaliação, até alcançar valor de zero na última avaliação (Figura 32 B). Coincidindo esses resultados com o comportamento observado para SD, onde a reduzida percentagem de germinação até um mês após enterrio é resultado do elevado grau de dormência, que decresceu abruptamente até os oito meses e se manteve constante em 15% até final do experimento, de acordo com o ajuste dos dados ao modelo exponencial decrescente (Figura 32 C).

Pode-se inferir através desses resultados, curto período de dormência das sementes de corda-de-viola, o qual impediu a germinação durante os primeiros quatro meses, sendo essa característica reportada como uma das estratégias de sobrevivência e emergência escalonada no campo para essa espécie (PAZUCH et al., 2015). A dormência exibida por essa espécie é decorrente da impermeabilidade do tegumento, que limita as trocas gasosas e entrada de água, fundamentais para as sementes iniciarem o processo germinativo (AZANIA et al., 2003). A persistência das sementes no estado dormente no solo é fortemente afetada pelos fatores pelos quais acarretam a degradação do tegumento das sementes, onde fatores ambientais como temperatura e umidade, bem como a atividade microbiana controlam a degradação desta estrutura de proteção das sementes (TAAB; ANDERSSON, 2009).

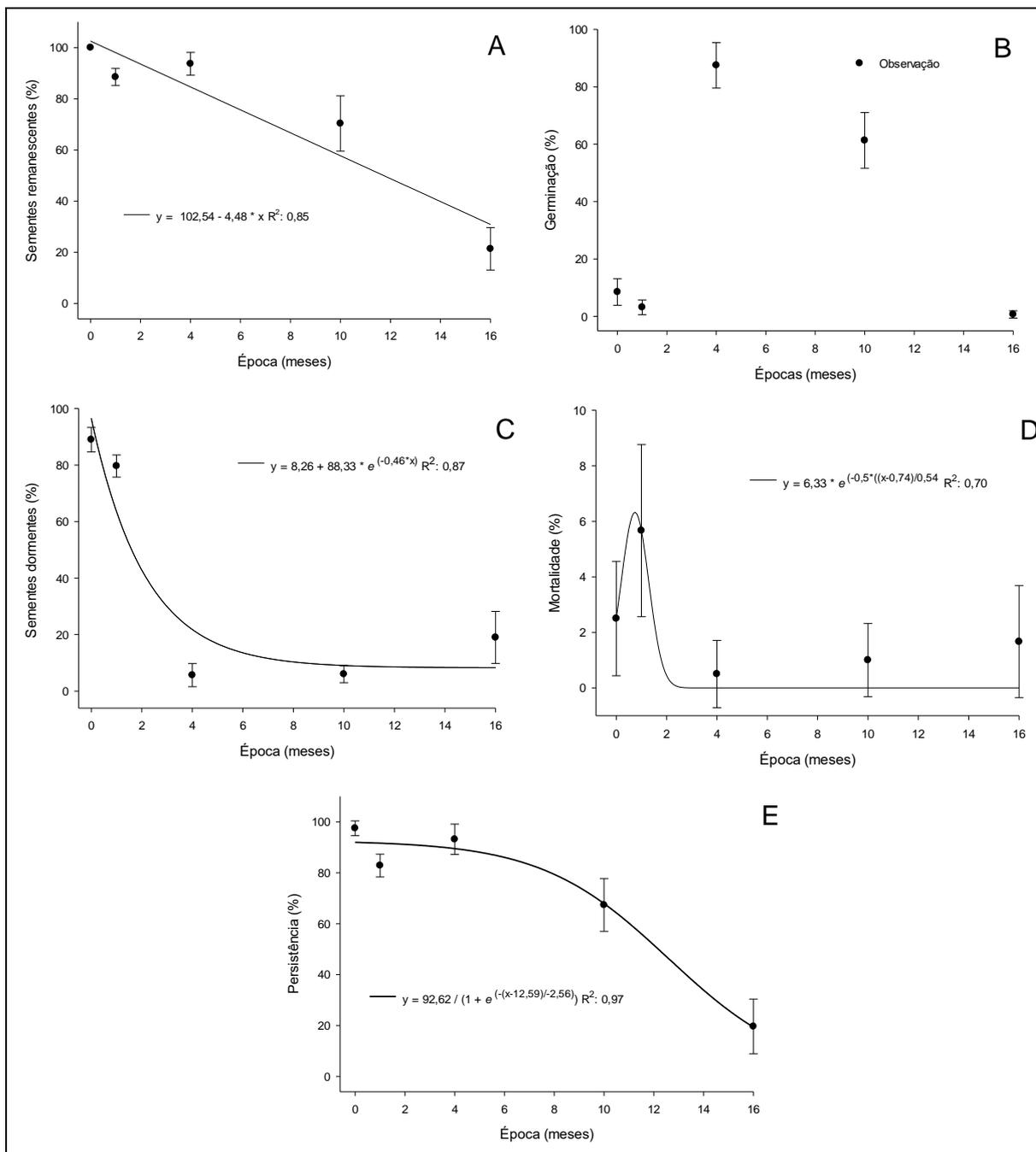


Figura 32 - Porcentagem de sementes remanescentes (A) germinação (B), dormência (C), mortalidade (D) e persistência (E) de corda-de-viola após o teste de germinação, em função da profundidade de enterrio e época de coleta (meses). UFPel, Capão do Leão-RS, 2019. Os pontos representam os valores médios das repetições de cada profundidade em cada época, e as barras, os respectivos intervalos de confiança de 95% de probabilidade. Julho corresponde o momento do enterrio no mês zero.

Com relação a variável mortalidade de sementes (MS) embora, o modelo de ajuste dos dados foi significativo não se apresentaram diferenças entre as primeiras e as últimas avaliações, evidenciando pouca variação no tempo e valores baixos para

essa variável, em geral inferior a 6% (Figura 32 D). Portanto, não há tendência clara dos dados para poder realizar inferência do comportamento desta espécie para as MS.

Ao analisar a persistência (PER), verificou-se decréscimos das porcentagens a partir dos quatro meses, sendo que 20% das sementes dispostas no solo ainda demonstravam-se viáveis no final do experimento, aos 16 meses (Figura 32 E). A persistência do banco de sementes é determinada pela longevidade das sementes, mecanismos de sobrevivência das espécies (dormência), as condições do meio ambiente e os diferentes tipos de sistemas de cultivo (GARDARIN et al., 2010). Provavelmente, a maior redução do banco de sementes a partir dos quatro meses pode estar relacionada à superação da dormência e germinação a campo.

Considerando o comportamento das variáveis conjuntamente, observou-se que, mesmo quando as sementes superaram a dormência e exibiram incremento de predação e deterioração conforme avançaram as épocas de avaliação, houve presença de sementes dormentes viáveis, em todas as profundidades avaliadas, até 16 meses após o enterrio (Figura 33). Isso caracteriza o banco de sementes desta espécie como persistente (LONG et al., 2015), sendo necessário a adoção de práticas de manejo proativas que visem evitar a entrada das sementes desta espécie no banco de sementes, pois, uma vez no banco de sementes, fluxos descontínuos podem dificultar o manejo eficiente dessa planta daninha, permitindo as plantas completarem seu ciclo e consequentes reabastecimentos do banco de sementes.

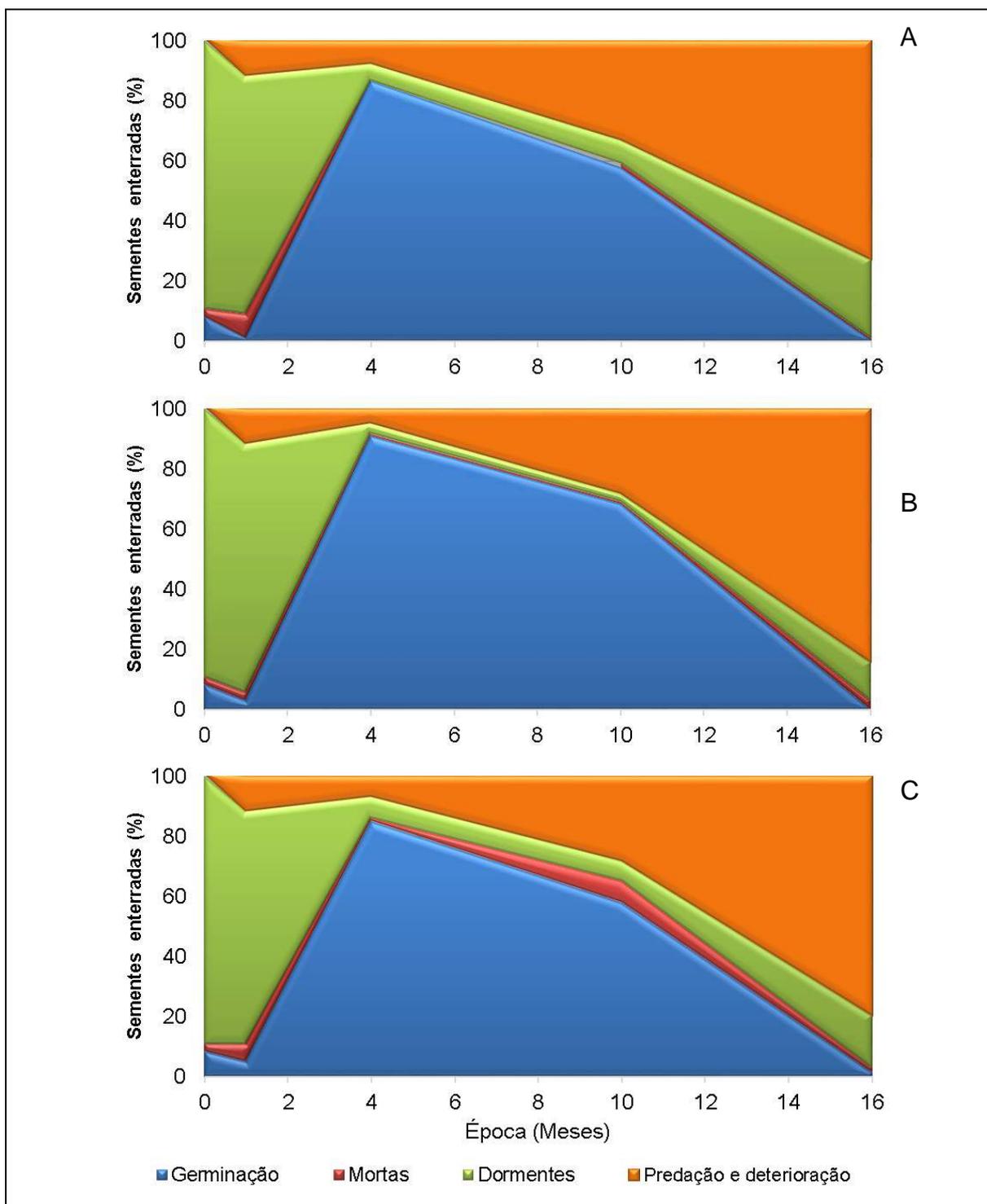


Figura 33 - Variação no tempo (meses) do estado das sementes de corda-de-viola no solo, em função da época de coleta e profundidade de coleta: 0,0 cm (A), 3,0 cm (B) e 6,0 cm (C); na germinação, mortalidade, viabilidade e predação ou deterioração. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019. Julho corresponde o momento do enterrio no mês zero.

Sida rhombifolia

Verificou-se interação significativa entre os fatores profundidade de enterrio e épocas de coleta para as variáveis SR, D e PER; enquanto, para G detectou-se efeito

simples do tempo de enterrio (Figura 34). Para SR, observou-se diminuição na porcentagem de sementes resgatadas conforme avançou a época de coleta, independente da profundidade de enterrio, mas com perda maior nas profundidades mais superficiais, sendo que os dados se ajustaram a equação de regressão exponencial decrescente (Figura 34 A). Normalmente, para essa espécie espera-se queda importante de SR nos primeiros meses após o enterrio, especialmente, nas menores profundidades, como determinado no trabalho de Rodríguez e Garcia (2009). O processo de germinação, e, eventos de deterioração e predação favorecem a redução do banco de sementes, principalmente, quando as sementes permanecem mais próximas da superfície, onde as condições são mais favoráveis para acelerar a deterioração e o ataque de predadores (RODRÍGUEZ; GARCIA, 2009).

Analisando a G, verificou-se máxima porcentagem aos 7,5 meses, sendo este valor próximo de 60%, de acordo com o modelo de distribuição de Gauss, em que os dados foram ajustados (Figura 34 B). Para espécies que apresentam dormência, como guanxuma (RODRÍGUEZ; GARCIA, 2009), pode-se esperar esse tipo de comportamento na G, uma vez que, as sementes podem experimentar períodos de superação da dormência, seguidos de eventos de estímulos externos para desenvolver dormência secundária e diminuir novamente a germinação (VARGAS et al, 2018).

Para sementes dormentes (SD), verificou-se ajuste dos dados à equação de regressão de tipo exponencial decrescente, onde foi observado redução da dormência conforme aumentou a época de avaliação, com valores mínimos de 16, 21 e 26%, os quais foram constantes a partir dos nove, oito e sete para as profundidades 0,0, 3,0 e 6,0 cm, respectivamente (Figura 34 C). Desta forma, esses resultados evidenciaram maior dormência a maiores profundidades, uma vez que, as sementes mais próximas da superfície percebem com maior facilidade mudanças de temperatura e luz, as quais podem estimular a germinação (SOSNOSKIE, WEBSTER, CULPEPPER, 2013). Ainda, progressivamente as sementes de guanxuma foram perdendo a dormência, o que corrobora com estudo na mesma espécie, onde, após dois anos de enterrio 90% das sementes não apresentam dormência (RODRÍGUEZ; GARCIA, 2009).

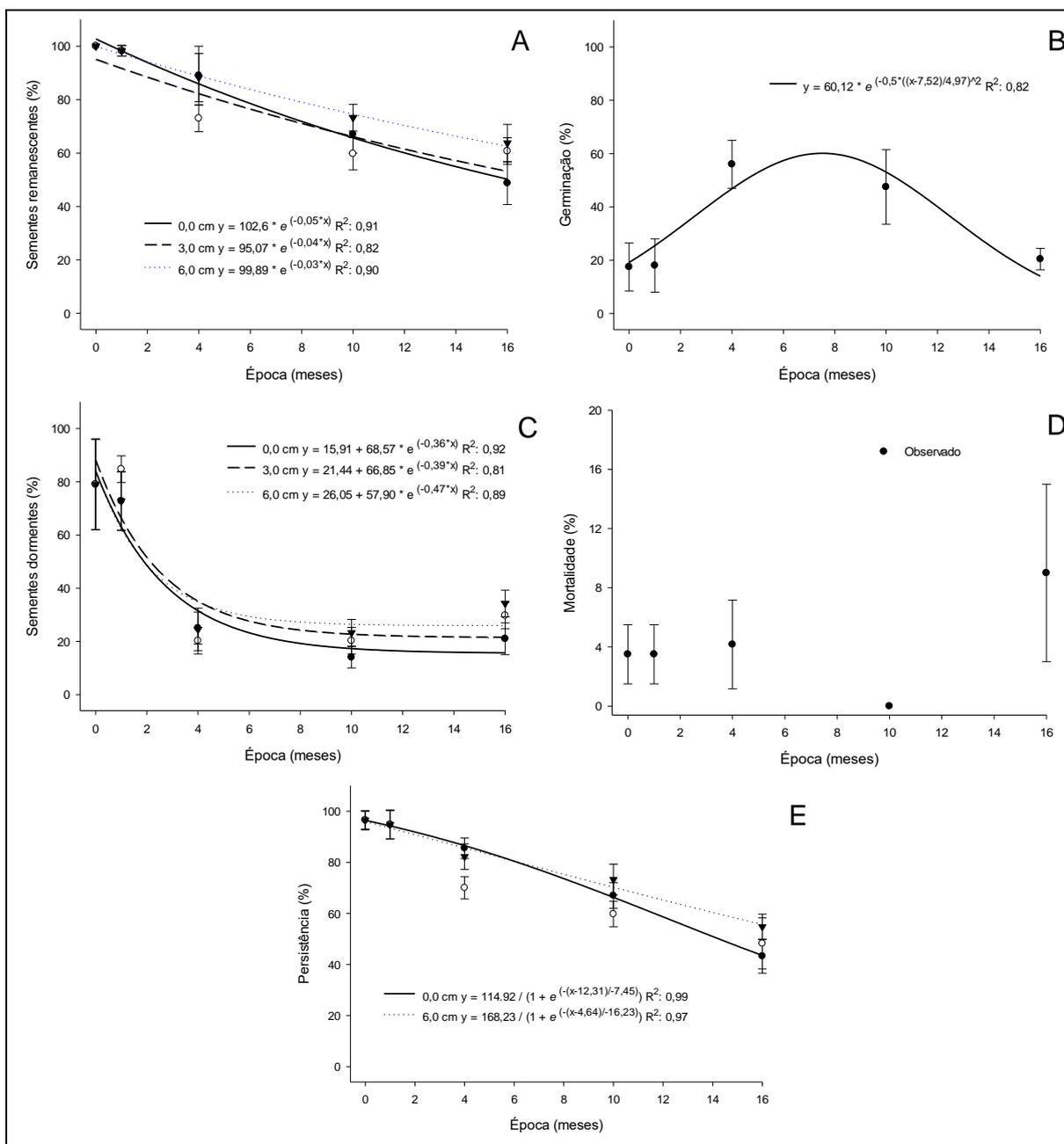


Figura 34 - Porcentagem de sementes remanescentes (A) germinação (B), dormência (C), mortalidade (D) e persistência (E) de guanxuma após o teste de germinação, em função da profundidade de enterrio e época de coleta (meses). UFPel, Capão do Leão-RS, 2019. Os pontos representam os valores médios das repetições de cada profundidade em cada época, e as barras, os respectivos intervalos de confiança de 95% de probabilidade. Julho corresponde o momento do enterrio no mês zero.

Com relação a PER, detectou-se maiores perdas na profundidade de 0,0 cm, quando comparado com 6,0 cm, uma vez que, de acordo com o modelo sigmoidal não linear em que os dados foram ajustados, se detectou 50% da perda aos 12 e cinco meses, para 0,0 e 6,0 cm, respectivamente; enquanto, para os dados de 3,0 cm não se observou ajuste dos dados ao modelo, no entanto, mostrou a mesma tendência

que as demais profundidades (Figura 34 D). A redução da persistência em guanxuma é relacionada à alta perda da dormência durante os dez primeiros meses de enterrio, que permite a germinação de grande parte das sementes, e, aos efeitos prejudiciais de fungos e predadores, isto principalmente nas camadas superficiais do solo, onde a exposição das sementes ao meio externo é maior (RODRÍGUEZ; GARCIA, 2009).

Analisando os resultados totais no tempo, observou-se que independente da profundidade as sementes de guanxuma permanecem viáveis até 16 meses de enterrio (Figura 35). Portanto, esta espécie também possui banco de sementes persistente, uma vez que, depois de 12 meses de enterrio há sementes viáveis. Corroborando com os dados, estudo relatou viabilidade de sementes de guanxuma durante 24 meses após o enterrio (RODRÍGUEZ; GARCIA, 2009).

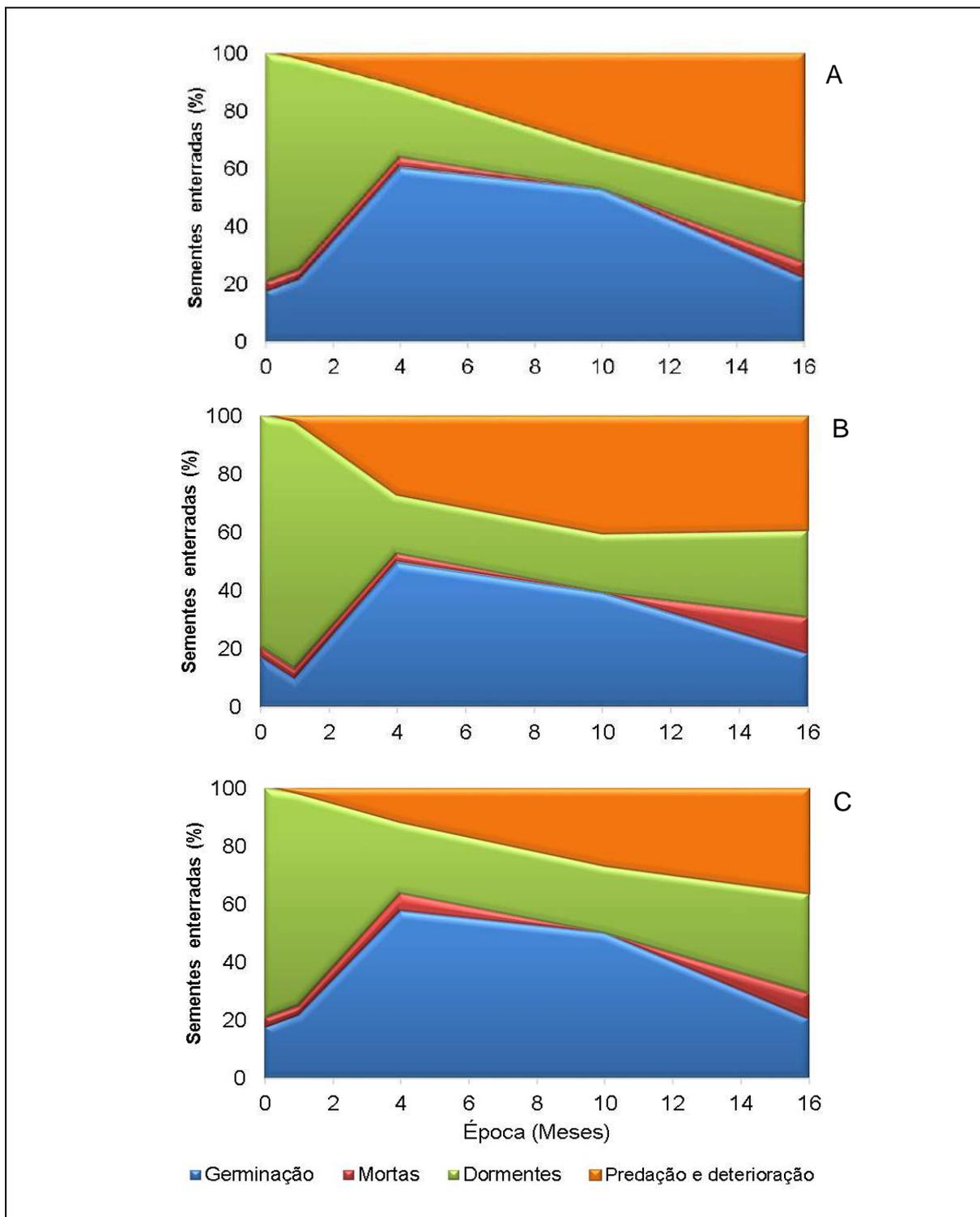


Figura 35 - Variação no tempo (meses) do estado das sementes de guanxuma no solo, em função da época de coleta e profundidade de coleta: 0,0 cm (A), 3,0 cm (B) e 6,0 cm (C); na germinação, mortalidade, viabilidade e predação ou deterioração. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019. Julho corresponde o momento do enterrio no mês zero.

Digitaria spp.

Analisando as SR, detectou-se redução dos valores mais acelerada para a profundidade menor (0,0 cm), uma vez que, 50% de perda se observou aos 12 meses;

enquanto, para as profundidades de 3,0 e 6,0 cm foi aos 13 e 14 meses, respectivamente, com os dados se ajustando à equação sigmoidal não linear (Figura 36 A). Evidenciando esses resultados que, as saídas do banco de sementes para milhã foram mais rápidas quando as sementes foram enterradas na superfície ou mais próxima dela. Resultados similares foram observados em *Conyza* spp. e *Setaria faberi*, demonstrando maior conservação das sementes a profundidades inferiores, uma vez que, as condições permitem menor exposição a condições do meio que podem acelerar o processo de deterioração das sementes (GÓMEZ; LIEBMAN; MUNKVOLD, 2014; VARGAS et al., 2018).

Com relação a G, embora os dados não apresentaram ajuste aos modelos testados, observou-se queda na G aos quatro e 16 meses após o enterrio (Figura 36 B). No caso da primeira queda, essa é relacionada a forte dormência observada aos cinco meses, conforme o modelo de ajuste dos dados de distribuição de Gauss (Figura 36 C). Portanto, evidenciando esses resultados um possível caso de dormência secundária em milhã como mecanismos de sobrevivência. As sementes de plantas daninhas podem desenvolver dormência secundária sob condições desfavoráveis do ambiente para germinação, como luz, umidade e temperatura (CORBINEAU et al., 2014), para permitir a emergência das plântulas na época mais adequada do ano e garantir a sobrevivência, assim, apresentando-se ciclo com fases entre dormência e superação desta, de acordo à época mais favorável do ano para se estabelecer no campo (BATLLA; BENECH-ARNOLD, 2014).

A segunda queda de G, determinada aos 16 meses, possivelmente é relacionada à perda de viabilidade devido ao processo de deterioração natural que experimentam as sementes (KAPOOR et al., 2010). No entanto, os resultados para a MS não apresentaram tendência que permitem correlacionar com a G e SD, uma vez que, os dados de MS não se ajustaram aos modelos avaliados, e, a última avaliação não foi diferente das demais (Figura 36 D).

Ao analisar a PER, verificou-se que 50% da perda foi verificada aos 11, 13 e 14 meses para as profundidades 0,0, 3,0 e 6,0 cm, respectivamente, de acordo com o modelo sigmoidal não linear em que os dados foram ajustados (Figura 36 E). Pode-se inferir através desses resultados maior longevidades das sementes de milhã a profundidades superiores, sendo que, o processo de deterioração das sementes foi superior quanto mais próximo as sementes permanecem da superfície do solo, uma vez que, as sementes são mais expostas a condições que favorecem a germinação e

o ataque de predadores, reduzindo o banco de sementes (GÓMEZ; LIEBMAN; MUNKVOLD, 2014).

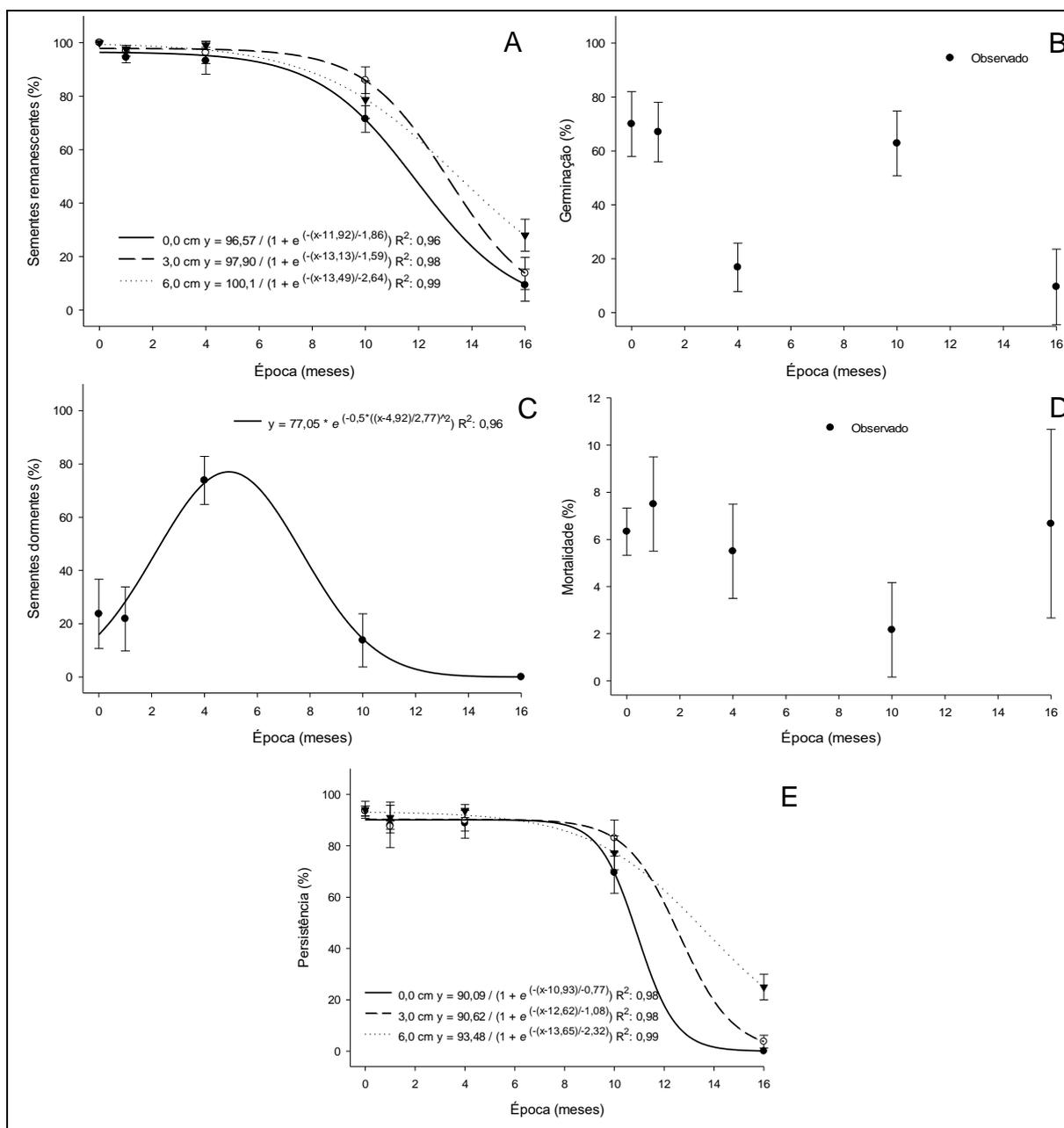


Figura 36 - Porcentagem de sementes remanescentes (A) germinação (B), dormência (C), mortalidade (D) e persistência (E) de milhã após o teste de germinação, em função da profundidade de enterrio e época de coleta (meses). UFPel, Capão do Leão-RS, 2019. Os pontos representam os valores médios das repetições de cada profundidade em cada época, e as barras, os respectivos intervalos de confiança de 95% de probabilidade. Julho corresponde o momento do enterrio no mês zero.

Salienta-se que, o modelo para PER evidenciou maior percentagem de persistência na profundidade de 6,0 cm (Figura 36 E), e ainda, observando o

comportamento das variáveis avaliadas no tempo verificou-se perda total do banco de sementes a 0,0 cm, e, pouca sobrevivência aos 16 meses após enterrio (Figura 37). Resultados que podem auxiliar na toma de decisões das diferentes práticas de manejo de solo, para evitar enterrar as sementes desta planta daninha, e pelo contrário, realizar manejos que permitam expor as sementes mais próximas da superfície e reduzir o banco de sementes.

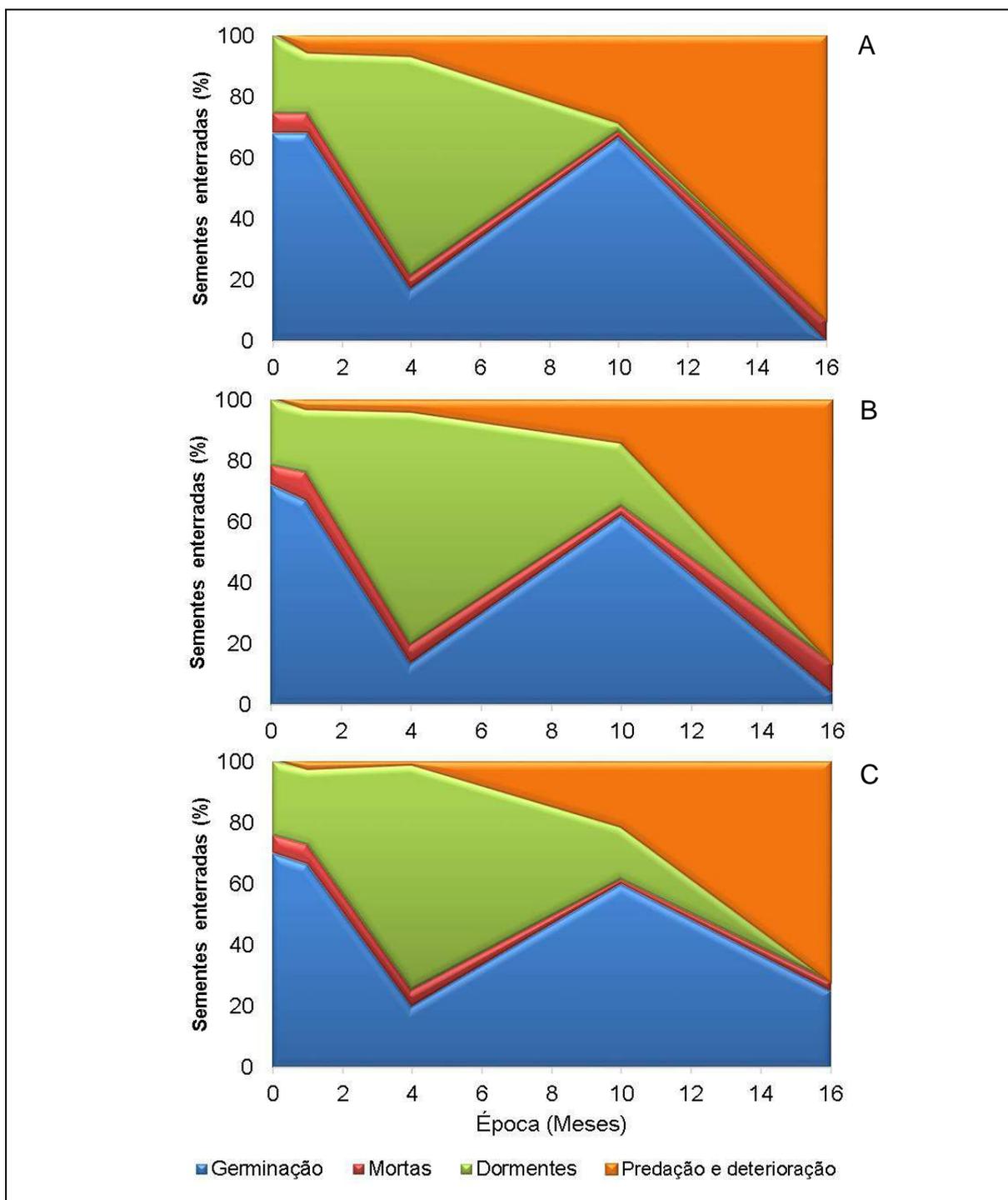


Figura 37 - Variação no tempo (meses) do estado das sementes de milho no solo, em função da época de coleta e profundidade de coleta: 0,0 cm (A), 3,0 cm (B) e 6,0 cm (C); na germinação, mortalidade, viabilidade e predação ou deterioração. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019. Julho corresponde o momento do enterrio no mês zero.

Uruchloa plantaginea

Para papuã, verificou-se interação significativa entre os fatores profundidade de enterrio e épocas de coleta para as variáveis SR, G, SD e PER; enquanto, para MS detectou-se efeito simples do tempo de enterrio (Figura 38). Ao analisar SR,

detectou-se redução dos valores mais acelerada para a profundidade maior (6,0 cm), uma vez que de acordo com o modelo, foi verificado a redução de 50% das sementes remanescentes aos 12 meses; enquanto, para as demais profundidades aos 14 meses, sendo que os dados se ajustaram à equação sigmoidal não linear, no entanto, a diminuição das percentagens de SR foi similar na última avaliação, com valores em média de 20% (Figura 38 A).

Analisando a G, observou-se que os dados se ajustaram à equação de regressão de tipo quadrático, onde foram determinados pontos máximos de G aos oito meses para as três profundidades (Figura 38 B). As sementes de papuã apresentaram alto nível de dormência no início, independente da profundidade, mas foi superada a partir dos quatro meses, com valores mínimos de 5, 6 e 6% para as profundidades 0, 3 e 6 cm, respectivamente, e se mantiveram constantes a partir dos sete e nove meses para as menores e maior profundidades, segundo o modelo de regressão sigmoidal não linear (Figura 38 C). No entanto, ao superar a barreira da dormência as sementes ficaram, provavelmente, mais sensíveis às condições desfavoráveis do ambiente (ALI et al., 2011), portanto, porcentagens maiores de MS aos quatro meses após o enterrio (Figura 38 D).

Várias espécies de plantas daninhas apresentam dormência inicial forte, uma vez que, após dispersão das sementes a época do ano, provavelmente não seja a mais apropriada para o crescimento da espécie (VIVIAN et al., 2008; RODRÍGUEZ; GARCIA, 2009; VARGAS et al., 2018). Assim, a dormência é superada gradativamente para permitir a emergência em campo de forma escalonada, como estratégia de sobrevivência a condições desfavoráveis de desenvolvimento no campo (BRESSANIN et al., 2015).

Com relação a PER, observou-se que 50% da perda foi verificada aos 14, 15 e 12 meses para as profundidades 0,0, 3,0 e 6,0 cm, respectivamente, no entanto, os valores foram similares ao final do experimento, conforme o ajuste dos dados ao modelo sigmoidal não linear (Figura 38 E). Esses resultados evidenciaram maior longevidade das sementes a profundidades superiores, uma vez que, quanto mais próximas as sementes da superfície as condições são mais favoráveis para germinação, devido à maior luminosidade, umidade e percepção mais exata da temperatura adequada para emergir, ainda, sementes perto da superfície maior predisposição ao ataque de predadores que contribuem na redução do banco de sementes (GÓMEZ; LIEBMAN; MUNKVOLD, 2014).

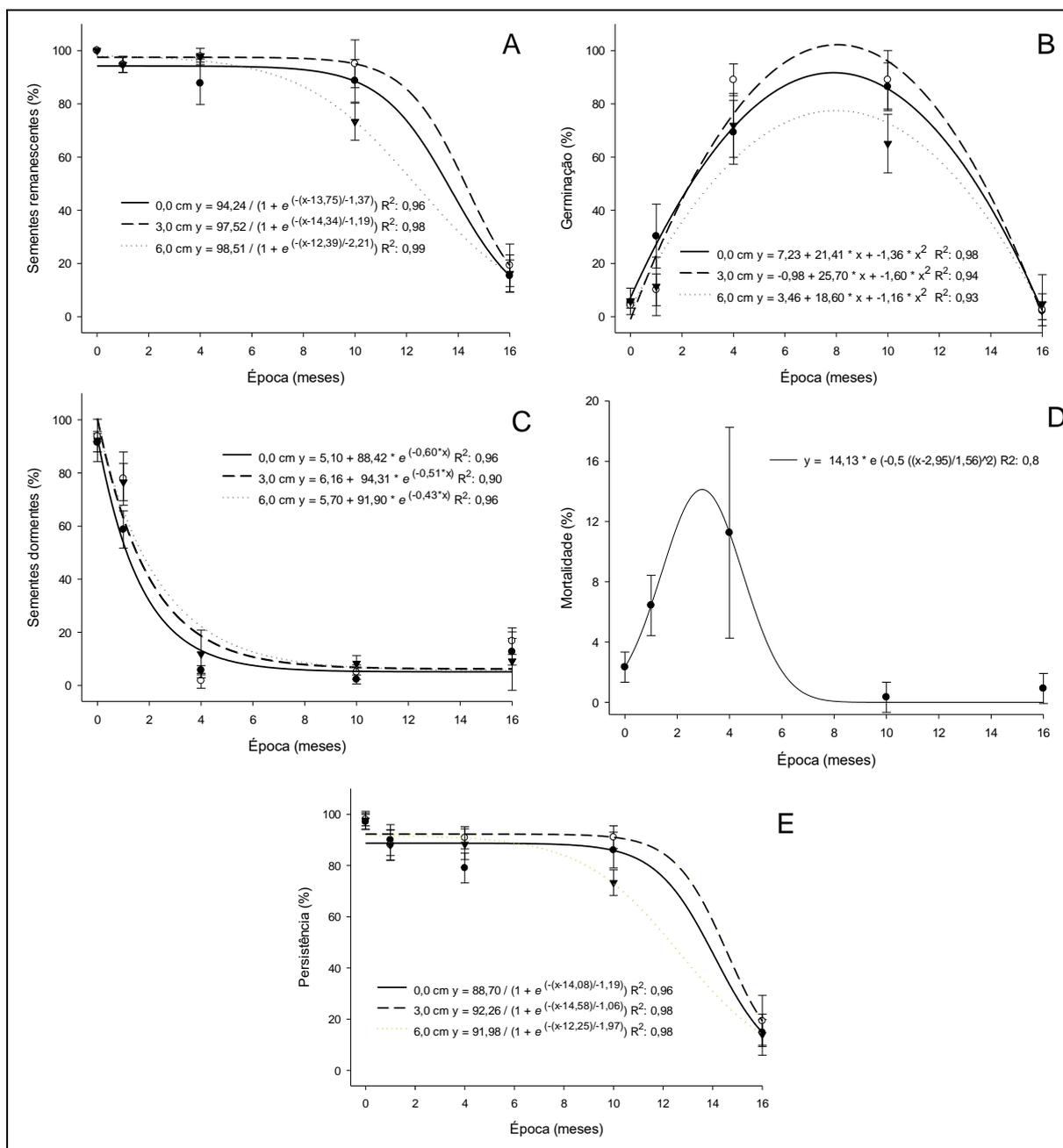


Figura 38 - Porcentagem de sementes remanescentes (A) germinação (B), dormência (C), mortalidade (D) e persistência (E) de papuã após o teste de germinação, em função da profundidade de enterrio e época de coleta (meses). UFPel, Capão do Leão-RS, 2019. Os pontos representam os valores médios das repetições de cada profundidade em cada época, e as barras, os respectivos intervalos de confiança de 95% de probabilidade. Julho corresponde o momento do enterrio no mês zero.

Apesar de ter sido verificadas maiores perdas do banco a menores profundidades de enterrio, independente da profundidade as perdas por predação e deterioração no final do experimento foram similares, mas apresentando-se sementes dormente e viáveis (Figura 39). Essas características definem o banco de sementes

de papuã como persistente, devido à presença de sementes viáveis por período superior a um ano de enterrio.

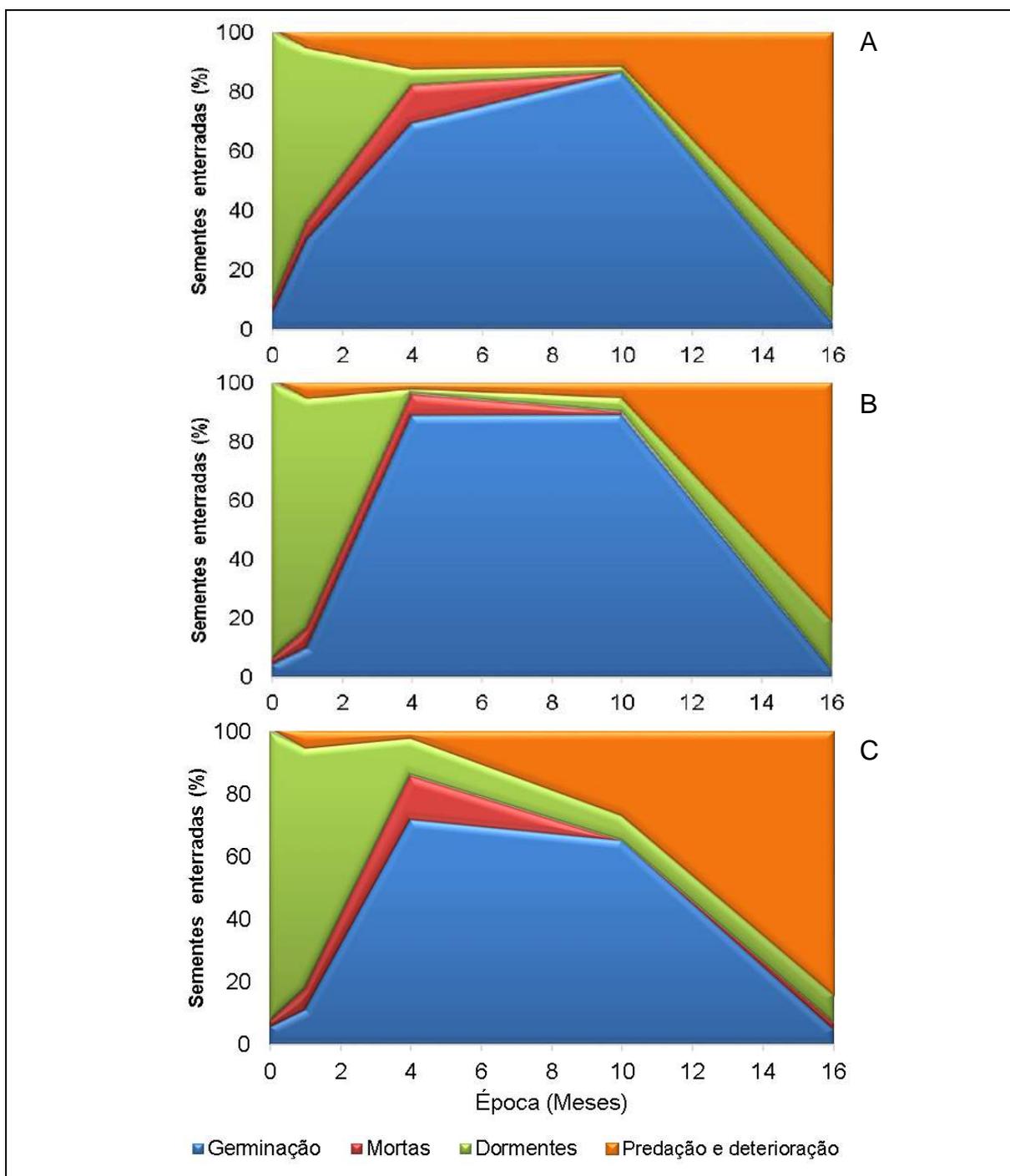


Figura 39 - Variação no tempo (meses) do estado das sementes de papuã no solo, em função da época de coleta e profundidade de coleta: 0,0 cm (A), 3,0 cm (B) e 6,0 cm (C); na germinação, mortalidade, viabilidade e predação ou deterioração. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019. Julho corresponde o momento do enterrio no mês zero.

O conhecimento dessas características pode auxiliar na tomada de decisão para evitar a emergência da espécie, quando indesejada na próxima estação de cultivo, ou favorecer a emergência quando se objetiva realizar o controle antecipadamente. Do ponto de vista estratégico para o esgotar o banco de sementes dessas espécies, é necessário limitar a produção de sementes por medidas de controle que impeçam a reprodução das plantas que emergem, para evitar o processo cíclico de reabastecimento do banco de sementes solo. Além disso, evitar a movimentação do solo é importante, uma vez que sementes dispostas sobre a superfície apresentam baixa longevidade, ou seja, mais rapidamente germinam ou são degradadas/deterioradas. Cabe salientar, que o manejo sobre o banco de sementes deve ser realizado para aumentar a mortalidade ou a germinação das sementes, ou seja as saídas do banco de semente. Então, o preparo do solo pode ser utilizado para estimular a germinação ou enterrar as sementes em maiores profundidades onde as condições são inadequadas para a germinação, mesmo aumentando a longevidade dessas sementes, pois geralmente nessas condições as sementes tendem permanecer em dormência secundária e não ativam o processo de germinação.

3.4 Conclusões

As espécies apresentam capacidade de produzir elevada quantidade de sementes por planta o que garante a persistência das espécies no banco de sementes.

No solo, picão-preto e milhã possuem banco de semente transitório, enquanto corda-de-viola, guanxuma e papuã possuem banco de sementes persistente.

Independente da espécie testada, quanto maior a profundidade que são enterradas as sementes, maior é a longevidade do banco de sementes do solo.

4 CAPÍTULO III – Eficácia de herbicidas pré-emergentes no controle de plantas daninhas em diferentes épocas de semeadura da soja

4.1 Introdução

O manejo de plantas daninhas em soja foi facilitado desde a introdução da soja geneticamente modificada resistente ao glyphosate, pois este herbicida oferece atividade de amplo espectro, ampla janela de aplicação e baixa fitotoxicidade a cultura (MAHONEY; SHROPSHIRE; SIKKEMA, 2014). Entretanto, as plantas daninhas são problema persistente nas lavouras e o aumento contínuo no número de biótipos resistentes a herbicidas reforça a necessidade de avanços constantes nas tecnologias para o seu manejo (WESTWOOD et al., 2018).

O sistema de produção agrícola é extremamente dependente da utilização de herbicidas, principalmente os pós-emergentes que exercem forte pressão de seleção para a evolução de plantas daninhas resistentes. Atualmente, há relato e registro de 29 e 319 biótipos de plantas daninhas resistentes na cultura da soja no Brasil e mundo, respectivamente (HEAP, 2019). Com o agravante percentual de aproximadamente 50% destes casos com resistência ao herbicida glyphosate. Aliado a isso, na última década houve aumento das áreas com sistemas de produção agrícolas conservacionistas, sem revolvimento do solo (DERPSCH et al., 2010), o que concentra o uso de herbicidas para o controle de plantas daninhas.

Com a evolução de plantas daninhas resistentes a herbicidas pós-emergentes e as perspectivas desanimadoras quanto à descoberta de novos modos de ação (DUKE et al., 2012), o uso de herbicidas em pré-emergência tem ganhado importância. Normalmente esses herbicidas apresentam mecanismos de ação diferentes dos herbicidas utilizados em pós-emergência, o que é importante para amenizar a pressão de seleção herbicidas e fundamental para o manejo das

populações resistentes já estabelecidas (OSIPE et al., 2014). Sabe-se que, a evolução da resistência aos pré-emergentes é mais lenta porque normalmente têm uma taxa de mortalidade sazonal mais baixa, influenciados pelo tempo de aplicação no início da temporada e pelo fluxo de emergência gradual de muitas plantas daninhas (SOMERVILLE et al., 2017).

Diante dessa situação, o uso de herbicidas pré-emergentes é ferramenta importante para minimizar o efeito negativo da competição inicial entre a cultura da soja e plantas daninhas. A atividade residual desta classe de herbicidas possibilita inibir a germinação de plantas daninhas sensíveis e resistentes a herbicidas pós-emergentes (PINTO et al., 2008) favorecendo o estabelecimento da cultura com menor presença de plantas daninhas e que apresentam-se em menor estágio de desenvolvimento quando da aplicação em pós-emergência (CHAUHAN, 2012; SOMERVILLE et al., 2016).

O comportamento e a eficiência de herbicidas com ação no solo, como os pré-emergentes, depende de diversos fatores, dentre eles, a quantidade de resíduo de palha na superfície do solo, onde herbicidas com maior lipofilicidade tendem a permanecer retidos no material orgânico, especialmente produtos com elevado coeficiente de partição octanol:água (Kow) (CORREIA; CAMILO; SANTOS, 2013). Outro fator importante é a solubilidade em água, uma vez que, após atingirem o solo, eles precisam ser solubilizados na solução do solo para serem absorvidos pelas plantas daninhas (AHMED; CHAUHAN, 2015). Assim, em solos idênticos, mas com diferença na quantidade de material orgânico e conteúdo de umidade, os herbicidas podem apresentar comportamento diferenciado, devido às características físico-químicas peculiares de cada produto/formulação.

O principal aspecto negativo do uso de herbicidas pré-emergentes é o possível danos às plantas cultivadas nas fases iniciais de crescimento, ou problemas de carryover nas culturas em sucessão (MATOS et al., 2016). Isso tem restringido seu uso pelo receio de acarretar perdas na produção de soja (BIANCHI et al., 2019). O dano à cultura depende de fatores como dose e características do herbicida, textura e teor de matéria orgânica do solo, quantidade de palha sobre o solo e quantidade de chuva após a aplicação (OLIVEIRA JR.; INOUE, 2011; OLIVEIRA; BRIGHENTI, 2011, MATOS et al., 2016).

Com o retorno da utilização dos herbicidas em pré-emergência na cultura da soja, os estudos de seletividade e eficiência de controle devem ser retomados. A

hipótese deste trabalho é que a utilização de herbicidas residuais atrasa e/ou reduz o fluxo de emergência de plantas daninhas na soja independente da época de semeadura e não afetam o desenvolvimento da cultura. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura da soja, eficácia de controle e redução no fluxo de emergência de plantas daninhas poáceas e eudicotiledôneas.

4.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido em condições de campo durante os anos agrícolas de 2017/18 e 2018/19, na área experimental do Centro Agropecuário da Palma (CAP), município de Capão do Leão – RS, situada nas coordenadas geográficas 31°48'4.67"S; 52°30'12.75"W. O solo da área é classificado como Argissolo Vermelho amarelo, de textura franco-arenosa (EMBRAPA, 2013). A análise do solo evidenciou pH em água= 5,4; CTC_{pH7}= 5,8 cmol_c dm⁻³; matéria orgânica= 1,1%; argila= 15%; classe= 4; Ca= 2,5 cmol_c dm⁻³; Mg= 0,9 cmol_c dm⁻³; Al= 0,1 cmol_c dm⁻³; P= 9,4 mg dm⁻³ e K= 61 mg dm⁻³.

Nas duas safras, o experimento foi conduzido sob delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. As unidades experimentais foram compostas por parcelas de 11,25 m² (5x2,25m). Os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial 2x12, sendo o fator A composto por duas épocas de semeadura (segunda quinzena de outubro ou novembro), e, o fator B correspondeu a onze herbicidas aplicados em pré-emergência da cultura da soja mais testemunha com aplicação de glyphosate sem pré-emergente (Tabela 20).

Utilizaram-se as cultivares de soja NS5959IPRO e BMX58I60IPRO, para primeiro e segundo ano de cultivo, respectivamente, cultivadas em sistema de semeadura direta, com espaçamento entre linhas de 0,45m, cuja população foi de 310 mil plantas ha⁻¹. Antecedendo à semeadura, as sementes foram inoculadas com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* (SEMIA 5019) e tratadas com fungicida carboxina + tiram (50 + 50 g i.a. 100 kg⁻¹ sementes) e inseticida fipronil (50 g i.a. 100 kg⁻¹ sementes). A adubação de base foi realizada segundo recomendações do manual de adubação e calagem para o Estado do RS e SC para a expectativa de produtividade de 3,9 ton. ha⁻¹ (SBCS et al., 2016), utilizando-se 350 kg ha⁻¹ de adubo 05-20-20, distribuído na linha de semeadura.

Tabela 20 - Lista de herbicidas com seu respectivo ingrediente ativo, modo de ação, produto comercial e dose (mL ou g ha⁻¹), utilizados em pré-emergência da cultura da soja. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.

Ingrediente ativo	Modo de ação	Grupo químico	Dose
			(mL ou g ha ⁻¹)
Clomazone	Inibidor da DOXP ³	Isoxazolidinona	2800
Diclosulam	Inibidor da ALS ⁴	Triazolopirimidinas	32,75
Flumioxazina	Inibidor da PROTOX ⁵	Ciclohexenodicarboximida	100
Imazetapir	Inibidor da ALS	Imidazolinona	1000
IMZ + FLZ ¹	Inibidor da ALS e PROTOX	IMI + CHD ⁷	450
IMZ + SAF ²	Inibidor da ALS e PROTOX	IMI + Pirimidinadiona	200
Metribuzim	Inibidor do FS II ⁶	Triazinona	1000
S-metolaclo-ro	Inibidor da Divisão celular	Cloroacetamidas	1750
Sulfentrazone	Inibidor da PROTOX	Triazolinone	600
Trifluralina	Inibidor da Tubulina	Dinitroanilina	3000
Testemunha	-	-	-

Adaptado de AGROFIT, 2016. ¹Imazetapir+flumiozanina; ²Imazetapir+saflufenacil; ³Deoxixilulose fosfato sintase; ⁴Acetolactato sintase; ⁵Protoporfirinogênio oxidase; ⁶Fotossistema II; ⁷Imidazolinona Ciclohexenodicarboximida

Para o controle de plantas daninhas realizou-se a dessecação da área 30 dias antes da semeadura da soja, com os herbicidas glyphosate e 2,4-D na dose de 1260 e 1005 g e.a. ha⁻¹, respectivamente, seguida de aplicação sequencial sete dias antes da semeadura da soja com glifosato (1260 g e.a. ha⁻¹) e cletodim (108 g i.a. ha⁻¹), acrescido do adjuvante Assist[®] a 0,5% v/v. A pulverização foi realizada nas primeiras horas da manhã, utilizando-se pulverizador Jacto, equipado com barra de 12 metros de comprimento, acoplado a um trator. A velocidade média de deslocamento do pulverizador foi de 8 Km h⁻¹. A barra de pulverização era equipada com 24 pontas modelo Teejet 110.02 de jato plano, espaçadas entre as pontas 0,50 metros e a altura da barra de pulverização foi de 0,50 metros em relação ao solo. A vazão média das pontas foi calibrada para 120 L ha⁻¹ de calda.

Os tratamentos herbicidas pré-emergentes foram aplicados no sistema de plante aplique um dia após a semeadura da cultura, para as duas épocas de semeadura e safras. Os herbicidas pré-emergentes foram aplicados com pulverizador costal pressurizado a CO₂, equipado com quatro pontas do tipo leque 110.015, espaçadas 0,5 m entre si, e vazão de 150 L ha⁻¹.

Durante a primeira safra de condução do experimento foram realizadas suplementações hídricas por meio de aspersão, a fim de garantir o adequado desenvolvimento à cultura (Figura 40). As irrigações foram realizadas quando os

períodos de ausência e/ou de precipitação pluvial, sendo fornecidos aproximadamente 25 mm de água, em cada operação.

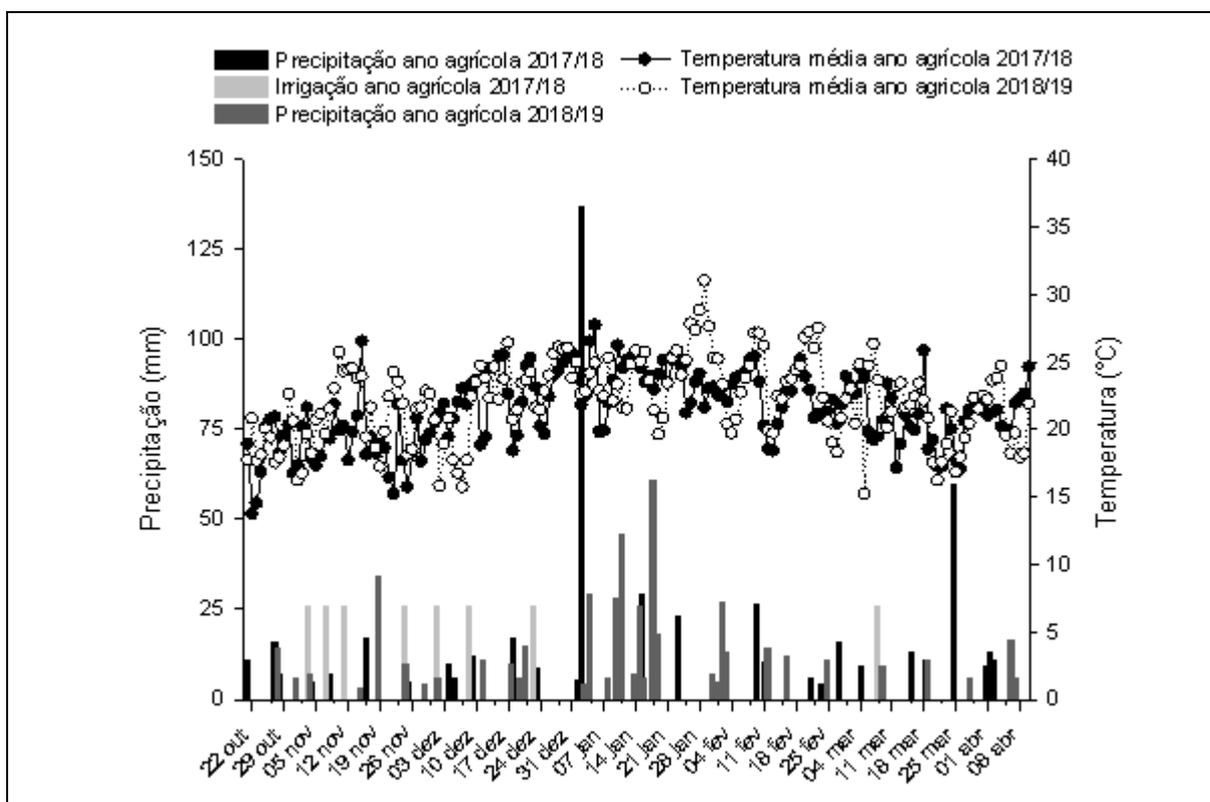


Figura 40 – Dados climáticos observados na área experimental durante a realização do experimento em ambas as épocas de semeadura nos anos agrícolas de 2017/18 e 2018/19: temperatura média do ar, precipitação e suplementação hídrica. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.

As variáveis avaliadas foram controle de poáceas (papuã e milhã) e fitotoxicidade na soja aos 07, 14 e 21 DAE e controle de plantas daninhas eudicotiledôneas (picão-preto, corda-de-viola, guanxuma) apenas aos 14 e 21 DAE, pois não havia população adequada nas unidades experimentais. Para isso, foram atribuídas notas percentuais variando entre 0 e 100%, onde 0% representa a ausência de controle e de fitotoxicidade à cultura e 100% a morte de plantas (FRANS; CROWLEY, 1986).

O número de plantas daninhas emergidas em cada tratamento foi avaliado semanalmente até os 48 DAE da cultura em dois quadros por parcela de 0,25 m². As plântulas foram contabilizadas e identificadas como descrito no primeiro capítulo. Entretanto, aos 21 DAE da cultura foi realizado o controle em área total com a

utilização do herbicida glifosato para eliminar a competição das plantas daninhas com a cultura.

O estande das plantas de soja foi avaliado na pré-colheita, mas não variou entre os tratamentos avaliados. Os valores médios ficaram entre 13,3 e 15,1 plantas por metro linear (dados não apresentados). Por ocasião da colheita, avaliou-se os componentes de produtividade: número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), peso de mil grãos (PMG) e a produtividade (PROD) da cultura, em área útil de 5,4m². Para determinação do NVP e NGP foram colhidas plantas em 1 m de fileira e realizada a contagem. O PMG foi determinado pela contagem de oito repetições de 100 grãos por amostra e pesado em balança analítica de precisão (BRASIL 2009). A obtenção da PROD da cultura deu-se pela colheita manual das plantas das três linhas centrais de cada parcela, realizando-se a trilha e limpeza das amostras, pesagem e corrigindo a umidade para 13%.

Os dados obtidos foram avaliados quanto à normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (teste de Hartley) e, posteriormente, submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$). Os dados das duas safras não foram analisados de forma conjunta, uma vez que as cultivares eram distintas. Sendo constatada significância estatística, as médias das épocas de semeadura foram comparadas pelo teste “t” ($p \leq 0,05$) e, para comparar as médias dos herbicidas utilizou-se teste de Duncan ($p \leq 0,05$), por meio de scripts do software R (R Core Team, 2012).

4.3 Resultados e Discussão

A apresentação dos resultados e discussão dos experimentos estão descritos na sequência, considerando-se um experimento para cada ano de condução do estudo.

4.3.1 Experimento conduzido na safra 2017/18

Os testes de normalidade e homocedasticidade revelaram não ser necessária a transformação dos dados. A análise de variância demonstrou que houve interação entre os fatores épocas de semeadura e uso de herbicidas pré-emergentes para as variáveis fitotoxicidade aos 07 DAE; controle de poáceas aos 07 e 21 DAE; número de vagens e grãos por planta e produtividade da cultura (Tabelas 21; 24; 25 e 26). Para o fator isolado herbicidas pré-emergentes foram significativas as variáveis

fitotoxicidade aos 14 DAE; controle de poáceas aos 14 DAE e dicotiledôneas aos 14 e 21 DAE (Tabela 23). As variáveis fitotoxicidade aos 21 DAE e peso de mil grãos não foram significativas aos fatores estudados.

Para a variável fitotoxicidade aos 07 DAE, observaram-se baixos níveis de danos à cultura, sendo inferiores a 15% para a maioria dos herbicidas em ambas as épocas de semeadura (Tabela 21). Salienta-se que os herbicidas que promoveram menores danos foram clomazone na primeira época e s-metolaclo e trifluralina na segunda época. Resultados semelhantes foram observados em diferentes genótipos de soja submetidos à aplicação de trifluralina e imazaquin na dose de registro (1800 g ha⁻¹; 14 g ha⁻¹), onde as fitotoxicidades observadas foram inferiores a 12% (BRIGHENTI et al., 2002). Para clomazone (900 g ha⁻¹), flumioxazina (50 g ha⁻¹), diclosulam (35.02 g ha⁻¹), imazetapir (100 g ha⁻¹), s-metolaclo (1152 g ha⁻¹) e sulfentrazone (250 g ha⁻¹), aplicados em pré-emergência da soja, baixas fitotoxicidades também foram verificadas, sendo essas inferiores a 10% aos 07 DAE (NONEMACHER et al., 2017).

Tabela 21 - Fitotoxicidade (%) a cultivar de soja NS5959IPRO em função da interação de épocas de semeadura e uso de herbicidas pré-emergentes, avaliados 07 dias após a emergência da cultura (DAE), durante a safra 2017/18. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.

Tratamento	Fitotoxicidade 07 DAE (%)	
	Primeira época	Segunda época
Clomazone	6,00 c ^{1ns}	6,75 bc
Diclosulam	12,50 ab ^{ns}	8,75 b
Flumioxazina	10,00 b ^{ns}	6,25 bc
Imazetapir	11,25 ab*	6,25 bc
IMA + FLU ²	14,50 a ^{ns}	13,50 a
IMA + SAF ³	11,75 ab*	6,50 bc
Metribuzim	9,75 b*	15,00 a
S-metolaclo	13,50 ab*	4,75 c
Sulfentrazone	11,25 ab ^{ns}	9,75 b
Trifluralina	12,50 ab*	4,50 c
Testemunha	0,00 d ^{ns}	0,00 d
CV ⁴ (%)	22,27	31,75

¹ Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Duncan (p≤0,05) e presença de * na linha, difere entre as épocas de semeadura, pelo teste t (p≤0,05); ^{ns} não significativo; ² Imazetapir+Flumioxazina; ³ Imazetapir+Saflufenacil; ⁴ Coeficiente de variação.

É importante ressaltar, que na primeira época de semeadura observaram-se maiores fitotoxicidades em relação à segunda época, sendo essas 44, 45, 65 e 64% superior para imazetapir, imazetapir + saflufenacil, s-metolaclo e trifluralina,

respectivamente (Tabela 21). Entretanto, para metribuzim houve maior fitotoxicidade na segunda época, sendo essa 35,0% superior à observada na primeira época. Esses resultados podem ser reflexos das condições de temperatura, umidade ou dos níveis de palha distintos entre as épocas de semeadura (Figura 40, Tabela 22). Sabe-se que a temperatura é fator determinante para a superação dos efeitos de fitotoxicidade de herbicidas nas culturas, onde temperaturas baixas aumentam a fitotoxicidade, pela menor atividade do metabolismo das plantas (GALON et al., 2014), o que foi observado na primeira época de semeadura (Figura 40). Outro fator importante é a diferença de nível de palha, por reterem herbicidas principalmente os mais lipofílicos como s-metolaclo e trifluralina, como observado na segunda época onde havia maior quantidade de palha e redução da fitotoxicidade destes herbicidas.

Tabela 22 - Cobertura de palha de aveia preta (ton. ha⁻¹) na área durante o monitoramento da emergência de plantas daninhas. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019

Época	Palha (ton ha ⁻¹)	
	2017	2018
Primeira	5,910	5,320
Segunda	6,560	5,470

A interceptação dos herbicidas pela palha depende de vários fatores, como quantidade e distribuição na superfície, fonte de cobertura, características físico-químicas do herbicida, bem como o período em que a área permanece sem chuvas ou irrigação após a aplicação do herbicida (MACIEL; VELINI, 2005; SIMONI et al., 2006; MATOS et al., 2016), pois a palha atua como uma barreira física, impedindo a chegada de herbicida no solo. Uma vez interceptado pela palha, a molécula de herbicida precisa ser transportada para a superfície do solo pela água da chuva ou irrigação (MATOS et al., 2016). A maior quantidade de água, também diminui a sorção dos herbicidas no solo e tende a proporcionar maior fitotoxicidade à cultura, como observado em arroz e azevém (LEE et al., 2004; AVILA et al., 2005).

Na avaliação de fitotoxicidade aos 14 DAE, não se observou efeito do fator época de semeadura, havendo diminuição dos danos observados (Tabela 23). Na última avaliação, aos 21 DAE, as plantas de soja superaram os efeitos fitotóxicos dos herbicidas, não diferindo da testemunha sem aplicação (dados não apresentados). Os valores percentuais de fitotoxicidade apresentaram redução entre a primeira e última época de avaliação, isso porque as plantas evoluíram com estratégias para amenizar

os efeitos causados por herbicidas, reduzindo a fitotoxicidade (KAWAHIGASHI, 2009). Dentre os principais mecanismos para a superação dos efeitos herbicidas na planta, estão a metabolização ou desintoxicação mediada por enzimas monooxigenases (P_{450}), glutathione s-transferase ou O-metiltransferase, responsáveis por reações de oxidação, conjugação e transferência de grupos metil para moléculas herbicidas ou metabolitos ativos, respectivamente (LU et al., 2015; TAN et al., 2015; LU et al., 2016). Além disso, com o passar do tempo, aumenta a dissipação de herbicida no solo que reduz a fitotoxicidade a cultura (DAN et al., 2011), mas a maioria dos herbicidas tem o potencial de ocasionar carryover, pois com base na meia-vida são considerados persistentes.

Tabela 23 - Fitotoxicidade (%) a cultivar de soja NS5959IPRO aos 14 dias após a emergência (DAE) função do uso de herbicidas pré-emergentes, durante a safra 2017/18. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.

Tratamento	Fitotoxicidade 14 DAE
Clomazone	3,50 bc ¹
Diclosulam	3,60 bc
Flumioxazina	2,80 c
Imazetapir	4,70 ab
IMA + FLU ²	5,20 a
IMA + SAF ³	5,70 a
Metribuzim	4,20 abc
S-metolacloro	5,70 a
Sulfentrazone	5,60 a
Trifluralina	3,50 bc
Testemunha	0,00 d
CV ⁴ (%)	15,06

¹Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$); ² Imazetapir+Flumioxazina; ³ Imazetapir+Saflufenacil; ⁴ Coeficiente de variação.

Embora a soja seja bastante tolerante aos herbicidas, doses maiores que as recomendadas são, às vezes aplicadas, podendo causar danos à cultura, como as observadas para trifluralina e imazaquin (BRIGHENTI et al., 2002). Isso ocorre em função de erros na calibração de pulverizadores e da sobreposição da barra de aplicação, ou aumento de dose por imprudência. No entanto, mesmo nas doses recomendadas em bula, podem ocorrer danos em genótipos mais sensíveis (LEITE; ALMEIDA; PRETE, 2000; BRIGHENTI et al., 2002). Sabe-se que as recomendações de dose dos herbicidas pré-emergentes devem ser baseadas na textura do solo (teor de argila) e do teor de matéria orgânica (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2005), pois estas influenciam diretamente na seletividade da cultura e no controle de plantas daninhas. Solos argilosos tem maior potencial para adsorver moléculas

herbicidas e permitem doses maiores, enquanto solos arenosos possuem baixa capacidade para adsorver as moléculas e exigem doses menores (MONQUERO et al., 2010).

Para o controle de espécies poáceas, foram constatados níveis de controle acima de 90% aos 07 DAE quando pulverizados os herbicidas clomazone, imazetapir, imazetapir + flumioxazina e imazetapir + saflufenacil, na primeira época de semeadura, não diferindo entre si (Tabela 24). Para a segunda época de semeadura, clomazone foi o herbicida com maior controle sem diferença de imazetapir e metribuzim. Dos herbicidas testados, flumioxazina demonstrou a menor eficiência de controle de poáceas, variando de 35 a 41% para a primeira e segunda época de cultivo, respectivamente. Entre as épocas de semeadura, observaram-se reduções de controle para os herbicidas diclosulam e para as associações de imazetapir + flumioxazina ou saflufenacil, sendo de cerca de 15, 8 e 17% menores na semeadura em novembro, respectivamente.

Tabela 24 - Controle (%) de poáceas (POA) (papuã e milhã) em função da interação entre épocas de semeadura e uso de herbicidas pré-emergentes, avaliados aos 07 e 21 dias após emergência (DAE) durante a safra 2017/18. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.

Tratamento	Controle (%) (POA) 07 DAE		Controle (%) (POA) 21 DAE	
	Primeira época	Segunda época	Primeira época	Segunda época
Clomazone	94,25 ab ^{1ns}	98,25 a	91,75 a ^{ns}	89,13 a
Diclosulam	85,50 bc*	69,00 e	38,00 c ^{ns}	48,38 d
Flumioxazina	35,00 e ^{ns}	41,00 f	16,67 d ^{ns}	16,67 e
Imazetapir	95,00 a ^{ns}	91,25 ab	83,67 ab ^{ns}	72,50 c
IMA + FLU ²	97,38 a*	89,50 b	88,00 a ^{ns}	85,00 ab
IMA + SAF ³	96,75 a*	79,50 dc	76,00 ab ^{ns}	78,33 bc
Metribuzim	84,25 c ^{ns}	92,25 ab	68,13 b ^{ns}	74,33 c
S-metolacloro	71,67 d ^{ns}	72,75 de	68,00 b ^{ns}	43,00 d
Sulfentrazone	85,67 bc ^{ns}	90,50 b	81,67 ab ^{ns}	71,50 c
Trifluralina	82,33 c ^{ns}	85,25 bc	71,50 b ^{ns}	75,50 c
Testemunha	0,00 f ^{ns}	0,00 g	0,00 e ^{ns}	0,00 f
CV ⁴ (%)	7,27	6,54	15,06	9,18

¹ Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$) e presença de * na linha, difere entre as épocas de semeadura, pelo teste t ($p \leq 0,05$); ^{ns} não significativo; ² Imazetapir+Flumioxazina; ³ Imazetapir+Saflufenacil; ⁴ Coeficiente de variação.

O controle de poáceas não apresentou efeito significativo entre as épocas de semeadura, para a avaliação dos 14 DAE, mas ordenou os tratamentos similarmente ao relatado aos 07 DAE (Tabela 25). O herbicida clomazone apresentou eficácia superior aos demais herbicidas com controle acima de 90%, seguidos de imazetapir

e imazetapir + flumioxazina com controle de aproximadamente 88%. Por outro lado, s-metolacoloro, diclosulam e flumioxazina apresentam baixa eficiência de controle, já aos 14 DAE.

De maneira geral, todos herbicidas reduziram o percentual de controle com o decorrer das avaliações, sendo que só o herbicida clomazone apresentou efeito residual com controle acima de 90% aos 21 DAE, mas não diferiu de imazetapir + flumioxazina (Tabela 24). Salienta-se que imazetapir, imazetapir + saflufenacil, e sulfentrazone, na primeira época não diferiram de clomazone, porém o controle foi abaixo de 83% demonstrando eficiência intermediária, também na segunda época de semeadura. Entretanto, metribuzim, s-metolacoloro, diclosulam e flumioxazina apresentam baixa eficiência de controle.

Tabela 25 - Controle (%) de poáceas (POA) (papuã e milhã) aos 14 DAE e eudicotiledôneas (Dico) aos 14 e 21 DAE em função do uso de herbicidas pré-emergentes, durante a safra 2017/18. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.

Tratamento	Controle POA 14 DAE	Controle Dico 14 DAE	Controle Dico 21 DAE
Clomazone	93,12 a	97,25 a	92,25 a
Diclosulam	62,39 e	84,75 b	75,14 b
Flumioxazina	25,25 f	47,17 d	39,83 d
Imazetapir	87,75 b	94,50 a	92,71 a
IMA + FLU ²	88,25 b	94,43 a	91,43 a
IMA + SAF ³	81,25 c	94,00 a	89,50 a
Metribuzim	79,50 c	86,75 b	77,43 b
S-metolacoloro	68,75 d	41,50 e	31,61 e
Sulfentrazone	82,75 c	62,43 c	57,25 c
Trifluralina	80,21 c	35,50 f	22,50 f
Testemunha	0,00 g	0,00 d	0,00 g
CV ⁴ (%)	6,75	7,06	6,99

¹ Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$); ² Imazetapir+Flumioxazina; ³ Imazetapir+Saflufenacil; ⁴ Coeficiente de variação.

Esses resultados corroboram com os observados para clomazone em área de terras baixas cultivadas com soja, apresentando os melhores índices de controle de poáceas junto com os herbicidas s-metolacoloro e pendimetalina (CARATTI et al., 2015). Takano et al. (2018), também relataram controle eficiente do herbicida clomazone sobre *Brachiaria decumbes*, *Panicum maximum* e *Digitaria horizontalis* em solos arenosos e argilosos na estação de seca e chuvosa em cana-de-açúcar. Por outro lado, Lopez-Ovejero et al. (2006) observaram que clomazone, s-metolacoloro e trifluralina não controlaram eficientemente biótipos de *Digitaria ciliaris* resistente a

herbicidas inibidores da enzima ACCase, mas o herbicida sulfentrazone isolado ou em mistura com aqueles controlaram eficientemente o biótipo resistente.

O controle eficiente de imazetapir sobre poáceas é demonstrado em vários estudos (LÓPEZ-OVEJERO, 2006; NONEMACHER et al., 2017), onde este herbicida apresenta um excelente resíduo e controle de algumas plantas daninhas que compõem o banco de sementes do solo (WALSH et al., 2015). Entretanto, a aplicação de imazetapir em pré-emergência não ocasionou controle eficiente e nem reduziram a emergência de *Digitaria insularis* e *Eleusine indica* (PROCÓPIO et al., 2006).

Pesquisas demonstram que a associação dos inibidores de ALS com os inibidores de PROTOX complementam o espectro de controle de plantas daninhas resistentes e reduzem a pressão de seleção (MOURA et al., 2015). Isso ocorre, porque além do efeito de ambos os mecanismos de ação, uma molécula contribui para a melhor absorção e translocação da outra (CAMARGO et al., 2012a; MONTGOMERY et al., 2015). Segundo Camargo et al. (2012a), aplicações em pós-emergência de saflufenacil proporciona uma maior absorção e translocação de imazetapir em plantas de arroz-daninho, assim como, imazetapir causou incremento na absorção de saflufenacil em *Sesbania exaltata*. Trabalho realizado por Montgomery et al. (2015), mostrou aumento no controle de *Echinochloa crus-galli* utilizando imazetapir em mistura com saflufenacil em pós-emergência, quando comparado ao controle obtido com imazetapir sozinho. Entretanto, o aumento da absorção pode ter ocorrido também pela aplicação em pré-emergência, para a associação de imazetapir com saflufenacil e flumioxazina. Resultados semelhantes foram observados para mistura de imazetapir + trifluralina, que apresentou controle de capim-arroz acima de 90% aos 28 dias após a aplicação (SOLTANI et al., 2012). Assim, a associação de herbicidas pode ser uma alternativa para aumentar o espectro de controle e reduzir a emergência de plantas daninhas.

A melhor eficiência de controle de alguns herbicidas em relação a outros está relacionada ao espectro de controle. Por exemplo, clomazone, imazetapir e sulfentrazone controlam tanto espécies poáceas como eudicotiledôneas, enquanto metribuzim e diclosulam controlam diversas espécies eudicotiledôneas e algumas poáceas (KRAMER et al., 2009; AGROFIT, 2019). Trifluralina e s-metolaclopro apresentam controle sobre algumas folhas largas, mas a maior espectro de controle é sobre espécies poáceas. Por outro lado, flumioxazina apresenta controle eficiente apenas sobre eudicotiledôneas.

Para o controle de espécies eudicotiledôneas, não foi observado efeito diferencial entre as épocas de semeadura aos 14 e 21 DAE (Tabela 25). Para essas espécies os herbicidas clomazone, imazetapir, imazetapir + flumioxazina e imazetapir + saflufenacil apresentaram os melhores controles, sendo esses acima ou próximo de 90% em ambas as avaliações. Valores intermediários de controle foram observados para o herbicida diclosulam e metribuzim, sendo esses acima de 75% aos 21 DAE. Por outro lado, controle ineficiente foi observado pela aplicação dos herbicidas flumioxazina, s-metolaclo, sulfentrazone e trifluralina.

O herbicida clomazone apresenta controle e efeito residual para várias espécies eudicotiledôneas (*Amaranthus viridis*, *Euphorbia heterophylla*, *Ipomoea* sp. *Raphanus* spp, entre outras (BIFFE et al., 2007; SCARIOT et al., 2013; CARATTI et al., 2015), sendo considerado alternativa de controle para várias espécies resistentes ao glyphosate e aos inibidores da enzima ALS (MELO et al., 2017). Entretanto, o controle residual de clomazone pode reduzir em função da espécie, como as observadas para *Amaranthus hybridus*, *A. lividus*, *A. spinosus* e *A. viridis* onde o controle maior que 80% foi aos 12, 19, 14 e 30 dias após a aplicação (DAA) respectivamente (RAIMONDI et al., 2010). Salienta-se que embora o efeito residual para algumas espécies de plantas daninhas possa ser menor, em trabalhos realizados por Santos et al. (2003) indicaram que o clomazone aplicado na cultura da soja afetou culturas sucessivas de trigo, aveia e cevada devido à sua persistência no solo, demandando intervalo mínimo de 150 DAA para implantação da cultura subsequente.

Corroborando com os resultados deste estudo, Vangessel et al. (2001) verificaram que, clomazone e imazetapir promoveram melhor controle de *Chenopodium album*, *Panicum dichotomiflorum* e *Ambrosia artemisiifolia* em mistura com glyphosate. Entretanto, para imazetapir algumas plantas daninhas são resistentes ao herbicida em pós-emergência, mas controle eficiente em pré-emergência pode ou não ser observados (CONSTANTIN et al., 2018). Assim, a eficácia apresentada pelos herbicidas com múltiplos modos de ação é importante para os sistemas agrícolas que apresentam biótipos com resistência aos herbicidas inibidores da ALS, visto que a aplicação destas misturas torna possível a utilização de mecanismos de ação distintos e diminui a pressão de seleção sobre os indivíduos (CONSTANTIN et al., 2018).

Embora alguns herbicidas tenham apresentado controle intermediário sobre as espécies, estudos tem sugerido que a associação de herbicidas pós-emergentes

com herbicidas residual aumenta o número de espécies controladas e previnem problemas de resistência (OSIPE et al., 2010; VIEIRA JUNIOR et al., 2015). Assim, a associação de herbicidas pré-emergentes (clomazone, flumioxazina, diclosulam, s-metolacoloro, sulfentrazone e imazetapir) com glyphosate proporcionaram controle de espécies poáceas acima de 90% até os 21 DAT, sendo clomazone, imazetapir e s-metolacoloro os herbicidas com maior efeito residual (NONEMACHER et al., 2017; NUNES et al., 2018). Ainda a mistura de glyphosate + trifluralina com imazetapir, imazaquim, diclosulam, controlam eficientemente *Bidens pilosa*, *Digitaria horizontalis* e *Cenchrus echinatus* (CONSTANTIN et al., 2018).

Outros trabalhos demonstram que houve redução da densidade de *Conyza* spp. de 48 para 3 plantas m⁻² para a mistura de glyphosate + s-metolacoloro (NUNES et al., 2018), ou a mistura de glyphosate + chlorimuron-ethyl + flumioxazina ou de glyphosate + diclosulam foram eficientes para o controle de *Conyza* spp. e suprimir o desenvolvimento de *Digitaria* spp., *Sida rhombifolia* e *Ipomoea triloba*, mas apenas a mistura tripla foi suficiente para suprimir novos fluxos de *Euphorbia heterophylla* (OLIVEIRA NETO et al., 2013).

Salienta-se que modelos desenvolvidos pela combinação de herbicidas pré-emergentes com pós-emergentes por Somerville et al. (2017), demonstraram que herbicida pré-emergente de ação mais curta associado a herbicida pós-emergente pode controlar eficientemente plantas daninhas por 10 anos de cultivo contínuo. No entanto, um aumento na proporção de plantas daninhas resistentes é evidente no sétimo ano para o herbicida aplicado em pós-emergência, enquanto a evolução da resistência permaneceu muito baixa para o herbicida pré-emergente de ação mais curta. Por outro lado, a combinação de um herbicida pré-emergente de ação residual mais longa, sequencialmente mais pós-emergente alcançaram bom controle de plantas daninhas por período prolongado, mas a população de plantas daninhas pode evoluir para resistência múltipla aos herbicidas aplicados já no 11º ano (SOMERVILLE et al. 2017). Assim, um herbicida protege e contribui para a ação do outro, contudo a implantação de um sistema com rotação de culturas e utilização de cobertura vegetal é essencial para auxiliar no manejo integrado de plantas daninhas com uso destes herbicidas.

As associações de herbicidas com efeito residual têm sido bastante utilizada como complementação ao controle de plantas daninhas resistentes ou tolerantes (OSIPE et al., 2010; MELO et al., 2012; AGOSTINETO et al., 2016 SANTOS et al.,

2016). Entretanto, plantas daninhas conseguem germinar e se estabelecer com sucesso na área com a diminuição do efeito residual dos herbicidas. Além disso, a diminuição do efeito residual pode ser um fator de seleção de espécies com emergência tardia (MONQURO; CHRISTOFFOLETI et al., 2005).

A redução da eficiência de controle é resultado dos processos de dissipação dos herbicidas no solo, que podem ser químicos, físicos ou biológicos, resultando na degradação ou transformação da molécula em metabólitos, ou ainda no transporte da molécula por lixiviação e volatilização (KRUTZ et al., 2009; FENNER et al., 2013). Assim, a diminuição de herbicidas na solução do solo proporciona menores fitotoxicidades e novos fluxos de emergência de plantas daninhas (Figura 41).

Diante dos resultados, observou-se que clomazone, sulfentrazone, imazetapir isolado ou associado com flumioxazina ou saflufenacil e diclosulam possuem os maiores residuais, reduzindo acima de 80% a emergência de poáceas aos 21 DAE, tanto na primeira quanto na segunda época de semeadura (Figura 41 A e B). Além de reduzir o fluxo de emergência é importante que os herbicidas também atrasem o estágio de desenvolvimento das plantas, o que não foi observado para o sulfentrazone e diclosulam. Estes herbicidas permitiram que papuã e milhã atingissem estágio de afilhamento no momento da aplicação do glyphosate (21 DAE). Novos fluxos de emergência de poáceas foram observados após a aplicação do glyphosate, mas em densidades muito baixas.

O fluxo de emergência de eudicotiledôneas também foi influenciado pelos herbicidas pré-emergentes (Figura 42). Apenas clomazone diminuiu o fluxo de emergência acima de 80% nas duas épocas de semeadura, contribuindo com os resultados de controle. Por sua vez o herbicida diclosulam reduziu o fluxo de emergência em 80 e 76% na primeira e segunda época respectivamente aos 21 DAE. Porém, imazetapir isolado ou associado com flumioxazina ou saflufenacil, proporcionou redução do fluxo de emergência abaixo de 76% em ambas as épocas de semeadura aos 21 DAE, mas esses herbicidas proporcionaram controle eficiente das espécies. Isso ocorre porque o herbicida imazetapir, possui absorção radicular muito lenta, quando comparada a foliar (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011), desta forma os efeitos deste herbicida são poucos ou nada expressivos durante a fase de emergência das plântulas. Assim os resultados observados corroboram com os dados de controle, onde os herbicidas clomazone e os herbicidas inibidores da ALS testados

possuem os maiores residuais para controlar plantas daninhas em pré-emergência da cultura da soja.

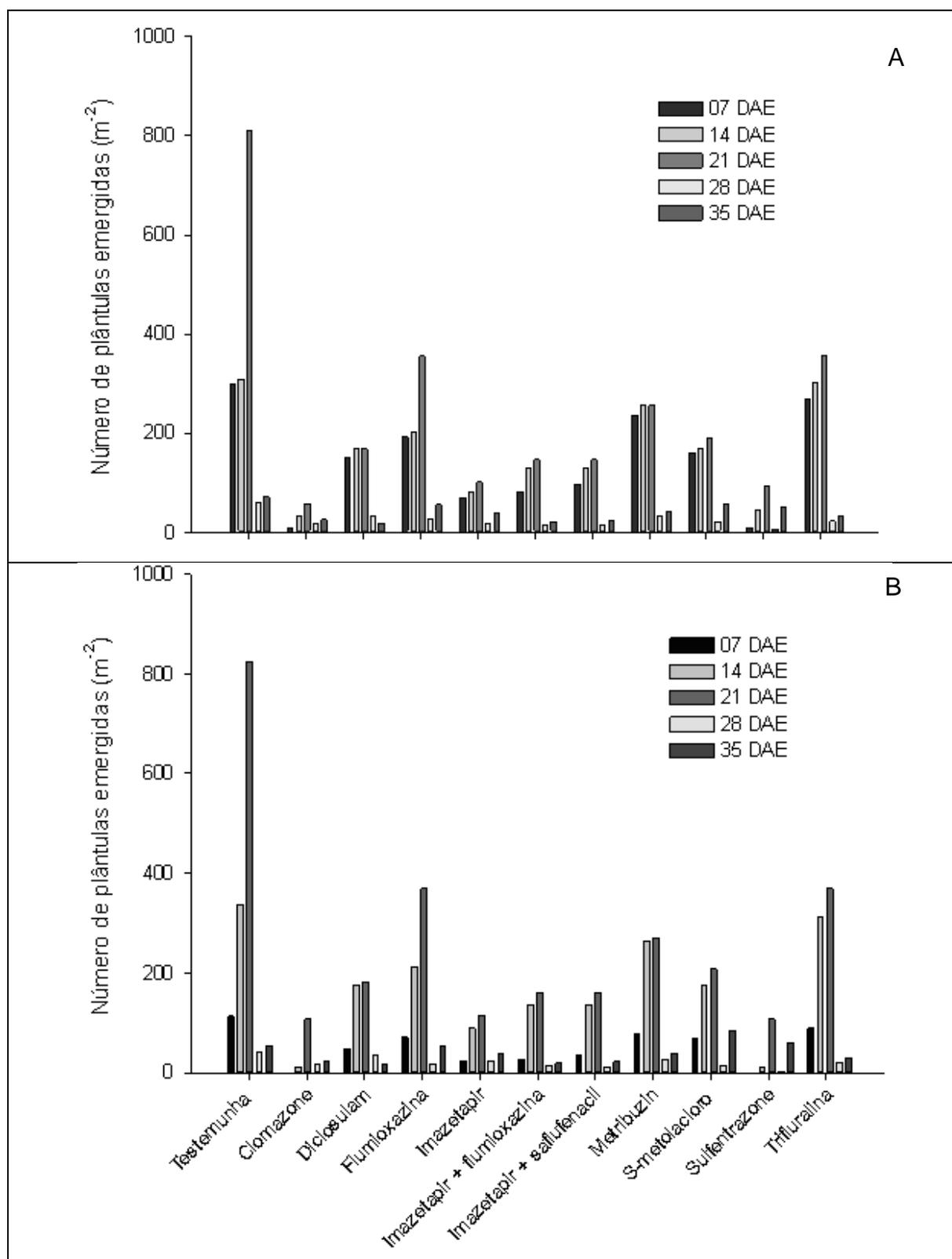


Figura 41 – Número de plantas daninhas poáceas emergidas em função do período residual de herbicidas pré-emergentes na primeira (A) e segunda época de semeadura (B) durante a safra 2017/18. UFPel, Capão do Leão – RS. 2019.

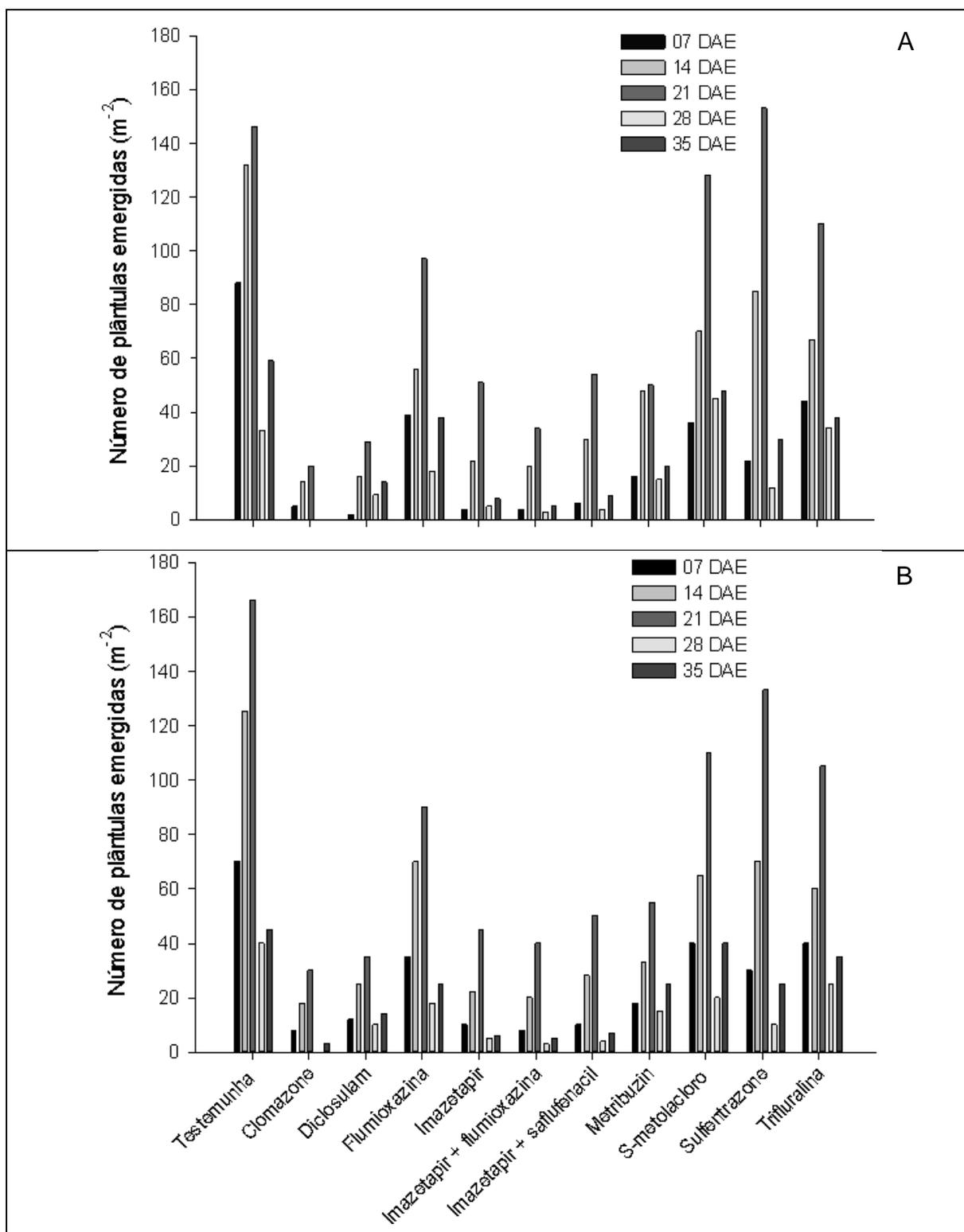


Figura 42 – Número de plantas daninhas eudicotiledôneas emergidas em função do período residual de herbicidas pré-emergentes na primeira (A) e segunda época de semeadura (B) durante a safra 2017/18. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.

A utilização de herbicidas na agricultura impede que as plantas daninhas interfiram na cultura durante seu período crítico, diminuindo as perdas por competição e na produtividade (CONCENÇO et al., 2014). Entretanto, a fitotoxicidade ocasionada por herbicidas pode interferir no desenvolvimento e na produtividade, pois prejuízos na soja RR[®] são observadas até pela aplicação de glyphosate (SANTOS et al., 2007). Assim, ao avaliar o número de vagens e grãos por planta, observou-se que os herbicidas sulfentrazone na primeira época diminuiu o número de vagens, mas não afetou o número de grãos quando comparado com a testemunha (Tabela 26). Já clomazone e metribuzim, ocasionaram redução no número de vagens e grãos das plantas quando comparado com a testemunha, na segunda época de semeadura. Além desses herbicidas, s-metolaclo-ro também ocasionou redução no número de grãos em relação a testemunha na segunda época de semeadura.

Tabela 26 - Número de vagens e grãos por planta de soja em função da interação entre época de semeadura e do uso de herbicidas pré-emergentes, durante a safra 2017/18. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.

Tratamento	Vagens (n° planta ⁻¹)		Grãos (n° planta ⁻¹)	
	Primeira época	Segunda época	Primeira época	Segunda época
Clomazone	29,87 bc ^{1ns}	27,90 ef	52,63 b ^{ns}	58,99 ed
Diclosulam	25,00 cd*	44,73 ab	50,46 b*	64,59 bcd
Flumioxazina	30,87 b ^{ns}	42,53 abc	59,96 ab ^{ns}	69,05 abc
Imazetapir	29,80 bc ^{ns}	31,50 de	59,20 ab ^{ns}	54,67 ed
IMA + FLU ²	40,27 a ^{ns}	48,60 a	67,30 a ^{ns}	77,06 a
IMA + SAF ³	24,70 cd*	42,90 abc	51,07 b ^{ns}	73,55 ab
Metribuzim	25,97 bcd ^{ns}	26,03 f	52,65 b ^{ns}	54,85 e
S-metolaclo-ro	26,17 bcd*	35,27 cde	53,29 b ^{ns}	50,76 e
Sulfentrazone	23,30 d*	35,30 cde	48,40 b*	66,23 abc
Trifluralina	27,13 bcd*	43,30 abc	56,60 ab*	71,72 ab
Testemunha	28,80 bc ^{ns}	39,30 bcd	57,05 ab ^{ns}	68,43 abc
CV ⁴ (%)	10,70	11,43	11,98	9,05

¹ Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$) e presença de * na linha, difere entre as épocas de semeadura, pelo teste t ($p \leq 0,05$); ^{ns} não significativo; ² Imazetapir+Flumioxazina; ³ Imazetapir+Saflufenacil; ⁴ Coeficiente de variação.

Para os herbicidas que apresentaram diferenças entre as épocas, observa-se que os menores números de vagens e grãos foram obtidos na primeira época de semeadura, corroborando com os resultados de maior fitotoxicidade nessa época (Tabela 26). Além da menor fitotoxicidade na segunda época, as condições ambientais podem ter favorecido o desenvolvimento da cultura, já que a primeira época passou por um período superior de déficit hídrico, e mesmo realizando a suplementação hídrica as condições ambientais foram desfavoráveis (Figura 40).

Entretanto, a redução destes componentes para metribuzim, s-metolaclo e sulfentrazone pode ser resultado do controle ineficiente sobre as plantas daninhas na área. Com controle ineficiente a competição foi estabelecida principalmente por plantas eudicotiledôneas nos tratamentos com s-metolaclo e sulfentrazone, enquanto para metribuzim, tanto poáceas como eudicotiledôneas se estabeleceram. Os efeitos da competição em plantas, são caracterizados por alterar processos fisiológicos causando redução fotossintética e menor alocação de recursos para a parte aérea e grãos (MCKENZIE-GOPSILL et al., 2016).

Para clomazone o controle foi eficiente e a fitotoxicidade visual foi baixa, o que não justifica a redução no número de vagens e grãos. Entretanto, suspeita-se que esse herbicida pode ter afetado o metabolismo da planta, e mesmo não apresentando sintomas visuais afetou o desenvolvimento da cultura. Isso é conhecido como fitotoxicidade invisível ou oculta (LÓPEZ OVEJERO et al., 2003), e já foram relatadas para vários herbicidas, como flumetsulam e sulfentrazone em *Lotus corniculatus* (SILVA, 2016). Sintomas mais agudos de clomazone, são observados na cultura do arroz, e para amenizar esses danos é recomendado o uso de protetor de sementes (*safeners*), principalmente quando se utiliza doses elevadas do herbicida (HATZIOS; BURGOS, 2004). Entretanto, isso se justificaria se o clomazone ocasionasse perdas de produtividade, mas isso não foi observado quando comparado com a testemunha e com o tratamento com a maior produtividade, que não foi diferente do tratamento com clomazone (Tabela 27). Assim, fica reforçado o fato de que mesmo havendo menores números de vagens e grãos por planta houve manutenção da produtividade da cultura, provavelmente decorrente do melhor controle das espécies mono e eudicotiledôneas presentes na área.

A maior produtividade da cultura da soja foi observada pela utilização do herbicida imazetapir + flumioxazina em ambas as épocas de semeadura, corroborando os resultados para componentes de produtividade (Tabela 27). Já a menor produtividade foi obtida por metribuzim em ambos anos, mas não diferindo da testemunha. Dessa forma, mesmo a cultura apresentando fitotoxicidade decorrente da aplicação do herbicida e redução em alguns componentes de produtividade, a mesma superou os sintomas de injúrias, evidenciando que a competição inicial é o principal fator de perda de produtividade.

Esses resultados corroboram os observados por Nonemacher et al. (2017), onde alguns herbicidas pré-emergentes como clomazone, flumioxazina, s-metolaclo

e Imazetapir, reduziram os componentes de produtividade de soja, mas não reduziram a produtividade de grãos. De forma similar os herbicidas diclosulam, flumetsulam e sulfentrazone aplicados em pré-emergência mesmo afetando o desenvolvimento inicial de soja, não ocasionaram perdas na produtividade (OSIPE et al., 2014). Outros trabalhos, também observaram que a produtividade de soja foi maior com o uso de herbicidas residuais (s-metolacloro e metribuzim) associado ao glyphosate por proporcionar os maiores níveis de controle de buva e milhã (NUNES et al., 2018). Entretanto, em muitos casos a fitotoxicidade causada pela aplicação de herbicidas, pode afetar os componentes da produtividade, e conseqüentemente a produtividade final da cultura (DAN et al., 2012a; DAN et al., 2012b). Fornazza et al. (2018), relatou que as combinações dos herbicidas pré-emergentes s-metolacloro, diclosulam e sulfentrazone com diferentes pós-emergentes ocasionaram perdas de produtividade de soja, sendo as maiores aquelas com clorimuron e lactofen.

Tabela 27 - Produtividade (kg ha⁻¹) da cultura da soja em função da interação entre época de semeadura e do uso de herbicidas pré-emergentes, durante a safra 2017/18. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.

Tratamento	Produtividade (kg ha ⁻¹)	
	Primeira época	Segunda época
Clomazone	3120,20 ab ^{1ns}	3106,57 abc
Diclosulam	2767,03 de*	3208,73 a
Flumioxazina	2970,67 bc ^{ns}	2958,10 ef
Imazetapir	3058,83 abc ^{ns}	3002,55 de
IMA + FLU ²	3195,70 a ^{ns}	3217,97 a
IMA + SAF ³	3010,97 bc ^{ns}	3015,10 cde
Metribuzim	2661,30 e ^{ns}	2856,50 f
S-metolacloro	2914,03 cd ^{ns}	3042,40 bcde
Sulfentrazone	2896,30 dc*	3144,90 abc
Trifluralina	2767,03 de ^{ns}	3169,50 ab
Testemunha	2693,70 e ^{ns}	2962,93 ef
CV ⁴ (%)	2,98	2,45

¹ Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Duncan (p≤0,05) e presença de * na linha, difere entre as épocas de semeadura, pelo teste t (p≤0,05); ^{ns} não significativo; ² Imazetapir+Flumioxazina; ³ Imazetapir+Saflufenacil; ⁴ Coeficiente de variação.

4.3.2 Experimento conduzido na safra 2018/19

Os testes de normalidade e homocedasticidade revelaram não ser necessária a transformação dos dados. A análise de variância, para o segundo ano, demonstrou que houve interação entre os fatores épocas de semeadura e uso de herbicidas pré-emergentes para as variáveis fitotoxicidade aos 07 e 14 DAE; controle de poáceas aos 07, 14 e 21 DAE; controle de eudicotiledôneas aos 14 e 21 DAE; número de

vagens por planta e produtividade da cultura (Tabelas 28, 29; 30, 31 e 32). Para o fator isolado herbicidas pré-emergentes houve significância apenas para peso de mil grãos (Tabela 33). Para fitotoxicidade aos 21 DAE não foi constatada significância para nenhuma das épocas.

Os dados observados para fitotoxicidade aos 07, 14 e 21 DAE, colaboram com o observado no primeiro ano, onde não foi constatado fitotoxicidade superior a 15% em ambas as épocas de semeadura, com maiores fitotoxicidades na primeira época de semeadura (Tabela 28). Além disso, clomazone e trifluralina foram os herbicidas mais seletivos em ambas as épocas de semeadura.

Tabela 28 - Fitotoxicidade (%) a cultivar de soja BMX58160IPRO em função da interação de épocas de semeadura e uso de herbicidas pré-emergentes, avaliados 07 e 14 dias após a emergência da cultura (DAE), durante a safra 2018/19. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.

Tratamento	Fitotoxicidade 07 DAE		Fitotoxicidade 14 DAE	
	Primeira época	Segunda época	Primeira época	Segunda época
Clomazone	7,00 c ^{1ns}	7,50 e	2,50 cd ^{ns}	2,33 cde
Diclosulam	11,00 b ^{ns}	13,67 ab	4,75 b ^{ns}	3,50 bcd
Flumioxazina	12,08 b ^{ns}	8,33 de	2,50 cd ^{ns}	3,50 bcd
Imazetapir	12,25 b ^{ns}	9,44 d	4,33 b*	1,33 ed
IMA + FLU ²	14,75 a ^{ns}	12,75 bc	3,67 bcd ^{ns}	4,00 bc
IMA + SAF ³	14,25 a ^{ns}	15,00 a	5,25 b ^{ns}	7,66 a
Metribuzim	11,83 b*	8,50 de	5,00 b ^{ns}	4,33 bc
S-metolacloro	11,50 b*	8,00 e	4,00 bcd ^{ns}	5,04 b
Sulfentrazone	15,06 a ^{ns}	14,50 a	10,00 a*	5,33 b
Trifluralina	8,75 c ^{ns}	7,50 e	2,00 d ^{ns}	1,75 ed
Testemunha	0,00 d ^{ns}	0,00 f ^{ns}	0,00 e ^{ns}	0,00 e
CV ⁴ (%)	12,41	10,30	20,82	32,14

¹ Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$) e presença de * na linha, difere entre as épocas de semeadura, pelo teste t ($p \leq 0,05$); ^{ns} não significativo; ² Imazetapir+Flumioxazina; ³ Imazetapir+Saflufenacil; ⁴ Coeficiente de variação.

As maiores fitotoxicidades foram observadas para os herbicidas formulados pela associação de imazetapir + flumioxazina e imazetapir + saflufenacil e pelo herbicida sulfentrazone (Tabela 28). Esses herbicidas naturalmente ocasionam maiores efeitos fitotóxicos a cultura da soja, pois o mecanismo de seletividade é baseado na metabolização rápida dos herbicidas, formando compostos não tóxico (TAYLOR-LOVELL; WAX; NELSON, 2001; OLIVEIRA JÚNIOR; CONSTANTIN; INOUE, 2011). Resultados apontam incremento da absorção e translocação de imazetapir em plantas de arroz-daninho, ou de absorção de saflufenacil em *Sesbania exaltata* pela associação de saflufenacil com imazetapir (Camargo et al., 2012a).

Os efeitos fitotóxicos observados para sulfentrazone podem ser maiores em função da dose utilizada (ARRUDA et al., 1999) e principalmente em solos arenosos e com baixo conteúdo de matéria orgânica. Além disso, cultivares de soja apresentam tolerância diferencial ao herbicida sulfentrazone (TAYLOR-LOVELL; WAX; NELSON, 2001; LÓPEZ-OVEJERO et al., 2006), onde as mais sensíveis apresentam redução da área foliar, altura de planta, comprimento de raízes e acúmulo de massa seca (DAYAN et al., 1997; ARRUDA et al., 1999), ou ainda diminuição da formação de nódulos e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ZOBIOLE et al., 2007), sendo isso mais evidente em solos compactados (BIFFE et al., 2012). Entretanto, mesmo fitotoxicidade baixa de sulfentrazone, ocasionam redução na estatura de plantas de soja (OSIPE et al., 2014).

Corroborando com os dados da safra anterior, a maior fitotoxicidade também foi observada na primeira época para os herbicidas metribuzim e s-metolaclopro para os herbicidas metribuzim e s-metolaclopro aos 07 DAE e sulfentrazone e imazetapir aos 14 DAE (Tabela 28). Isso demonstra que o principal fator envolvido nessa resposta, são as condições de temperatura, que foram similares entre os anos (Figura 40). Baixas temperaturas causam diminuição da fluidez de membranas, proporcionando decréscimo na taxa metabólica da planta e prejudicando a atividade de enzimas (MURATA; LOS, 1997). Dentre os mecanismos de defesa da planta para desintoxicação dos herbicidas está à atividade das enzimas superóxido dismutase, ascorbato peroxidase e catalase, as quais eliminam as espécies reativas de oxigênio e evitam o efeito oxidativo que acarreta na destruição de membranas e componentes celulares (LANGARO et al., 2017).

Para o controle de espécies poáceas, foram constatados efeito dos herbicidas e época de semeadura nas avaliações aos 07, 14 e 21 DAE (Tabela 29 e 30). Controle acima ou igual a 90% foi observado em ambas as épocas de semeadura para os herbicidas clomazone e imazetapir + flumioxazina nas três épocas de avaliação (Tabelas 29 e 30), e em geral, superior às demais. Salienta-se, controle acima de 90% para imazetapir e imazetapir + saflufenacil, na primeira época de semeadura nas três avaliações. Esses resultados confirmam a eficiência destes herbicidas observados na safra anterior.

Do mesmo modo, flumioxazina também demonstrou a menor eficiência de controle de poáceas, sendo essa observada já aos 07 DAE com controle abaixo de 60% (Tabela 29). Os demais herbicidas, apresentam controle intermediário embora tenham mostrado variação entre as épocas de semeadura. Salienta-se ainda, que

além da menor eficiência destes herbicidas, todos reduziram o percentual de controle com o decorrer das avaliações (Tabela 30).

Tabela 29- Controle (%) de poáceas (POA) (papuã e milhã) em função da interação entre épocas de semeadura e uso de herbicidas pré-emergentes, avaliados aos 07 e 14 dias após e emergência (DAE) durante a safra 2018/19. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.

Tratamento	Controle (%) POA 07 DAE		Controle (%) POA 14 DAE	
	Primeira época	Segunda época	Primeira época	Segunda época
Clomazone	92,25 ab ^{1ns}	94,37 a	91,75 ab ^{ns}	90,77 a
Diclosulam	87,50 bc ^{ns}	86,67 bc	84,75 c*	68,50 d
Flumioxazina	60,00 f*	53,22 f	45,00 g ^{ns}	52,50 f
Imazetapir	92,00 ab ^{ns}	83,33 cd	90,50 b*	75,46 bc
IMA + FLU ²	95,00 a ^{ns}	91,50 ab	95,75 a ^{ns}	90,50 a
IMA + SAF ³	96,75 a*	82,33 cd	92,25 ab*	73,77 cd
Metribuzim	79,62 de ^{ns}	83,50 cd	68,00 f*	79,83 b
S-metolaclo-ro	74,62 e ^{ns}	65,83 e	72,00 e*	62,79 e
Sulfentrazone	86,33 bc ^{ns}	78,67 d	82,33 cd ^{ns}	77,72 bc
Trifluralina	85,12 dc ^{ns}	87,10 bc	79,75 d*	87,61 a
Testemunha	0,00 g ^{ns}	0,00 g	0,00 h ^{ns}	0,00 g
CV ⁴ (%)	5,02	4,48	3,65	4,84

¹ Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$) e presença de * na linha, difere entre as épocas de semeadura, pelo teste t ($p \leq 0,05$); ^{ns} não significativo; ² Imazetapir+Flumioxazina; ³ Imazetapir+Saflufenacil; ⁴ Coeficiente de variação.

Tabela 30 - Controle (%) de poáceas (POA) (papuã e milhã) em função da interação entre épocas de semeadura e uso de herbicidas pré-emergentes, avaliados aos 21 dias após e emergência (DAE) durante a safra 2018/19. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.

Tratamento	Controle (%) POA 21 DAE	
	Primeira época	Segunda época
Clomazone	91,75 a ^{1ns}	89,83 a
Diclosulam	84,00 b*	56,00 ed
Flumioxazina	27,33 e*	40,83 f
Imazetapir	90,50 a*	72,50 b
IMA + FLU ²	95,00 a*	90,00 a
IMA + SAF ³	90,00 a*	74,88 b
Metribuzim	66,25 d ^{ns}	60,83 c
S-metolaclo-ro	69,00 d*	52,45 e
Sulfentrazone	80,33 b ^{ns}	66,79 c
Trifluralina	74,00 c ^{ns}	76,58 b
Testemunha	0,00 f ^{ns}	0,00 g
CV ⁴ (%)	4,69	5,65

¹ Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$) e presença de * na linha, difere entre as épocas de semeadura, pelo teste t ($p \leq 0,05$); ^{ns} não significativo; ² Imazetapir+Flumioxazina; ³ Imazetapir+Saflufenacil; ⁴ Coeficiente de variação.

O controle eficiente de clomazone foi relatado para *Digitaria insularis* (MELO et al., 2017), e para biótipos de *Eleusine indica* resistente ao glyphosate (TAKANO et

al., 2018), conferindo como uma alternativa de herbicida para ser utilizado na pré-emergência da cultura da soja. Além disso, no Brasil não há relatos de resistência a este herbicida, e pode auxiliar no manejo de espécies resistentes, tanto de poáceas como de eudicotiledôneas. No entanto, este deve ser utilizado em rotação com outros modos de ação, pois na América do Norte há biótipos registrados com resistência a clomazone (HEAP, 2019). Outros trabalhos relatam controle eficiente de *Urochloa plantaginea* e *Digitaria ciliaris* pela associação de glifosato + clomazone, glifosato + s-metolaclo e glyphosate + imazetapir + sulfentrazone (NONEMACHER et al., 2018).

Resultados contraditórios demonstram controle eficiente de *Digitaria insularis* com s-metolaclo e flumioxazina até 80 dias após a aplicação (DAA) (MELO et al., 2017). Assim como, Takano et al., (2018) observaram controle eficiente e redução no número de plantas emergidas de *Eleusine indica* até 35 DAA para s-metolaclo, flumioxazina e trifluralina.

Ao contrário do primeiro ano, observaram-se diferenças nos níveis de controle de plantas daninhas eudicotiledôneas para alguns herbicidas em função da época de semeadura aos 14 e 21 DAE (Tabela 31). Essas diferenças foram observadas para metribuzim e trifluralina aos 14 e 21 DAE respectivamente, onde houve maior controle na segunda época de semeadura, mas ainda apresentaram controle ineficiente das espécies. A classificação intermediária também foi mantida para o herbicida diclosulam, mesmo não diferindo dos herbicidas clomazone, imazetapir, imazetapir + flumioxazina e imazetapir + saflufenacil que apresentaram controle acima de 90% em ambas as avaliações a exceção do imazetapir + saflufenacil aos 21 DAE na segunda época de semeadura. Salienta-se que além de trifluralina, o controle ineficiente em ambas as épocas de semeadura também foi observado para os herbicidas flumioxazina, s-metolaclo e sulfentrazone. Desse modo, mesmo não tendo sido realizado análise conjunta dos dados, observa-se comportamento similar entre os anos para os herbicidas.

Diante dos resultados, observou-se que clomazone e imazetapir + flumioxazina foram os únicos herbicidas que reduziram o fluxo de emergência de plantas daninhas acima de 80% nas duas épocas de semeadura (Figura 43 A e B). Salienta-se que sulfentrazone, imazetapir isolado ou associado com saflufenacil apresentaram residuais até os 21 DAE, reduzindo o fluxo de emergência de poáceas próximo a 80% na primeira época de semeadura (Figura 43 A). Com exceção do sulfentrazone, todos os herbicidas que reduziram o fluxo acima de 80% e atrasaram

o desenvolvimento de papuã e milhã na área. O atraso no desenvolvimento das espécies, proporciona melhores condições para o controle de herbicidas pós-emergentes, principalmente aqueles com baixa translocação.

Tabela 31- Controle (%) de eudicotiledôneas (Dico) em função da interação entre épocas de semeadura e uso de herbicidas pré-emergentes, avaliados aos 14 e 21 dias após e emergência (DAE) durante a safra 2018/19. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.

Tratamento	Controle (%) Dico 14 DAE		Controle (%) Dico 21 DAE	
	Primeira época	Segunda época	Primeira época	Segunda época
Clomazone	92,00 a ^{1ns}	93,67 a	88,50 b ^{ns}	93,00 a
Diclosulam	87,00 bc ^{ns}	89,33 a	81,50 c ^{ns}	85,33 b
Flumioxazina	57,67 e ^{ns}	55,75 cd	31,67 g ^{ns}	36,75 e
Imazetapir	95,75 a ^{ns}	94,33 a	94,00 a ^{ns}	94,00 a
IMA + FLU	92,50 a ^{ns}	92,00 a	90,50 ab ^{ns}	92,50 a
IMA + SAF	90,75 ab ^{ns}	92,00 a	90,50 ab ^{ns}	88,75 ab
Metribuzim	85,33 c*	88,33 a	76,75 d ^{ns}	79,00 c
S-metolacloro	69,50 d ^{ns}	61,67 c	45,50 f ^{ns}	35,33 e
Sulfentrazone	72,00 d ^{ns}	67,75 b	62,00 e ^{ns}	61,75 d
Trifluralina	44,00 f ^{ns}	53,50 d	15,75 h*	31,00 e
Testemunha	0,00 g ^{ns}	0,00 e	0,00 i ^{ns}	0,00 f
CV ⁴ (%)	4,44	5,36	4,52	5,64

¹ Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$) e presença de * na linha, difere entre as épocas de semeadura, pelo teste t ($p \leq 0,05$); ^{ns} não significativo; ² Imazetapir+Flumioxazina; ³ Imazetapir+Saflufenacil; ⁴ Coeficiente de variação.

O fluxo de emergência de eudicotiledôneas também foi influenciado pelos herbicidas pré-emergentes, e como no primeiro ano, apenas clomazone diminuiu o fluxo de emergência acima de 80% nas duas épocas de semeadura as 21 DAE (Figura 44). Para os herbicidas inibidores da ALS, apenas diclosulam não proporcionou redução da emergência acima de 70%, divergindo do observado na safra anterior. Salienta-se que os herbicidas inibidores da ALS permitem a emergência das espécies com posterior aparecimento dos sintomas e controle. Os sintomas incluem paralisação do crescimento, amarelecimento dos meristemas e redução do sistema radicular, com as raízes secundárias apresentando-se uniformemente curtas e engrossadas.

É importante ressaltar que os herbicidas com controle ineficientes, proporcionaram novos fluxos de emergência de plantas daninhas após o controle com glyphosate aos 21 DAE (Figura 43 e 44). Esse novo fluxo de emergência não apresenta uma espécie dominante, sendo caracterizado por densidade de poáceas e eudicotiledôneas muito similares. Embora o impacto desse novo fluxo seja menor em relação ao primeiro, pois a cultura já está estabelecida, muitas destas plantas daninhas atingem o estágio reprodutivo e promovem a renovação do banco de

sementes, garantindo a permanência da espécie na área (CONN; BEATTIE; BLANCHARD, 2006; WERLE et al., 2014b) e proporcionam a depreciação do produto colhido. Assim os resultados observados corroboram com os dados de controle, onde os herbicidas clomazone e os herbicidas inibidores da ALS testados possuem os maiores residuais para controlar plantas daninhas em pré-emergência da cultura da soja.

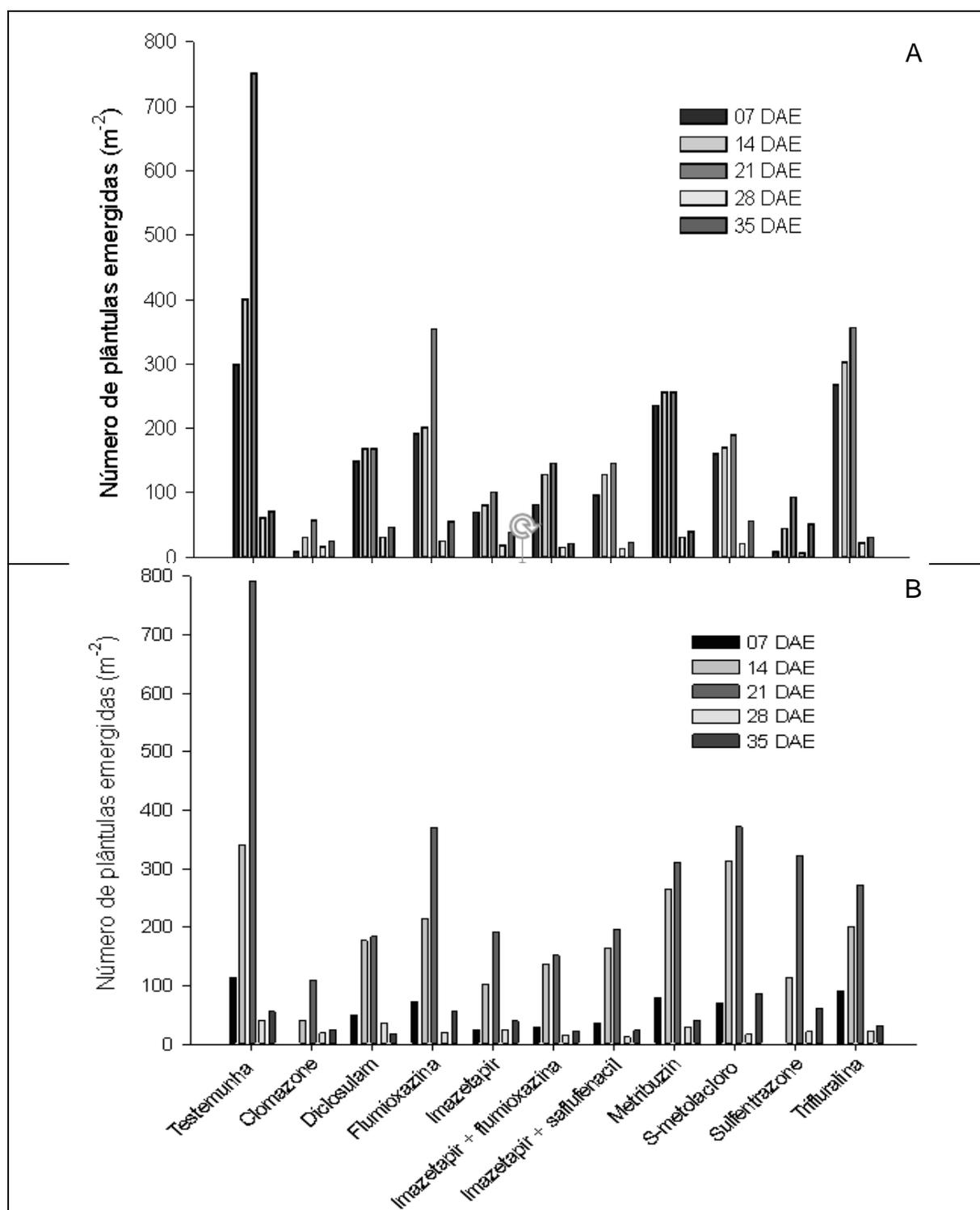


Figura 43 – Número de plantas daninhas poáceas emergidas em função do período residual de herbicidas pré-emergentes na primeira (A) e segunda época de semeadura (B) durante a safra 2018/19. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.

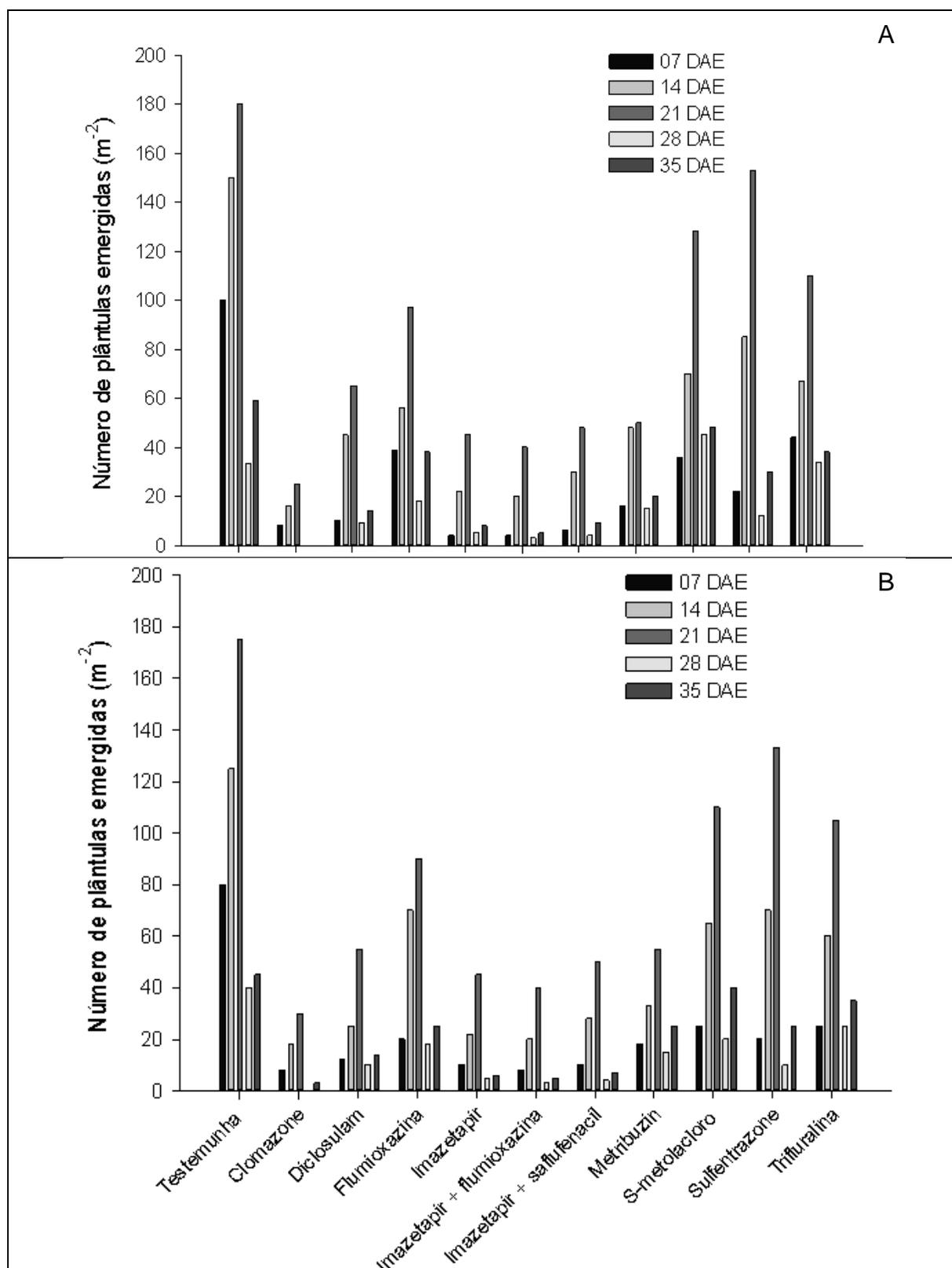


Figura 44 – Número de plantas daninhas eudicotiledôneas emergidas em função do período residual de herbicidas pré-emergentes na primeira (A) e segunda época de semeadura (B) durante a safra 2018/19. UFPel, Capão do Leão-RS. 2019.

O uso de um herbicida com efeito residual teve impacto no manejo de plantas daninhas. Esse tipo de herbicida pode ajudar a suprimir a emergência de plantas daninhas no início da estação e limitar a interferência inicial de plantas daninhas crescendo em conjunto com a cultura (NUNES et al., 2018).

Os resultados obtidos para número de vagens por planta, diferiram do observado na safra anterior, pois o efeito dos herbicidas foi observado apenas na primeira época de semeadura (Tabela 32). Nesta época, apenas diclosulam não diferiu da testemunha e apresentou maior número de grãos em relação a segunda época de semeadura. Os outros herbicidas reduziram o número de vagens por planta quando comparado com a testemunha, sendo as maiores reduções ocasionadas por flumioxazina, sulfentrazone e trifluralina com 27,7, 26,7 e 28,9% respectivamente.

Tabela 32 - Número de vagens por planta e produtividade da cultura da soja em função do uso de herbicidas pré-emergentes em diferentes épocas de semeadura durante a safra 2018/19. UFPel, Capão do Leão-RS 2019.

Tratamento	Vagens (n° planta ⁻¹)		Produtividade (kg ha ⁻¹)	
	Primeira época	Segunda época	Primeira época	Segunda época
Clomazone	67,37 b ^{1ns}	57,18 ^{ns}	3500,70 bcd ^{ns}	3688,20 a
Diclosulam	86,00 a [*]	52,37	3602,50 bcd ^{ns}	3631,30 ab
Flumioxazina	55,33 d ^{ns}	55,62	3629,50 bcd ^{ns}	3521,90 ab
Imazetapir	66,03 bc ^{ns}	54,25	4177,60 a [*]	3715,80 a
IMA + FLU ²	60,07 c ^{ns}	58,08	3713,90 bc ^{ns}	3686,80 a
IMA + SAF ³	66,20 bc ^{ns}	61,37	3895,50 ab ^{ns}	3706,80 a
Metribuzim	62,87 bc ^{ns}	52,31	3523,90 bcd ^{ns}	3631,10 ab
S-metolaclo-ro	62,27 bc ^{ns}	55,75	3475,40 bcd ^{ns}	3320,10 b
Sulfentrazone	56,07 d ^{ns}	54,25	3376,90 cd ^{ns}	3392,60 b
Trifluralina	54,46 d ^{ns}	53,68	3572,10 bcd ^{ns}	3553,90 ab
Testemunha	76,48 a ^{ns}	62,75	3221,50 d ^{ns}	3335,80 b
CV ⁴ (%)	11,09	16,73	7,03	4,82

¹ Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Duncan (p≤0,05) e presença de * na linha, difere entre as épocas de semeadura, pelo teste t (p≤0,05); ^{ns} não significativo; ² Imazetapir+Flumioxazina; ³ Imazetapir+Saflufenacil; ⁴ Coeficiente de variação.

É importante salientar que os componentes de produtividade são características genéticas das plantas. Assim, mesmo havendo redução no número de vagens por planta, pouca variação foi observada entre os herbicidas para o peso de mil grãos (Tabela 33), como observado por outros autores pela aplicação de herbicidas (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005; SILVA et al., 2008). Ainda, flumioxazina

apresentou o maior peso de mil grãos, junto com imazetapir isolado ou associado com flumioxazina, mesmo com redução de 27,7% no número de vagens por planta. Nonemacher et al. (2017) também observaram maior peso de mil grãos em plantas com menor número de vagens e pela associação de flumioxazina e imazetapir ao herbicida glifosato.

Tabela 33 - Peso de mil grãos (g) de soja na média das duas épocas em função do uso de herbicidas pré-emergentes, durante a safra 2018/19. UFPel, Capão do Leão-RS, 2019.

Tratamento	Peso mil grãos (g)
Clomazone	131,59 ab ¹
Diclosulam	126,48 bc
Flumioxazina	133,08 a
Imazetapir	134,05 a
IMA + FLU ²	134,14 a
IMA + SAF ³	127,33 bc
Metribuzim	126,49 bc
S-metolacloro	123,50 c
Sulfentrazone	125,37 bc
Trifluralina	126,67 bc
Testemunha	127,02 bc
CV ⁴ (%)	4,88

¹ Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ² Imazetapir+Flumioxazina; ³ Imazetapir+Saflufenacil; ⁴ Coeficiente de variação.

Para produtividade observou-se que nenhum tratamento produziu menos que a testemunha (Tabela 32). A maior produtividade foi observada no tratamento com aplicação isolada de imazetapir em ambas as épocas de semeadura. Na segunda época de semeadura, além de Imazetapir, as formulações com imazetapir + flumioxazina, imazetapir + saflufenacil e clomazone foram as mais produtivas. Esses resultados corroboram com a safra anterior e os observados para controle de plantas daninhas poáceas e eudicotiledôneas.

A menor produtividade obtida pela testemunha em todos os anos e épocas estudados, pode ser explicada pelo controle tardio de plantas daninhas nesse tratamento, sendo esse aos 21 DAE da cultura. Entretanto, a demora no controle proporcionou competição inicial entre cultura e planta daninha. Sabe-se que as perdas ocasionadas pela competição são variáveis conforme as características da cultura, da espécie daninha e do período em que ocorre a interferência, sendo que competição em fases iniciais da cultura, ocasionam perdas irreversíveis de produtividade

(FURTADO et al., 2012; AGOSTINETTO et al., 2014). Essas perdas podem ocorrer por alterações morfofisiológicas nas plantas, as quais podem comprometer o desenvolvimento de estruturas reprodutivas, refletindo na produtividade (LAMEGO et al., 2004). Desse modo, a menor produtividade obtida na testemunha, indica que a perda ocasionada pela competição com plantas daninhas nas fases iniciais da cultura, é superior àquela provocada pela fitotoxicidade de herbicidas pré-emergentes, justificando sua utilização a fim de manter a lavoura limpa no período de estabelecimento da cultura e favorecendo seu arranque inicial.

Os herbicidas pré-emergente auxiliam na melhor eficácia dos herbicidas pós-emergentes, facilitando o manejo devido à redução da infestação inicial de plantas daninhas e, do atraso no estágio de desenvolvimento no momento da aplicação (CHAUHAN, 2012; SOMERVILLE et al., 2016). Normalmente, esses herbicidas apresentam mecanismos de ação diferentes dos herbicidas utilizados em pós-emergência, auxiliando na redução do banco de sementes do solo, proporcionando efeito residual e consequente desenvolvimento da cultura em área limpa e com menor competição inicial.

Dentre os cenários em que podem ocorrer aumento do uso de herbicidas pré-emergentes estão áreas onde há plantas daninhas resistentes a herbicidas ou onde ainda não foram selecionadas espécies resistente (SOMERVILLE et al., 2017). Assim, diversos pesquisadores relatam a importância do uso de herbicidas pré-emergentes ou residuais para o controle e manejo da resistência de plantas daninhas que apresentam difícil controle. Porém, apenas a rotação ou a associação de herbicidas com múltiplos modos de ação não reduz ou impede a evolução da resistência se outras práticas de manejo não forem eficientemente adotadas.

Entre todos os pré-emergentes avaliados, observou-se que clomazone pode ser alternativa eficiente de controle de plantas daninhas na cultura da soja, principalmente em áreas com problemas de resistência. Além disso, clomazone, e os herbicidas inibidores da ALS possuem os maiores efeitos residuais sobre o fluxo de emergência de plantas daninhas e não proporcionam reduções na produtividade da cultura.

Salienta-se, que o uso de herbicidas pré-emergentes ajuda a suprimir a emergência e a competição de plantas daninhas no início do ciclo da cultura da soja e proporciona melhores condições para controle de herbicidas pós-emergentes. Aliando esses conhecimentos com os resultados de fluxo de emergência e as

estimativas de período anterior a interferência (PAI) de plantas daninhas para a cultura da soja em função da época de semeadura, é possível organizar o planejamento de manejo de plantas daninhas. Assim, para épocas de semeadura antecipadas, o controle químico preconizado seria realizado com a aplicação de herbicida em pós-emergência com efeito residual, em função do fluxo de emergência ser mais lento e o período crítico de interferência ser de 14 a 48 DAE (ZANDONÁ et al., 2018), mas herbicidas pré-emergentes podem ser utilizados para retardar ou eliminar a aplicação de herbicidas pós-emergentes. Com o atraso na semeadura, ocorre mais de um fluxo de emergência de plantas daninhas e em maior velocidade, o que reduz o PAI, então é necessário ser realizada dessecação, associada com herbicida pré-emergente para garantir residual e prolongar o PAI, com a aplicação de um pós-emergente antes do fechamento da cultura para permitir o estabelecimento livre da interferência e atingir a máxima produtividade.

4.4 Conclusões

Os herbicidas pré-emergentes utilizados proporcionam baixa fitotoxicidade e não ocasionam perdas na produtividade da cultura da soja independente da época de semeadura.

A primeira época de semeadura da cultura da soja é mais propensa a danos fitotóxicos ocasionadas por herbicidas pré-emergentes do que semeaduras mais tardias.

Clomazone, e imazetapir isolado ou associado com flumioxazina ou saflufenacil apresentam efeito residual e os melhores controle sobre papuã e milhã, com redução acima de 80% do fluxo de emergência dessas espécies.

Clomazone, imazetapir, imazetapir + flumioxazina e imazetapir + saflufenacil que apresentaram controle acima de 90% sobre espécies eudicotiledôneas, mas apenas clomazone reduz o fluxo de emergência picão-preto, corda-de-viola e guanxuma acima de 80%.

5 CONCLUSÕES

Ambos os modelos de tempo térmico e hidrotérmico são adequados para prever a emergência de picão-preto, corda-de-viola, guanxuma, milhã e papuã nas três épocas de semeadura e servem como ferramenta para a tomada de decisão sobre o uso de medidas de controle em função das condições ambientais.

A semeadura realizada em outubro ou na primeira quinzena de novembro é mais propensa a apenas um fluxo contínuo de emergência de plantas daninhas, enquanto que a semeadura no início de dezembro pode ser influenciada por mais de um fluxo e em maior velocidade de emergência.

Picão-preto, corda-de-viola, guanxuma, milhã e papuã apresentam capacidade de produzir elevada quantidade de sementes por planta o que garante a persistência das espécies no banco de sementes.

Picão-preto e milhã possuem banco de semente transitório, enquanto corda-de-viola, guanxuma e papuã possuem banco de sementes persistente, sendo que, quanto maior a profundidade de enterrio das sementes, maior é a longevidade dessas espécies no banco de sementes do solo.

Os herbicidas pré-emergente utilizados proporcionam baixa fitotoxicidade e não ocasionam perdas na produtividade da cultura da soja, suprimindo a emergência e a competição de plantas daninhas no início do ciclo da cultura da soja e proporcionam melhores condições para controle de herbicidas pós-emergentes.

Os resultados obtidos nesse trabalho permitem organizar o planejamento de manejo para a cultura da soja com base na época de semeadura e em função da emergência de plantas daninhas ao longo do ciclo da cultura.

6 REFERÊNCIAS

AGOSTINETTO, D.; FONTANA, L.C.; VARGAS, L.; PERBONI, L.T.; POLIDORO, E.; SILVA, B.M. Competition periods of crabgrass with rice and soybean crops. **Planta Daninha**, v.32, p.31-38, 2014.

AGOSTINETTO, M.C.; CARVALHO, L.B.; ANSOLIN, H. H.; ANDRADE, T.C.G.R.; SCHMIT, R. Synergism of mixtures of glyphosate and PROTOX inhibitor herbicides for morning-glory control. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.15, p.8-15, 2016.

AGROFIT. Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: http://extranet.agricultura.gov.br/agrofitcons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 10 junho 2019.

AHMED, S.; CHAUHAN, B.S. Efficacy and phytotoxicity of different rates of oxadiargyl and pendimethalin in dry-seeded rice (*Oryza sativa* L.) in Bangladesh. **Crop Protection**, v.72, p.169-174, 2015.

ALBUQUERQUE, K.S.; GUIMARÃES, R.M. Comportamento fisiológico de sementes de *Bowdichia virgilioides* Kunth. sob diferentes temperaturas e condições de luz. **Cerne**, v.13, p.64-70, 2007.

ALIGNIER, A.; MEISS, H.; PETIT, S.; REBOUD, X. Variation of postdispersal weed seed predation according to weed species, space and time. **Jornal of Plant Diseases and Protection**, v.21, p.221-226, 2008.

ALI, H.H.; TANVEER, A.; NADEEM, M.A.; ASGHAR, H.N.; JAVAID, M.M. Germination ecology of *Rhynchosia capitata*: an emerging summer weed in Asia. **Planta Daninha**, v.31, p.249-257, 2013.

ALI, H.H.; TANVEER, A.; NADEEM, M.A.; ASGHAR, H.N. Methods to break seed dormancy of *Rhynchosia capitata*, a summer annual weed. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v.71, p.483-487, 2011.

ANDRADE, A.C.S.; SOUZA, A.F.; RAMOS, F.N.; PEREIRA, T.S.; CRUZ, A.P.M. Germinação de sementes de jenipapo: temperatura, substrato e morfologia do desenvolvimento pós-seminal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.609-615, 2000.

ARMENGO, L.; BLANCO-MORENO, J.M.; BÀRBERI, P.; BOCCI, G.; CARLES, S.; AENDEKERK, R.; BERNERB, A.; CELETTE, F.; GROSSE, M.; HUITINGG, H.; KRANZLERH, A.; LUIKI, A.; MÄDERB, P.; PEIGNÉE, J.; STOLL, E.; DELFOSSEK, P.; SUKKELG, W.; SURBÖCKH, A.; WESTAWAY, S.; SANS, F.X. Tillage as a driver of change in weed communities: a functional perspective. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.222, p.276-285, 2016.

ARRUDA, J.S.; LOPES, N.F.; BACARIN, M.A. Crescimento de plantas de soja em função de doses de sulfentrazone. **Planta Daninha**, v.17, p. 375-386, 1999.

AVILA, L.A.; MARCHEZAN, M.; FRANÇOIS, T.; CEZIMBRA, D.M.; SOUTO, K.M.; REFATTI, J.P. Toxicidade da mistura formulada de imazethapyr e imazapic sobre o azevém em função do teor de umidade do solo. **Planta Daninha**, v.28, p.1041-1046, 2010.

AZANIA, A.A.P.M.; AZANIA, C.A.M.; PAVANI, M.C.M.D.; CUNHA, M.C.S. Métodos de superação de dormência em sementes de *Ipomoea* e *Merremia*. **Planta daninha**, v.21, p.203-209, 2003

BAKER, H. The evolution of weeds. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.5, p.1-24, 1974.

BALBINOT, JR.A.A.; FLECK, N.G.; BARBOSA NETO, J.F.; RIZZARDI, M.A. Características de plantas de arroz e a habilidade competitiva com plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.21, p.165-174, 2003.

BARROS, R.T.; MARTINS, C.C.; DA SILVA, G.Z.; MARTINS, D. Origin and temperature on the germination of beggartick seeds. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, p.448-453, 2017.

BASKIN, J.M.; BASKIN, C.C. A classification system for seed dormancy. **Seed Science Research**, v.14, p.1-16, 2004.

BASTIANI, M.O.; LAMEGO, F.P.; NUNES, J.P.; MOURA, D.S.; WICKERT, R.J.; OLIVEIRA, J.I. Germinação de sementes de capim-arroz submetidas a condições de luz e temperatura. **Planta Daninha**, v.33, p.395-404, 2015.

BATLLA, D.; BENECH-ARNOLD, R.L. Weed seed germination and the light environment: Implications for weed management. **Weed Biology and Management**, v.14, p.77-87, 2014.

BATLLA, D.; GRUNDY, A.; DENT, K.C.; CLAY H.A.; FINCH-SAVAGE, W.E. A quantitative analysis of temperature dependent dormancy changes in *Polygonum aviculare*. **Weed Research**, v.49, p.428-438, 2009.

BENJAMIN, L.R.; MILNE, A.E.; PARSONS, D.J.; LUTMAN, P.J.W. A model to simulate yield losses in winter wheat caused by weeds, for use in a weed management decision support system. **Crop Protection**, v.29, p.1264-1273, 2010.

BENECH-ARNOLD RL, S.; ANCHEZ, R.A.; FORCELLA, F.; KRUK, B.C.; GHERSA, C.M. Environmental control of dormancy in weed seed banks in soil. **Field Crops Research**, v.67, p.105-122, 2000.

BENOIT, D.L.; DARKSEN, D.A.; PANNETON, B. Innovative approaches to seedbank studies. **Weed Science**, v.40, p.660-669, 1992.

BIFFE, D. F. **Efeito da aplicação de herbicidas em pré-emergência e de glyphosate em pós-emergência sobre a cultura da soja RR, em solo compactado e não compactado**. 2012. 104f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Maringá, 2012.

BODDY, L.G.; BRADFORD, K.J.; FIXCHER, A.J. Population based threshold models describe weed germination and emergence patterns across varying temperature, moisture and oxygen conditions. **Journal of Applied Ecology**, v.49, p.1225-1236, 2012.

BORGES, E.E.L.; BORGES, R.C.G.; PAULA, N.F. Efeito da temperatura e do estresse hídrico na germinação de sementes de fedegoso (*Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn. e de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit). **Revista Brasileira de Sementes**, v.19, p.155-158, 1997.

BORTOLUZZI, E.D.; DA SILVA, V.R.; PETRY, C.; CECCHETTI, D. Porosidade e retenção de água em um Argissolo sob manejo convencional e direto submetido a compressões unidimensionais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, 1447-1457, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 399p.

BRESSANIN, F.N.; GIANCOTTI, P.R.F.; NETO, N.J.; DO AMARAL, C.L.; ALVES, P.L.D.A. Eficácia de herbicidas aplicados isolados em pré e pós-emergência no controle de mucuna-preta. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.10, p.426-431, 2015.

BRIGHENTI, A.M.; ADEGAS, F.S.; BORTOLUZZI, E.S.; ALMEIDA, L.A.; VOLL, E. Tolerância de genótipos de soja aos herbicidas trifluralina e imazaquin. **Planta Daninha**, v.20, p.63-69, 2002.

BROWN, R.F.; MAYER, D.G. Representing cumulative germination. The use of the Weibull function and other empirically derived curves. **Annals of Botany**, v.61, p.127-138, 1988.

BUSSLER, B.H.; MAXWELL, B.D.; PUETTMANN, K.J. Using plant volume to quantify interference in corn (*Zea mays*) neighborhoods. **Weed Science**, v.43, p.586-594, 1995.

CALADO, J.M.G.; BASCH, G.; CARVALHO, M. Weed emergence in autumn under temperate conditions. **Planta Daninha**, v.29, p.343-349, 2011.

CAMARGO, E.R.; SENSEMAN, S.A.; MCCAULEY, G.N.; BOWE, S.; HARDEN, J.; GUICE, J.B. Interaction between saflufenacil and imazethapyr in red rice (*Oryza ssp.*) and hemp sesbania (*Sesbania exaltata*) as affected by light intensity. **Pest Management Science**, v.68, p.1010-1018, 2012.

CANOSSA, R.S.; OLIVEIRA JR.R.S.; CONSTANTIN, J.; BRACCINI, A.L.; BIFFE, D.F.; ALONSO, D.G.; BLAINSKI, E. Temperatura e luz na germinação das sementes de apaga-fogo (*Alternanthera tenella*). **Planta Daninha**, v.26, p.745-750, 2008.

CARATTI, F.C.; ROSA, T.D.; SILVEIRA, L.P.; BONOW, J.F.; RODRIGUES, D.B. Desempenho de herbicidas pré-emergentes no controle de capim-arroz e nabo na cultura da soja. **Enciclopédia Biosfera**, v.11, p.867-874, 2015.

CARDOSO, V.J.M. Germination studies on dispersal units of *Sida rhombifolia* L. **Revista Brasileira de Botânica**, v.13, p.83-88, 1990.

CARMONA, R. Banco de sementes e estabelecimento de plantas daninhas em agroecossistemas. **Planta Daninha**, v.13, p.3-9, 1995.

CARMONA, R.; VILLAS BÔAS, H.D.C. Dinâmica de sementes de *Bidens pilosa* no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.457-463, 2001.

CAROLLO, C.M.; THEISEN, G.; VIDAL, R.A.; FLECK, N.G. Germinação de leiteira (*Euphorbia heterophylla*) e papuã (*Brachiaria plantaginea*), submetidos a diferentes tratamentos de temperatura. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 1997, Porto Alegre. **Livro de resumo**, Porto Alegre: UFRGS, 1997. p.21.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**, 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

CARVALHO, S.J.P.; NICOLAI, M.; FERREIRA, R.R.; FIGUEIRA, A.V. de O.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Herbicide selectivity by differential metabolism: considerations for reducing crop damages. **Scientia Agricola**, v.66, p.136-142, 2009.

CARVALHO, S.J.P.; PEREIRA SILVA, R.F.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Crescimento, desenvolvimento e produção de sementes da planta daninha capim-branco (*Chloris polydactyla*). **Planta daninha**, v.23, p.603-609, 2005.

CARVALHO, S.J.P.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Influência da luz e da temperatura na germinação de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. **Bragantia**, v.66, p.527-533, 2007.

CHACHALIS, D.; REDDY, K.N. Factors affecting *Campsis radicans* seed germination and seedling emergence. **Weed Science**, v.48, p.212-216, 2000.

CHANTRE, G.R.; BLANCO, A.M.; LODOVICH, M.V.; BANDONI, A.J.; SABBATINI, M.R.; LÓPEZ, R.L.; VIGNA, M.R.; GIGÓN, R. Modeling *Avena fatua* seedling emergence dynamics: an artificial neural network approach. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.88, p.95-102, 2012.

CHAUHAN, B.S.; GILL, G.; PRESTON, C. Factors affecting seed germination of annual sowthistle (*Sonchus oleraceus*) in southern Australia. **Weed Science**, v.54, p.854-860, 2006a.

CHAUHAN, B.S.; GILL, G.; PRESTON, C. Influence of environmental factors on seed germination and seedling emergence of rigid ryegrass (*Lolium rigidum*). **Weed Science**, v.54, p.1004-1012, 2006b.

CHAUHAN, B.S., JOHNSON, D.E. The role of seed ecology in improving weed management strategies in the tropics. **Advances in Agronomy**, v.105, p.221-262, 2010.

CHAUHAN, B.S.; JOHNSON, D.E. Germination ecology of two troublesome Asteraceae species of rainfed rice: Siam weed (*Chromolaena odorata*) and coat buttons (*Tridax procumbens*). **Weed Science**, v.56, p.567-573, 2008.

CHAUHAN, B.S. Weed ecology and weed management strategies for dry-seeded rice in Asia. **Weed Technology**, v.26, p.1-13, 2012.

CHIVINGE, O.A. Studies on the germination and seedling emergence of *Bidens pilosa* and its response to fertilizer application. **Journal Transactions Zimbabwe Scientific Association**, v.70, p.1-5, 1996.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F. **Dinâmica dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar**. São Paulo: BASF, 2005. 49p.

COLBACH, N.; DÜRR, C.; ROGER-ESTRADE J.; CANEILL, J. How to model the effects of farming practices on weed emergence. **Weed Research**, v.45, p.2-17, 2005.

COLBACH, N.; DÜRR, C.; ROGER-ESTRADE, J.; CHAUVEL, B. Alomysys: Modelling black-grass (*Alopecurus myosuroides* Huds.) germination and emergence, in interaction with seed characteristics, tillage and soil climate: I. construction. **European Journal of Agronomy**, v.24, p.95-112, 2006.

CONAB (2019). **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, nono levantamento**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acessado em: 15 de junho de 2019.

CONCENÇÃO, Germani et al. **Ciência das Plantas Daninhas: Histórico, Biologia, Ecologia e Fisiologia**. In: MONQUERO, Patricia Andrea et al. Aspectos Da Biologia E Manejo Das Plantas Daninhas. São Carlos: Rima, 2014. p.1-10.

CONN, J.S.; BEATTIE, K.L.; BLANCHARD, A. Seed viability and dormancy of 17 weed species after 19.7 years of burial in Alaska. **Weed Science**, v.54, p.464-470, 2006.

CONSTANTIN, J.; BIFFE, D.F.; OLIVEIRA JR., R.S.; ROSA, E.L.; GHENO, E.A.; MACHADO, F.G.; BRAZ, G.B. Use of residual herbicides in soybean and impact on corn in succession. **Comunicata Scientiae**, v.9, p.481-491, 2018.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR.R.S.; CAVALIERI, S.D.; ARANTES, J.G.Z.; ALONSO, D.G.; ROSO, A.C. Estimativa do período que antecede a interferência de plantas daninhas na cultura da soja, var. Coodetec 202, por meio de testemunhas duplas. **Planta Daninha**, v.25, p.231-237, 2007.

CORBINEAU, F.; XIA, Q.; BAILLY, C.; BOUTEAU, H.E. Ethylene, a key factor in the regulation of seed dormancy. **Frontiers in Plant Science**, v.5, p.1-13, 2014.

CORREIA, N.M; CAMILO, E.H; SANTOS, E.A. Sulfentrazone efficiency on *Ipomoea hederifolia* and *Ipomoea quamoclit* as influenced by rain and sugarcane straw. **Planta Daninha**, v.31, p.165-174, 2013.

DAHAL, P.; BRADFORD, K.J. Hydrothermal time analysis on tomato seed germination at suboptimal temperature and reduced water potential. **Weed Science**, v.4, p.71-80, 1994.

DAN, H.A.; DAN, L.G.M.; BARROSO, A.L.L.; PROCÓPIO, S.O.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.S.; BRAZ, G.B.P.; ALONSO, D.G. Atividade residual de herbicidas usados na soja sobre o girassol cultivado em sucessão. **Ciência Rural**, v.42, p.1929-1935, 2012a.

DAN, H.A.; DAN, L.G.M.; BARROSO, A.L.L.; NETO, A.M.O.; GUERRA, N. Resíduos de herbicidas utilizados na cultura da soja sobre o milho cultivado em sucessão. **Revista Caatinga**, v.25, p.86-91, 2012b.

DAN, H.A.; DAN, L.G.M.; BARROSO, A.L.L.; PROCÓPIO, S.O.; OLIVEIRA JR., R.S.; ASSIS, R.L.; SILVA, A.G.; FELDKIRCHER, C. Atividade residual de herbicidas pré-emergentes aplicados na cultura da soja sobre o milheto cultivado em sucessão. **Planta Daninha**, v.29, p.437-445, 2011.

DAVIS, A.S.; RENNER, K.A.; GROSS, K.L. Weed seedbank and community shifts in log-term cropping systems experiment. **Weed Science**, v.53, p.620-626, 2005.

DAYAN, F.E.; WEETE, J.D.; DUKE, S.O.; HANCOCK, G. Soybean (*Glycine max*) cultivar differences in response to sulfentrazone. **Weed Science**, v.45, p.634-641, 1997.

DEL MONTE J.P.; DORADO, J. Effects of light conditions and after-ripening time on seed dormancy loss of *Bromus diandrus* Roth. **Weed Research**, v.51, p.581-590, 2011.

DE PAULA, G.M.; STRECK, N.A. Temperatura base para emissão de folhas e nós, filocrono e plastocrono das plantas daninhas papuã e corriola. **Ciência Rural**, v.38, p.2457-2463, 2008.

DERPSCH, R.; FRIEDRICH, T.; KASSAM, A.; HONGWEN, L.; Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its benefits. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v.3, p.1-25, 2010.

DEVORE, J.D.; NORSWORTHY, J.K.; BRYE, K.R. Influence of deep tillage, a rye cover crop, and various soybean production systems on Palmer amaranth emergence in soybean. **Weed Technology**, v.27 p.263-270, 2013.

DORADO, J.; SOUSA, E.; CALHA, I.M.; GONZÁLEZ-ANDÚJAR, J.L.; FERNÁNDEZ-QUINTANILLA, C. Predicting weed emergence in maize crops under two contrasting climatic conditions. **Weed Research**, v.49, p.251-260, 2009.

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

DUKE, S.O. Why have no new herbicide modes of action appeared in recente years?. **Pest Management Science**, v.68, p.505-512, 2012.

DUMUR, D.; PILBEAM, C. J.; CRAIGON, J. Use of the Weibull function to calculate cardinal temperatures in faba bean. **Journal of Experimental Botany**, v.41, p.1423-1430, 1990.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2013. 353p.

EMBRAPA. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2014/2015 e 2015/2016**. Documento 382. Pelotas, 2014. 124p.

FAO. **Food and Agricultural commodities production**. Disponível: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>> Acessado : 15 de junho. de 2019.

FENNER, K.; CANONICA, S.; WACKETT, L.P.; ELSNER, M. Evaluating pesticide degradation in the environment: blind spots and emerging opportunities. **Smarter Pest Controle**, v.341, p.752-758, 2013.

FENNER, M. Ecology of seeds banks. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (Eds.2). **Seed development and ermination**. New York: Marcel Beckker, 1995. p.507-528.

FENNER, M.; THOMPSON, K. **The Ecology of Seeds**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. 250p.

FERNANDEZ-QUINTANILLA, C.; BARROSO, J.; RECASENS, J.; SANS, X.; TORNER, C.; SANCHEZ DEL ARCO, M.J. Demography of *Lolium rigidum* in winter barley crops: analysis of recruitment, survival and reproduction. **Weed Research**, v.40, p.281-291, 2000.

FLECK, N.G.; RIZZARDI, M.A.; AGOSTINETTO, D.; VIDAL, R.A. Produção de sementes por picão-preto e guaxuma em função de densidades das plantas daninhas e da época de semeadura da soja. **Planta Daninha**, v.21, p.191-202, 2003.

FORCELLA, F. Modelling seedling emergence. **Field Crops Research**, v.67, p.123-139, 2000.

FORNAZZA, F.G.F.; CONSTANTIN, J.; MACHADO, F.G.; OLIVEIRA JR., R.S.; SILVA, G.D.; RIOS, F.A. Selectivity of pre-and post-emergence herbicides to very-early maturing soybean cultivars. **Comunicata Scientiae**, v.9 p.649-658, 2018.

FORSYTH, C.; BROWN, N.A.C. Germination of the dimorphic fruits of *Bidens pilosa* L. **New Phytologist**, v.90, p.151-164, 1982.

FRANS, R., CROWLEY, H. Experimental design and techniques for measuring and analyzing plant responses to weed control practices. In: SOUTHERN WEED SCIENCE SOCIETY. **Research Methods in Weed Science**. v.3, p.29-45, 1986.

FURTADO, G.F.; SOUSA, J.R.M.; JUNIOR J.R.S.; LACERDA, R.R.A.; SOUZA, A.S. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do girassol. **Revista Verde**, v.7, p.12-17, 2012.

GALON, L.; FORTE, C.T.; KUJAWISKI, R.; RADUNZ, A.L.; DE DAVID, F.A.; PERIN, G.F.; RADUNZ, L.L. Eficácia e fitotoxicidade de herbicidas aplicados para o manejo de plantas daninhas em cevada. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.13, p.105-116, 2014.

GALLANDT, E.R. How can we target the weed seedbank?. **Weed Science**, v.54, p.588-596, 2006.

GARCIA, R.; PEREIRA, O.G.; ALTUVE, S.T.M.; ALVARENGA, E.M. Efeito do potencial hídrico na germinação de sementes de três gramíneas forrageiras tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, p.9-15, 1998.

GARCIA, A.L.; RECASENS, J.; FORCELLA, F.; TORRA J.; ROYO-ESNAL A. Hydrothermal emergence model for rigput brome (*Bromus diandrus*). **Weed Science**, v.61, p.146-153, 2013.

GARDARIN, A. COLBACH, N. How much of seed dormancy in weeds can be related to seed traits?. **Weed research**, v.55, p.14-25, 2014.

- GARDARIN, A.; GUILLEMIN, J.P.; MUNIER-JOLAIN, N.M.; COLBACH, N. Estimation of key parameters for weed population dynamics models: Base temperature and base water potential for germination. **European Journal of Agronomy**, v.32, p.162-168, 2010.
- GARDARIN, A.; DÜRR, C.; MANNINO, M.R.; BUSSET, H.; COLBACH, N. Seed mortality in the soil is related to seed coat thickness. **Seed Science Research**, v.20, p.243-256, 2010.
- GÓMEZ, R.; LIEBMAN, M.; MUNKVOLD, G. Weed seed decay in conventional and diversified cropping systems. **Weed Research**, v.54, p.13-25, 2014.
- GOULART, F.A.P. **Práticas agrícolas visando reduzir a infestação de plantas daninhas em áreas cultivadas com arroz irrigado**. 2019. 118f. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. 2019.
- GRAMIG, G.G.; STOLTENBERG, D.E. Leaf appearance base temperature and phyllochron for common grass and broad leaf weed species. **Weed Technology**, v.21, p.249-254, 2007.
- GRUNDY, A.C.; PHELPS, K.; READER, R.J.; BURSTON, S. Modelling the germination of *Stellaria media* using the concept of hydrothermal time. **New Phytologist**, v.148, p.433-444, 2000.
- GRUNDY, A.C. Predicting weed emergence: a review of approaches and future challenges. **Weed Research**, v.43, p.1-11, 2003.
- GUAN, B.; ZHOU, D.; ZHANG, H.; TIAN, Y.; JAPHET, W.; WANG, P. Germination responses of *Medicago ruthenica* seeds to salinity, alkalinity and temperature. **Journal of Arid Environments**, v.73, p.135-138, 2009.
- GUILLEMIN, J.P.; GARDARIN, A.; GRANGER, S.; REIBEL, C.; MUNIERJOLAIN, N.; COLBACH, N. Assessing potential germination period of weed with base temperatures and base water potentials. **Weed Research**, v. 53, p. 76-87, 2013.
- GUIMARÃES, M.A.; DIAS, D.C.F.S.; LOUREIRO, M.E. Hidratação de sementes. **Revista Trópica**, v.2, p.31-39, 2008.
- GUMMERSON, R.J. The effect of constant temperatures and osmotic potential on the germination of sugar beet. **Journal of Experimental Botany**, v.37, p.729-741, 1986.
- GUNDEL, P.E.; MARTÍNEZ-GHERSA, M.A., GHERSA, C.M. Dormancy, germination and ageing of *Lolium multiflorum* seeds following contrasting herbicide selection regimes. **European Journal of Agronomy**, v.28, p.606-613, 2008.
- GUO, P.; AL-KHATIB, K. Temperature effects on germination and growth of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*), Palmer amaranth (*A. palmeri*), and common waterhemp (*A. rudis*). **Weed Science**, v.51, p.869-875, 2003.

HARDEGREE, S.P.; EMMERICH, W.E. Seed germination response to polyethylene glycol solution depth. **Seed Science and Technology**, v.22, p.1-7, 1994.

HATZIOS, K.K.; BURGOS, N.R. Metabolism-based herbicide resistance: regulation by safeners. **Weed Science**, v.52, p.454-467, 2004.

HEAP I. **International survey of herbicide resistant weeds**. Disponível em: <<http://www.weedscience.org/>>. Acesso em: 20 de junho 2019.

HOLFFMANN, A.F. **Modelagem da germinação e do alongamento de plântula de espécies de plantas daninhas poáceas**. 2017. 197 Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia, Universidade de Passo Fundo. 2017.

HOLST, N.; RASMUSSEN, I.A.; BASTIAANS, L. Field weed population dynamics: a review of model approaches and applications. **Weed Research**, v.47, p.1-14, 2007.

IZQUIERDO, J.; BASTIDA, F.; LEZAÚN, J.M.; SÁNCHEZ DEL ARCO, M.J.; GONZALEZ-ANDUJAR, J.L. Development and evaluation of a model for predicting *Lolium rigidum* emergence in winter cereal crops in the Mediterranean area. **Weed Research**, v.53, p.269-278, 2013.

JAKELAITIS, A.; FERREIRA, L.R.; SILVA, A.A; AGNES, E.L.; MIRANDA, G.V.; MACHADO, A.F.L. Dinâmica populacional de plantas daninhas sob diferentes sistemas de manejo nas culturas de milho e feijão. **Planta Daninha**, v.21, p.71-79, 2003.

JAKOBSSON, A.; ERIKSSON, O. A comparative study of seed number, seed size, seedling size and recruitment in grassland plants. **Oikos**, v.88, p.494-502, 2000.

JIA, Y.; LI, R.; YANG, W.; CHEN, Z.; HU, X. Carbon monoxide signal regulates light-initiated seed germination by suppressing SOM expression. **Plant Science**, v.272, p.88-98, 2018.

KAPOOR, N.; ARYA, A.; SIDDIQUI, A.A.; AMIR, A.; KUMAR, H. Seed deterioration in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under accelerated ageing. **Asian Journal of Plant Sciences**, v.9, p.158-162, 2010.

KAWAHIGASHI, H. Transgenic plants for phytoremediation of herbicides. **Current Opinion in Biotechnology**, v.20, p.225-230, 2009.

KISSMANN, K.G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. v.2. 2 ed. São Paulo: BASF, 1999. 978p.

KLEIN, A.; FELIPPE G.M. Efeito da luz sobre a germinação de sementes de ervas invasoras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, p.955-966, 1991.

KOGER, C.H.; REDDY, K.N.; POSTON, D.H. Factors affecting seed germination, seedling emergence and survival of texasweed (*Caperonia palustris*). **Weed Science**, v.52, p.989-995, 2004.

KRAEMER, A.F.; MARCHESAN, E.; AVILA, L.A.; MACHADO, S.L.O.; GROHS, M. Destino ambiental dos herbicidas do grupo das imidazolinonas - revisão. **Planta Daninha**, v.27, p.629-639, 2009.

KRUTZ, L.J.; SHANER, D.L.; WEAVER, M.A.; WEBB, R.M.T.; ZABLOTOWICZ, R.M.; REDDY, K.N.; HUANGA, Y.; THOMSON S.J. Agronomic and environmental implications of enhanced s-triazine degradation. **Pest Management Science**, v.66, p.461-481, 2009.

KUVA, M.A.; PITELLI, R.A.; ALVES, P.L.C.A.; SALGADO, T.P.; PAVANI, M.C.D.M. Banco de sementes de plantas daninhas e sua correlação com a flora estabelecida no agroecossistema cana-crua. **Planta Daninha**, v.26, p.735-744, 2008.

LAMEGO, F.P.; FLECK, N.G.; BIANCHI, M.A.; SCHAEGLER, C.E. Tolerância à interferência de plantas competidoras e habilidade de supressão por genótipos de soja - II. Resposta de variáveis de produtividade. **Planta Daninha**, v.22, p.491-498, 2004.

LANGARO, A.C.; AGOSTINETTO, D.; RUCHEL, Q.; GARCIA, J.R.; PERBONI, L.T. Oxidative stress caused by the use of pre-emergent herbicides in rice crops. **Revista Ciência Agrônômica**, v.48, p.358-364, 2017.

LEGUIZAMON, E.S.; FERNANDEZ-QUINTANILLA, C.; BARROSO, J.; GONZALEZ-ANDUJAR, J.L. Using thermal and hydrothermal time to model seedling emergence of *Avena sterilis* ssp. *ludoviciana* in Spain. **Weed Research**, v.45, p.149-156, 2005.

LEITE; C.R.F.; ALMEIDA, J.C.V.; PRETE, C.E.C. Sensibilidade de cultivares de soja (*Glycine max*) aos herbicidas diclosulam e flumetsulam. **Planta Daninha**, v.18, p.103-122, 2000.

LEE, D.J.; SENSEMAN, S.A.; O'BARR, J.H.; CHANDLER, J.M.; KRUTZ, L.J.; McCAULEY, G.N.; IN KUK, Y. Soil characteristics and water potential effects on plant-available clomazone in rice. **Weed Science**, v.52, p.310-318, 2004.

LINDQUIST, J.L.; MAXWELL, B.D.; BUHLER, D.D.; GUNSOLUS, J.L. Modeling the population dynamics and economics of velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) control in corn (*Zea mays*) - soybean (*Glycine max*) rotation. **Weed Science**, v.43, p.226-232, 1995.

LODDO, D.; FARSHID, G.F.; ZAHRA, R.; ROBERTA, M. Base temperatures for germination of selected weed species in Iran. **Plant Protection Science**, v.54, p.60-66, 2017.

LODDO, D.; SOUSA, E.; MASIN, R.; CALHA, I.M.; ZANIN, G.; FERNÁNDEZ-QUINTANILLA, C.; DORADO J. Estimation and comparison of base temperatures for germination of European populations of velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) and jimsonweed (*Datura stramonium*). **Weed Science**, v.61, p.443-451. 2013.

- LODDO, D.; SOUSA, E.; MASIN, R.; CALHA, I.M.; ZANIN, G.; FERNÁNDEZ-QUINTANILLA, C.; DORADO, J. Germination response of local Southern European populations of *Datura stramonium* at a range of constant temperatures. **Weed research**, v.54, p.356-365, 2014.
- LONG, R.L.; GORECKI, M.J.; RENTON, M.; SCOTT, J.K.; COLVILLE, L.; GOGGIN, D.E.; COMMANDER, L.E.; WESTCOTT, D.A.; CHERRY, H.; FINCH-SAVAGE, W.E. The ecophysiology of seed persistence: a mechanistic view of the journey to germination or demise. **Biological Reviews**, v.90, p.31-59, 2015.
- LÓPEZ OVEJERO, P.M., CHRISTOFFOLETI, P.J., NICOLAI, M., BARELA, J.F. Manejo de plantas daninhas na cultura do milho. **Milho: estratégias de manejo para alta produtividade**. Piracicaba: ESALQ, LPV, 2003. p.47-79.
- LOPEZ-OVEJERO, R.F.; PENCKOWSKI, L.H.; PODOLAN, M.J.; CARVALHO, S.J.P.; CHRISTOFFOLETI, P.J. alternativas de manejo químico da planta daninha *Digitaria ciliaris* resistente aos herbicidas inibidores da accase na cultura de soja. **Planta Daninha**, v.24, p.407-414, 2006.
- LORENZI, H. **Manual de identificação de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. 5 ed. Nova Odessa: Plantarum, 2000. 339p.
- LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas plantio direto e convencional**. 7 ed. Nova Odessa: Plantarum, 2014. 384p.
- LUIZ, A.R.M. **Simulação da germinação e emergência de *Ipomoea grandifolia* na cultura da soja, usando o modelo ecofisiológico LQSIM Emerge**. 2006. 72f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia, Universidade de Passo Fundo. 2006.
- LUNDY, M.E.; HILL, J.E.; VAN KESSEL, C.; OWEN, D.A.; PEDROSO, R.M.; BODDY, L.G.; FISCHER, A.J.; LINQUIST, B.A. Site-specific, real-time temperatures improve the accuracy of weed emergence predictions in direct-seeded rice systems. **Agricultural Systems**, v.123, p.12-21, 2014.
- LUTMAN, P.J.W.; CUSSANS, G.W.; WRIGHT, K.J.; WILSON, B.J.; WRIGHT, G.M.; LAWSON, H.M. The persistence of seeds of 16 weed species over six years in two arable fields. **Weed Research**, v.42, p.231-241, 2002.
- LU, Y.C.; LUO, F.; JI PU, Z.; ZHANG, S.; HUANG, M.T.; YANG, H. Enhanced detoxification and degradation of herbicide atrazine by a group of O-methyltransferases in rice. **Chemosphere**, v.165, p.487-496, 2016.
- LU, Y.C.; ZHANG, S.; YANG, H. Acceleration of the herbicide isoproturon degradation in wheat by glycosyltransferases and salicylic acid. **Journal of Hazardous Materials**, v.283, p.806-814, 2015.
- MACIEL, C.D.G.; VELINI, E.D. Simulação do caminhamento de água da chuva e herbicidas em palhadas utilizadas em sistemas de plantio direto. **Planta Daninha**, v.23, p.471-481, 2005.

MAHONEY, K.J.; SHROPSHIRE, C.; SIKKEMA, P.H. Weed management in conventional and no-till soybean using flumioxazin/pyroxasulfone. **Weed Technology**, v.28, p.298-306, 2014.

MAPA. **Zoneamento agrícola de risco climático**. Disponível: < <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/riscos-seguro/risco-agropecuario/zoneamento-agricola> > Acesso em: 17 de julho de 2014.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. 2 ed. Londrina/PR: ABRATES, 2015. 659p.

MARTINS, C.C.; MARTINS, D.; NEGRISOLI, E.; STANGUERLIM, H. Comportamento germinativo de sementes de leiteiro (*Peschiera fuchsiaefolia*): efeito da temperatura e luz. **Planta Daninha**, v.18, p.85-91, 2000.

MARTINSON, K.; DURGAN, B.; FORCELLA, F.; WIERSMA, J.; SPOKAS, K.; ARCHER, D. An emergence model for wild oat (*Avena fatua*). **Weed Science**, v.55, p.584-591, 2007.

MASIN, R.; LODDO, D.; BENVENUTI, S.; OTTO, S.; ZANIN, G. Modeling weed emergence in Italian maize fields. **Weed Science**, v.60, p.254-259, 2012.

MASIN, R.; LODDO, D.; BENVENUTI, S.; ZUIN, M.C.; MACCHIA, M.; ZANIN, G. Temperature and water potential as parameters for modeling weed emergence in central-northern Italy. **Weed Science**, v.58, p.216-222, 2010.

MASIN, R.; LODDO, D.; GASPARINI, V.; OTTO, S.; ZANIN, G. Evaluation of weed emergence model AlertInf for maize in soybean. **Weed science**, v.62, p.360-369, 2014.

MASIN, R.; VASILEIADIS, V.P.; LODDO, D.; OTTO, S.; ZANIN, G. A single-time survey method to predict the daily weed density for weed control decision-making. **Weed Science**, v.59, p.270-275, 2011.

MATOS, A.K.A.; CARBONARI, C.A.; GOMES, G.L.G.C.; VELINI, E.D. Dynamics of pre-emergent herbicides in production systems with straw. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.15, p.97-106, 2016.

MAYER, D.G.; BUTLER, D.G. Statistical validation. **Ecological Modelling**, v.68, p.21-32, 1993.

MCKENZIE-GOPSILL, A G.; LEE, E.; LUKENS, L.; SWANTON, C.J. Rapid and early changes in morphology and gene expression in soya bean seedlings emerging in the presence of neighbouring weeds. **Weed Research**, v.56, p.267-273, 2016.

MELANDER, B.; HOLST, N.; JENSEN, P.K.; HANSEN, E.M.; OLESE, J.E. *Apera spica-venti* population dynamics and impact on crop yield as affected by tillage, crop rotation, location and herbicide programmes. **Weed Research**, v.48, p.48-57, 2008.

MELO, M.S.C.; ROCHA, L.J.F.N.; BRUNHARO, C.A.C.G.; SILVA, D.C.P.; CHRISTOFFOLETI, M.N.P.J. Alternativas de controle químico do capim-amargoso resistente ao glyphosate, com herbicidas registrados para as culturas de milho e algodão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.16, p.206-215, 2017.

MELO, M.S.C.; ROSA, L.E; CAIO, A.C.G.B; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Controle de plantas daninhas e seletividade de diclosulam aplicado em pré-emergência na cultura da soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.11, p.195-203, 2012.

MENALLED, F. D.; GROSS, K. L.; HAMMOND, M. Weed aboveground and seedbank community responses to agricultural management systems. **Ecology Applications**, v.11, p.1586-1601, 2001.

MESCHEDE, D.K.; OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J.; SCAPIM, C.A. Período anterior a interferência de plantas daninhas em soja: estudo de caso com baixo estande e testemunhas duplas. **Planta Daninha**, v.22, p.239-246, 2004.

MISHRA, N.; AGNIHOTRI, S.K. Study of seed germination in *Sida rhombifolia* L. **International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology**, v.4, p.87-92, 2016.

MONDO, V.H.V.; CARVALHO, S.J.P.; DIAS, A.C.R.; FILHO, J.M. Efeitos da luz e temperatura na germinação de sementes de quatro espécies de plantas daninhas do gênero *Digitaria*. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, p.131-137, 2010.

MONQUERO, P.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Banco de sementes de plantas daninhas e herbicidas como fator de seleção. **Bragantia**, v.64, p.203-209, 2005.

MONQUERO, P. A.; SILVA, P. V.; SILVA HIRATA, A. C.; TABLAS, D. C.; ORZARI, I. Lixiviação e persistência dos herbicidas sulfentrazone e imazapic. **Planta Daninha**, v.28, p.185-195, 2010.

MONTGOMERY, G.B.; BOND, J.A.; GOLDEN, B.R.; GORE, J.; EDWARDS, H.M.; EUBANK, T.W.; WALKER, T.W. Utilization of saflufenacil in a clearfield® rice (*Oryza sativa*) system. **Weed Technology**, v.29, p.255-262, 2015.

MOURA, D.S.; NOLDIN, J.A.; GALON, L.; SCHREIBER, F.; BASTIANI, M.O. Multiple resistance of *Sagittaria montevidensis* biotypes to acetolactate synthase and photosystem II inhibiting herbicides. **Planta Daninha**, v.33, p.779-786, 2015.

MUNDSTOCK, C.M.; THOMAS, A.L. **Soja: fatores que afetam o crescimento e rendimento de grãos**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. 31p.

MURATA, N.; LOS, D.A. Membrane fluidity and temperature perception. **Plant Physiology**, v.115, p.875-879, 1997.

MYERS, M.W.; CURRAN, W.S.; VANGESSEL, M.J.; CALVIN, D.D.; MORTENSEN, D.A.; MAJEK, B.A.; KARSTEN, H.D.; ROTH, G.W. Predicting weed emergence for eight annual species in the northeastern United States. **Weed Science**, v.52, p.913-919, 2004.

NAKAO, E.A. **Temperatura e osmocondicionamento na germinação de sementes de *Urochloa brizantha* (STAPF) Webster CV. Basilisk**. 2012. 59f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociência Rio Claro. 2012.

NARWAL, S.; SINDEL, B.M.; JESSOP, R.S. Dormancy and longevity of annual ryegrass (*Lolium rigidum*) as affected by soil type, depth, rainfall, and duration of burial. **Plant Soil**, v.310, p.225-234, 2008.

NONEMACHER, F.; GALON, L.; SANTIN, C.O.; FORTE, C.T.; FIABANE, R.C.; WINTER, F.L.; AGAZZI, L.R.; BASSO, F.J.M.; PERIN, R.R.K. Herbicide association applied to control weeds in glyphosate-resistant soybean. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.16, p.152-162, 2017.

NUNES, A.L.; LORENSET, J.; GUBIANI, J.E.; SANTOS, F.M. A multy-year study reveals the importance of residual herbicides on weed control in glyphosate-resistant soybean. **Planta Daninha**, v.36, p.1-10, 2018.

OLIVEIRA JR, R.S. de; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011

OLIVEIRA JR, R.S. de.; INOUE, M.H. **Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas**. In: OLIVEIRA JR, R.S. de; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. p.243-262.

OLIVEIRA, M.F. de.; BRIGHENTI, A.M. **Comportamento dos herbicidas no ambiente**. In: OLIVEIRA JR, R.S. de; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. p.263-304.

OLIVEIRA NETO, A.M.D.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR.; R.S.; GUERRA, N.; BRAZ, G.B.; VILELA, L.M.S.; BATELHO, L.V.P.; ÁVILA, L.A. Sistemas de dessecação em áreas de trigo no inverno e atividade residual de herbicidas na soja. **Revista Brasileira de herbicidas**, v.12, P.14-22, 2013.

ONOFRI, A.; MESGARAN, M.B.; TEI, F.; COUSEN, R.D. The cure model: an improved way to describe seed germination?. **Weed Research**, v.51, p.516-524, 2011.

ORZARI, I.; MONQUERO, P.A.; REIS, F.C.; SABBAG, R.S.; HIRATA, A.C.S. Germinação de espécies da família Convolvulaceae sob diferentes condições de luz, temperatura e profundidade de sementeira. **Planta Daninha**, v.31, p.53-61, 2013.

OSIPE, J.B.; OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J.; BIFFE, D.F.; RIOS, F.A.; FRANCHINI, L.H.M.; GHENO, E.A.; RAIMONDI, M.A. Seletividade de aplicações combinadas de herbicidas em pré e pós-emergência para a soja tolerante ao glyphosate. **Bioscience Journal**, v.30, p.623-631, 2014.

OTTO, S.; MASIN, R.; CASARI, G.; ZANIN, G. Weed corn competition parameters in late winter sowing in northern Italy. **Weed Science**, v.57, p.94-201, 2009.

PAZUCH, D.; TREZZI, M.M.; DIESEL, F.; BARANCELLI, M.V.J.; BATISTEL, S.C.; PASINI, R. Superação de dormência em sementes de três espécies de *Ipomoea*. **Ciência Rural**, v.45, p.192-199, 2015.

PILL, W.G.; FINCH-SAVAGE, W.E. Effects of combining priming and plant growth regulator treatments on the synchronization of carrot seed germination. **Annal of Applied Biology**, v.113, p.383-389, 1988.

PINTO, J.J.O.; GALON, L.; DAL MAGRO, T.; PROCOPIO, S.O.; CONCENCO, G.; PONS, T.L. Controle de Capim-Arroz (*Echinochloa* spp.) em função de métodos de manejo na cultura do arroz irrigado. **Planta Daninha**, v.26, p.767-777, 2008.

PITELLI, R.A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, v.11, p.16-27, 1985.

PITTELKOW, F.K.; JAKELAITIS, A.; CONUS, L.A.; OLIVEIRA, A.A.; GIL, J.O.; ASSIS, F.C.; BORCHARTT, L. Interferência de plantas daninhas na cultura da soja transgênica. **Global Science Technology**, v.2, p.38-48, 2009.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2. ed. Brasília, DF: AGIPLAN, 1985, 289p.

PROCÓPIO, S.O.; MENEZES, C.C.E.; PIRES, F.R.; BARROSO, A.L.L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; RUDOVALHO, M.C.; MORAES, R.V.; SILVA, M.V.V.; CAETANO, J.O. Eficácia de imazethapyr e chlorimuron-ethyl em aplicações de pré-semeadura da cultura da soja. **Planta Daninha**, v.24, p.467-473, 2006.

QI, M.; ZHANG, G.P. An investigation of model selection criteria for neural network time series forecasting. **European Journal of Operational Research**, v.132, p.666-680, 2001.

RADOSEVICH, S.R.; HOLT, J.S.; GHERSA, C.M. **Ecology of weeds and invasive plants: relationship to agriculture and natural resource management**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2007. 454p.

RAIMONDI, M.A.; OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J.; BIFFE, D.F.; ARANTES, J.G.Z.; FRANCHINI, L.H.; RIOS, F.A.; BLAINSKI, E.; OSIPE, J.B. Atividade residual de herbicidas aplicados ao solo em relação ao controle de quatro espécies de *Amaranthus*. **Planta Daninha**, v.28, p.1073-1085, 2010.

R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2012.

RIZZARDI, M.A.; FLECK, N.G.; MUNDSTOCK, C.M.; BIANCHI, M.A. Perdas de rendimento de grãos de soja causadas por interferência de picão-preto e guaxuma. **Ciência Rural**, v.33, p.621-627, 2003.

ROBERTS, H.A.; NIELSON, J.E. Changes in the soil seed bank of four long term crop herbicide experiments. **Journal of Applied Ecology**, v.18, p.661-668, 1981.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. 6 ed. Londrina: IAPAR, 2011. 696p.

RODRIGUES, B.N.; VOLL, E.; UBUKATAYADA, I.F.; DE LIMA, D. Emergência do capim-marmelada em duas regiões do estado do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.2363-2373, 2000.

RODRÍGUEZ, C.; GARCIA, M.A. Seed-bank dynamics of the tropical weed *Sida rhombifolia* (Malvaceae): incidence of seedling emergence, predators and pathogens. **Seed Science Research**, v.19, p.241-248, 2009.

ROMAN, E.S.; MURPHY, S.D.; SWANTON, C.J. Simulation of *Chenopodium album* seedling emergence. **Weed Science**, v.48, p.217-224, 2000.

ROMAN, E.S.; THOMAS, A.G.; MURPHY, S.D.; SWANTON, C.J. Modeling germination and seedling elongation of common lambsquarters (*Chenopodium album*). **Weed Science**, v.47, p.149-155, 1999.

ROSA, S.G.T.; FERREIRA, A.G. Germinação de sementes de plantas medicinais lenhosas. **Acta Botanica Brasilica**, v.15, p.147-154, 2001.

ROYO-ESNAL, A.; NECAJEVA, J.; TORRA, J.; RECASENS, J.; GESCH, R.W. Emergence of field pennycress (*Thlaspi arvense* L.): comparison of two accessions and modelling. **Industrial Crops and Products**, v.66, p.161-169, 2015.

ROYO-ESNAL, A.; TORRA, J.; CONESA, J.A.; FORCELLA, F.; RECASENS, J. Emergence and early growth of *Galium aparine* and *Galium spurium*. **Weed Research**, v.52, p.458-466, 2012.

ROYO-ESNAL, A.; TORRA, J.; CONESA, J.A.; FORCELLA, F.; RECASENS, J. Modeling the emergence of three arable bedstraw (*Galium*) species. **Weed Science**, v.58, p.10-15, 2010.

SADEGHLOO, A.; ASGHARI, J.; GHADERI-FAR, F. Seed germination and seedling emergence of Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) and Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). **Planta Daninha**, v.31, p.259-266, 2013.

SALVADOR, F.L.; VICTORIA FILHO, R.; ALVES, A.S.R.; SIMONI, F.; SAN MARTIN, H.A.M. Efeito da luz e da quebra de dormência na germinação de sementes de espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.25, p.303-308, 2007.

SANTI, A.L.; BONA, S.D.; LAMEGO, F.P.; BASSO, C.J.; EITELWEIN, M.T.; CHERUBIN, M.R.; KASPARY, T.E.; RUCHEL, G.; GALLON, M. Phytosociological variability of weeds in soybean field. **Planta Daninha**, v.32, p.39-49, 2014.

SANTOS, J.B; FERREIRA, E.A; REIS, M.R.; SILVA, A.A.; FIALHO, C.M.T.; FREIRAS, M.A.M. Avaliação de formulações de glyphosate sobre soja roundup ready®. **Planta Daninha**, v.25, p.165-171, 2007.

SANTOS, R.L.B.; SPEHAR, C.R.; VIVALDI, L. Quinoa (*Chenopodium quinoa*) reaction to herbicide residue in a Brazilian Savannah soil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.771-776, 2003.

SANTOS, T.T.M.; TIMOSSI, P.C.; LIMA, S.F.; GONÇALVES, D.C.; SANTANA, M.V. Associação dos herbicidas diclosulam e glyphosate na dessecação visando o controle residual de plantas daninhas na cultura da soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.15, p.138-147, 2016.

SBCDS - Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11 eds. Editores: Núcleo Regional Sul. 2016, 376p.

SCARIOT, C.A.; COSTA, N.V.; BOSQUESE, E.P.; ANDRADE, D.C.; SONTAG, D.A. Seletividade e eficiência de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.43, p.300-3007, 2013.

SCHWEIZER, E.E.; ZIMDAHL, R.L. Weed seed decline in irrigated soil after six years of continuous corn (*Zea mays*) and herbicides. **Weed Science**, v.32, p.76-83, 1984.

SIGMAPLOT - **Scientific Graphing Software**. Version 12.0, 2012.

SILVA, A.B.; LANDGRAF, P.R.C.; MACHADO, G.W.O. Germinação de sementes de braquiária sob diferentes concentrações de giberelina. **Semina**, v.34, p.657-662, 2013.

SILVA, A.F.; FERREIRA, E.A.; CONCENÇO, G.; FERREIRA, F.A.; ASPIAZU, I., GALON, L.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A.A. Densidades de plantas daninhas e épocas de controle sobre os componentes de produção da soja. **Planta Daninha**, v.26, p.65-71, 2008.

SILVA, A.F.; CONCENÇO, G.; ASPIAZÚ, I.; FERREIRA, E.A.; GALON, L.; COELHO, A.T.C.P.; SILVA, A.A.; FERREIRA, F.A. Interferência de plantas daninhas em diferentes densidades no crescimento da soja. **Planta Daninha**, v.27, p 75-84, 2009.

SILVA, B.M. **Seletividade de herbicidas para cornichão e controle de plantas daninhas**. 2016. 88f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. 2016

SIMONI, F.; VICTORIA FILHO, R.; SAN MARTIN, H.A.M.; SALVADOR, F.L.; ALVES, A.S.R.; BREMER NETO, H. Eficácia de imazapic e sulfentrazone sobre *Cyperus rotundus* em diferentes condições de chuva e palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v.24, p.769-778, 2006.

SOHRABI, S.; GHANBARI, A.; MOHASSEL, M.H.R.; GHEREKHLOO, J.; VIDAL, R.A. Effects of environmental factors on *Cucumis melo* L. subsp. *agrestis* var. *agrestis* (Naudin) Pangalo seed germination and seedling emergence. **South African Journal of Botany**, v.105, p.1-8, 2016.

SOLTANI, N.; NURSE, R.E.; SIKKEMA, P.H. Weed control in dry bean with pendimethalin plus reduced rates of imazethapyr. **International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science**, v.2, p.312-317, 2012.

SOMERVILLE, G.J.; STEPHEN, B.P.; MICHAEL, J.W.; MICHAEL R. Why was resistance to shorter-acting pre-emergence herbicides slower to evolve?. **Pest Management Science**, v.73, p.844-851, 2017.

SOSNOSKIE, L.M.; WEBSTER, T.M.; CULPEPPER, A.S. Glyphosate resistance does not affect palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) seedbank longevity. **Weed Science**, v.61, p.283-288, 2013.

SOUZA FILHO, A.P.S.; ALVES, S.M.; FIGUEIREDO, F.J.C.; DUTRA, S. Germinação de sementes de plantas daninhas de pastagens cultivadas: *Mimosa pudica* e *Ipomoea asarifolia*. **Planta Daninha**, v.19, p.23-31, 2001.

SOUZA, G.S.F. **Intensidades luminosas e profundidade de semeadura na emergência e desenvolvimento de espécies de plantas daninhas**. Botucatu: UNESP, 2014. 130p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas 2014.

STEINMAUS, S.J.; PRATHER, T.S.; HOLT, J.S. Estimation of base temperatures for nine weed species. **Journal of Experimental Botany**, v.51, p.275-286, 2000.

STRECK, N.A.; WEISS, A.; XUE Q.; BAENZIGER, P.S. Incorporating a chronology response function into the prediction of leaf appearance rate in winter wheat. **Annals of Botany**, v.92, p.181-190, 2003.

SWANTON, C.J.; BOOTH, B.D. Management of weed seedbanks in the context of populations and communities. **Weed Technology**, v.18, p.1496-1502, 2004.

TAAB, A.; ANDERSSON, L. Seasonal changes in seed dormancy of *Solanum nigrum* and *Solanum physalifolium*. **Weed Research**, v.49, p.90-97, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Arned, 2017. 858p.

TAN, L.R.; LU, Y.C.; ZHANG, J.J.; LUO, F.; YANG, H. A collection of cytochrome P450 monooxygenase genes involved in modification and detoxification of herbicide atrazine in rice (*Oryza sativa*) plants. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.119, p.25-33, 2015.

TAKANO, H.K.; BIFFE, D.F.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR.; BRAZ, G.B.P.; GEMELLI, A. Dry season and soil texture affect the chemical control of monocotyledonous in sugarcane. **Comunicata Scientiae**, v.8, p.477-485, 2017.

TAKANO, H.K.; OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J.; SILVA, V.F.V.; MENDES, R.R. Chemical control of glyphosate-resistant goosegrass. **Planta Daninha**, v.36, p.1-10, 2018.

TAYLOR-LOVELL, S.; WAX, L. M.; NELSON, R. Phytotoxic response and yield of soybean (*Glycine max*) varieties treated with sulfentrazone or flumioxazin. **Weed Technology**, v.5, p.5-102, 2001.

TOZZI, E.; BECKIE, H.; WEISS, R.; GONZALEZ-ANDUJAR, J.L.; STORKEY, J.; CICI, S.Z.H.; VAN ACKER, R.C. Seed germination response to temperature for a range of international populations of *Conyza canadensis*. **Weed Research**, v.54, p.178-185, 2014.

VANGESSEL, M.J.; AYENI, A.A.; MAJEK, B.A. Glyphosate in full-season no-till glyphosate resistant soybean: role of preplant applications and residual herbicides. **Weed Technology**, v.15, p.714-724, 2001.

VARGAS, A.A.M.; AGOSTINETTO, D.; ZANDONÁ, R.R.; FRAGA, D.S.; AVILA NETO, R.C. Longevity of horseweed seed bank depending on the burial depth. **Planta Daninha**, v.36, p.1-10, 2018.

VASCONCELOS, M.C.C.; SILVA, A.F.A.; LIMA, R.S. Interferência de plantas daninhas sobre plantas cultivadas. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.8, p.1-6, 2012.

VÁZQUEZ-YANES, C.; OROZCO-SEGOVIA, A. Ecological significance of light controlled seed germination in two contrasting tropical habitats. **Oecologia**, v.83, p.171-175, 1990.

VIDAL, R.A.; KALSING, A.; GOULART, I.C.G.R.; LAMEGO, F.P.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Impacto da temperatura, irradiância e profundidade das sementes na emergência e germinação de *Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis* resistentes ao glyphosate. **Planta Daninha**, v.25, p.309-315, 2007.

VIEIRA JR. N.S.; JAKELAITIS, A.; CARDOSO, I.S.; REZENDE, P.N; MORAES, N.C.; ARAÚJO, V.T.; TAVARES, C.J. Associação de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura do milho. **Global Science and Technology**, v.8, p.1-8, 2015.

VIVIAN, R.; SILVA, A.A.; GIMENES, Jr., M.; FAGAN, E.B.; RUIZ, S.T.; LABONIA, V. Dormência em sementes de plantas daninhas como mecanismo de sobrevivência – breve revisão. **Planta daninha**, v.26, p.695-706, 2008.

VOLL, E.; BRIGHENTI, A.M.; GAZZIERO, D.L.P.; ADEGAS, F.S. Relações entre germinação de sementes de espécies de plantas daninhas e uso da condutividade elétrica. **Planta Daninha**, v.21, p.181-189, 2003.

VOLL, E.; GAZZIERO, D.L.P.; BRIGHENTI, A.A.M.; ADEGAS, F.S. Competição relativa de espécies de plantas daninhas com dois cultivares de soja. **Planta Daninha**, v.20, p.17-24, 2002.

WALSH, M.J.; POWLES, S.B. Management strategies for herbicide-resistant weed populations in Australian dryland crop production systems. **Weed technology**, v.21, p.332-338, 2007.

WERLE, R.; BERNARDS, M.L.; ARKEBAUER, T.J.; LINDQUIST, J.L. Environmental triggers of winter annual weed emergence in the Midwestern United States. **Weed Science**, v.62, p.83-96, 2014b.

WERLE, R.; SANDELL D.L.; BUHLER, D.D.; HARTZLER, R.G.; LINDQUIST, J.L. Predicting emergence of 23 summer annual weed species. **Weed Science**, v.62, p.267-279, 2014a.

WESTWOOD, J.H.; CHARUDATTAN, R.; DUKE, S.O.; FENNIMORE, S.A.; MARRONE, P.; SLAUGHTER, D.C.; SWANTON, C.; ZOLLINGER, R. Weed Management in 2050: Perspectives on the future of weed science. **Weed Science**, v.66, p.275-285, 2018.

YAMASHITA, O.M.; GUIMARÃES, S.C. Germinação das sementes de *Conyza canadensis* e *Conyza bonariensis* em função da disponibilidade hídrica no substrato. **Planta Daninha**, v.28, p.309-317, 2010.

YAMASHITA, O.M.; GUIMARÃES, S.C. Germinação de sementes de *Conyza canadensis* e *Conyza bonariensis* em diferentes condições de temperatura e luminosidade. **Planta Daninha**, v.29, p.333-342, 2011.

ZAMBRANO-NAVEA, C.; BASTIDA, F.; GONZALEZ-ANDUJAR, J.L. A hydrothermal seedling emergence model for *Conyza bonariensis*. **Weed Research**, v. 53, p.213-220, 2013.

ZANDONÁ, R.R.; AGOSTINETTO, D.; RUCHEL, Q. Modelagem matemática do fluxo de emergência de plantas daninhas: ferramenta para decisão no manejo de cultivos. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.17, p.3-11, 2018.

ZANDONÁ, R.R.; AGOSTINETTO, D.; SILVA, B.M.; RUCHEL, Q.; FRAGA, D.S. Interference periods in soybean crop as affected by emergence times of weeds. **Planta Daninha**, v.36, p.1-11, 2018.

ZANDONÁ, R.R. **Influência da temperatura no fluxo de emergência de plantas daninhas e no período de interferência, em diferentes épocas de semeadura da soja**. 2016. 130f. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. 2016.

ZIMDAHL, R.L. **Fundamentals of weed Science**. 3 ed. Fort Collins EUA: Academic Press, 2007. 689p.

ZOBIOLE, L.H.S.; OLIVEIRA JR., R.S.; TORMENA, C.A.; CONSTANTIN, J.; CAVALIERI, S.D.; ALONSO, D.G.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. Efeito da compactação do solo e do sulfentrazone sobre a cultura da soja em duas condições de água no solo. **Planta Daninha**, v.25, p.537-545, 2007.

VITA

Renan Ricardo Zandoná é filho de Claudemir Luis Zandoná e Lenir Giroto Zandoná. Nasceu em 30 de maio de 1991, no Município de Palmeira das Missões, Rio Grande do Sul. cursou o ensino fundamental e médio na Escola Estadual de Educação Básica Antônio João Zandoná em Barra Funda-RS. No ano de 2009 ingressou no curso de Agronomia da Universidade Federal do Pampa (Unipampa, Campus-Itaqui-RS), onde se graduou como Engenheiro Agrônomo em 2014. No período de 2009 a 2013 foi bolsista de Iniciação Científica e do Programa de Educação Tutorial (PET-AGRO), onde desenvolveu pesquisas na área da ciência das plantas daninhas, nutrição de plantas, manejo de água e solo e fruticultura. Em 2016, concluiu o curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da FAEM, UFPel, em Capão do Leão-RS, sob orientação do Prof. Dr. Dirceu Agostinetti, tendo ingressado no mesmo ano no curso de doutorado, na mesma instituição. Em 2019 foi aprovado no concurso público para professor substituto da UFPel (edital nº 009/2019) para ministrar a disciplina de herbologia no curso de agronomia da FAEM, UFPel.