



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SEMENTES**

TRATAMENTO DE SEMENTES DE FEIJÃO COM TIAMETOXAM

ANDRÉIA DA SILVA ALMEIDA

**PELOTAS
RIO GRANDE DO SUL – BRASIL
2012**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SEMENTES**

TRATAMENTO DE SEMENTES DE FEIJÃO COM TIAMETOXAM

ANDRÉIA DA SILVA ALMEIDA

Tese apresentada à Universidade Federal de Pelotas, sob a orientação do Prof. Francisco Amaral Villela, Dr., como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, para obtenção do título de Doutor em Ciências.

**PELOTAS
RIO GRANDE DO SUL – BRASIL
2012**

Dados de catalogação na fonte:
(Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744)

A447t Almeida, Andréia da Silva

Tratamento de sementes de feijão com tiametoxam / Andréia da Silva Almeida; orientador Francisco Amaral Villela. - Pelotas, 2012. 37f.: il. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2012.

1.*Phaseolus vulgaris* L.; 2.Inseticida;
3.Desempenho fisiológico; I.Villela, Francisco Amaral (orientador); II.Título.

CDD 635.652

TRATAMENTO DE SEMENTES DE FEIJÃO COM TIAMETOXAM

AUTOR: Eng^a Agr^a Andréia da Silva Almeida

ORIENTADOR: Prof. Francisco Amaral Villela, Dr.

BANCA EXAMINADORA

Prof. FRANCISCO AMARAL VILLELA, Dr.

Prof^a MARIA ÂNGELA ANDRÉ TILLMANN, Dr^a

Eng^o Agr^o GERI EDUARDO MENEGHELLO, Dr.

Prof. NILSON LEMOS MENEZES, Dr.

Eng^o Agr^o ADILSON JAUER, Dr.

Dedico este trabalho à Deus, minha filha Marcelle, familiares e amigos que me ajudaram a superar os obstáculos que surgiram no decorrer do meu percurso.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Francisco Amaral Villela, pela orientação, paciência, amizade e exemplo profissional durante a realização do curso.

À Prof^a Maria Ângela André Tillmann, Dr^a, pelo carinho e incentivo.

Ao Eng^o Agr^o, Geri Eduardo Meneghello, Dr., pela co-orientação, amizade, apoio, auxílio e incentivo.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes.

Aos colegas, pela convivência e companheirismo.

À minha família de Pelotas pela acolhida, estímulo e momentos compartilhados.

Ao João Carlos Nunes, pela amizade, apoio, incentivo, auxílio e confiança, fundamentais na execução e condução deste trabalho.

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

A todos que me apoiaram na realização deste curso.

LISTA DE FIGURAS

Página

I - DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE FEIJÃO TRATADAS COM BIOATIVADOR COM E SEM RESTRIÇÃO HÍDRICA19

Figura 1. Germinação (%) de sementes de três lotes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) sem e (B) com estresse hídrico	27
Figura 2. Primeira contagem (%) de sementes de três lotes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) sem e (B) com estresse hídrico	28
Figura 3. Teste de Frio (%) de sementes de três lotes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam, (A) sem e (B) com estresse hídrico	29
Figura 4. Envelhecimento acelerado (%) de sementes de três lotes de feijão, cultivar pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (a) sem e (b) com estresse hídrico	31
Figura 5. Comprimento de plântula (cm) de sementes de três lotes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) sem e (B) com estresse hídrico	32
Figura 6. Comprimento de radicular (cm) de sementes de três lotes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) sem e (B) com estresse hídrico	33
Figura 7. Comprimento de radicular (cm) de sementes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) sem e (B) com estresse hídrico	34
Figura 8. Comprimento de aéreo (cm) de sementes de três lotes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) sem e (B) com estresse hídrico	35
Figura 9. Germinação (%) de sementes de três lotes de feijão, cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) sem e (B) com estresse hídrico	37
Figura 10. Primeira contagem (%) de sementes de três lotes de feijão, cultivar IAPAR submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) sem e (B) com estresse hídrico	38
Figura 11. Teste de frio (%) de sementes de três lotes de feijão, cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) sem e (B) com estresse hídrico	39
Figura 12. Envelhecimento acelerado (%) de sementes de três lotes de feijão, cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) sem e (B) com estresse hídrico.....	40
Figura 13. Comprimento de plântula (cm) obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) sem e (B) com estresse hídrico.....	42

Figura 14. Comprimento radicular (cm) de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) sem e (B) com estresse hídrico.....	43
Figura 15. Comprimento da parte aérea (cm) de sementes de três lotes de feijão cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) sem e (B) com estresse hídrico.....	44

II - DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE FEIJÃO TRATADAS COM BIOATIVADOR, NO CAMPO, EM DUAS ÉPOCAS.....48

Figura 1. Comprimento (cm) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) parte aérea (B) radicular (C) total da plântula aos 7 dias	55
Figura 2. Comprimento radicular (cm) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.....	56
Figura 3. Comprimento (cm) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) parte aérea (B) radicular (C) total da plântula aos 14 dias	58
Figura 4. Comprimento (cm) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) parte aérea (B) radicular (C) total da plântula aos 21 dias	60
Figura 5. Comprimento (cm) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) parte aérea (B) radicular (C) total da plântula aos 28 dias	62
FIGURA 6. Índice de velocidade de germinação (IVE) de sementes de três lotes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam	63
Figura 7. Emergência (%) plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam	64
Figura 8. Comprimento (cm) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) parte aérea (B) radicular (C) total da plântula aos 7 dias	66
Figura 9. Comprimento (cm) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) parte aérea (B) radicular (C) total da plântula	67
Figura 10. Comprimento (cm) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) parte aérea (B) radicular (C) total da plântula aos 14 dias	69
Figura 11. Comprimento (cm) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) parte aérea (B) radicular (C) total da plântula aos 21 dias	71
Figura 12. Comprimento (cm) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) parte aérea (B) radicular (C) total da plântula aos 28 dias	74
Figura 13. Índice velocidade emergência (IVE) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.....	75
Figura 14. Emergência (%) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam	75

Figura 15. Comprimento (cm) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) parte aérea (B) radicular (C) total da plântula	77
Figura 16. Comprimento (cm) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) parte aérea (B) radicular (C) total da plântula	79
Figura 17. Comprimento (cm) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) parte aérea (B) radicular (C) total da plântula	80
Figura 18. Comprimento (cm) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) parte aérea (B) radicular (C) total da plântula	82
Figura 19. Índice de velocidade de emergência de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.....	83
Figura 20. Emergência (%) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.....	83
Figura 21. Comprimento (cm) de sementes plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) parte aérea (B) radicular (C) total da plântula	85
Figura 22. Comprimento (cm) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) parte aérea (B) radicular (C) total da plântula	86
Figura 23. Comprimento (cm) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) parte aérea (B) radicular (C) total da plântula	88
Figura 24. Comprimento (cm) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) parte aérea (B) radicular (C) total da plântula	90
Figura 25. Índice velocidade de emergência de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.....	91
Figura 26. Emergência (%) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.....	92

III - ÍNDICE DE CLOROFILA EM PLÂNTULAS DE FEIJÃO APÓS O TRATAMENTO DAS SEMENTES COM TIAMETOXAM.....95

Figura 1. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar Pérola, na primeira semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam	101
Figura 2. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar Pérola, na segunda semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam	101
Figura 3. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar Pérola, na terceira semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam	102
Figura 4. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar Pérola, na quarta semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.....	104

Figura 5. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar Pérola, na quinta semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.....	104
Figura 6. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar Pérola, na sexta semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.....	104
Figura 7. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar Pérola, na sétima semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.....	105
Figura 8. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar Pérola, na oitava semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.....	105
Figura 9. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar Pérola, na nona semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.....	106
Figura 10. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar Pérola, na décima semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.....	107
Figura 11. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar IAPAR, na primeira semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam	109
Figura 12. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar IAPAR, na segunda semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam	109
Figura 13. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar IAPAR, na terceira semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.....	110
Figura 14. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar IAPAR, na quarta semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.....	110
Figura 15. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar IAPAR, na quinta semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam	111
Figura 16. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar IAPAR, na sexta semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.....	112
Figura 17. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar IAPAR, na sétima semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.....	113
Figura 18. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar IAPAR, na oitava semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.....	113
Figura 19. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar IAPAR, na nona semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.....	114
Figura 20. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar IAPAR, na décima semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.....	114

IV - EXPRESSÃO DE ISOENZIMAS DURANTE O PROCESSO DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE FEIJÃO TRATADAS COM TIAMETOXAM COM E SEM ESTRESSE HÍDRICO118

Figura 1. Germinação (%) de sementes de feijão, cultivares Pérola, e IAPAR submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) sem e (B) com estresse hídrico	126
Figura 2. Germinação (%) de sementes de três lotes de feijão, cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) sem e (B) com estresse hídrico	127
Figura 3. Padrão eletroforético obtido no sistema isoenzimático Glutamato Oxalecetato Transaminase em plântulas de feijão, cultivares Pérola e IAPAR, (A) sem estresse, (B) com estresse hídrico, em função da dose de tiametoxam.....	128
Figura 4. Padrão eletroforético obtido com o sistema isoenzimático Fosfatase Ácida em sementes de feijão, cultivares Pérola e IAPAR, (A) sem estresse, (B) com estresse hídrico, em função da dose de tiametoxam.....	129
Figura 5. Padrão eletroforético obtido com o sistema isoenzimático Peroxidase em sementes de feijão, cultivares Pérola e IAPAR, (A) sem estresse, (B) com estresse hídrico, em função da dose de tiametoxam	130
Figura 6. Padrão eletroforético obtido com o sistema isoenzimático Esterase sementes de feijão, cultivares Pérola e IAPAR, (A) sem estresse, (B) com estresse hídrico, em função da dose de tiametoxam	131
Figura 7. Padrão eletroforético obtido com o sistema isoenzimático Glutamato desidrogenase em duas cultivares de sementes de feijão, (A) sem estresse, (B) com estresse hídrico, em função da dose de tiametoxam	132

LISTA DE TABELAS

Página

I - DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE FEIJÃO TRATADAS COM BIOATIVADOR COM E SEM RESTRIÇÃO HÍDRICA

Tabela 1. Caracterização da qualidade inicial de sementes de feijão, cultivar Pérola e IAPAR.....26

II - DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE FEIJÃO TRATADAS COM BIOATIVADOR, NO CAMPO, EM DUAS ÉPOCAS

Tabela 1. Caracterização da qualidade inicial de sementes de feijão, cultivar Pérola e IAPAR.....53

III - ÍNDICE DE CLOROFILA EM PLÂNTULAS DE FEIJÃO APÓS O TRATAMENTO DAS SEMENTES COM TIAMETOXAM

Tabela 1. Comparação entre doses zero e máxima resposta das plântulas resultantes de sementes tratadas com tiametoxam, em três lotes de sementes de feijão, cultivar Pérola108

Tabela 2. Comparação entre as doses zero e a de máxima resposta das sementes de feijão tratadas com tiametoxam, em três lotes da cultivar IAPAR115

RESUMO

ALMEIDA, Andréia da Silva. **Tratamento de sementes de feijão com tiametoxam**. Pelotas, 2012. 37f. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas.

Inseticidas e fungicidas geralmente são estudados quanto a sua eficiência no controle de pragas e doenças, entretanto podem provocar efeitos fisiológicos pouco conhecidos capazes de influenciar o desenvolvimento das culturas. O tiametoxam é um inseticida sistêmico do grupo dos neonicotinóides, da família nitroguanidina, que atua no receptor nicotínico acetilcolina de insetos, danificando o sistema nervoso dos mesmos, levando-os à morte. Este inseticida, largamente utilizado no controle de pragas iniciais e insetos sugadores, apresenta efeito bioativador, uma vez que mesmo na ausência da pragas, promove aumento em vigor e desenvolvimento nas plantas tratadas. Acredita-se que os efeitos do tiametoxam em plantas são indiretos, pois atuam na expressão dos genes responsáveis pela síntese e ativação de enzimas metabólicas, relacionadas ao crescimento da planta, alterando a produção de aminoácidos e precursores de hormônios vegetais. Existem alguns trabalhos com tiametoxam com o objetivo de verificar seus efeitos no metabolismo e desenvolvimento das plantas, mas os resultados ainda não são claros, evidenciando forte interação entre cultivares, épocas, condições de estresse e disponibilidade de nutrientes. Em função da grande utilização do inseticida tiametoxam na agricultura brasileira, o estudo deste agroquímico, no sentido de alterar o metabolismo e desenvolvimento de plantas, constitui-se de grande importância na agregação de informações à literatura biológica e agrônômica. Neste contexto, os objetivos deste trabalho foram: verificar o efeito do desempenho fisiológico de sementes de feijão tratadas com tiametoxam.

Palavras- chave: *Phaseolus vulgaris* L, inseticida, desempenho fisiológico.

ABSTRACT

ALMEIDA, Andréia da Silva. **Treatment of bean seeds with bioactivator**. Pelotas, 2012. 37f. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas.

Insecticides and fungicides are often studied to their efficiency in controlling pests and diseases, however can cause physiological effects little known that can affect crop growth. Thiamethoxan is a systemic insecticide from the neonicotinoid group, nitroguanidine family, which acts on nicotinic acetylcholine receptor of insects, damaging their nervous system, leading them to death. This insecticide, that is widely used for controlling pests and sucking insects, has bioactivator effect, since even in the absence of pests, promotes an increase in vigor and development in treated plants. It is believed that the effects of thiamethoxan in plants are indirect, because it acts in the genes expression responsible for metabolic enzymes activation and synthesis, related to plant growth, by modifying amino acids and plant hormones precursors production. There is a number of studies with thiamethoxan in the way to determine the effects on metabolism and development of plants, but the results are not clear, showing strong interaction between cultivars, stress conditions and nutrient availability. Due to the wide use of the insecticide thiamethoxan in Brazilian agriculture, the study of this insecticide in order to know the metabolism changes in the plants, brings a great importance in the collection of knowledge to the agronomic and biological literature. In this context, the objectives were: to determine the effect of physiological performance of bean seeds treated with thiamethoxam

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L., insecticide, physiological performance

SUMÁRIO

	Página
BANCA EXAMINADORA	2
DEDICATÓRIA.....	3
AGRADECIMENTOS	4
LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE TABELAS	10
RESUMO	11
ABSTRACT	12
INTRODUÇÃO GERAL.....	15
 I - DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE FEIJÃO TRATADAS COM BIOATIVADOR COM E SEM RESTRIÇÃO HÍDRICA ..19	
RESUMO	20
ABSTRACT	21
INTRODUÇÃO.....	22
MATERIAL E MÉTODOS	24
RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
CONCLUSÕES.....	45
REFERÊNCIAS	45
 II - DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE FEIJÃO TRATADAS COM BIOATIVADOR, NO CAMPO, EM DUAS ÉPOCAS.... 48	
RESUMO	49
ABSTRACT	50
INTRODUÇÃO.....	51
MATERIAL E MÉTODOS	52
RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
CONCLUSÕES.....	92
REFERÊNCIAS	92
 III - ÍNDICE DE CLOROFILA EM PLÂNTULAS DE FEIJÃO APÓS O TRATAMENTO DAS SEMENTES COM TIAMETOXAM.....95	
RESUMO	96
ABSTRACT	97
INTRODUÇÃO.....	98

MATERIAL E MÉTODOS	99
RESULTADOS E DISCUSSÃO	100
CONCLUSÕES.....	115
REFERÊNCIAS	116

IV - EXPRESSÃO DE ISOENZIMAS DURANTE O PROCESSO DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE FEIJÃO TRATADAS COM TIAMETOXAM COM E SEM ESTRESSE HÍDRICO..... 118

RESUMO	119
ABSTRACT	120
INTRODUÇÃO.....	121
MATERIAL E MÉTODOS.....	123
RESULTADOS E DISCUSSÃO	125
CONCLUSÕES.....	133
REFERÊNCIAS	133

CONCLUSÕES GERAIS 135

REFERÊNCIAS GERAIS 136

INTRODUÇÃO GERAL

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L) é uma planta pertencente à família Fabaceae. Apresenta grande destaque, pela importância para alimentação humana, por representar significativa fonte de proteína, carboidratos e sais minerais (SILVA, 2005).

O cultivo de feijão está difundido em todo o território brasileiro e em muitos países da América Latina, onde é amplamente consumido, sendo fonte acessível de proteína e em combinação com arroz, fonte de amido, constituindo um equilíbrio na dieta (SILVA, 2005). A incerteza ou o desconhecimento em relação às condições meteorológicas e probabilidades de ocorrência de adversidades climáticas tem sido tema de constante preocupação no setor primário para que as principais decisões ligadas ao agronegócio possam ser tomadas em tempo hábil, o qual em muitos casos perfaz alguns meses antes do cultivo (LIMA et al., 2002).

Para se obter sucesso em uma lavoura é importante reunir as condições que permitam que a planta expresse todo o seu potencial produtivo. Os fatores ambientais, o manejo da área, o número e a distribuição das plantas na área, os tratamentos culturais e fitossanitários, a qualidade fisiológica das sementes e a sua sanidade são componentes decisivos do sistema de produção que podem afetar o rendimento da lavoura. Se a lavoura é voltada para a produção de sementes, além das condições mencionadas, outras devem, igualmente, receber a atenção do produtor para obter um produto de qualidade.

Os defensivos agrícolas, dentre eles inseticidas e fungicidas normalmente são avaliados quanto à eficiência no controle de pragas e doenças, entretanto alguns deles podem provocar efeitos ainda pouco conhecidos, capazes de modificar o metabolismo e a morfologia vegetal (CASTRO et al., 2007). Pesquisas indicam que alguns inseticidas podem provocar alterações fisiológicas e morfológicas em plantas, como aldicarb (REDDY et al., 1990), o carbofuran (FREITAS et al., 2001) e o thiametoxan (CALAFIORI e BARBIERI, 2001).

Por outro lado, os controladores hormonais têm merecido cada vez mais atenção na agricultura à medida que as técnicas de cultivo evoluem,

principalmente, em culturas de alto valor. Os bioativadores são substâncias orgânicas complexas modificadoras do crescimento, capazes de atuar na transcrição do DNA na planta, expressão gênica, proteínas da membrana celular, enzimas metabólicas e nutrição mineral (CASTRO e PEREIRA, 2008). O inseticida tiametoxam tem demonstrado efeito positivo como o aumento da expressão do vigor, acúmulo de fitomassa, elevação da taxa fotossintética e raízes mais profundas (CATANEO, 2008).

O tiametoxam, transportado dentro da planta através de suas células, ativa várias reações fisiológicas como a expressão de proteínas. Estas proteínas interagem com vários mecanismos de defesa de estresses da planta, permitindo que ela enfrente melhor condições adversas, tais como secas, baixo pH, alta salinidade de solo, radicais livres, estresses por temperatura altas. Os defensivos agrícolas, dentre eles inseticidas e fungicidas normalmente são avaliados quanto à eficiência no controle de pragas e doenças, entretanto alguns deles podem provocar efeitos ainda pouco conhecidos, capazes de modificar o metabolismo e a morfologia vegetal (CASTRO et al., 2007). Pesquisas indicam que alguns inseticidas podem provocar alterações fisiológicas e morfológicas em plantas, como aldicarb (REDDY et al., 1990), o carbofuran (FREITAS et al., 2001) e o thiametoxan (CALAFIORI e BARBIERI, 2001).

Por outro lado, os controladores hormonais têm merecido cada vez mais atenção na agricultura à medida que as técnicas de cultivo evoluem, principalmente, em culturas de alto valor. Os bioativadores são substâncias orgânicas complexas modificadoras do crescimento, capazes de atuar na transcrição do DNA na planta, expressão gênica, proteínas da membrana celular, enzimas metabólicas e nutrição mineral (CASTRO e PEREIRA, 2008). O inseticida tiametoxam tem demonstrado efeito positivo como o aumento da expressão do vigor, acúmulo de fitomassa, elevação da taxa fotossintética e raízes mais profundas (CATANEO, 2008).

O tiametoxam, transportado dentro da planta através de suas células, ativa várias reações fisiológicas como a expressão de proteínas. Estas proteínas interagem com vários mecanismos de defesa de estresses da planta, permitindo que ela enfrente melhor condições adversas, tais como secas, baixo

pH, alta salinidade de solo, radicais livres, estresses por temperatura altas, efeitos tóxicos de níveis elevados de alumínio, ferimentos causados por pragas, ventos, granizo, ataque de viroses e deficiência de nutrientes. Possui efeito fitotônico, isto é, desenvolvimento mais rápido do vegetal expressando melhor seu vigor. Em soja foi observado aumento da germinação, vigor, produtividade, área foliar e radicular, estande mais uniforme, uniformidade na emergência e melhor desenvolvimento inicial (CLAVIJO, 2008). E assim, reduz o tempo para estabelecimento da cultura no campo, diminuindo os efeitos negativos de competição com plantas daninhas ou por nutrientes essenciais presentes no solo (CATANEO, 2008).

Ocorrendo restrições à disponibilidade hídrica, a semente inicia a germinação e, não havendo água suficiente para a sua continuidade, pode ocorrer a morte do embrião, que conforme a semente permanece no solo sem emergir devido à deficiência de água, ocorre o ataque de micro-organismos estimulados pela exsudação de açúcares, demonstrando que a falta de água no solo torna o processo germinativo mais lento, expondo a semente a agentes fitopatogênicos (BRAGA et al., 1999).

Sob condições de campo, as plantas são normalmente expostas a vários fatores de estresses que podem reduzir sua capacidade de expressar e atingir seu potencial genético de produtividade. Plantas tratadas com tiametoxam apresentam maior tolerância a estes fatores de estresse e, conseqüentemente, podem se desenvolver mais vigorosamente em condições subótimas, permitindo melhores chances de atingir seu potencial genético de produtividade.

Nesse contexto, considerando a escassez de informações referentes ao efeito do tiametoxam e os seus potenciais benefícios que o tratamento de sementes com este produto possa proporcionar, o presente trabalho teve como objetivos: de avaliar a influência do tiametoxam combinado com restrição hídrica no desempenho fisiológico de sementes de feijão; avaliar a influência do tiametoxam no desempenho fisiológico de sementes de feijão, no campo em duas épocas de semeadura; avaliar a qualidade fisiológica de plantas de feijão provenientes de sementes tratadas com tiametoxam, utilizando o colorímetro, como alternativa ao emprego do medidor de clorofila SPAD-502, para a

quantificação não-destrutiva dos teores de clorofilas em folhas de feijão; avaliar a expressão de isoenzimas em plântulas de feijão, provenientes de sementes tratadas com tiametoxam. avaliar a expressão de isoenzimas em plântulas de feijão, provenientes de sementes tratadas com tiametoxam.

**I - DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE FEIJÃO
TRATADAS COM TIAMETOXAM COM E SEM RESTRIÇÃO
HÍDRICA**

ANDRÉIA DA SILVA ALMEIDA
FRANCISCO AMARAL VILLELA

RESUMO

O feijoeiro apresenta grande importância para alimentação humana, por apresentar expressiva fonte proteica, além de carboidratos e sais minerais. Geralmente, os inseticidas e fungicidas são avaliados quanto à eficiência do controle de pragas e doenças, entretanto alguns deles podem provocar efeitos ainda pouco conhecidos, dentre eles a capacidade de modificar o metabolismo e a morfologia vegetal. Os bioativadores são substâncias orgânicas complexas modificadoras do crescimento, capazes de atuar na transcrição do DNA na planta, expressão gênica, proteínas da membrana celular, enzimas metabólicas e nutrição mineral. O inseticida tiametoxam tem mostrado efeitos positivos sobre o aumento da expressão do vigor e do acúmulo de fitomassa, a elevação da taxa fotossintética e o acréscimo da formação de raízes mais profundas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do tiametoxam no desempenho fisiológico de sementes de feijão. Foram utilizadas sementes de feijão, cultivares Pérola e IAPAR, e concentrações do produto 0, 1, 2, 3, 4, 5 mL.kg⁻¹ de sementes. Para a avaliação da qualidade fisiológica das sementes foram conduzidos os testes (sem e com estresse hídrico) de germinação, primeira contagem de germinação, de frio, envelhecimento acelerado e comprimento de plântula, da parte aérea e radicular. O produto tiametoxam estimula o desempenho fisiológico de sementes de feijão submetidas ou não ao estresse hídrico, com intensidade variável de acordo com lote e cultivar. As doses de 2,0 a 4,0 mL de produto.kg⁻¹ de semente mostram-se mais eficientes em favorecer a expressão do desempenho fisiológico das sementes de feijão.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L, bioativador, sementes, vigor.

ABSTRACT

Beans are an important agricultural crop due to their nutritional properties, delivering high protein value besides being a source for carbohydrates and mineral salts. Insecticides and fungicides employed to control pests and diseases on bean crops may cause yet unknown effects on the plant morphology and metabolism. Bioactivators are complex organic substances capable of exerting modification upon growth patterns, plant DNA transcription, gene expression, cell membrane proteins, metabolic enzymes and mineral nutrition. Thiamethoxam insecticide has shown positive action on the enhancement of vigor expression, phytomass accretion photosynthetic rate increase and the promotion of deeper root systems. The aim of this work was to evaluate the effect of thiamethoxam on the physiological performance of bean seeds. Bean seeds from cultivars Pérola and IAPAR were treated to thiamethoxam concentrations of 0, 1, 2, 3, 4 and 5 mL.kg⁻¹seed. Physiological quality was measured through tests for germination value, first count, cold test, accelerated aging and seedling and root lengths, all of them undertaken under presence and absence of moisture stress. Thiamethoxam stimulated the physiological performance of bean seeds under moisture stress or in the absence of it, with levels varying according to cultivar and seed lot. The most effective product dosage range to enhance seed physiological performance was of 2.0 mL.kg⁻¹ seed to 4.0 mL.kg⁻¹ seed.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L., bioactivator, seeds, vigor.

INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L) é uma planta pertencente à família Fabaceae. Apresenta grande destaque, pela importância para alimentação humana, por representar significativa fonte de proteína, carboidratos e sais minerais (SILVA, 2005).

O cultivo de feijão está difundido em todo o território brasileiro e em muitos países da América Latina, onde é amplamente consumido, sendo fonte acessível de proteína e em combinação com arroz, fonte de amido, constituindo um equilíbrio na dieta (SILVA, 2005). A incerteza ou o desconhecimento em relação às condições meteorológicas e probabilidades de ocorrência de adversidades climáticas tem sido tema de constante preocupação no setor primário para que as principais decisões ligadas ao agronegócio possam ser tomadas em tempo hábil, o qual em muitos casos perfaz alguns meses antes do cultivo (LIMA et al., 2002).

Os defensivos agrícolas, dentre eles inseticidas e fungicidas normalmente são avaliados quanto à eficiência no controle de pragas e doenças, entretanto alguns deles podem provocar efeitos ainda pouco conhecidos, capazes de modificar o metabolismo e a morfologia vegetal (CASTRO et al., 2007). Pesquisas indicam que alguns inseticidas podem provocar alterações fisiológicas e morfológicas em plantas, como aldicarb (REDDY et al., 1990), o carbofuran (FREITAS et al., 2001) e o thiametoxan (CALAFIORI e BARBIERI, 2001).

Por outro lado, os controladores hormonais têm merecido cada vez mais atenção na agricultura à medida que as técnicas de cultivo evoluem, principalmente, em culturas de alto valor. Os bioativadores são substâncias orgânicas complexas modificadoras do crescimento, capazes de atuar na transcrição do DNA na planta, expressão gênica, proteínas da membrana celular, enzimas metabólicas e nutrição mineral (Castro e Pereira, 2008). O inseticida tiametoxam tem demonstrado efeito positivo como o aumento da expressão do vigor, acúmulo de fitomassa, elevação da taxa fotossintética e raízes mais profundas (CATANEO, 2008).

O tiametoxam, transportado dentro da planta através de suas células, ativa várias reações fisiológicas como a expressão de proteínas. Estas proteínas interagem com vários mecanismos de defesa de estresses da planta, permitindo que ela enfrente melhor condições adversas, tais como secas, baixo pH, alta salinidade de solo, radicais livres, estresses por temperatura altas, efeitos tóxicos de níveis elevados de alumínio, ferimentos causados por pragas, ventos, granizo, ataque de viroses e deficiência de nutrientes. Possui efeito fitotônico, isto é, desenvolvimento mais rápido do vegetal expressando melhor seu vigor. Em soja foi observado aumento da germinação, vigor, produtividade, área foliar e radicular, estande mais uniforme, uniformidade na emergência e melhor desenvolvimento inicial (CLAVIJO, 2008). E assim, reduz o tempo para estabelecimento da cultura no campo, diminuindo os efeitos negativos de competição com plantas daninhas ou por nutrientes essenciais presentes no solo (CATANEO, 2008).

Ocorrendo restrições à disponibilidade hídrica, a semente inicia a germinação e, não havendo água suficiente para a sua continuidade, pode ocorrer a morte do embrião, que conforme a semente permanece no solo sem emergir devido à deficiência de água, ocorre o ataque de micro-organismos estimulados pela exsudação de açúcares, demonstrando que a falta de água no solo torna o processo germinativo mais lento, expondo a semente a agentes fitopatogênicos (BRAGA et al., 1999).

Sob condições de campo, as plantas são normalmente expostas a vários fatores de estresses que podem reduzir sua capacidade de expressar e atingir seu potencial genético de produtividade. Plantas tratadas com tiametoxam apresentam maior tolerância a estes fatores de estresse e, conseqüentemente, podem se desenvolver mais vigorosamente em condições subótimas, permitindo melhores chances de atingir seu potencial genético de produtividade.

Nesse contexto, considerando a escassez de informações referentes ao efeito do tiametoxam e os seus potenciais benefícios que o tratamento de sementes com este produto possa proporcionar, o presente trabalho teve como objetivo de avaliar a influência do tiametoxam combinado com restrição hídrica no desempenho fisiológico de sementes de feijão.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório Didático de Análise de Sementes da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas-RS. Utilizaram-se sementes de feijão, cultivares Pérola e IAPAR, cada uma representada por três lotes, as sementes foram fornecidas pela Cooperativa Agrícola Mista São Cristóvão Ltda. (CAMISC). As cultivares são Tipo II e hábito indeterminado.

As sementes foram tratadas com um produto comercial contendo 35 gramas de ingrediente ativo de tiametoxam por litro de produto. Foram utilizadas seis doses do produto variando de zero a 5 mL de produto.kg⁻¹ de semente, com intervalos regulares 1mL de produto.kg⁻¹ de semente. As doses corresponderam de zero a 0,175g i.a de tiametoxam.kg⁻¹ de semente, mantendo intervalos regulares de 0,035g i.a de tiametoxam. kg⁻¹ de semente.

A calda (produto+água) foi aplicada, com o auxílio de uma pipeta graduada, no fundo de um saco plástico transparente e distribuída pelas paredes do saco. O volume de calda utilizado foi de 0,6L.100kg⁻¹ de sementes.

Os tratamentos com tiametoxam foram aplicados em sementes submetidas ou não ao estresse hídrico de potencial -0,4MPa.

O estresse hídrico foi obtido por meio de soluções aquosas de polietileno glicol (PEG 6000). O cálculo das quantidades de soluto foi efetuado segundo Villela et al. (1991). As soluções de polietileno glicol, assim obtidas foram aplicadas sobre o substrato de papel germitest, em quantidade equivalente a 2,5 vezes seu peso de papel seco, em todas avaliações em laboratório que envolviam o teste de germinação.

Os efeitos dos tratamentos foram avaliados mediante os seguintes testes:

Germinação: foram utilizadas quatro repetições com quatro subamostras de 50 sementes para cada tratamento. As sementes foram semeadas em rolos de papel germitest, umedecido com água destilada, na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco e mantidas em germinador regulado a 25°C. As avaliações foram realizadas segundo as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). A contagem de plântulas normais foi

realizada aos cinco e oito dias após a instalação do teste e os resultados expressos em porcentagem.

Primeira contagem de germinação: realizada conjuntamente com o teste de germinação, consistiu no registro da porcentagem de plântulas normais verificada na primeira contagem do teste de germinação, efetuada no quinto dia após a semeadura, seguindo as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

Teste de Frio: foram utilizadas quatro repetições com quatro subamostras de 50 sementes para cada tratamento. As sementes foram semeadas em rolos de papel “germitest”, umedecido com água destilada, na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco e mantidas em refrigerador regulado a 10°C, por sete dias. A seguir, foram mantidas em germinador regulado a 25°C. As avaliações foram realizadas segundo as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). A contagem de plântulas normais foi realizada aos cinco dias após a instalação do teste e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

Envelhecimento acelerado: foi conduzido pelo método de caixas plásticas (MCDONALD JR. e PHANEENDRANATH, 1978), utilizando-se sementes distribuídas em uma camada simples sobre a tela interna e no fundo contendo 40ml de água destilada. As caixas contendo as sementes foram mantidas a 42°C, por 72 horas, de acordo com recomendações de Laposta (1991). Decorrido o período de envelhecimento, as sementes foram semeadas em quatro repetições com quatro subamostras de 50 sementes para cada tratamento, e mantidas em um germinador a 25°C. Os rolos de papel germitest foram umedecidos com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco. Determinou-se a porcentagem de plântulas normais no quinto dia após a instalação do teste.

Comprimento total, radicular e da parte aérea da plântula: foram utilizadas oito subamostras de 15 plântulas para cada tratamento. As sementes foram semeadas em rolos de papel germitest, umedecido com água destilada, na proporção de 2,5 vezes o peso seco do papel, e mantidas em germinador

regulado a 25°C. O comprimento total da plântula foi medido aos cinco dias após a semeadura e os resultados expressos em centímetros por plântula.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em fatorial 2x3x6 (estresse hídrico x lotes x doses do produto), com quatro repetições.

Os dados expressos em percentagem foram submetidos à transformação raiz quadrada de $x/100$. Os efeitos das doses foram analisados por regressão polinomial. As análises estatísticas foram realizadas separadamente para cada cultivar.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 1. Caracterização da qualidade inicial de sementes de feijão, cultivar Pérola e IAPAR.

	PÉROLA				IAPAR	
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Lote 5	Lote 6
GERMINAÇÃO (%)	65	82	84	87	75	80
1ª CONTAGEM (%)	62	80	82	83	65	75
ENVELHECIMENTO ACELERADO (%)	60	79	80	83	64	74
TESTE DE FRIO (%)	61	78	80	82	63	72

Cultivar Pérola

Para avaliar o comportamento da germinação dos lotes de sementes da cultivar Pérola, foram ajustadas equações de regressão (Figura 1). Pelas curvas resultantes, verifica-se que, a partir da dose zero, houve aumento nos valores de germinação com elevação da dose de tiametoxam, para os três lotes, nas condições sem e com estresse hídrico. No intervalo de doses testados percebe-se que a partir da dose zero, a germinação possui tendência de aumento no percentual germinativo, chegando a um ponto máximo, alcançado, ao atingir dose de 2 a 3mL de produto.kg⁻¹ de semente, dependendo do lote. Após atingir esse ponto, a germinação decresce conforme aumenta a dose do produto, caracterizando uma curva quadrática.

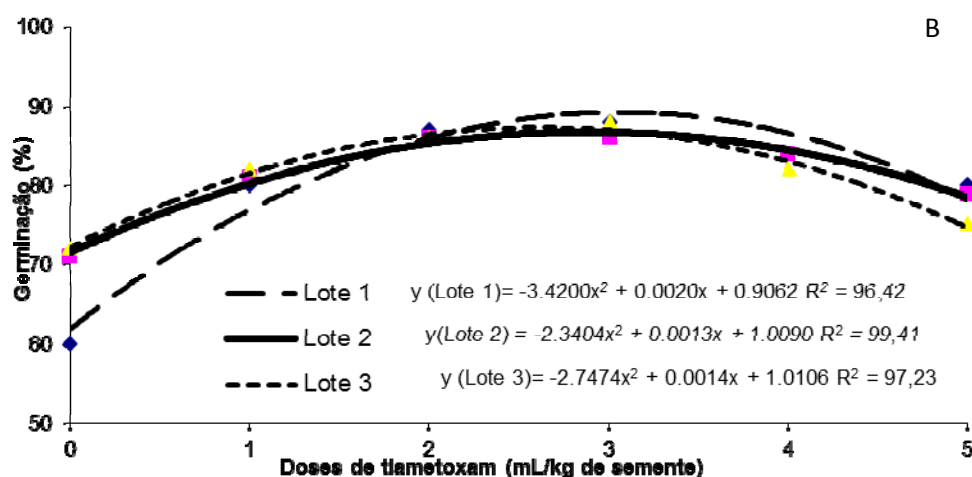
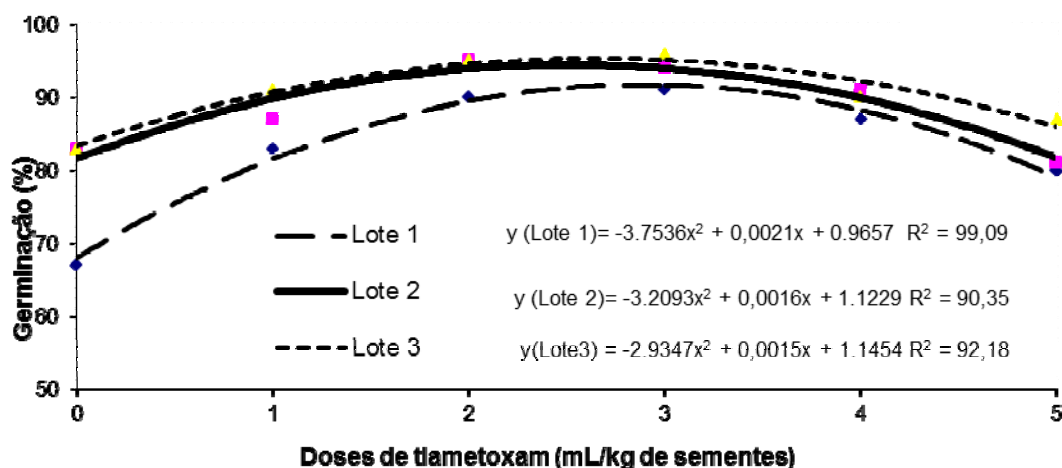


Figura 1. Germinação (%) de sementes de três lotes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) sem e (B) com estresse hídrico.

Vale destacar que empregando doses de 2 a 3mL do produto.kg⁻¹ de semente, conforme o lote, houve aumento na expressão da germinação de 16 a 27 pontos percentuais relativamente à dose zero, comparativamente às sementes não submetidas ao estresse hídrico e de 10 a 16 pontos percentuais relativamente às submetidas ao estresse. Em sementes de soja, Cataneo et al. (2008) também observaram que o tiametoxam acelera a germinação, induz maior crescimento do eixo embrionário e esse resultado corrobora com os de Lauxen et al. (2008), em sementes de algodão, Almeida et al. (2009), em sementes de cenoura, e Almeida et al. (2011), em sementes de arroz.

Analisando a Figura 2, sem estresse hídrico (Figura 2A) e com estresse (Figura 2B), pode-se observar comportamento semelhante (ajustado a uma equação quadrática), em todos os lotes, nos valores do teste de primeira

contagem de germinação em função das doses de tiametoxam. Verifica-se novamente a tendência quadrática da curva, apresentando partir da dose zero, crescente com aumento das doses, assim como no teste de germinação, chegando a um ponto máximo, dependendo do lote, ao variar dose de 2 a 4mL de produto.kg⁻¹ de semente.

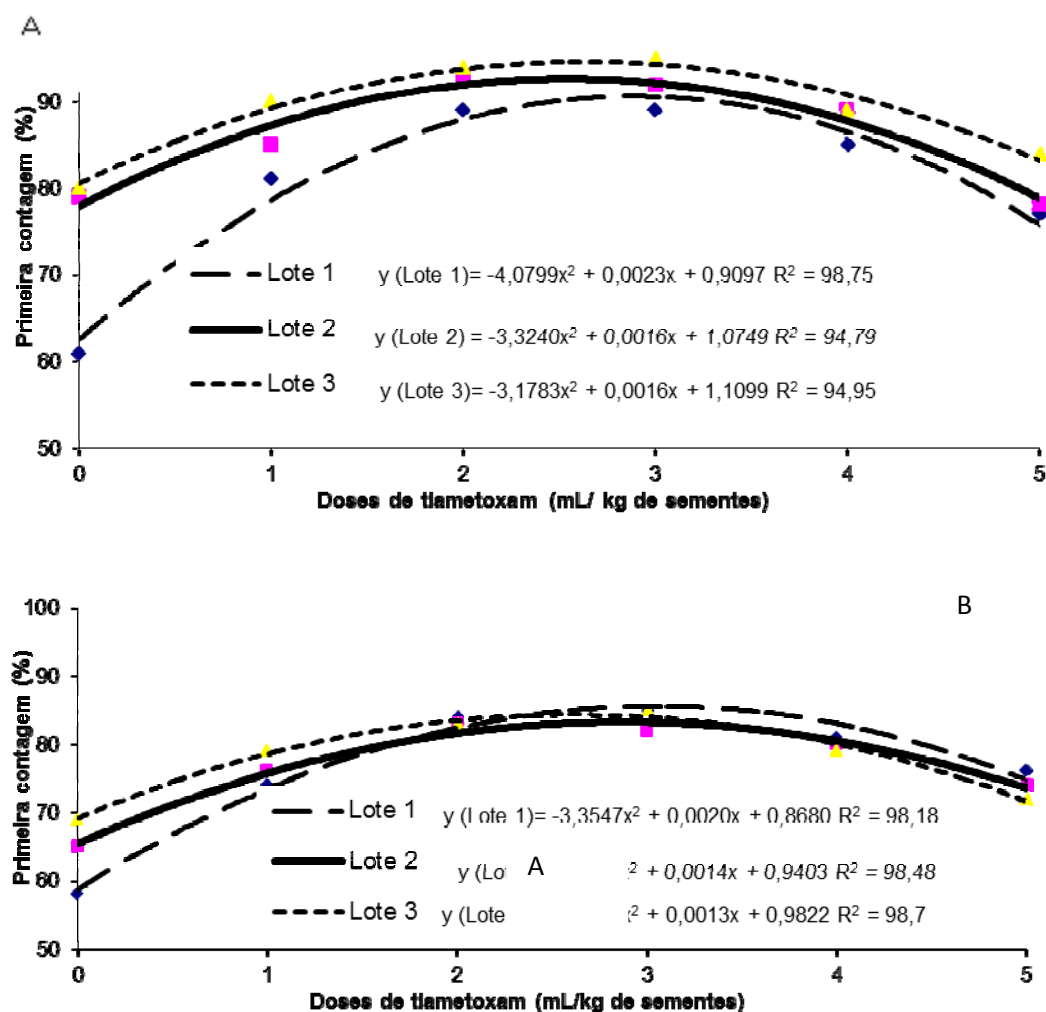


Figura 2. Primeira contagem (%) de sementes de três lotes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) sem e (B) com estresse hídrico.

A partir desse ponto, começa a apresentar diminuição, conforme aumenta a dose do produto, desta maneira apresentando uma curva com comportamento quadrático. Sementes tratadas com tiametoxam, conforme verificado em soja (CASTRO e PEREIRA, 2008), em arroz (CLAVIJO, 2008) e em cenoura (ALMEIDA et al., 2009), aceleram a germinação por estimularem a atividade de enzimas e por apresentarem estande e emergência mais uniformes e melhor desenvolvimento inicial.

As sementes apresentaram acréscimo no percentual de plântulas normais no teste de frio (Figura 3), independentemente de terem sido ou não submetidas ao estresse, com a elevação da dose de tiametoxam, havendo variação de comportamento e curvas de tendências semelhantes para os três lotes. Destaque-se que o lote 1 de menor vigor expressou variação de até 27 pontos percentuais em relação à dose zero sem estresse e de 28 pontos percentuais com estresse hídrico.

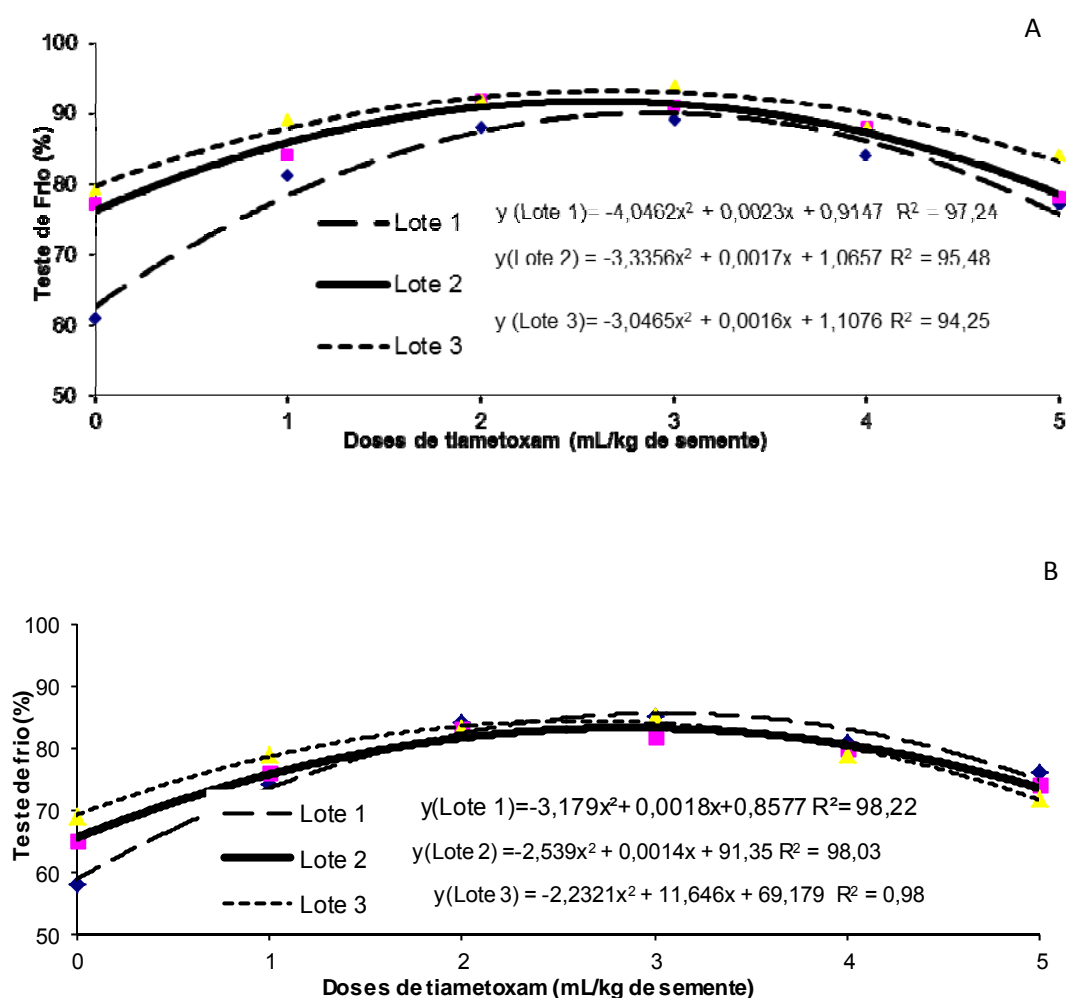


Figura 3. Teste de Frio (%) de sementes de três lotes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam, (A) sem e (B) com estresse hídrico.

Similarmente ao constatado nas avaliações anteriores, pode-se perceber que a partir da dose zero a curva possui tendência crescente, chegando a um ponto máximo, para doses variáveis entre 2 a 3mL de produto.kg⁻¹ de semente, de acordo com o lote. Essa melhor expressão do vigor com o aumento da dose ocorre porque o tiametoxam movimenta-se através das células da planta e conforme constatado em

sementes de soja (TAVARES et al., 2008), ativando várias reações fisiológicas, como a expressão de proteínas funcionais relacionadas aos mecanismos de defesa da planta contra fatores de estresse como secas, temperaturas altas, efeitos tóxicos entre outros, melhorando a produtividade, área foliar e radicular.

Na Figura 4 é possível constatar que a germinação das sementes tratadas após o envelhecimento acelerado sem estresse hídrico (Figura 4A) e com estresse (Figura 4B) apresentou tendência quadrática com relação às doses de tiametoxam. Vale ressaltar que, o lote 3 apresentou curva com concavidade mais acentuada em relação às outras duas, com variações mais expressivas nos valores de germinação para o teste de envelhecimento acelerado. Assim como nos testes anteriormente apresentados, pode-se perceber que a curva possui tendência crescente, chegando a um ponto máximo, para doses entre 2 a 3mL de produto.kg⁻¹ de semente, conforme o lote. Após atingir esse ponto, os valores decrescem conforme aumenta a dose do produto.

A utilização de doses iguais a 2, 3 e 4mL do produto.kg⁻¹ de semente, para os lotes 1, 2 e 3, respectivamente, sem estresse e com estresse hídrico, corresponderam aos maiores valores de germinação no teste de envelhecimento acelerado.

Ocorreu uma variação positiva entre os tratamentos, que chegou a vinte e sete pontos percentuais entre as doses zero e 3mL de produto.kg⁻¹ de semente nas sementes sem estresse e de vinte e oito pontos percentuais com estresse hídrico para lote 1. Essas diferenças entre a dose zero e a dose que apresentou maior resposta, contendo tiametoxam, pode ser explicada devido ao fato do tiametoxam movimentar-se através das células da planta e ativar várias reações fisiológicas que, possivelmente, favorecem a expressão do vigor das sementes. Em sementes de soja, Tavares et al. (2008) constataram que a expressão de proteínas funcionais relacionadas aos mecanismos de defesa da planta contra fatores de estresse como secas, temperaturas altas, efeitos tóxicos, entre outros, melhorando a produtividade, área foliar e comprimento radicular.

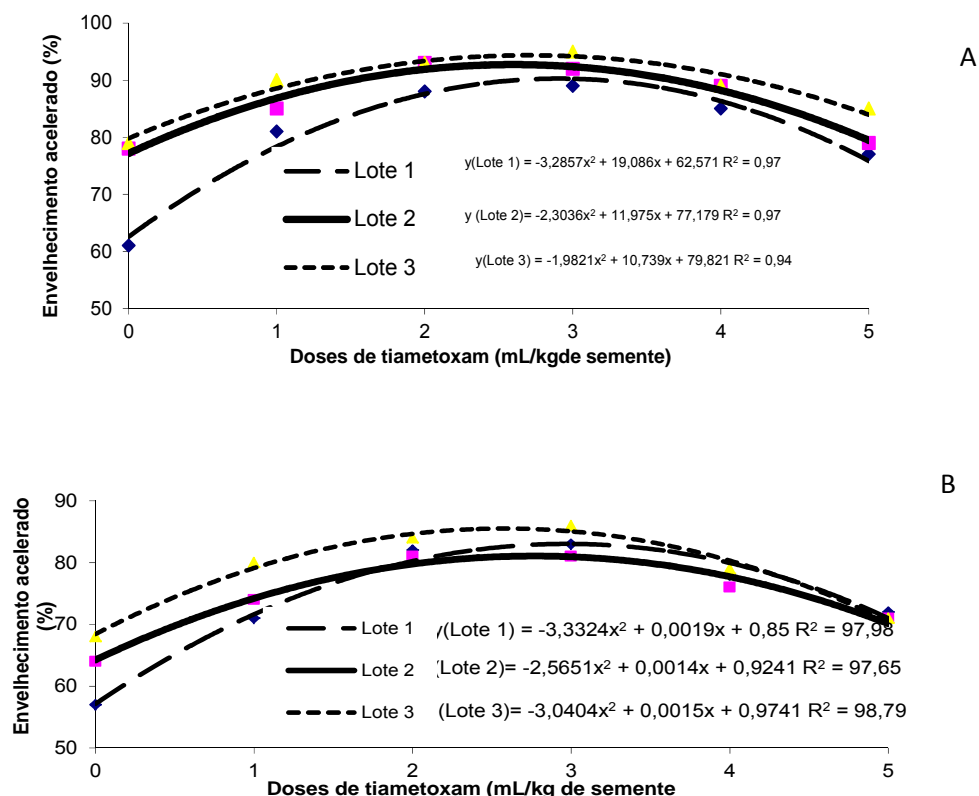


Figura 4. Envelhecimento acelerado (%) de sementes de três lotes de feijão, cultivar pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (a) sem e (b) com estresse hídrico.

Conforme dados apresentados na Figura 5, sem estresse (Figura 5A) e com estresse hídrico (Figura 5B), as sementes de feijão tratadas com tiametoxam apresentaram comportamento representado por equações de regressão quadrática, modelo que melhor se ajustou para todos os lotes. O comprimento de plântula apresentou um ponto máximo, para as doses de 2 a 3mL de produto.kg⁻¹ de semente, dependendo do lote. Após atingir esses pontos ocorreu uma tendência de decréscimo no comprimento total de plântula à medida que aumentou dose do produto.

Para o lote 3, a dose de 3mL de produto permitiu aumentar em até 22 cm o comprimento das plântulas sem estresse e de 18cm com estresse hídrico, comparativamente às sementes que não receberam o produto.

Essa diferença entre a dose zero e a dose que apresentou maior resposta, contendo tiametoxam, pode ser explicada devido à hipótese de que o tiametoxam favorece a absorção de água e a resistência estomática, melhorando o equilíbrio hídrico da planta e, desta forma, tolerando melhor a

deficiência hídrica (CASTRO et al., 2007). Conforme constatado em soja, o incremento no desenvolvimento das raízes pode determinar aumento na absorção de nutrientes minerais, elevando a área foliar e a expressão do vigor das plantas (TAVARES et al., 2008).

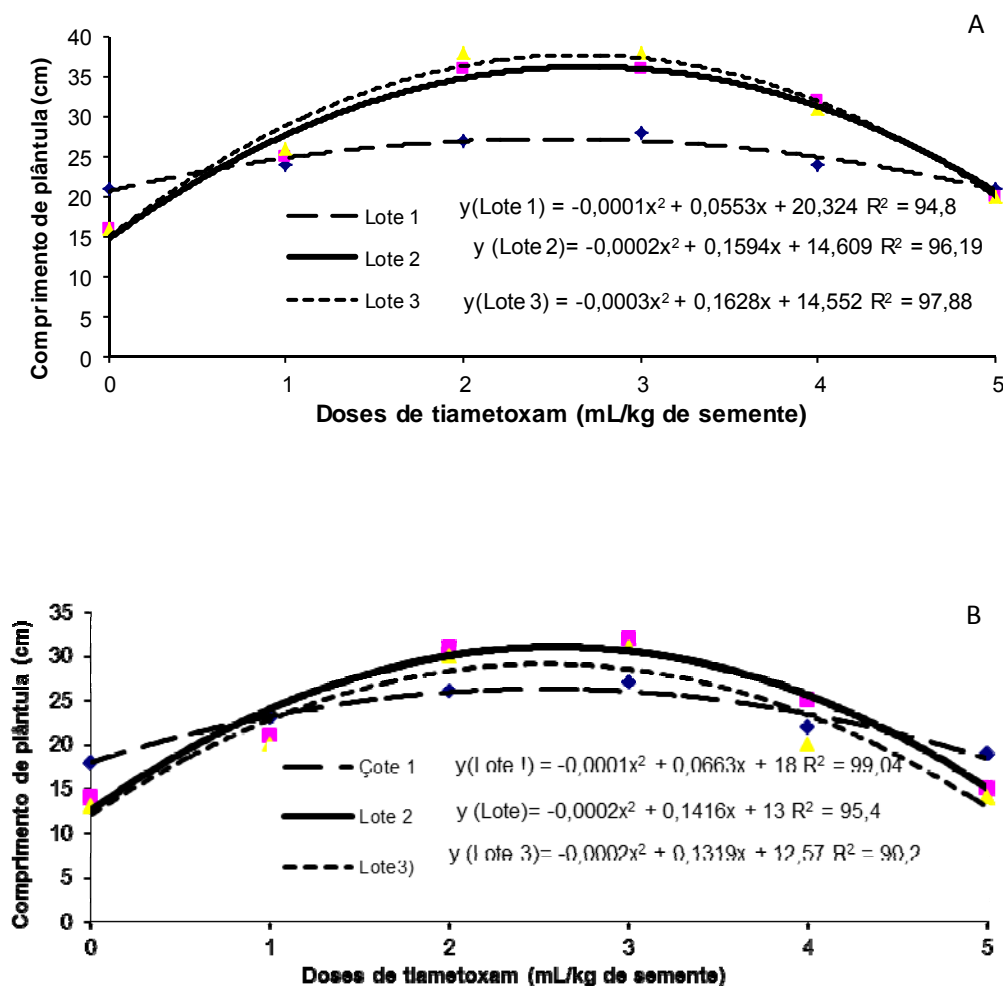


Figura 5. Comprimento de plântula (cm) de sementes de três lotes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) sem e (B) com estresse hídrico.

De acordo com os dados apresentados nas Figuras 6 e 7, constata-se que as plântulas oriundas de sementes tratadas apresentaram acréscimos no comprimento de raiz com elevação da dose, tanto sem (Figura 6 e 7 A) quanto com estresse hídrico (Figura 6 e 7 B). Esse efeito do tiametoxam em aumentar o comprimento radicular, corrobora o efeito enraizador verificado por Pereira et al. (2007), nas culturas de cana-de-açúcar e batata e também por Tavares et al. (2007), na cultura da soja, por Lauxen et al. (2008), em algodão e por

Almeida et al.(2009), em sementes de cenoura e por Almeida et al. (2011), em sementes de arroz. Vale enfatizar que os acréscimos no comprimento radicular com a elevação das doses do produto foram mais pronunciados nos lotes 1 e 2, de menor qualidade fisiológica.

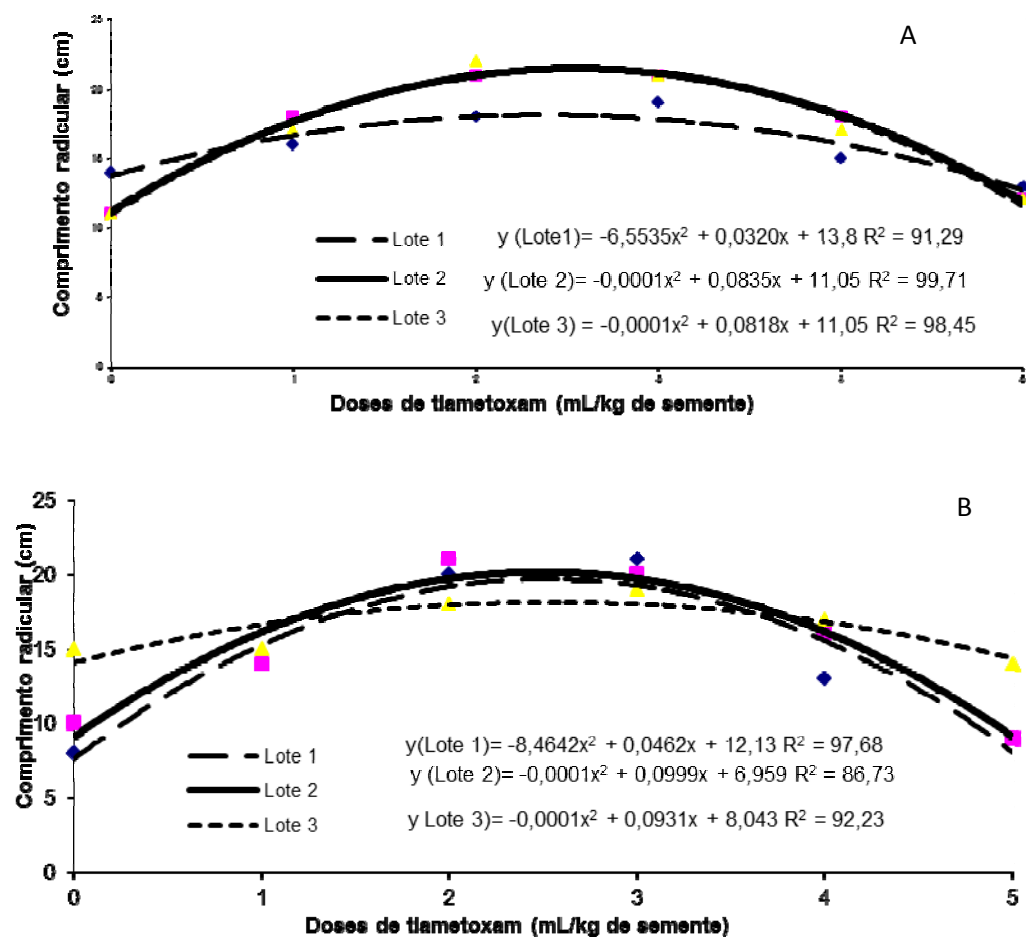


Figura 6. Comprimento de radicular (cm) de sementes de três lotes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) sem e (B) com estresse hídrico.



Figura 7. Comprimento de radicular (cm) de sementes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) sem e (B) com estresse hídrico.

No comprimento da parte aérea (Figura 8), sem estresse (Figura 8A) e com estresse hídrico (Figura 8B), verificou-se que a partir da dose zero, houve aumento com o acréscimo da dose do produto. Nos três lotes de sementes

tratadas com tiametoxam, ao comparar as sementes submetidas à dose zero em relação a essa variável resposta, apresentaram aumento mínimo de 5cm para o lote 1 sem estresse e de 3 cm com estresse hídrico e aumento máximo de 10 cm sem estresse e de 3 cm com estresse hídrico para o lote 2. Constata-se que as máximas respostas foram obtidas com doses entre 2 e 3mL de produto.kg⁻¹ de semente, variável com o lote e da ocorrência ou não de estresse hídrico.

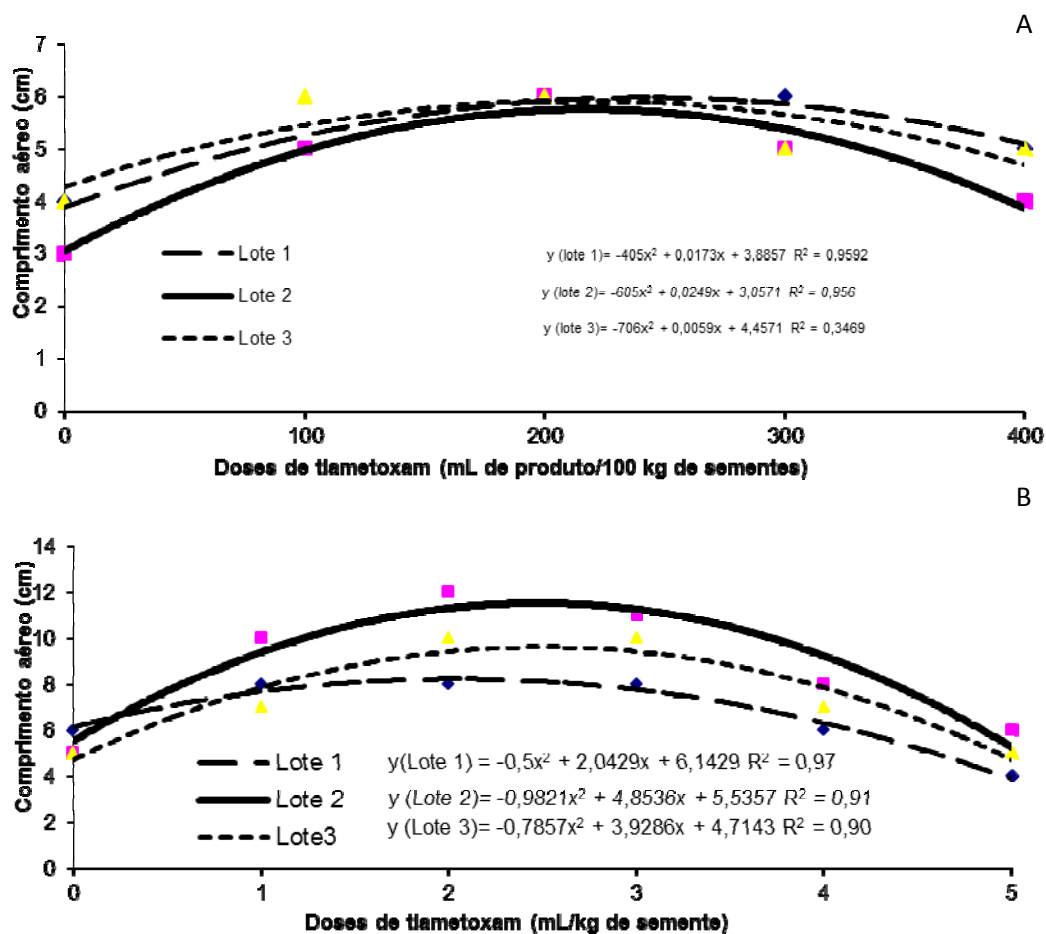


Figura 8. Comprimento de aéreo (cm) de sementes de três lotes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) sem e (B) com estresse hídrico.

As sementes não submetidas hídrico apresentaram respostas mais expressivas. O aumento do comprimento da parte aérea com a utilização de tiametoxam, dependendo da dose aplicada, pode elevar, segundo Castro et al. (2007) a absorção e a resistência dos estômatos da planta à perda de água, favorecendo o metabolismo e incrementando a resistência a estresses. Além disso, pode aumentar, conforme Castro et al (2007), a eficiência em condições

de campo, porque as culturas podem apresentar baixa germinação, devido à baixa taxa de absorção, transporte e assimilação de nutrientes.

Cultivar IAPAR

Para avaliar a tendência do desempenho da germinação dos lotes de sementes da cultivar IAPAR, foram ajustadas equações de regressão (Figura 9), sem (Figura 9A) e com estresse hídrico (Figura 9B). É possível verificar que o percentual de plântulas normais no teste de germinação em função da dose de produto apresentou comportamento que se ajustou ao modelo quadrático. Percebe-se que a partir da dose zero a germinação possui tendência crescente, chegando a um ponto máximo nas doses aplicadas variáveis de 2 a 4mL de produto.kg⁻¹ de semente, conforme o lote.

Os acréscimos na germinação em relação à dose zero variaram em média de 27 pontos percentuais para as sementes não submetidas ao estresse hídrico e de 15 pontos percentuais para as submetidas ao estresse. O estresse hídrico reduziu a germinação das sementes de todos os lotes avaliados. Observa-se que os lotes 4 e 5 submetidos ao estresse apresentaram germinação abaixo do padrão de comercialização e que ambas concentrações do produto utilizadas no tratamento das sementes estimularam a germinação, permitindo alcançar valores compatíveis com a comercialização. Esse efeito foi comprovado em soja, cujas sementes tratadas foram colocadas para germinar em situações de deficiência hídrica, ocorrendo aceleração da germinação, diminuindo o período do processo de embebição (CATANEO et al., 2006).

No teste de primeira contagem (Figura 10), sem estresse hídrico (Figura 10A) e com estresse (Figura 10B), as diferenças na percentagem de germinação das sementes tratadas foram acentuadas em relação às não tratadas. O estímulo variou de acordo com os lotes de 5 a 25 pontos percentuais para as não submetidas ao estresse hídrico e de 9 a 14 para as submetidas ao estresse. Estes resultados foram confirmados em soja, pois o tiametoxam acelera a germinação sob condições de deficiência hídrica, estimula a atividade enzimática e o desenvolvimento das plântulas, sob condições de baixa disponibilidade de água.

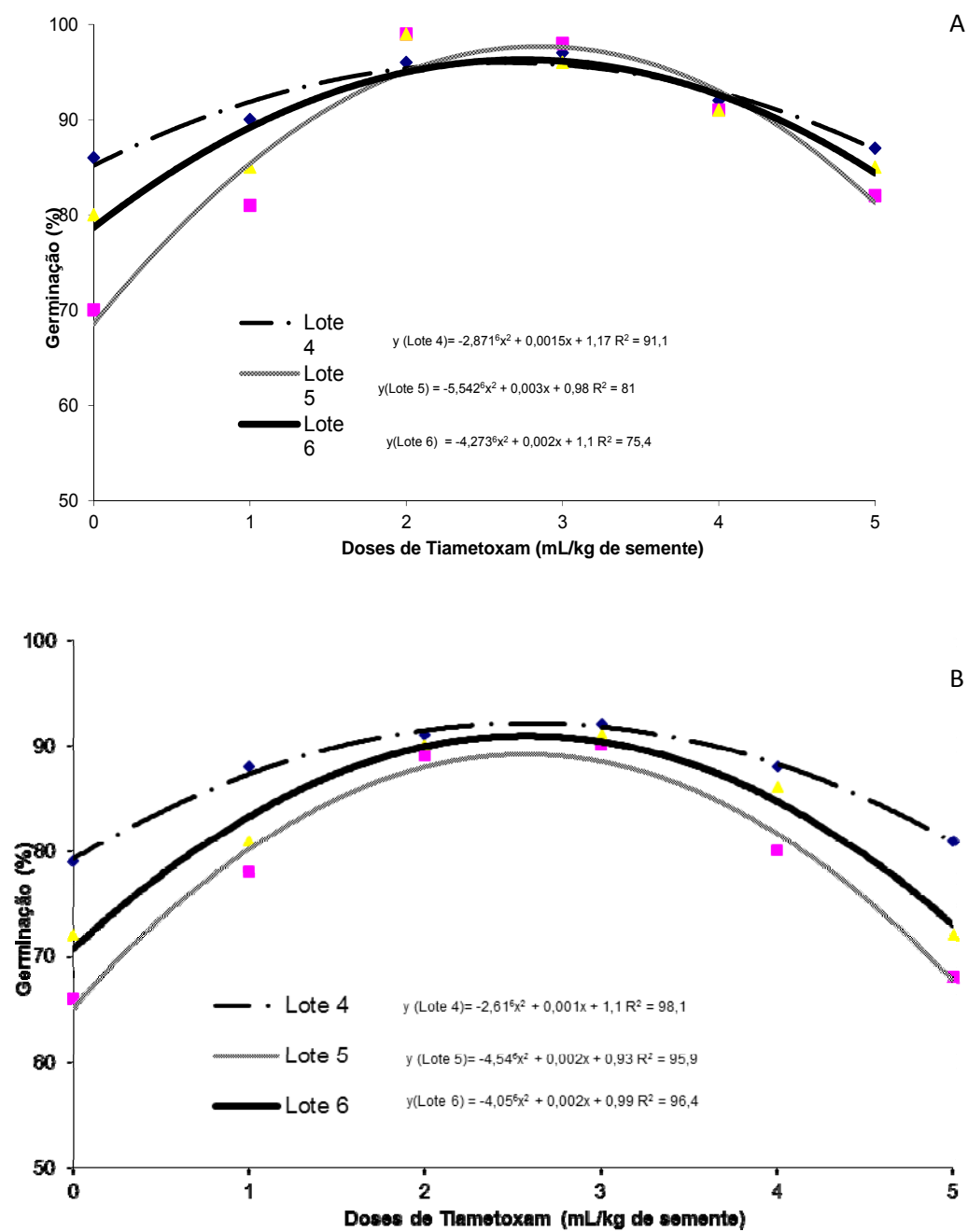


Figura 9. Germinação (%) de sementes de três lotes de feijão, cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) sem e (B) com estresse hídrico.

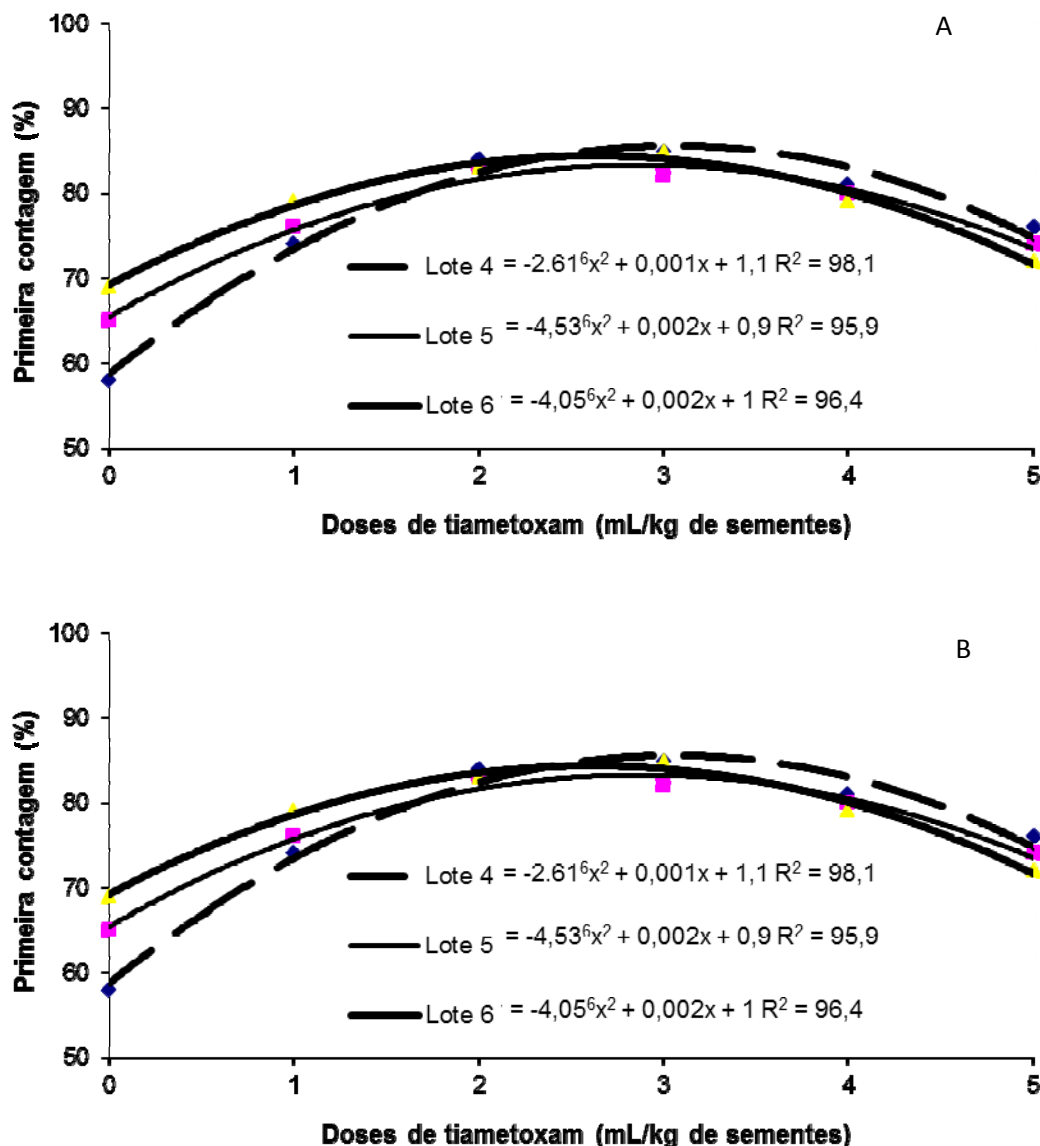


Figura 10. Primeira contagem (%) de sementes de três lotes de feijão, cultivar IAPAR submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) sem e (B) com estresse hídrico.

De acordo com a Figura 11 no teste de frio, sem estresse hídrico (Figura 11A) e com estresse (Figura 11B), a germinação das sementes tratadas com bioativador apresentaram diferenças significativas em relação à dose zero e variaram em média 20 pontos percentuais nas sementes sem e com estresse hídrico. O tratamento das sementes com o bioativador em condições de estresse estimula e acelera a germinação e esse efeito para leguminosas, entre elas feijão é importante, pois em condições de campo, geralmente as sementes precisam de umidade. O tiametoxam regula a produção de proteínas envolvidas em diferentes mecanismos de defesa da

planta, melhorando a expressão do seu potencial genético ao serem expostas a fatores adversos (CASTRO, 2007).

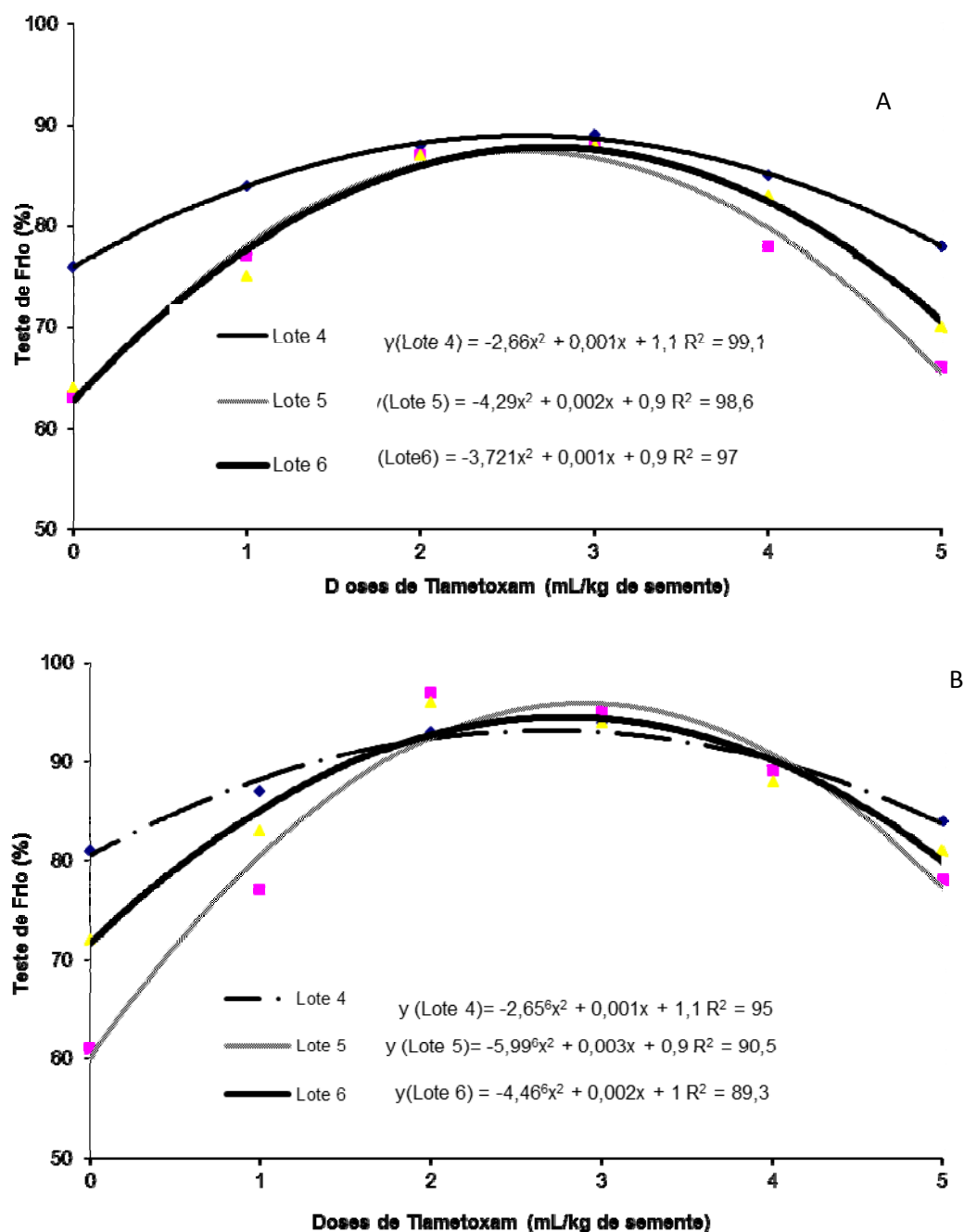


Figura 11. Teste de frio (%) de sementes de três lotes de feijão, cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) sem e (B) com estresse hídrico.

As sementes submetidas ao tratamento com tiametoxam apresentaram acréscimo no percentual de plântulas normais no teste de envelhecimento acelerado (Figura 12, sem estresse 12A e com estresse Figura 12B), em comparação às sementes que não receberam o produto (dose zero), havendo

variação de comportamento diferenciado entre os três lotes, mas com curvas de tendências semelhantes.

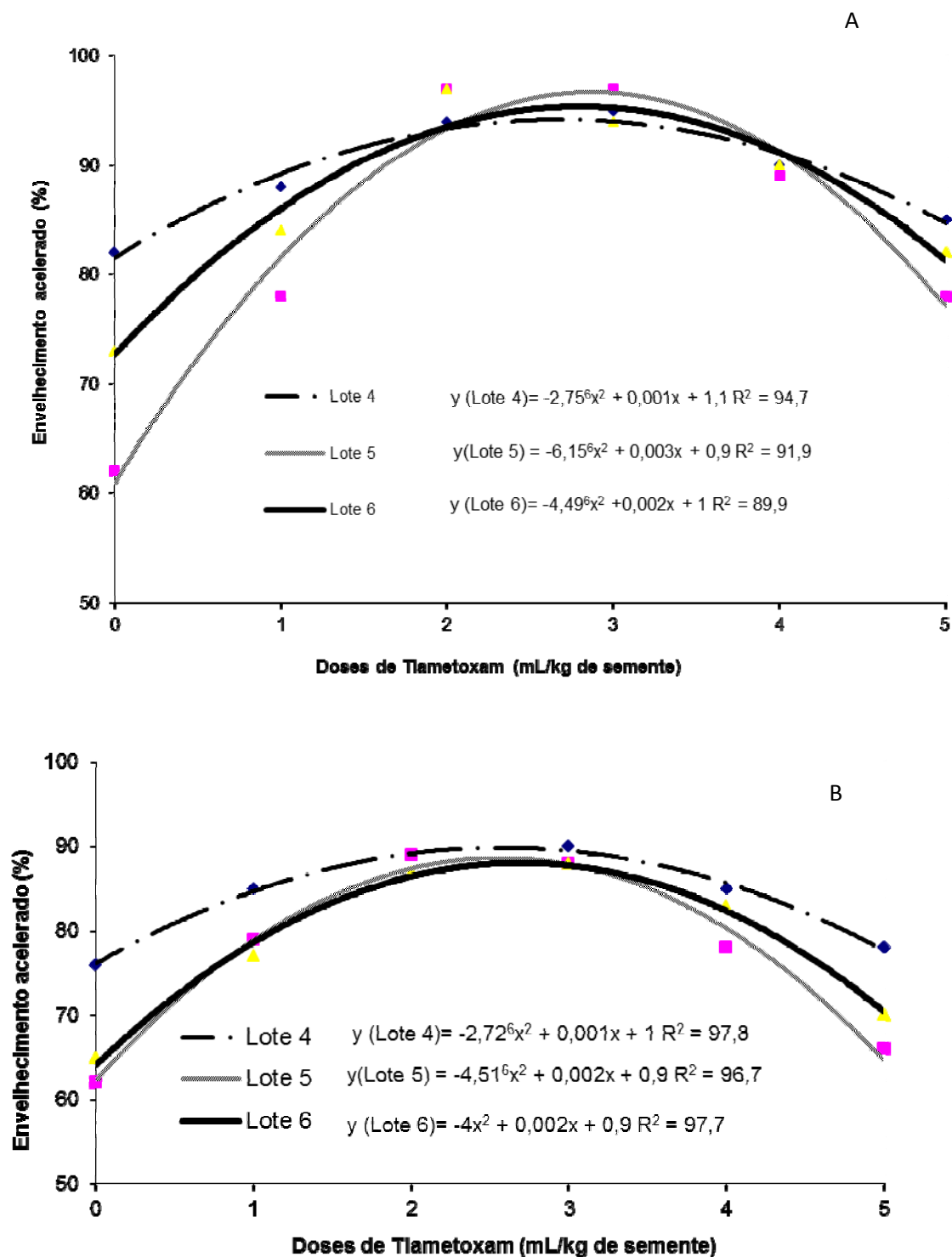


Figura 12. Envelhecimento acelerado (%) de sementes de três lotes de feijão, cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) sem e (B) com estresse hídrico.

Assim como nos testes anteriores, pode-se perceber que a partir da dose zero a curva possui tendência crescente, chegando a um ponto máximo, para

doses variáveis entre 2 a 3mL de produto.kg⁻¹ de semente, de acordo com o lote.

A aplicação de 2mL de produto.kg⁻¹ de semente ocasionou elevação na porcentagem de plântulas normais no teste de envelhecimento acelerado de 35 pontos percentuais relativamente às sementes que não receberam o produto, para o lote 6 sem estresse hídrico e de 27 pontos percentuais com estresse hídrico.

Na Figura 13, constata-se que as sementes tratadas com tiametoxam, com diferentes doses do produto, apresentaram desempenho diferenciado quanto ao comprimento de plântulas, em relação às sementes que não receberam o produto.

Os resultados apresentados para comprimento de plântula ajustaram-se ao modelo quadrático para os três lotes. As curvas apresentaram ponto de máximo para doses entre 2 a 3mL de produto.kg⁻¹ de semente, dependendo do lote. Após atingir esse ponto, ocorreu decréscimo nos valores com o aumento da dose do produto.

Para o lote 4, uma dose de 2mL de produto.kg⁻¹ de semente pode aumentar, em média, até 12cm o comprimento de plântula sem estresse hídrico, em relação às sementes que não receberam o produto. Todavia, a mesma dose e com estresse hídrico, o lote 6 teve um aumento de 21cm em relação à dose zero.

Na Figura 14, referente ao comprimento radicular, as sementes tratadas apresentaram acréscimos acentuados em relação à dose zero. O comprimento da raiz das plântulas, não submetidas ao estresse, foi maior em média 10cm (Figura 14A) e as submetidas ao estresse (Figura 14B), 11cm em comparação às sementes não tratadas.

Todas as concentrações diferiram em relação à testemunha, mas há uma tendência para as concentrações 2 e 3mL.kg⁻¹ de semente apresentarem maiores valores. Da mesma forma ocorreu em soja (TAVARES e CASTRO, 2005), tomate (CASTRO et al, 2006), cana-de-açúcar e batata (PEREIRA, 2007), cenoura (ALMEIDA et al., 2009) e algodão (LAUXEN et al., 2010). Esse aumento no crescimento radicular esta relacionado com a maior absorção de água e de nutrientes minerais (CASTRO, 2006).

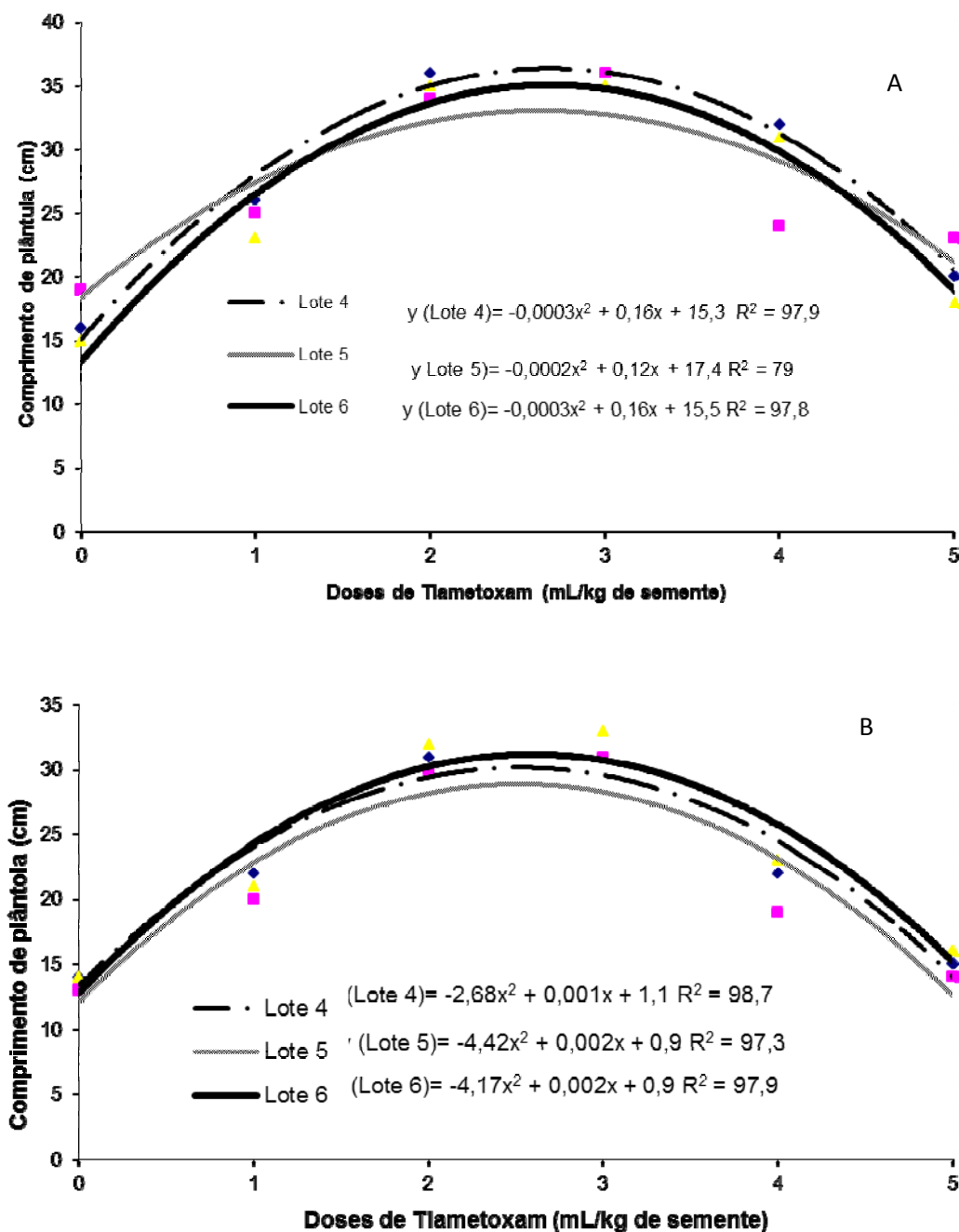


Figura 13. Comprimento de plântula (cm) obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) sem e (B) com estresse hídrico.

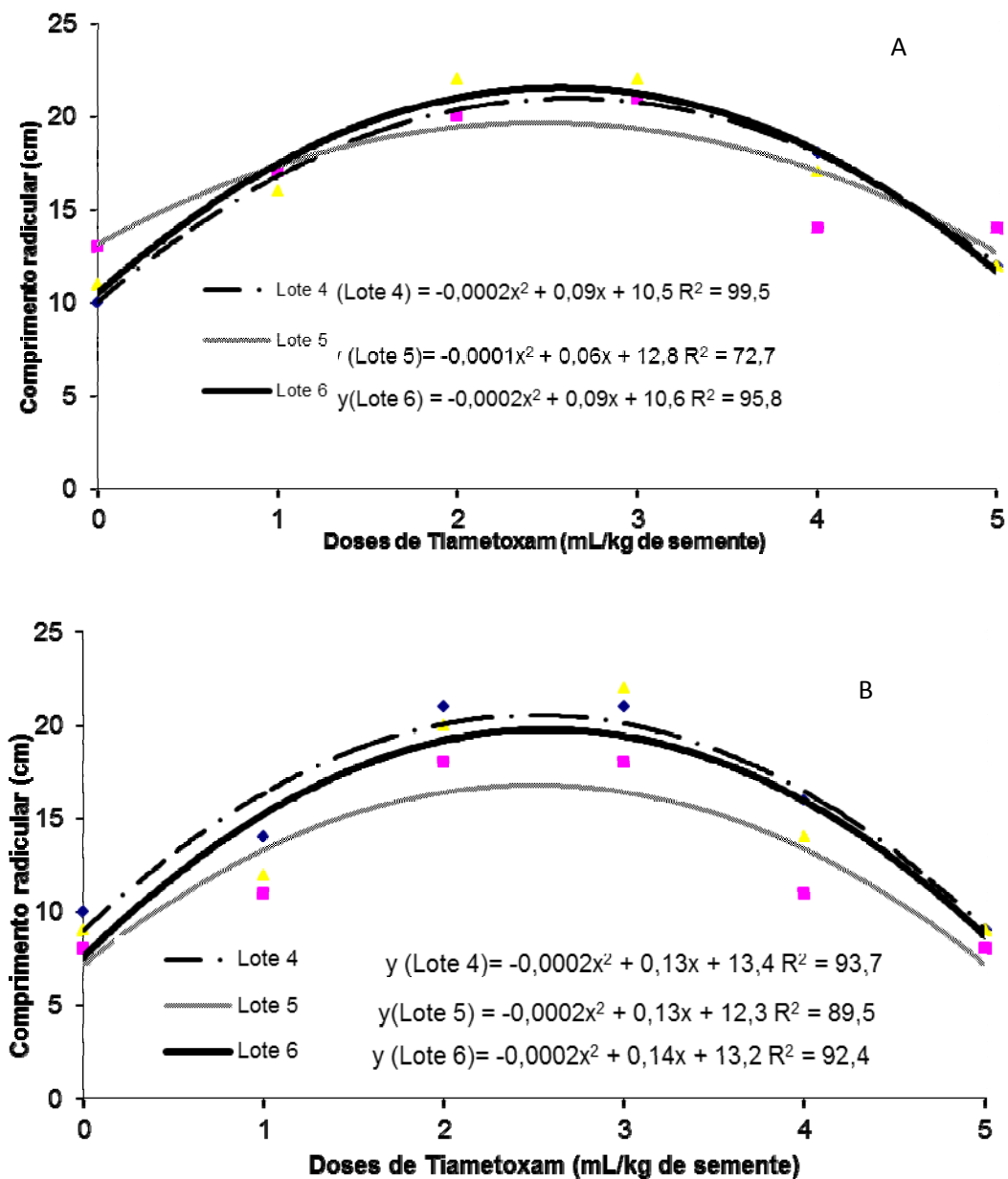


Figura 14. Comprimento radicular (cm) de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) sem e (B) com estresse hídrico.

O comprimento da parte aérea mostrou resposta quadrática à aplicação de tiametoxam, com aumento variando entre 6 a 14cm sem estresse hídrico (Figura 15A) e de 4 a 12cm com estresse hídrico (Figura 15B), para os três lotes.

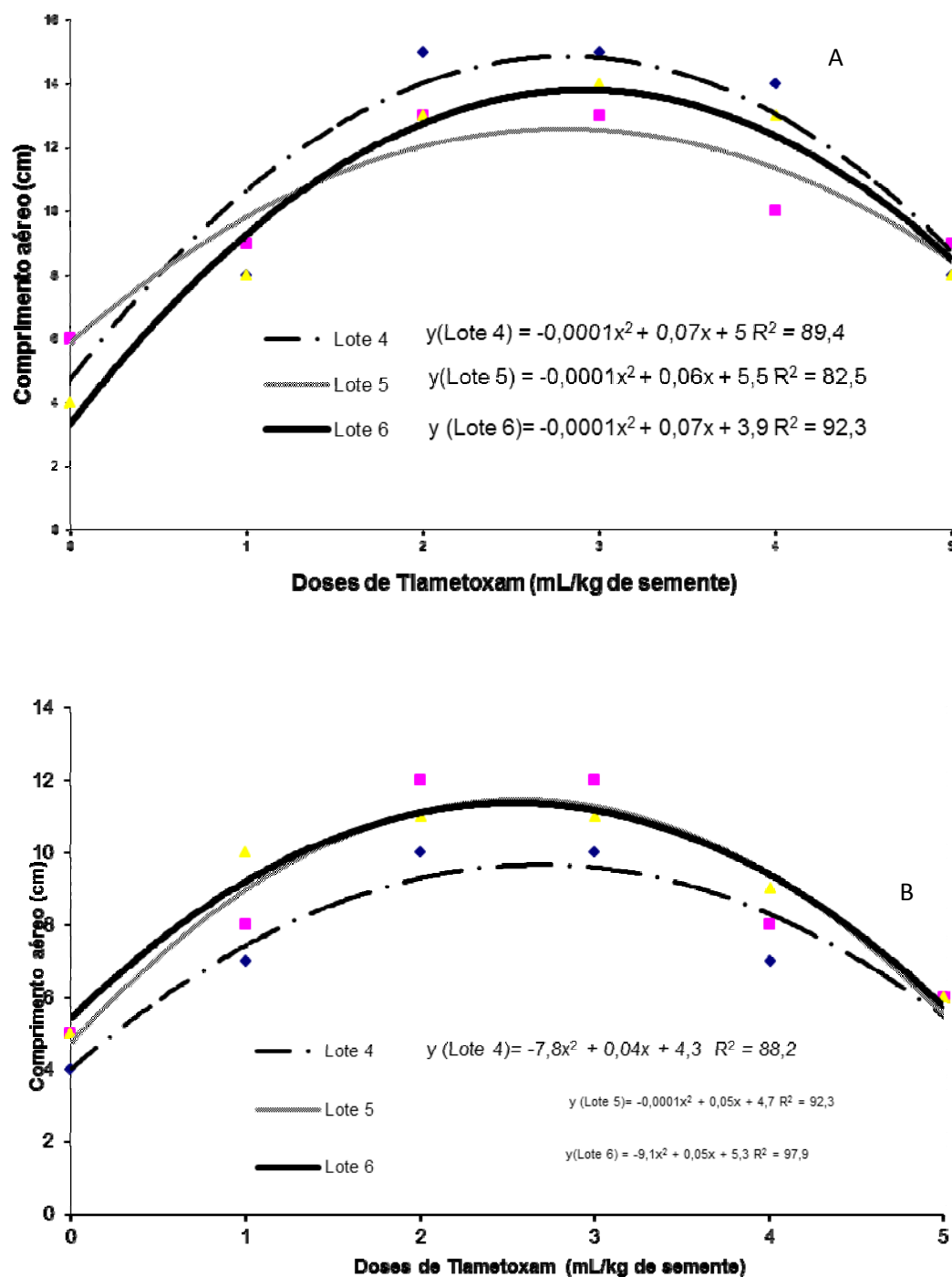


Figura 15. Comprimento da parte aérea (cm) de sementes de três lotes de feijão cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) sem e (B) com estresse hídrico.

Todos os lotes de sementes tratadas com tiametoxam comparadas com sementes do tratamento 1 (dose zero), apresentaram aumento expressivo. Esses resultados também foram observados em soja, ao ser constatado que o tiametoxam promoveu o crescimento radicular e da parte aérea e as plantas apresentaram maior produtividade (TAVARES et al., 2007). As plântulas

originadas a partir de sementes tratadas com tiametoxam apresentaram caules mais espessos, maior área foliar, maior estatura, maior número de estruturas reprodutivas e desenvolvimento superior aos das plantas formadas de sementes não tratadas (NUNES, 2006).

O tiametoxam exerce poder potencializador, permitindo a expressão do potencial germinativo das sementes, acelerando o crescimento das raízes e aumentando a absorção de nutrientes pela planta. Essas características do tiametoxam aliadas a sementes de alta qualidade genética e fisiológica potencializam a capacidade produtora da cultura.

CONCLUSÕES

O produto tiametoxam estimula o desempenho fisiológico de sementes de feijão submetidas ou não ao estresse hídrico, com intensidade variável de acordo com lote.

As doses de 2 a 4mL do produto por kg⁻¹ de semente, correspondendo a 0,07 a 0,14g i.a. de tiametoxam por kg de semente, para tratamento de sementes de feijão.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A.S.; TILLMANN, M.A.A.; VILLELA, F.A.; PINHO, M.S. Bioativador no desempenho fisiológico de sementes de cenoura. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.31, n.3, p. 87-95, 2009.

ALMEIDA, A.S.; CARVALHO, I.; DEUNER, C.; VILLELA, F.A.; TILLMANN, M.A.A. Bioativador no desempenho fisiológico de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.33, n.3, p.501-511, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 398p.

CALAFIORI, M.H.; BARBIERI, A.A. Effects of seed treatment with inseticide on the germination, nutrients, nodulation, yield and pest control in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) culture. **Ecossistema**, Espírito Santo do Pinhal, v.26, n.1, p.97-104, 2001.

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

CASTRO, P.R.C.; PEREIRA, M.A. Bioativadores na agricultura. **Tiametoxam: uma revolução na agricultura brasileira**. Gazzoni, D.L. (Ed.), 2008, p.118-126.

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

CLAVIJO, J. **Tiametoxam**: um nuevo concepto em vigor y productividad. Bogotá, Colômbia, 2008. 196p.

FORTI, V.A.; CICERO, S.M.; PINTO, T.L.F. Efeitos de potenciais hídricos do substrato e teores de água das sementes na germinação de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.31, n.2, p. 63-70, 2009.

FREITAS, D.B.; BEZERRA, E.C.; TEIXEIRA, N.T. Aldicarb e Carbofuran e teores de nutrientes na parte aérea de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Carioca 80. **Ecossistema**, v.26, n.1, p.68-70, 2001.

LAPOSTA, J.A. **Comparação entre métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.)**. Lavras, 1991. 61f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.

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

LIMA, J.S.S.; MARTINS-FILHO, S.; LOPES, J.C; GARCIA, G.O.; NETO, R.S. Qualidade fisiológica de sementes de feijão produzidas em solo compactado. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.24, n.1, p.111-117, 2002.

McDONALD JR., M.B.; PHANEENDRANATH, B.R. A modified accelerated aging vigor test procedure. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v.3, n.1, p.27-37, 1978.

PEREIRA, M.A; CASTRO, P.R.C.; GARCIA, E.O; REIS, A R. Efeitos fisiológicos de Thiametoxan em plantas de feijoeiro. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, **Resumos...** Gramado: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, 2007.

REDDY, K.R.; REDDY, V.R.; BAKER, D.N.; McKINION, J.M. Is aldicarb a plant growth regulator. In PLANT GROWTH REGULATION SOCIETY OF AMERICAN ANNUAL MEETING, 17, **Proceedings...** Saint Paul: Plant Regulation Society of American, p.79-80, 1990.

SILVA, J.C. **Épocas de menor risco de estresse hídrico e térmico para o feijoeiro na região central do Rio Grande do Sul**. Santa Maria, 2005, 42f. Dissertação (Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria.

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

TAVARES, S.; CASTRO, P.R.C.; RIBEIRO, R.V.; ARAMAKI, P.H. Avaliação dos efeitos fisiológicos de tiametoxam no tratamento de sementes de soja. **Tiametoxam: uma revolução na agricultura brasileira**. Gazzoni, D.L. (Ed.), 2008, p.193-204.

VILLELA, F.A.; DONI-FILHO, L.; SEQUEIRA, E.L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.11/12, p.1957-1968, 1991.

**II - DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE FEIJÃO
TRATADAS COM TIAMETXAM, NO CAMPO EM DUAS ÉPOCAS
DE SEMEADURA**

ANDRÉIA DA SILVA ALMEIDA
FRANCISCO AMARAL VILLELA

RESUMO

Se a lavoura é destinada à produção de sementes, além das condições exigidas legalmente, outras devem, igualmente, receber a atenção do produtor para obter um produto de qualidade. O objetivo final da lavoura para produção de sementes é a perpetuação da espécie, a continuidade da vida; assim, o produto colhido deve reunir características que assegurem alto vigor, elevada germinação, pureza física e isenção de patógenos. O inseticida tiametoxam tem mostrado efeitos positivos sobre o aumento da expressão do vigor e do acúmulo de fitomassa, a elevação da taxa fotossintética e o acréscimo da formação de raízes mais profundas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do tiametoxam no desempenho fisiológico de sementes de feijão, em campo. Foram utilizadas sementes de feijão, das cultivares Pérola e IAPAR e seis doses do produto variando de zero a 500 mL de produto.100kg⁻¹ de semente, com intervalos regulares 100mL de produto por kg⁻¹ de semente. Para a avaliação da qualidade fisiológica das sementes foram conduzidos os testes comprimento de plântula, da parte aérea, radicular, índice de velocidade de emergência e emergência aos 7, 14, 21 e 28 dias, em duas épocas. O produto tiametoxam estimula o desempenho fisiológico de sementes de feijão no campo nas duas épocas testadas, com intensidade variável de acordo com lote e cultivar.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L, bioativador, sementes, vigor

ABSTRACT

When the crop is dedicated to the production of seed, besides the conditions, others must also receive the attention of the producer to get a quality product. The ultimate goal of the crop for seed production is the perpetuation of the species, the continuity of life, so must meet the harvested product features ensuring high vigor, good germination, physical purity and free of pathogens. It has shown the insecticide thiamethoxam positive effects on the increased expression of the force and the accumulation of biomass, the increase in photosynthetic rate and increased the formation of deeper roots. The objective of this study was to evaluate the influence of thiametoxan in physiological performance of bean seeds. Seeds of beans, and Perola IAPAR and six doses of the product ranging from zero to 500 mL of product. 100kg⁻¹ seed at regular intervals 100 ml of product per kg⁻¹ seed. To evaluate the physiological seed quality tests were conducted seedling length, shoot, root, speed and emergency at 7, 14, 21 and 28 days in two seasons. The product thiamethoxam stimulates the physiological performance of bean seeds in the field in the two seasons tested, with variable intensity according to lot and cultivar.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L, bioactivator, seeds, vigor.

INTRODUÇÃO

Historicamente, o feijão é cultivado no Brasil por pequenos produtores, em geral, descapitalizados, com baixo uso de insumos e voltado, sobretudo, para a subsistência das famílias. Não obstante essa tradição, tem-se verificado, nos últimos 20 anos, crescente interesse de produtores de outras classes econômicas, que vêm adotando tecnologias, tais como irrigação, controle fitossanitário e colheita mecanizada, em cultivos de feijão em larga escala.

Para se obter sucesso em uma lavoura é importante reunir as condições que permitam que a planta expresse todo o seu potencial produtivo. Os fatores ambientais, o manejo da área, o número e a distribuição das plantas na área, os tratos culturais e fitossanitários, a qualidade fisiológica das sementes e a sua sanidade são componentes decisivos do sistema de produção que podem afetar o rendimento da lavoura. Se a lavoura é voltada para a produção de sementes, além das condições mencionadas, outras devem, igualmente, receber a atenção do produtor para obter um produto de qualidade.

O objetivo final da lavoura para produção de sementes é a perpetuação da espécie, a continuidade da vida; assim, o produto colhido deve reunir características que assegurem alto vigor, elevada germinação, pureza física e isenção de patógenos. Caso o propósito da lavoura seja destinado à produção de grãos para consumo é obter um produto limpo, uniforme e sem manchas, isento de restos culturais e de sementes de outras espécies.

Sob condições de campo, as plantas são normalmente expostas a vários fatores de estresses que podem reduzir sua capacidade de expressar e atingir seu potencial genético de produtividade. Plantas tratadas com tiametoxam apresentam maior tolerância a estes fatores de estresse e, conseqüentemente, podem se desenvolver mais vigorosamente em condições subótimas, permitindo melhores chances de atingir seu potencial genético de produtividade.

Os bioativadores são substâncias orgânicas complexas modificadoras do crescimento, capazes de atuar na transcrição do DNA na planta, expressão gênica, proteínas da membrana, enzimas metabólicas e nutrição mineral

(CASTRO et al., 2008). O inseticida tiametoxam tem demonstrado esse efeito positivo como o aumento da expressão do vigor, acúmulo de fitomassa, alta taxa fotossintética e raízes mais profundas na cultura da soja (CASTRO et al., 2007), em arroz (ALMEIDA et al., 2010). Possui efeito fitotônico, isto é, propicia desenvolvimento mais rápido do vegetal expressando melhor seu vigor. Em soja (CASTRO, 2008), arroz (ALMEIDA et al., 2010), cenoura (ALMEIDA et al., 2009) e em algodão (LAUXEN et al., 2010), observaram aumento do vigor, produtividade, área foliar e radicular, estando mais uniforme, uniformidade na emergência e melhor desenvolvimento inicial. O presente trabalho teve como objetivo de avaliar a influência do tiametoxam no desempenho fisiológico de sementes de feijão, no campo em duas épocas de semeadura.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Dom Pedrito - RS, em duas épocas de semeadura novembro de 2009 e março de 2010. Para isso utilizaram-se sementes de feijão, cultivares Pérola e IAPAR, cada uma representada por três lotes.

As sementes foram tratadas com um produto comercial contendo 35 gramas de ingrediente ativo de tiametoxam por litro de produto. Foram utilizadas seis doses do produto variando de zero a 500 mL de produto. 100kg de semente, com intervalos regulares 100mL de produto por kg de semente. A calda (produto+água) foi aplicada, com o auxílio de uma pipeta graduada, no fundo de um saco plástico transparente e distribuída pelas paredes do saco. O volume de calda utilizado foi de 0,6L por 100kg de sementes.

O experimento foi conduzido em campo, sob delineamento em blocos casualizados, com três repetições, em parcelas de quatro linhas de três metros, com 15 sementes por metro e espaçamento entre linhas de 0,50m.

Os efeitos dos tratamentos foram avaliados mediante as seguintes avaliações:

Comprimento total, radicular e da parte aérea da plântula: foram utilizadas três subamostras de 10 plântulas para cada tratamento. O comprimento total, radicular e da parte aérea da plântula foram medidos aos 7,

14, 21 28 dias após a semeadura e os resultados expressos em centímetros por plântula.

Emergência: foi realizado em canteiros, com três repetições de 100 sementes, distribuídas em sulcos. A contagem das plântulas emergidas foi realizada aos 7, 14, 21 e 28 dias após a semeadura.

Índice de velocidade de emergência: foi conduzido em conjunto com teste de emergência com três repetições de 100 sementes. Para cada repetição, foi calculado o índice de velocidade de emergência (IVE), somando-se o número de plântulas emergidas a cada dia, dividido pelo respectivo número de dias transcorridos a partir da semeadura, conforme Maguire (1962).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em fatorial 3x6 (lotes épocasX doses do produto) com três repetições. Os dados expressos em percentagem foram submetidos à transformação raiz quadrada de $x/100$. Os efeitos de doses foram analisados por regressão polinomial. A análise estatística foi realizada separadamente para cada cultivar e época de semeadura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 1. Caracterização da qualidade inicial de sementes de feijão, cultivar Pérola e IAPAR.

	PÉROLA			IAPAR		
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Lote 5	Lote 6
GERMINAÇÃO (%)	65	82	84	87	75	80
1ª CONTAGEM (%)	62	80	82	83	65	75
ENVELHECIMENTO	60	79	80	83	64	74
ACELERADO (%)						
TESTE DE FRIO (%)	61	78	80	82	63	72

Cultivar Pérola – 1ª época

Os resultados mostraram que sementes de feijão, cultivar Pérola, na primeira época (7 dias), tratadas com tiametoxam apresentaram desempenho superior, em todas as características estudadas, em relação aos valores obtidos no tratamento 1 (sem aplicação de tiametoxam), variando apenas a intensidade desta diferença devido à dose utilizada em cada tratamento.

Para avaliar o comportamento do comprimento da parte aérea aos 7 dias, dos lotes de sementes da cultivar Pérola, foram ajustadas equações de regressão (Figura 1A). Pelas curvas resultantes, verifica-se que, a partir da dose zero, houve aumento nos valores de germinação nos tratamentos contendo tiametoxam seguido de decréscimo na dose 500mL por 100kg de sementes. As sementes apresentaram aumento mínimo de 3 centímetros para lote 1 e máximo de 5 centímetros para lote 3 em comparação à dose zero. Para o lote 2, o aumento foi de 3,8cm. Esses resultados confirmam os alcançados por Silva et al. (2008), ao concluírem que sementes de soja tratadas com tiametoxam apresentam alteração da população de plantas e do crescimento inicial, independente da época de semeadura. De acordo com Clavijo (2008), ocorre incremento na parte aérea de plântulas de milho e de soja, caso as sementes sejam tratadas com tiametoxam.

De acordo com dados apresentados nas Figuras 1B e 2, constata-se que as sementes tratadas apresentaram acréscimos no comprimento de raiz das plântulas com elevação da dose até 300mL e a partir da dose 400mL ocorreu decréscimo. No lote 3, o aumento foi de 4,3 centímetros, para lote 2 foi de 4,0 centímetros e 3,0 centímetros para o lote 1. Esse efeito do tiametoxam em aumentar o comprimento radicular, corrobora o efeito enraizador verificado por Almeida et al.(2009), em sementes de cenoura, por Almeida et al. (2010), em sementes de arroz e por Lauxen et al.(2010), em sementes de algodão.

Conforme a Figura 1C, as sementes de feijão tratadas com tiametoxam apresentaram comportamento representado por equações de regressão quadrática, modelo que melhor se ajustou para todos os lotes. O comprimento total de plântula apresentou ponto máximo, para as doses de 200 a 300mL de produto por 100kg de sementes, dependendo do lote. Após atingir esses pontos, ocorreu tendência de decréscimo no comprimento total de plântula. No lote 1, o maior aumento foi 7,7 centímetros e nos lotes 2 e 3 foi de 7,0 centímetros, comparativamente às sementes que não receberam o produto. Segundo Tavares et al. (2008), sementes de soja tratadas com tiametoxam incrementam o vigor, ocorrendo maior crescimento e desenvolvimento das plantas, também de suas raízes e parte aérea, melhorando o dossel para maior captação de radiação solar e produção de fotoassimilados.

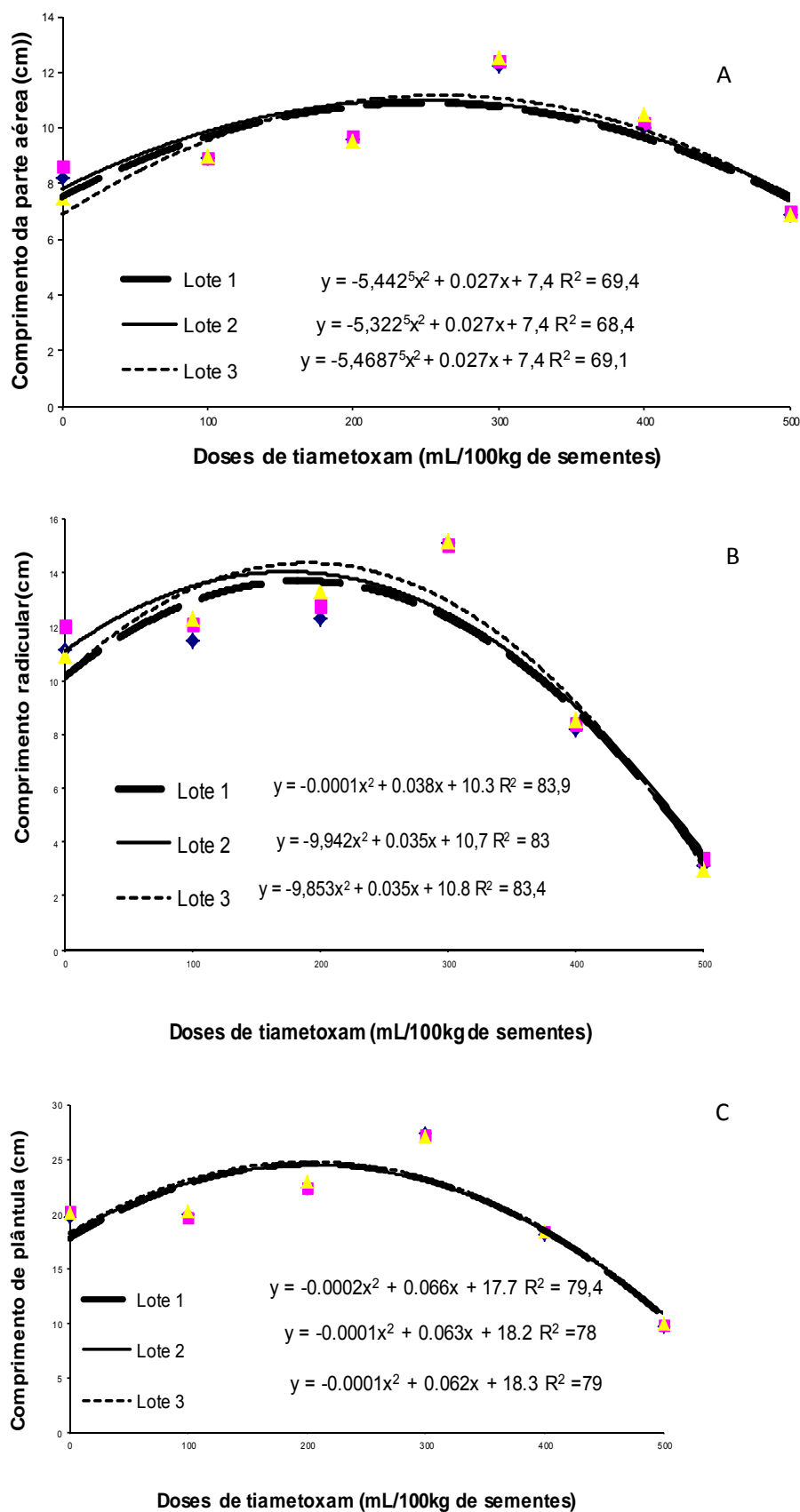


Figura 1. Comprimento (cm) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) parte aérea(B) radicular (C) total da plântula aos 7 dias.



Figura 2. Comprimento radicular (cm) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.

Na Figura 3A, constata-se que as plântulas tratadas com as doses de 100 a 500mL do produto por 100kg de semente apresentaram maior comprimento da parte aérea em relação as não tratadas. O maior aumento foi para lote 3 de 6,7 centímetros e para lotes 2 e 3, em média, 5,6 centímetros. O aumento do comprimento da parte aérea com a utilização de tiametoxam, dependendo da dose aplicada, pode elevar, segundo Castro et al. (2007), a absorção e a resistência dos estômatos da planta à perda de água, favorecendo o metabolismo e incrementando a resistência a estresses. Além disso, pode aumentar, conforme Castro e Pereira (2008), a eficiência na absorção, transporte e assimilação de nutrientes.

No comprimento radicular (Figura 3B), verifica-se que as plântulas tratadas com tiametoxam apresentaram aumento até a dose 300mL por 100kg de sementes e a partir daí ocorre decréscimo nas demais doses. O lote 3 apresentou aumento de 7,0cm, o lote 2 de 4,5cm e o lote 1 de 3,4cm.

Essa tendência do tiametoxam em aumentar o sistema radicular corrobora o efeito verificado por Tavares et al. (2007) na cultura da soja. O tiametoxam pode aumentar a absorção de água e a resistência estomática,

melhorando o equilíbrio hídrico da planta, tolerando melhor déficits hídricos (CASTRO e PEREIRA, 2008). Conforme constatado em soja, o desenvolvimento das raízes aumenta a absorção de nutrientes minerais, em consequência, eleva a área foliar e favorece a expressão do vigor das plantas (TAVARES e CASTRO, 2005).

De acordo com a Figura 3C, o comprimento total da plântula apresentou aumento significativo até dose 400mL por 100kg de sementes. No lote 3, o aumento foi de 10,3 centímetros e nos lotes 1 e 2, em média, o acréscimo foi de 9,4cm. Foi observado que o aumento no teor de citocinina, hormônio regulador da divisão celular, deve-se ao maior desenvolvimento radicular, pois não ocorreu alteração no número de células das plantas tratada com bioativador. Assim sendo, o aumento no crescimento radicular pode estar relacionado com maior absorção de água e de nutrientes minerais. Também foi observado maior teor de macro e micronutrientes no tecido de plantas de soja e maiores produtividade e alongamento da raiz principal (TAVARES e CASTRO, 2005). O acréscimo do vigor observado na parte aérea de plantas de soja esta associado ao maior volume das raízes (CASTRO et al., 2005).

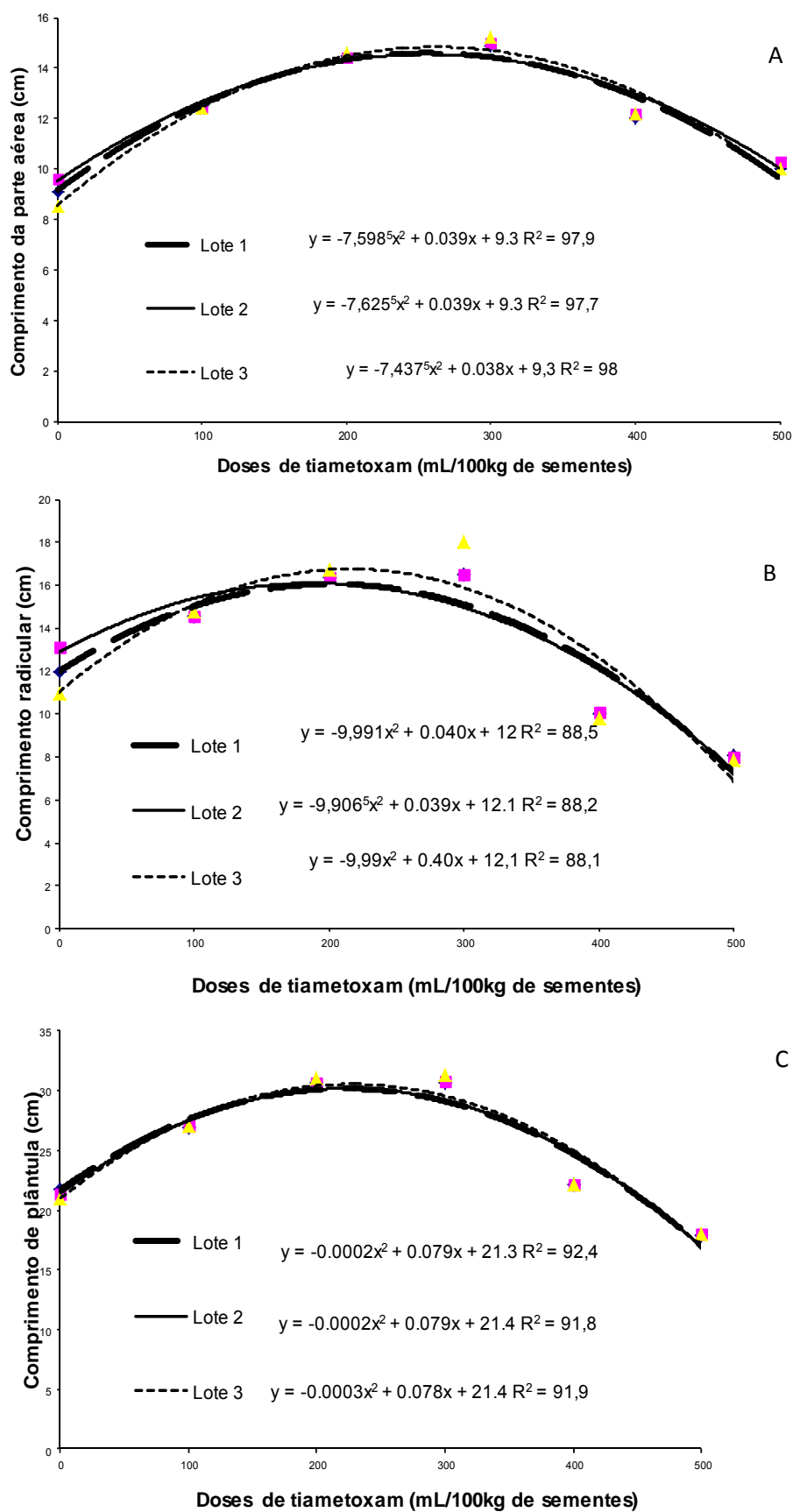


Figura 3. Comprimento (cm) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) parte aérea (B) radicular (C) total da plântula aos 14 dias.

Na Figura 4A, relativo ao comprimento da parte aérea aos 21 dias, a dose 300mL mostrou maior diferença em comparação à dose zero. Para lote 3, a diferença em relação à dose zero foi de 7,1 centímetros, no lote 2 foi de 5,5 e para lote 1 atingiu 6,5cm. O aumento do comprimento da parte aérea com a utilização de tiametoxam, dependendo da dose aplicada, pode elevar, segundo Castro et al. (2007) a absorção e a resistência dos estômatos da planta à perda de água, favorecendo o metabolismo e incrementando a resistência a estresses. Além disso, pode aumentar, conforme Cataneo (2008), a eficiência na absorção, transporte e assimilação de nutrientes.

A ação do tiametoxam induz alterações fisiológicas nas plantas, ativa as proteínas transportadoras das membranas celulares e melhora a nutrição mineral da planta. Ocorre maior ativação enzimática que desencadeia o metabolismo primário e o secundário mais rápido, aumentando a síntese de aminoácidos e de hormônios vegetais e, como resposta, aumentos significativos na produção (CASTRO e PEREIRA, 2008).

De acordo com a Figura 4B, o comprimento radicular, também mostrou acréscimo em relação à dose zero e o maior incremento também ocorreu na dose 300mL, alcançando 7,2cm para lote 3, de 5,4 para lote 2 e de 7,8 centímetros para o lote 1. Da mesma forma, ocorreu em tomate (CASTRO et al., 2007), soja (TAVARES e CASTRO, 2005), cana-de-açúcar e batata (PEREIRA, 2007).

Na Figura 4C, o comprimento total de plântulas atingiu incremento de 13,1cm para lote 3, de 12,6cm para lote 2 e de 11,1cm para lote 1 em relação à dose zero. Esses resultados foram confirmados em cenoura (ALMEIDA et al., 2009) e em algodão (LAUXEN et al., 2010). Esse efeito sugere que o tiametoxam atua nas proteínas transportadoras da membrana possibilitando maior transporte iônico, interfere nas enzimas acelerando o processo e aumentando a síntese de aminoácidos (CASTRO et al., 2007). A produção de fitohormônios aumenta a expressão do potencial germinativo das sementes e do metabolismo secundário e isso explica maior tolerância da soja aos estresses hídrico, salino e de alumínio tóxico (NUNES, 2006).

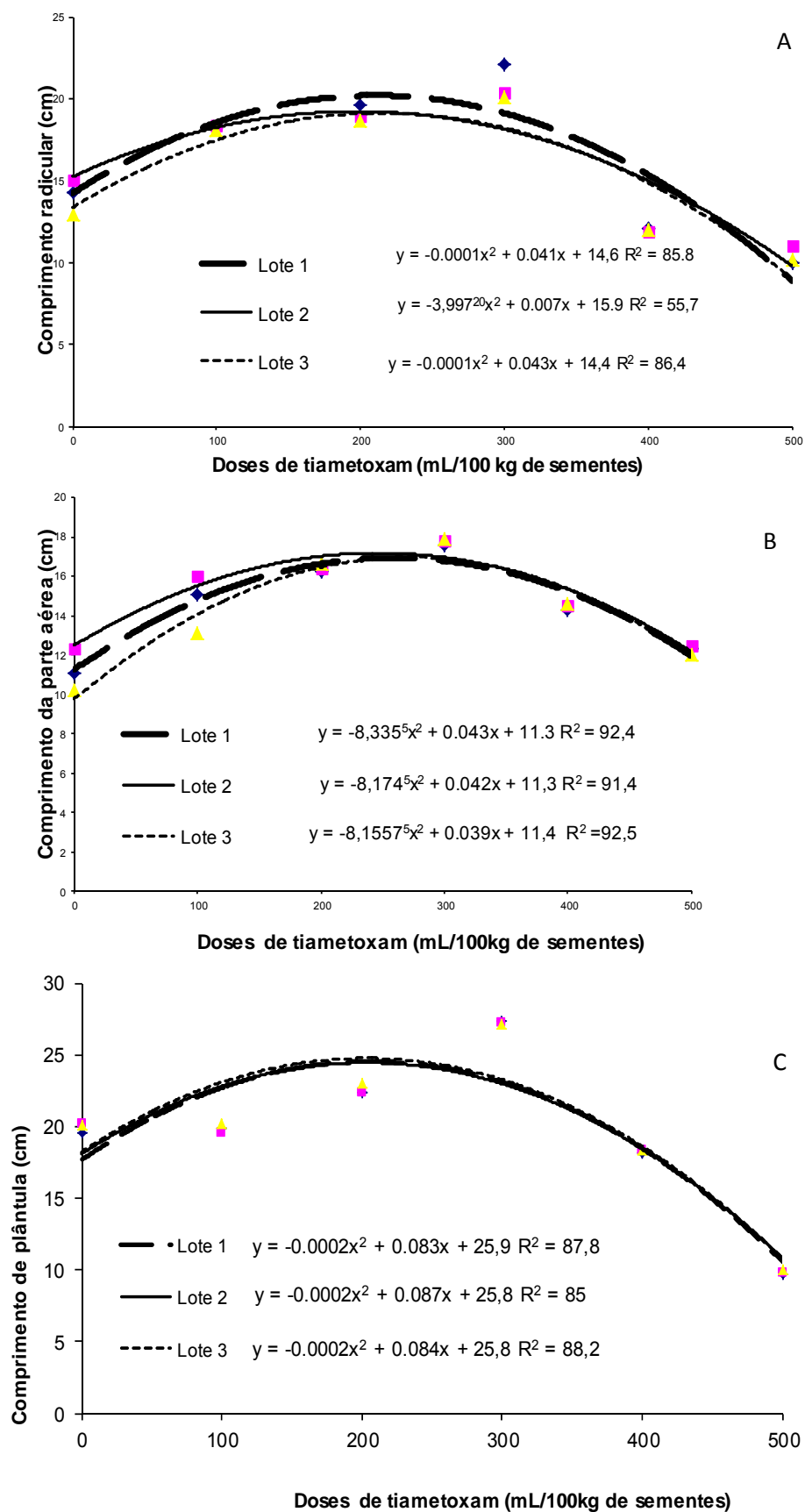


Figura 4. Comprimento (cm) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) parte aérea (B) radicular (C) total da plântula aos 21 dias.

Na avaliação aos 28 dias, o comprimento da parte aérea (Figura 5A) das plântulas obtidas de sementes tratadas apresentou acréscimos pronunciados em relação às plântulas das sementes não tratadas. As sementes tratadas com tiametoxam, apresentaram aumento mínimo de 1,7cm para a dose 500mL e máximo foi de 7,5cm para a dose 300mL no lote 1. No lote 2, esses aumentos foram de 1,3 até 7,3cm e no lote 1, o mínimo foi de 2,4cm e o máximo de 8,9cm nas mesmas doses que o lote 1. O acréscimo do comprimento da parte aérea com a utilização de tiametoxam, dependendo da dose aplicada, pode elevar, segundo Castro et al. (2007), a absorção e a resistência dos estômatos da planta à perda de água, favorecendo o metabolismo e incrementando a resistência a estresses. Além disso, pode aumentar, conforme Cataneo (2008), a eficiência na absorção, transporte e assimilação de nutrientes.

De acordo com a Figura 5B, constata-se que as plântulas formadas de sementes tratadas apresentaram acréscimos no comprimento de raiz com elevação da dose. Esse efeito do tiametoxam em aumentar o comprimento radicular, corrobora o efeito enraizador verificado por Pereira et al. (2007), nas culturas de cana-de-açúcar e batata e também por Tavares et al. (2007), na cultura da soja, por Almeida et al. (2009), em sementes de cenoura, por Lauxen et al. (2010) em sementes de algodão e por Almeida et al. (2010), em sementes de arroz.

Vale enfatizar que os acréscimos no comprimento radicular com a elevação das doses do produto foram mais pronunciados na dose 300mL por 100kg de sementes, alcançando 7,4cm nos lotes 1 e 2 e de 7,1cm para o lote 3.

Conforme a Figura 5C, as sementes de feijão tratadas com tiametoxam apresentaram, para comprimento de plântulas, comportamento representado por equações de regressão quadrática. O comprimento de plântula apresentou ponto máximo, para as doses de 100 a 400mL de produto por 100kg de sementes. Após atingir esses pontos ocorreu tendência de decréscimo no comprimento total de plântula.

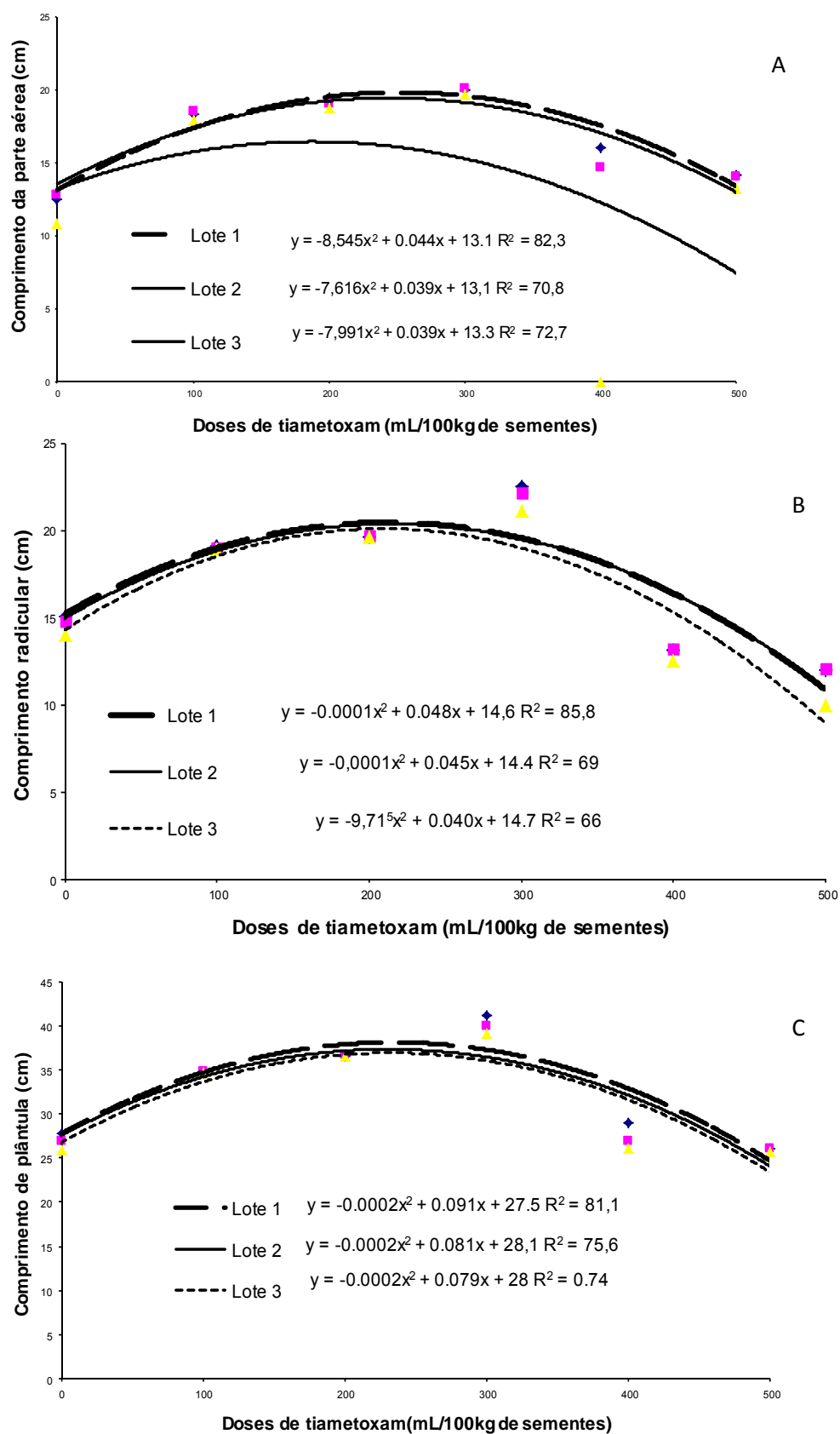


Figura 5. Comprimento (cm) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) parte aérea (B) radicular (C) total da plântula aos 28 dias.

A dose de 300mL de produto permitiu aumentar em até 13,4cm o comprimento das plântulas, comparativamente às sementes que não receberam o produto, no lote 1. Para lote 2, o aumento foi de 12,9cm e no lote 3 esse acréscimo foi de 13,3cm. Essa diferença entre a dose zero e a dose que apresentou maior resposta, contendo tiametoxam, pode ser explicada pela hipótese de que o tiametoxam favoreça a absorção de água e a resistência estomática, melhorando o equilíbrio hídrico da planta, tolerando melhor déficits hídricos (CASTRO et al., 2007). Conforme constatado em soja (TAVARES et al., 2008) e em cenoura (ALMEIDA et al., 2009), o desenvolvimento das raízes incrementa a absorção de nutrientes minerais, aumentando área foliar e a expressão do vigor das plantas.

De acordo com a Figura 6, as doses 200 e 300mL por 100kg de sementes foram as que apresentaram maiores velocidades de germinação em relação às sementes não tratadas, mas todas as doses apresentaram diferenças expressivas comparativamente às sementes não tratadas. A dose 300mL por 100kg de sementes, em comparação com a testemunha apresentou acréscimo de 16,3 para lote 1, de 19,6 no lote 2 e de 13,1, para o lote 3. Esses resultados corroboram os obtidos por Tavares et al. (2008) ao verificarem em sementes de soja tratadas com tiametoxam aumento no número de plantas, na área foliar e no sistema radicular.

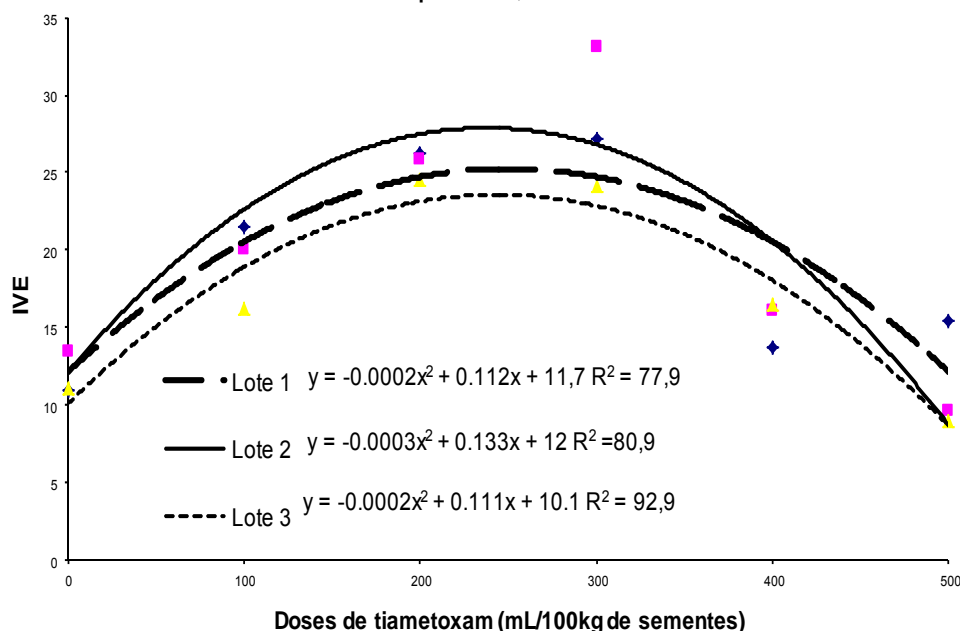


FIGURA 6. Índice de velocidade de germinação (IVE) de sementes de três lotes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.

Na Figura 7 estão apresentados os dados referentes à emergência das plântulas. Houve estímulo para as plântulas obtidas de sementes tratadas com

tiametoxam, apresentando variações marcantes em comparação à dose zero. As diferenças positivas em relação à dose zero variam de acordo com os lotes em até 12 pontos percentuais para lote 1, de 10 pontos percentuais para lote 2 e de até 16 pontos percentuais para lote 3. Todas as doses apresentaram acréscimos comparativamente à dose zero. Esses resultados confirmam os observados em soja, onde foi constatado aumento do sistema radicular e da porcentagem de emergência das plântulas também sob condições de déficit hídrico (CASTRO et al., 2007). As sementes de soja tratadas com tiametoxam apresentam superioridade em teores de aminoácidos, atividade de enzimas e síntese de hormônios vegetais que aumentam as respostas das plantas a essas proteínas e esses eventos proporcionam aumentos significativos na produção e a redução do tempo de estabelecimento da cultura no campo, sendo mais tolerantes a fatores de estresse (CASTRO e PEREIRA, 2008).

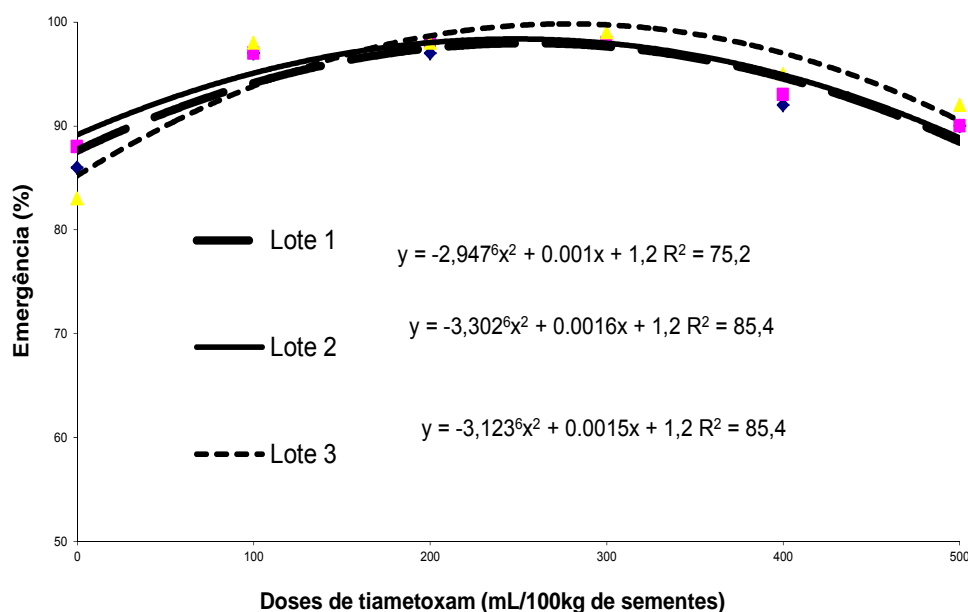


Figura 7. Emergência (%) plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.

Cultivar Pérola – 2ª época

Os resultados apresentados permitem verificar que sementes de feijão, cultivar Pérola, na 2ª época, tratadas com tiametoxam tiveram performance superior em todas as variáveis estudadas comparativamente aos valores obtidos no tratamento sem aplicação de tiametoxam, sendo a intensidade desta variação influenciada pela dose utilizada em cada tratamento.

Conforme a Figura 8, as sementes de feijão tratadas com tiametoxam apresentaram comportamento representado por equações de regressão quadrática, modelo que melhor se ajustou para todos os lotes. No comprimento da parte aérea (Figura 8A), verificou-se que a partir da dose zero, houve aumento nas doses de 100 a 300mL por 100kg de sementes e apresentando decréscimo na dose 400mL. Os três lotes de sementes tratadas com tiametoxam apresentaram aumento mínimo de 1,7cm para o lote 1 e máximo de 5cm para o lote 3. Verifica-se que as máximas respostas foram obtidas com doses entre 100 e 300mL de produto por 100kg de semente, variável conforme o lote. O aumento do comprimento da parte aérea com a utilização de tiametoxam depende da dose aplicada, que pode elevar, segundo Castro et al. (2007) a absorção e a resistência dos estômatos da planta à perda de água, favorecendo o metabolismo e incrementando a resistência a estresses. Além disso, pode interferir positivamente, conforme Cataneo (2008), na eficiência de absorção, transporte e assimilação de nutrientes.

De acordo com a Figura 8B e 9, constata-se que as sementes tratadas apresentaram acréscimos no comprimento de raiz com a elevação da dose. Na dose 300mL por 100kg de sementes, esse aumento foi de 5,8cm para lote 1, de 4,4cm para lote 2 e de 6,0cm para lote 3. Esse efeito do tiametoxam em aumentar o comprimento radicular, corrobora o efeito enraizador verificado por Pereira et al. (2007) nas culturas de cana-de-açúcar e batata e também por Tavares et al. (2007) na cultura da soja, por Almeida et al. (2009), em sementes de cenoura, por Lauxen et al. (2010), em sementes de algodão e por (ALMEIDA et al., 2010), em sementes de arroz.

O comprimento de plântula (Figura 8C) apresentou ponto de máximo, para a dose 300mL de produto por 100kg de sementes, nos três lotes. Para o lote 1, a dose de 300mL de produto permitiu aumentar em até 10,4cm, no lote 2 de 10,2 e para lote 3 esse aumento foi de 11,4cm, comparativamente às sementes que não receberam o produto.

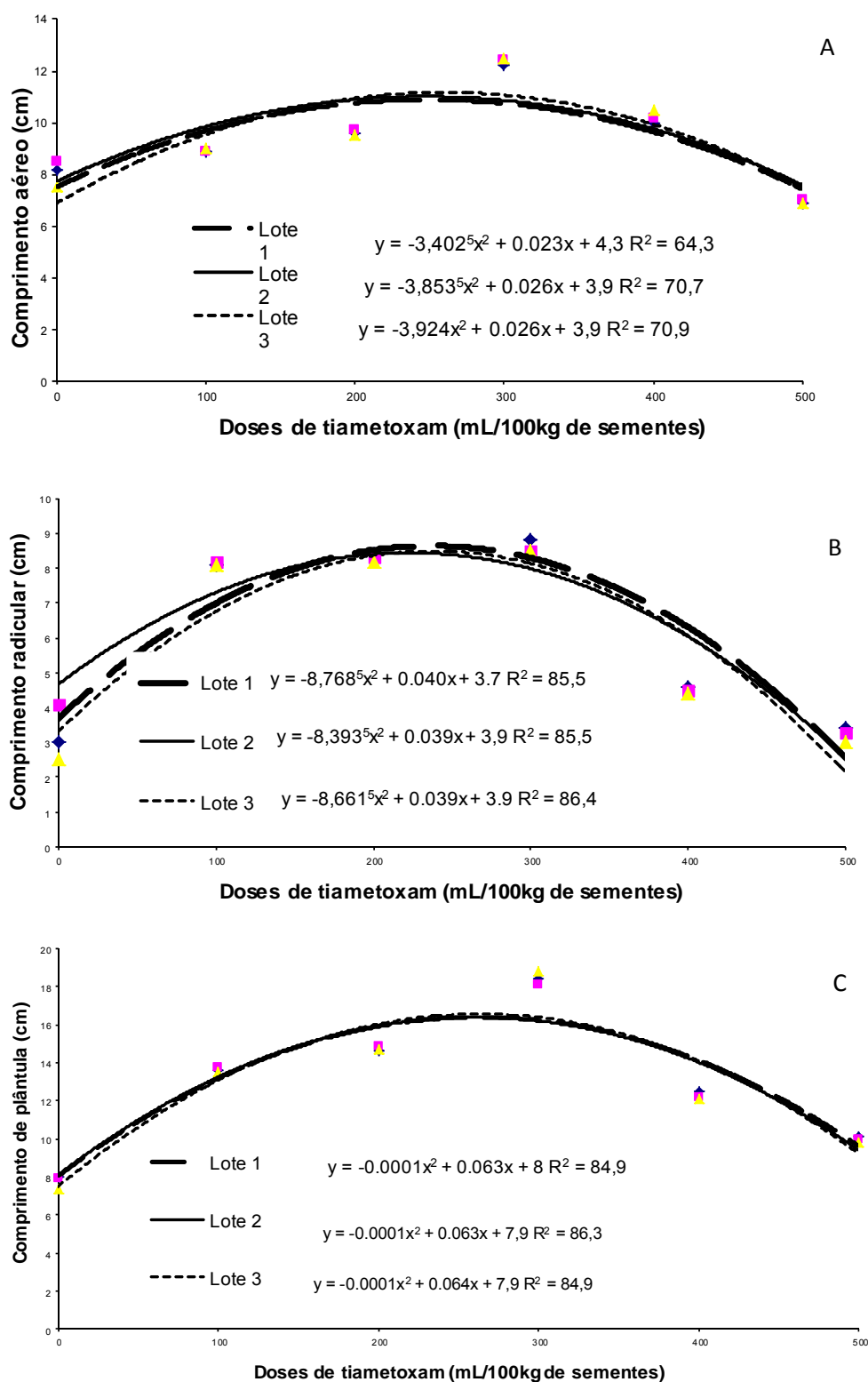


Figura 8. Comprimento (cm) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) parte aérea (B) radicular (C) total da plântula aos 7 dias.

Essa diferença entre a dose zero e a dose que apresentou maior resposta, contendo tiametoxam, pode ser explicada devido ao fato de o tiametoxam favorecer a absorção de água e a resistência estomática, melhorando o equilíbrio hídrico da planta, tolerando melhor as deficiências hídricas (CASTRO et al., 2007). Conforme constatado em soja (TAVARES et al., 2008) e em cenoura (ALMEIDA et al., 2009), o desenvolvimento das raízes incrementa a absorção de nutrientes minerais, aumentando área foliar e a expressão do vigor das plantas.



Figura 9. Comprimento (cm) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) parte aérea (B) radicular (C) total da plântula.

Analisando a Figura 10A, constata-se que o comprimento da parte aérea apresentou incremento em relação às plântulas provenientes de sementes não tratadas. O aumento máximo foi na dose 300mL por 100kg de sementes, sendo para lote 1 de 5,8cm, de 5,6cm para o lote 2 e de 6,7cm para o lote 3, em comparação com plântulas das sementes não tratadas. Esses efeitos são confirmados por Aramaki (2008), ao afirmar que o maior vigor observado na parte aérea da planta, associado ao maior volume de raízes é efeito do produto, que além de agir positivamente nos processos associados à germinação, estimula a capacidade de absorção de macro e micronutrientes pelas plantas.

Conforme a Figura 10B, o comprimento radicular aos 14 dias apresentou aumento significativo em todas as doses em comparação às plântulas não tratadas. Esse aumento máximo foi de 6,5 centímetros para os lotes 1 e 2 e de 7,4cm para lote 3. O aumento do comprimento do sistema radicular com a utilização de tiametoxam, dependendo da dose aplicada, pode elevar, segundo Castro et al. (2007), a absorção e a resistência dos estômatos da planta à perda de água, favorecendo o metabolismo e incrementando a resistência a estresses. Além disso, pode elevar conforme Castro e Vieira (2003), a eficiência na absorção, transporte e assimilação de nutrientes.

Na Figura 10C, as plântulas formadas de sementes tratadas com tiametoxam apresentaram comportamento diferenciado no comprimento total de plântulas em relação às não tratadas. No comprimento total de plântula, o modelo quadrático também foi o mais adequado para os três lotes. Apresentou ponto de máximo, para doses entre 200 a 300mL de produto por 100kg de semente, conforme o lote.

Para o lote 1, uma dose de 300mL de produto/100kg de semente pode aumentar em até 12,8cm o comprimento total das plântulas, comparativamente às plântulas das sementes que não receberam tiametoxam. Para o lote 2 esse aumento foi de 11,6cm e para lote 3 esse incremento foi de 13,4cm.

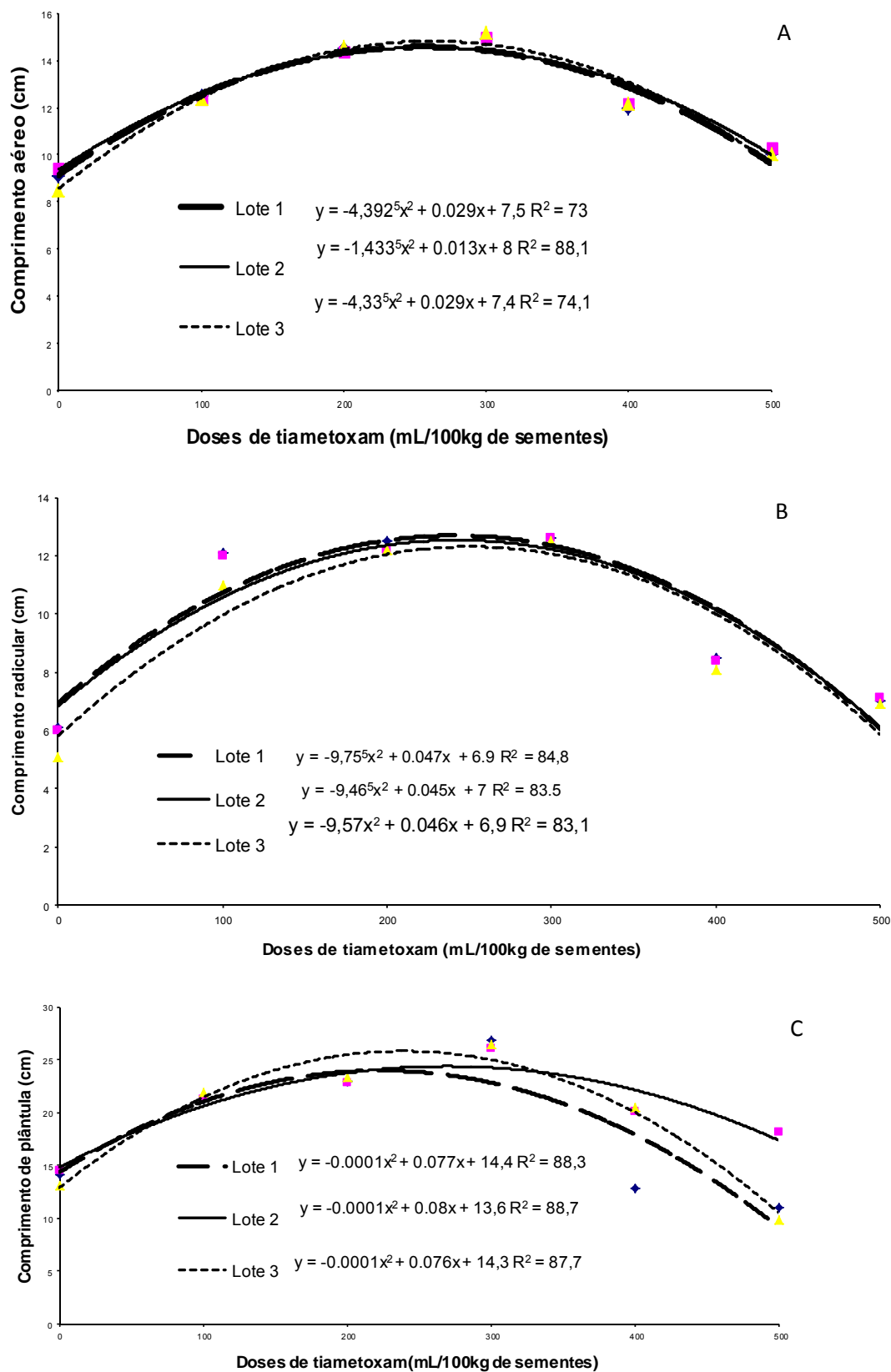


Figura 10. Comprimento (cm) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) parte aérea (B) radicular (C) total da plântula aos 14 dias.

Para avaliar o comportamento do comprimento da parte aérea das plântulas obtidas de sementes de feijão foram ajustadas equações de regressão (Figura 11A). Pelas curvas resultantes, verifica-se que, a partir da dose zero, houve aumento nos valores do comprimento da parte aérea de plântulas de feijão com elevação da dose de tiametoxam. Pode-se perceber que a partir da dose zero, a germinação possui tendência quadrática crescente, chegando a um ponto máximo ao atingir a dose 300ml de produto por 100kg de semente. Após atingir esse ponto, o comprimento da parte aérea decresce conforme aumenta a dose do produto. Vale destacar que empregando doses de 100 a 300ml do produto por 100kg de semente, houve acréscimo no comprimento da parte aérea de até 6,5 centímetros relativamente à dose zero no lote 1, de 5,5cm no lote 2 e no lote 3 esse aumento foi de 7,7 centímetros. Esse resultado é confirmado por Tavares et al. (2008) em sementes de soja, Clavijo (2008) em sementes de arroz e por Almeida et al. (2009) em sementes de cenoura, ao observarem que o tiametoxam acelera a germinação e induz maior crescimento do eixo embrionário.

As plântulas apresentaram acréscimo do sistema radicular (Figura 11B), com a elevação da dose de tiametoxam, havendo variação de comportamento, porém curvas de tendências semelhantes.

Assim como nas avaliações anteriores, pode-se perceber que a partir da dose zero a curva possui tendência crescente, chegando a um ponto máximo, para doses variáveis entre 100 a 300 ml de produto por 100kg de semente. Essa melhor expressão do vigor com o aumento da dose ocorre porque o tiametoxam movimenta-se através das células da planta e conforme constatado em sementes de soja (TAVARES et al, 2008), ativa várias reações fisiológicas, como a expressão de proteínas funcionais relacionadas com os mecanismos de defesa da planta contra fatores de estresse como secas, altas temperaturas, efeitos tóxicos entre outros, melhorando a produtividade e a área foliar e o volume radicular.

Conforme a Figura 11C, as sementes de feijão, tratadas com tiametoxam apresentaram, para comprimento de plântulas, comportamento representado por equações de regressão quadrática. O comprimento de plântula apresentou ponto máximo, para as doses de 100 a 300mL de produto

por 100kg de sementes. Após atingir esses pontos ocorreu tendência de decréscimo no comprimento total de plântulas.

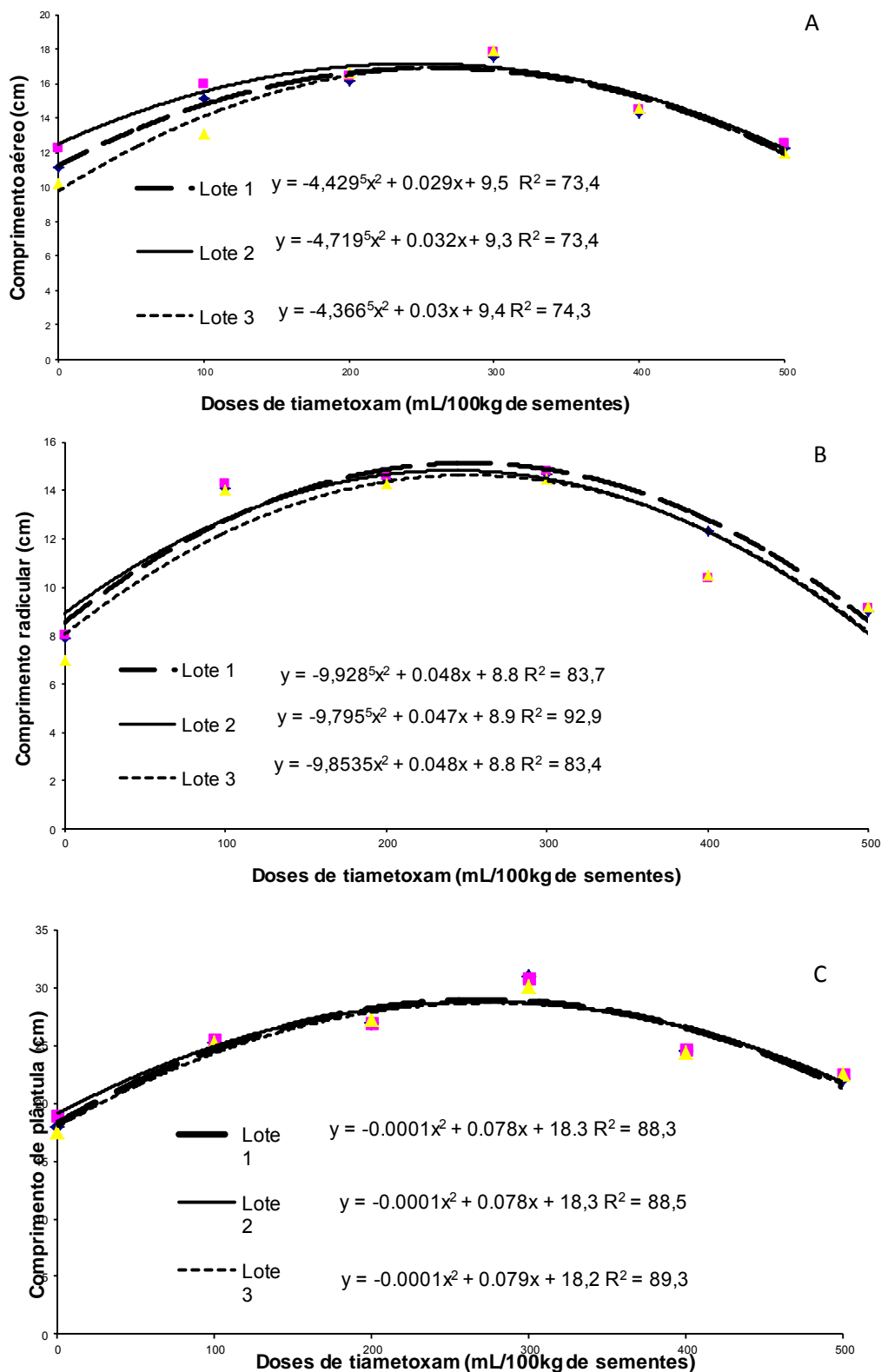


Figura 11. Comprimento (cm) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) parte aérea (B) radicular (C) total da plântula aos 21 dias.

A dose de 300mL de produto permitiu aumentar em até 12,9cm o comprimento das plântulas comparativamente às sementes que não receberam o produto no lote 1. Para lote 2, essa variação foi de 11,9cm e para lote 3 essa variação foi de 12,6 centímetros. Essa diferença entre a dose zero e a dose que apresentou maior resposta, contendo tiametoxam pode ser explicada pela hipótese que o tiametoxam favorece a absorção de água e a resistência estomática, melhorando o equilíbrio hídrico da planta e, dessa forma, suportando a deficiência hídrica (CASTRO et al., 2007). Conforme constatado em soja (TAVARES et al., 2008) e em cenoura (ALMEIDA et al., 2009), o desenvolvimento das raízes pode aumentar a absorção de nutrientes minerais, elevando a área foliar e a expressão do vigor das plantas.

Conforme a Figura 12A, o comprimento da parte aérea apresentou ponto máximo, para as doses de 200 a 300mL de produto por 100kg de semente, dependendo do lote. Para lote 1, as doses 200 e 300mL ocasionaram aumento médio de 7,5 centímetros, para o lote 2 de 7,3cm e para lote 3 de 8,8cm.

Essa diferença verificada entre a dose zero e a dose que apresentou maior resposta, contendo tiametoxam pode ser atribuída ao fato de o tiametoxam favorecer a absorção de água e a resistência estomática, melhorando o equilíbrio hídrico da planta (CASTRO et al., 2007). Conforme constatado em soja (TAVARES et al., 2008) e em arroz (CLAVIJO., 2008), o desenvolvimento das raízes aumenta a absorção de nutrientes minerais, incrementa a área foliar e a expressão do vigor das plantas.

De acordo com as Figuras 12B, constata-se que as sementes tratadas apresentaram acréscimos no comprimento de raiz com elevação da dose. Esse efeito do tiametoxam em aumentar o comprimento radicular confirma o efeito de incrementar o sistema radicular verificado por Pereira et al. (2007) nas culturas de cana-de-açúcar e batata e por Tavares et al. (2007) na cultura da soja, por Almeida et al. (2009), em sementes de cenoura, por Lauxen et al. (2010), em sementes de algodão e por Almeida et al. (2010), em sementes de arroz.

Vale enfatizar que os maiores acréscimos no comprimento radicular foram nas doses 200 e 300mL por 100kg de sementes. No lote 1 foi de 6,3cm, no lote 2 de 5,8cm e no lote 3 de 7,0cm em comparação à dose zero.

No comprimento total de plântula (Figura 12C), verificou-se que a partir da dose zero, houve elevação com o acréscimo da dose do produto. Nos três lotes de sementes tratadas com tiametoxam, ao comparar as sementes submetidas à dose zero com as doses de 200 a 300mL por 100kg de sementes, as plântulas apresentaram aumento máximo no lote 3 de 7cm e, em média, nos lotes 1 e 2 esse acréscimo foi de 6cm. Esses resultados confirmam a hipótese que o tiametoxam induz alterações fisiológicas nas plantas, ativa as proteínas transportadoras das membranas celulares e melhora a nutrição mineral da planta. Assim sendo, ocorre maior ativação enzimática que desencadeia o metabolismo primário e o secundário mais rápido, aumentando a síntese de aminoácidos e de hormônios vegetais e como resposta elevações significativas na produção (CASTRO et al., 2007).

Conforme a Figura 13, as sementes tratadas com tiametoxam apresentaram variações de IVE comparativamente às sementes não tratadas. A dose 300mL por 100kg de sementes em comparação à testemunha apresentou acréscimo de 5,6 para lote 1, de 6,7 no lote 2 e de 7,1 para o lote 3. Resultados semelhantes também foram observados em soja por Goulart (2008) ao afirmar que o tiametoxam produz plantas mais vigorosas e menos suscetíveis a estresses que ocorram em diferentes estádios de desenvolvimento da planta.

Analisando a Figura 14C, pode-se observar a ocorrência de acréscimo nos três lotes, sendo que o lote 3 que apresentava menor percentagem, depois do tratamento com tiametoxam foi o que melhor expressou a emergência. As doses de 100 a 300mL por 100kg apresentaram acréscimos em relação à dose zero. O aumento médio para os lotes 1 e 2 foi de 11 pontos percentuais e para o lote 3 foi de 16 pontos percentuais. Esses resultados corroboram com Silveira et al. (2008) em soja, ao constatar que as plantas provenientes de sementes tratadas com tiametoxam produziram plantas mais altas, caules com maiores diâmetros e maior produtividade em duas épocas de semeadura.

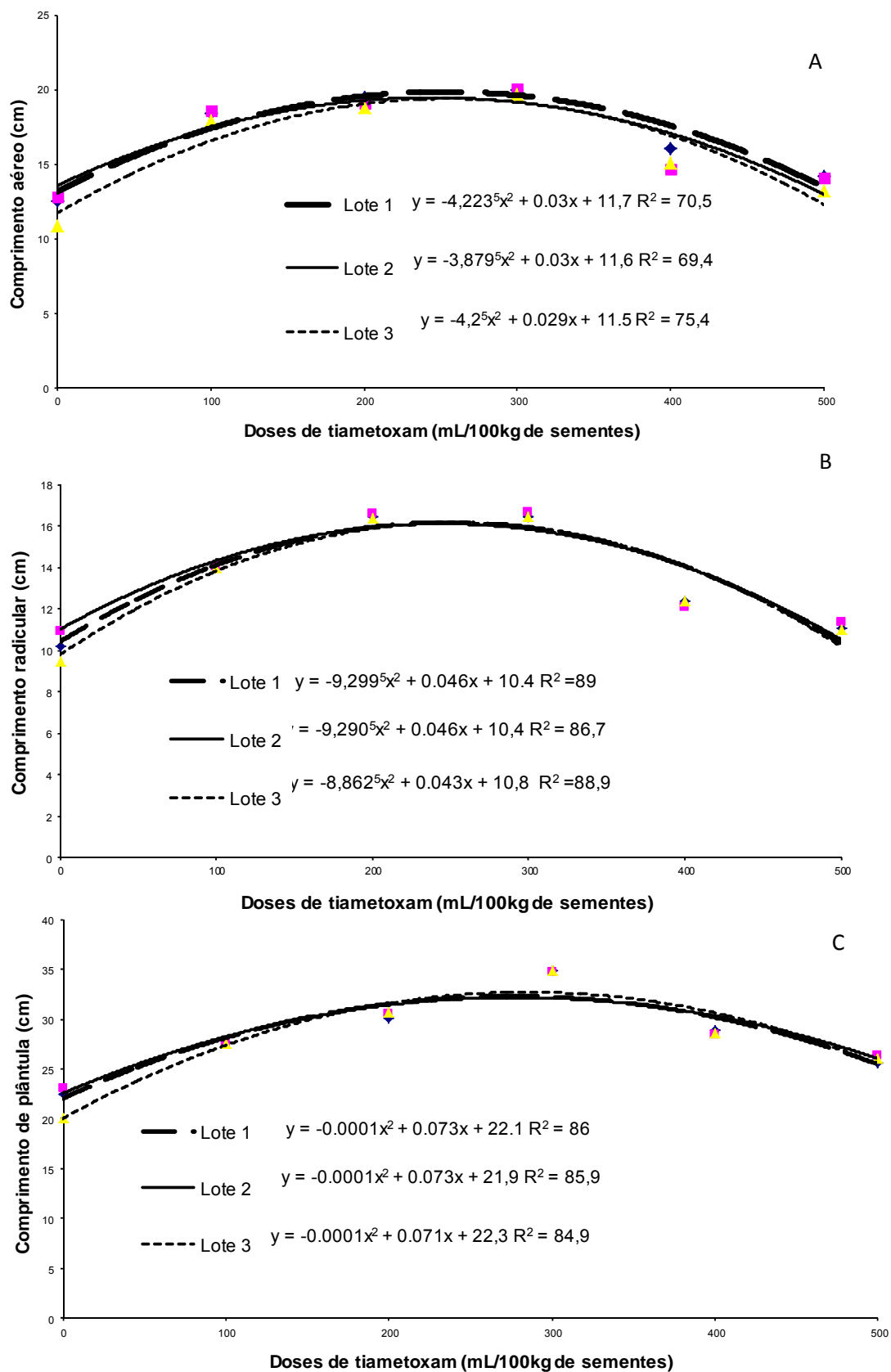


Figura 12. Comprimento (cm) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) parte aérea (B) radicular (C) total da plântula aos 28 dias.

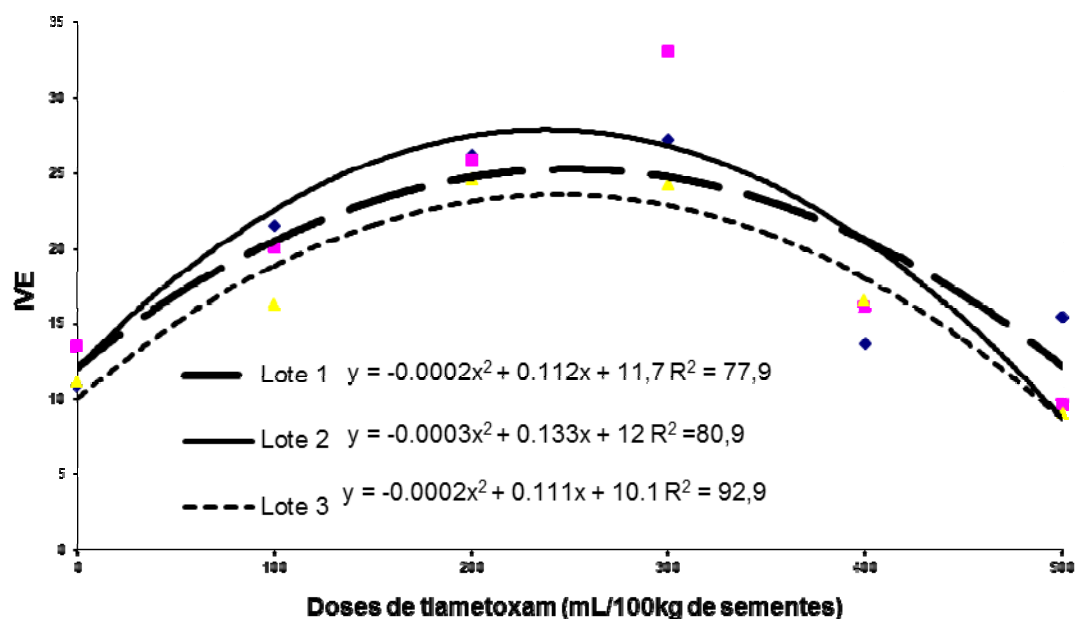


Figura 13. Índice velocidade emergência (IVE) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.

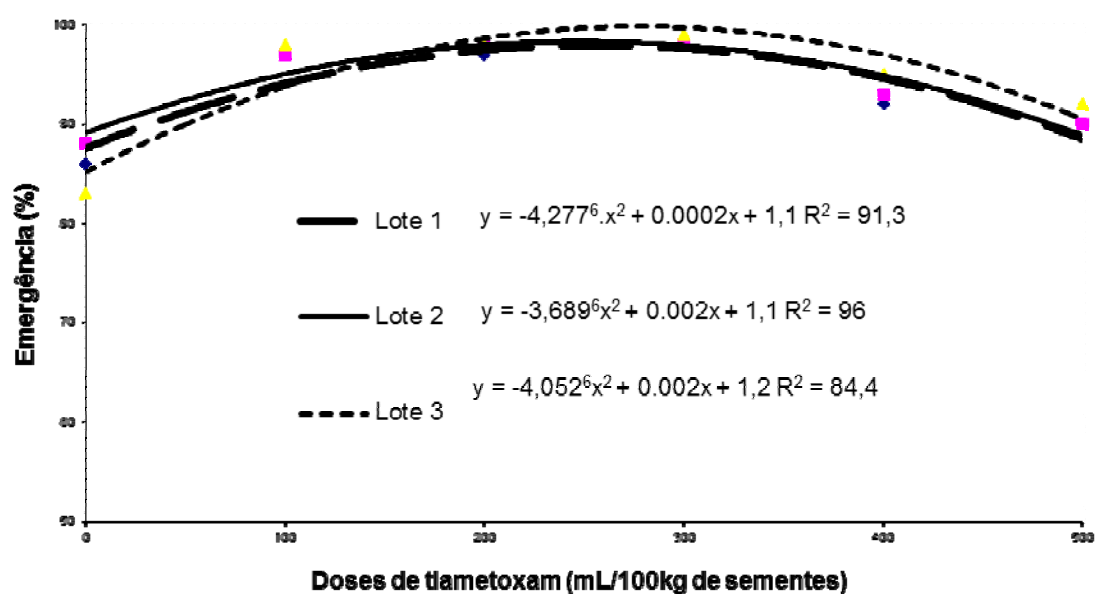


Figura 14. Emergência (%) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar Pérola, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.

Cultivar IAPAR – 1ª época

Os resultados mostraram que sementes de feijão, cultivar IAPAR, tratadas com tiametoxam apresentaram desempenho superior, em todas as características estudadas, em relação aos valores obtidos na dose zero (sem

aplicação de tiametoxam), variando apenas a intensidade desta diferença devido à dose utilizada em cada tratamento.

Para avaliar o comportamento do comprimento das plântulas dos lotes de sementes da cultivar IAPAR – 1ª época, foram ajustadas equações de regressão. Pelas curvas resultantes, verifica-se que, a partir da dose zero, houve aumento nos valores do comprimento de plântulas nos tratamentos contendo tiametoxam, independentemente da dose utilizada do produto. Pode-se perceber que a partir da dose zero, os comprimentos das partes aérea e radicular e total de plântula possuem tendência crescente, chegando a um ponto máximo, alcançado ao atingir doses entre 200 a 300mL de produto por 100kg de semente, variável com o lote.

Analisando a Figura 15 A, pode-se observar um aumento, em todos os lotes, para o comprimento da parte aérea. Esse acréscimo é, em média, de 3,1 cm, para lote 5 e de 2cm para lotes 4 e 5. Esses resultados concordam com Tavares et al. (2008), em soja ao encontrar aumento da área foliar e radicular de plântulas provenientes de sementes tratadas com tiametoxam. No comprimento radicular (Figura 15B), ocorreu variação positiva entre as doses. Na dose 300mL por 100kg de sementes foi a maior variação de 5,3 centímetros para lote 5 em comparação com a dose zero. Vale ressaltar que o lote 5 é o que apresentava menor comprimento radicular. Esses resultados foram observados em soja (DAMICO, 2008), em arroz (ALMEIDA et al., 2010) e em algodão (LAUXEN et al., 2010).

Para comprimento total de plântula (Figura 15C), esse maior aumento foi da dose zero para a dose 300mL por 100kg de sementes, sendo de 7,2cm para os lotes 4 e 5 e de 5,5cm para lote 6. Essa tendência também foi observada em soja (CASTRO et al., 2008), cenoura (ALMEIDA et al., 2009) e em algodão (LAUXEN et al., 2010).

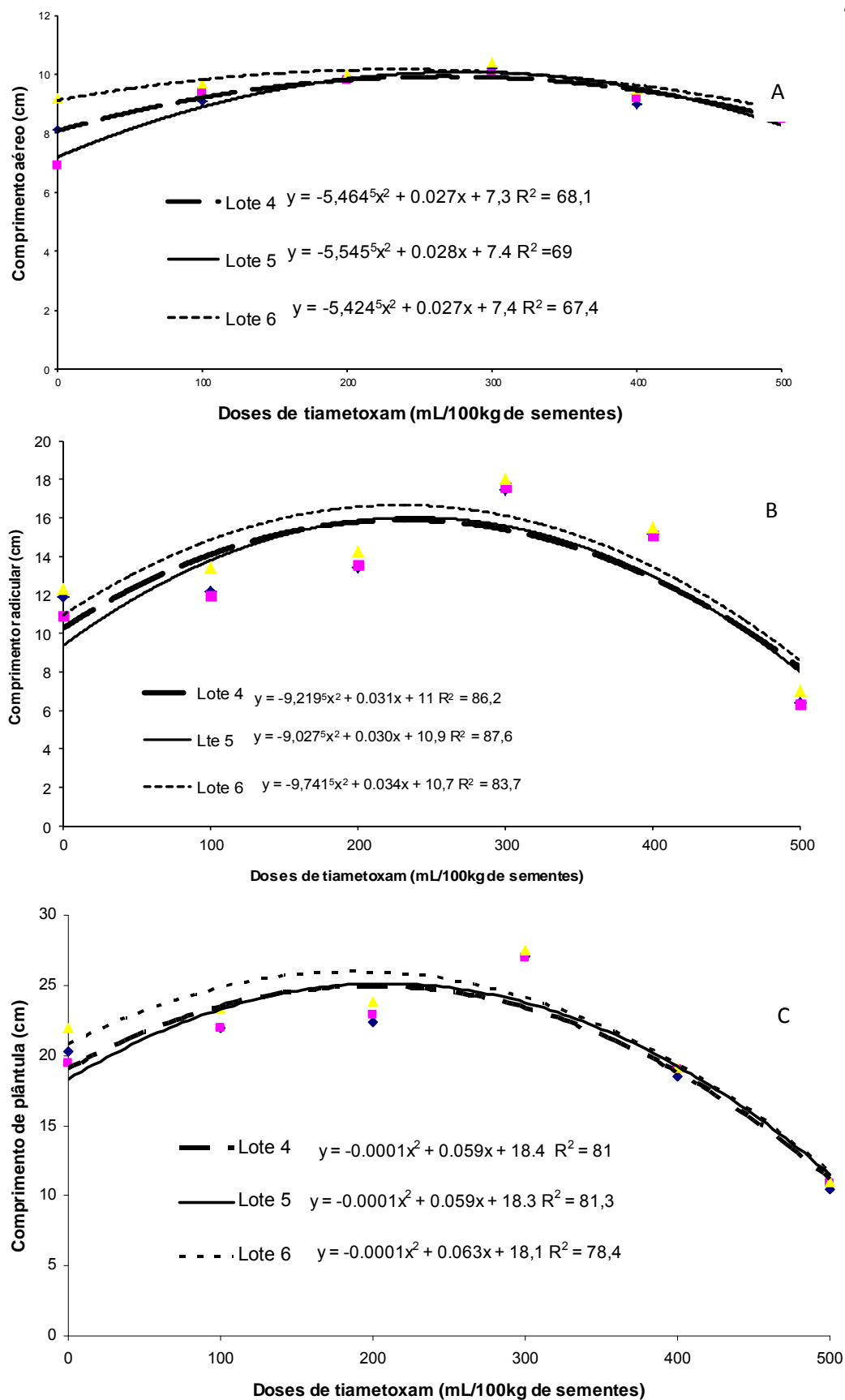


Figura 15. Comprimento (cm) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) parte aérea (B) radicular (C) total da plântula.

Na Figura 16A, o comprimento da parte aérea avaliado aos 14 dias também apresentou variações positivas comparativamente à dose zero. Esse aumento foi em média de 3,0 centímetros para os três lotes. Esses resultados foram da mesma forma observados por Clavijo (2008) em arroz, por Castro e Pereira (2008) em soja, por Tavares et al. (2008) e em arroz por Almeida et al. (2010).

Conforme a Figura 16B, as sementes tratadas com tiametoxam, apresentaram comportamento variável no comprimento do sistema radicular em relação as não tratadas. O comprimento radicular apresentou ponto de máxima nas doses de 200 a 300mL de tiametoxam. Após atingir esse ponto, ocorreu decréscimo no comprimento radicular à medida que aumentou a dose do produto. Para lote 5, uma dose de 300mL por 100kg de sementes, pode aumentar em até 6,7cm o comprimento das raízes, comparativamente às sementes que não receberam tratamento. Em soja esses resultados foram observados por Tavares et al. (2007), em cenoura por Almeida et al. (2009) e em trigo por Almeida et al. (2009).

De acordo com a Figura 16C, o comprimento total da plântula apresentou aumento máximo para lote 5 de 8cm na dose 300mL por 100kg de sementes em comparação com a dose nula. Resultados similares também foram verificados em arroz (Almeida et al., 2009) e em algodão (Lauxen et al., 2010).

Os comprimentos das partes aérea (Figura 17A) e radicular (Figura 17B) e total de plântula (Figura 17C), aos 21 dias apresentaram variações positivas em comparação com a testemunha. As maiores variações foram na dose 300mL por 100kg de sementes e para lote 5, sendo de 3,1 cm na parte aérea, de 5,6cm no sistema radicular e de 7cm no comprimento total da plântula. Essas variações positivas podem ser explicadas devido ao fato do tiametoxam movimentar-se através das células da planta e ativar reações fisiológicas, como expressão de proteínas funcionais relacionadas aos mecanismos de defesa da planta contra fatores de estresse, como seca, elevadas temperaturas, efeitos tóxicos, entre outros, aumentando a produtividade, área foliar e comprimento radicular, conforme constatado em sementes de soja, por Tavares e Castro (2005).

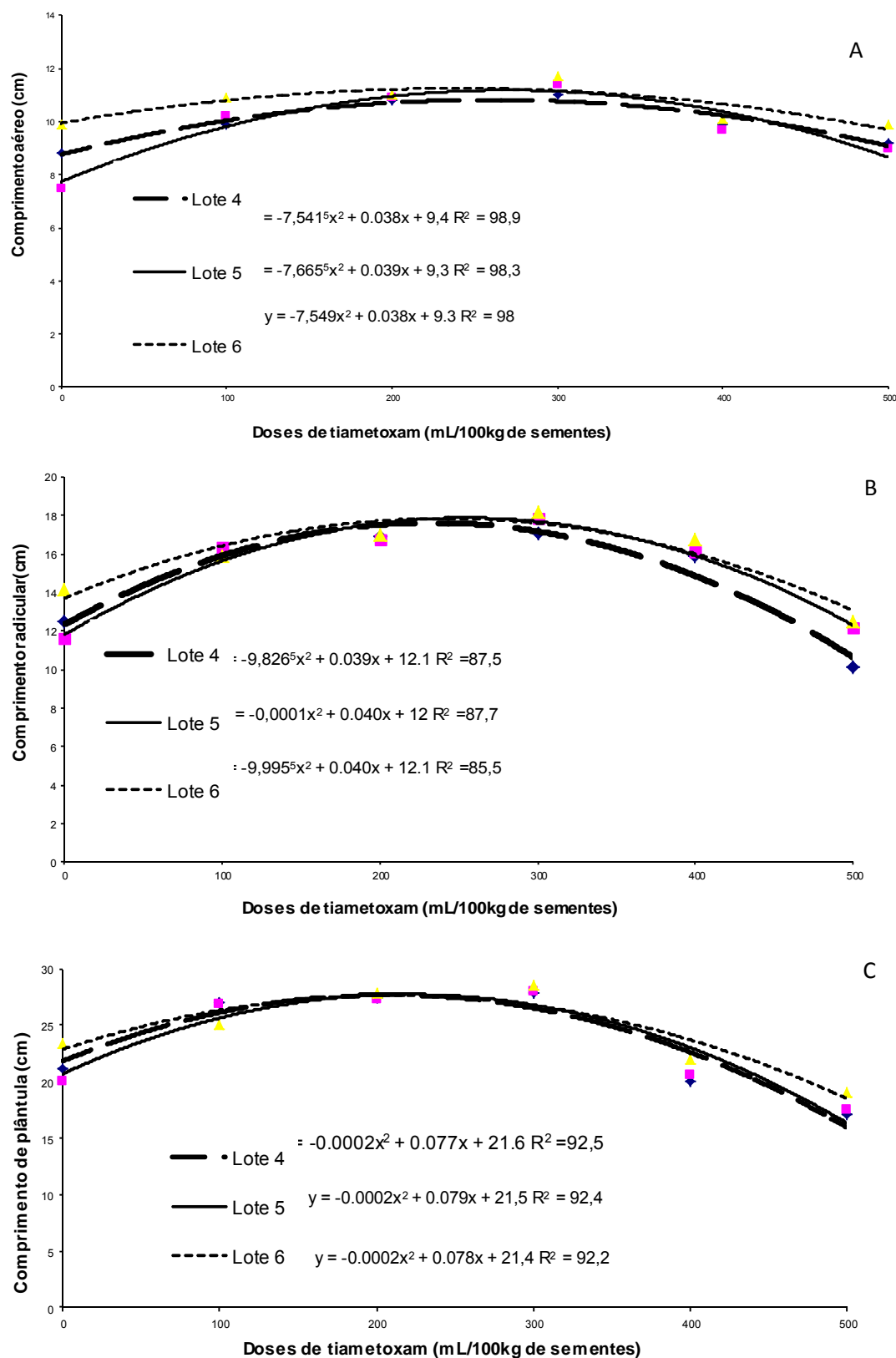


Figura 16. Comprimento (cm) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) parte aérea (B) radicular (C) total da plântula.

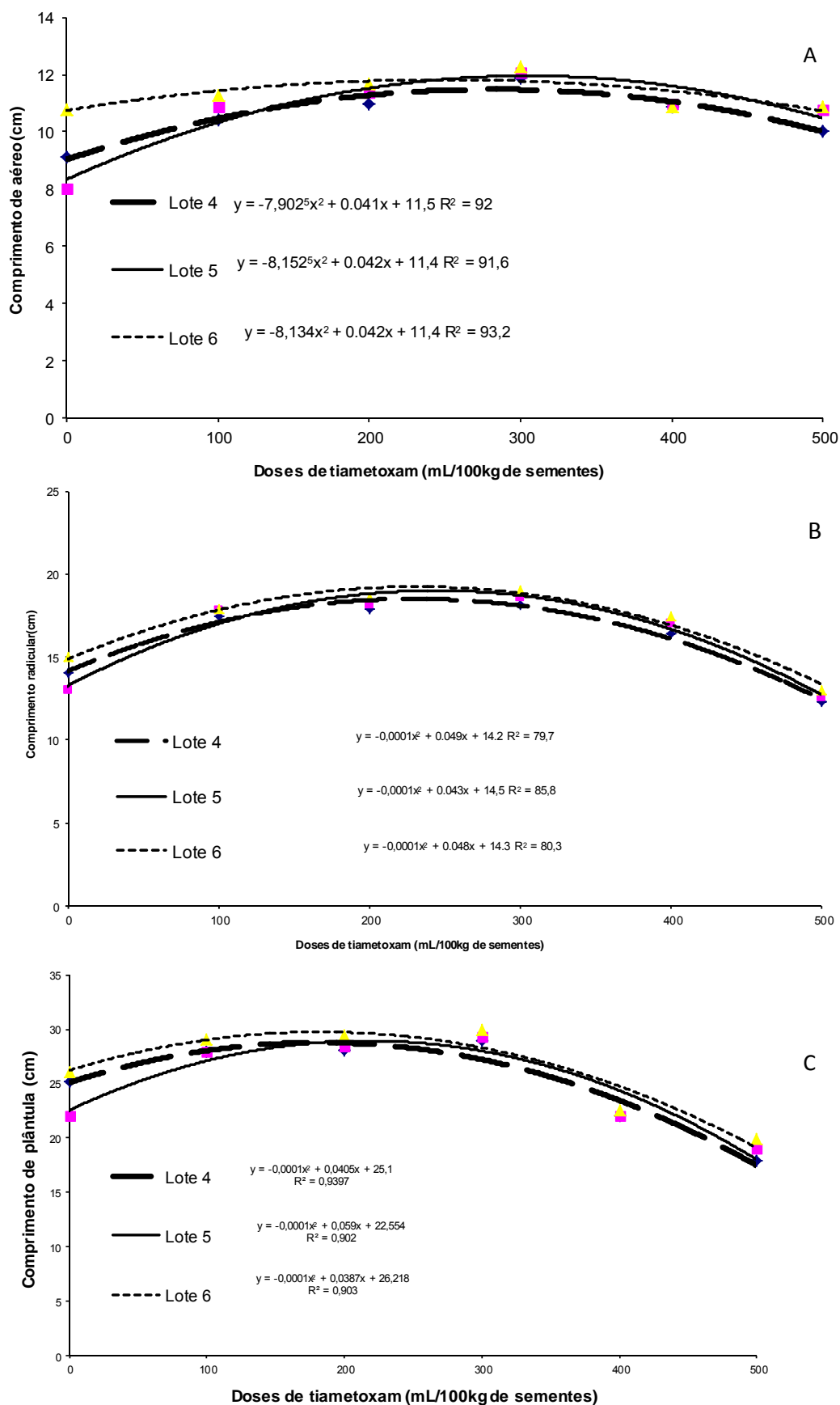


Figura 17. Comprimento (cm) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) parte aérea (B) radicular (C) total da plântula.

Conforme a Figura 18A, as sementes tratadas com tiametoxam apresentaram comportamento diferenciado no comprimento da parte aérea em relação às não tratadas. O modelo quadrático foi o mais adequado para os três lotes. O comprimento da parte aérea apresentou ponto de máxima nas doses entre 200 e 300mL de produto por 100kg de semente, dependendo do lote. Após atingir esse ponto ocorreu decréscimo no comprimento da parte aérea à medida que aumentou a dose do produto.

Para o lote 5, uma dose de 300mL de produto por 100kg de semente pode aumentar em até 3 cm o comprimento da parte aérea, comparativamente às sementes que não receberam tiametoxam. Na Figura 18B, os resultados apresentados para comprimento do sistema radicular ajustaram-se ao modelo quadrático, para os três lotes. As curvas apresentaram ponto de máximo para doses entre 200 a 300mL de produto por 100kg de semente, conforme o lote. Após atingir esse ponto, ocorreu decréscimo nos valores conforme elevou a dose do produto.

A Figura 18C teve a mesma tendência das demais variáveis, apresentando aumento máximo na dose 300mL por 100kg de sementes para lote 5 e esse aumento foi de 9,9 cm comparativamente à dose zero. Esse efeito do tiametoxam em aumentar o comprimento da parte aérea, radicular e total da plântula, corrobora o efeito positivo verificado por Pereira et al. (2007) nas culturas de cana-de-açúcar e batata e também por Tavares et al. (2007) na cultura da soja, por Almeida et al. (2009) em sementes de cenoura, por Lauxen et al. (2010) em sementes de algodão e por Almeida et al. (2010), em sementes de arroz.

Analisando a Figura 19, constata-se que as sementes tratadas com tiametoxam apresentaram variações de comportamento em relação às sementes não tratadas. A dose 200mL por 100kg de sementes em comparação à dose nula mostrou acréscimo de 14,8 para lote 4, de 16 para o lote 5 e no lote 6 essa diferença foi de 15,9. O aumento do número de plantas e a maior velocidade da emergência, com a utilização de tiametoxam, dependem da dose aplicada, que pode elevar, segundo Castro et al. (2007) a absorção e a resistência dos estômatos da planta à perda de água, favorecendo o metabolismo e incrementando a resistência a estresses. Além disso, pode tornar mais eficiente, conforme Cataneo (2008), a absorção, o transporte e a assimilação de nutrientes.

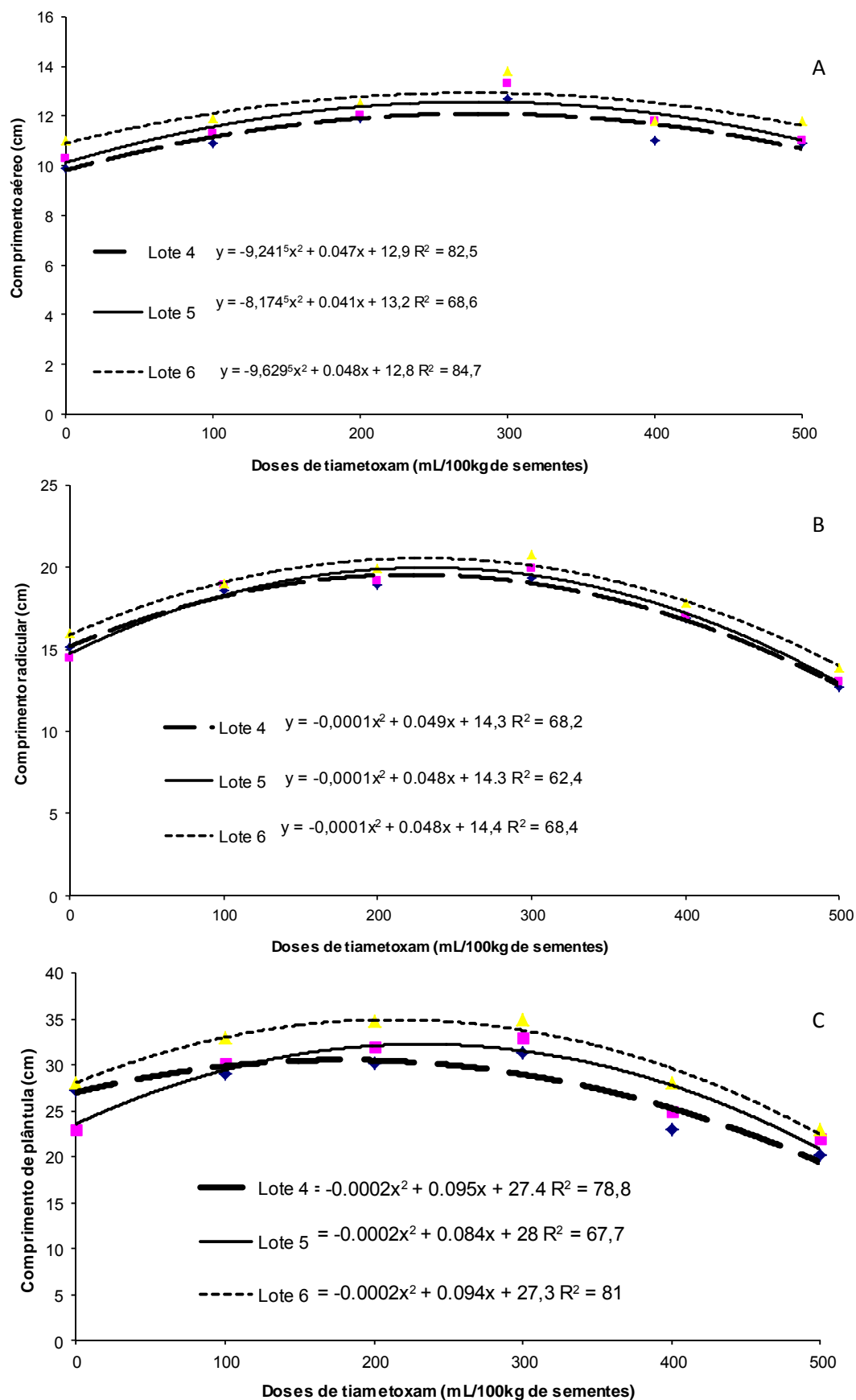


Figura 18. Comprimento (cm) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) parte aérea (B) radicular (C) total da plântula.

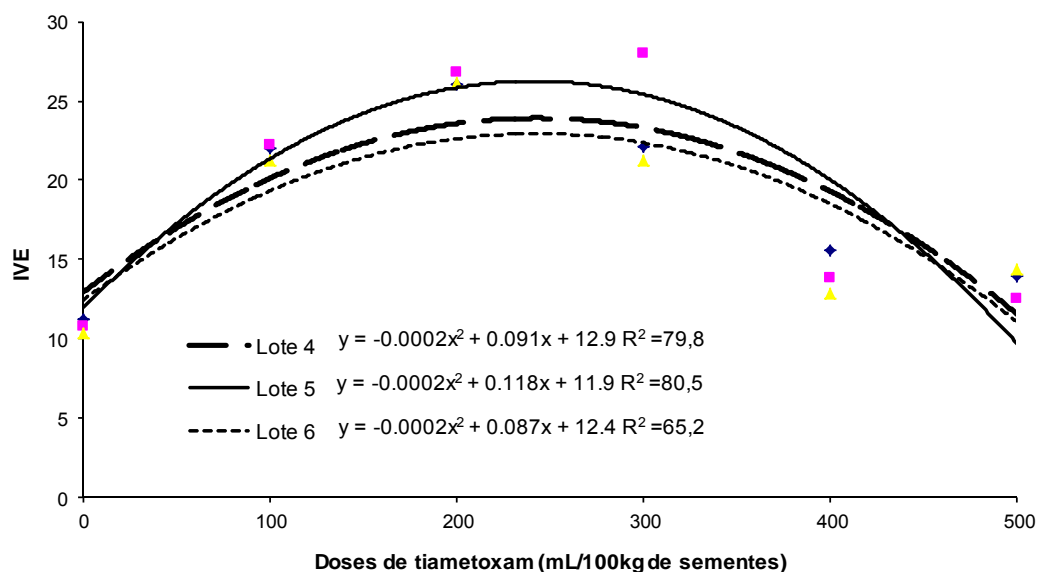


Figura 19. Índice de velocidade de emergência de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.

Na Figura 20, observa-se que a emergência de plântulas foi estimulada nas sementes tratadas com tiametoxam, apresentando incrementos comparativamente à dose zero. As diferenças positivas em relação à dose nula variam 1 a 10 pontos percentuais, sendo maior a diferença se a dose zero é comparada com a dose 300mL por 100kg de sementes. De acordo com Castro et al. (2007), sementes de soja tratadas com tiametoxam apresentam maiores teores de aminoácidos, atividade de enzimas e síntese de hormônios vegetais que aumentam as respostas das plantas a essas proteínas e esses eventos proporcionam incrementos significativos na produção e a redução do tempo de estabelecimento da cultura no campo, tornando-as mais tolerantes a fatores de estresse.

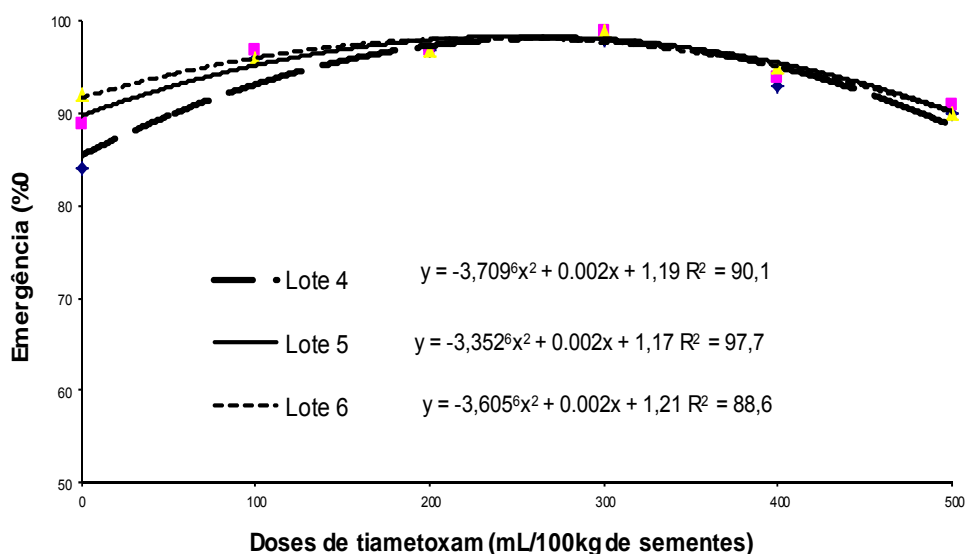


Figura 20. Emergência (%) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.

Cultivar IAPAR – 2ª época

Os resultados obtidos para a cultivar IAPAR – 2ª época com o tratamento das sementes de feijão com o produto tiametoxam foram semelhantes aos da cultivar Pérola. Os resultados apresentados permitem verificar que sementes de feijão tratadas com tiametoxam tiveram performance superior em todas as variáveis estudada comparativamente aos valores obtidos no tratamento 1 (sem aplicação de tiametoxam). A intensidade desta variação foi influenciada pela dose utilizada em cada tratamento.

A parte aérea (Figura 21A), sistema radicular (Figura 21B) e comprimento total de plântula (Figura 21C), tiveram variação positiva na comparação entre as plântulas provenientes de sementes tratadas com tiametoxam e as sem tratamento. Esse maior acréscimo foi na dose 300 mL por 100kg de sementes Para o lote 5, foi de 5,0cm na parte aérea e nos lotes 4 e 6 foi, em média, de 4,0cm. No sistema radicular, esse aumento foi de 7,5cm no lote 5 e em média de 7,0cm nos lotes 4 e 6. No comprimento total de plântula atingiu, em média, 11cm para três lotes. O tratamento das sementes com o bioativador em condições de estresse estimula e acelera a germinação e esse efeito para as culturas, entre elas o feijão é importante, pois em condições de campo, podem ocorrer sementes apresentando baixo vigor e falhas no estande (TAVARES et al., 2008). O tiametoxam regula a produção de proteínas envolvidas em diferentes mecanismos de defesa da planta, melhorando a expressão do seu potencial genético em situações de ocorrência de fatores adversos (CASTRO et al., 2007).

A parte aérea (Figura 22A), sistema radicular (Figura 22B) e comprimento total de plântula (Figura 22C) apresentaram acréscimos positivos em todas variáveis, sendo o aumento máximo para dose 300mL por 100kg de sementes comparativamente à dose zero. Sendo de 5,3cm na parte aérea, 7.2cm no sistema radicular e de 18cm no comprimento total de plântula para lote 2, que apresentou as maiores variações entre a dose de 300mL de produto comparada com as sementes não tratadas.

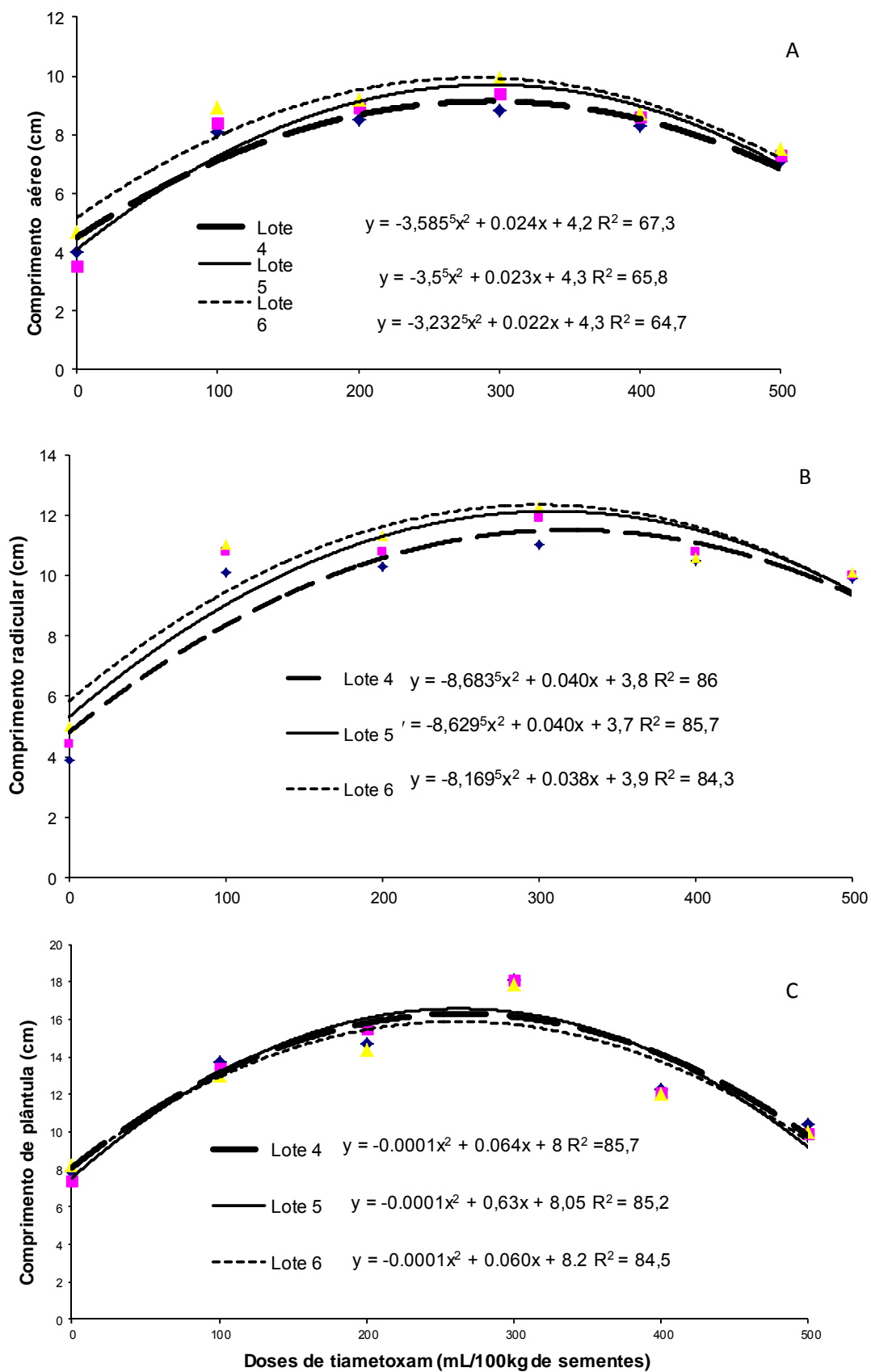


Figura 21. Comprimento (cm) de sementes plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) parte aérea (B) radicular (C) total da plântula.

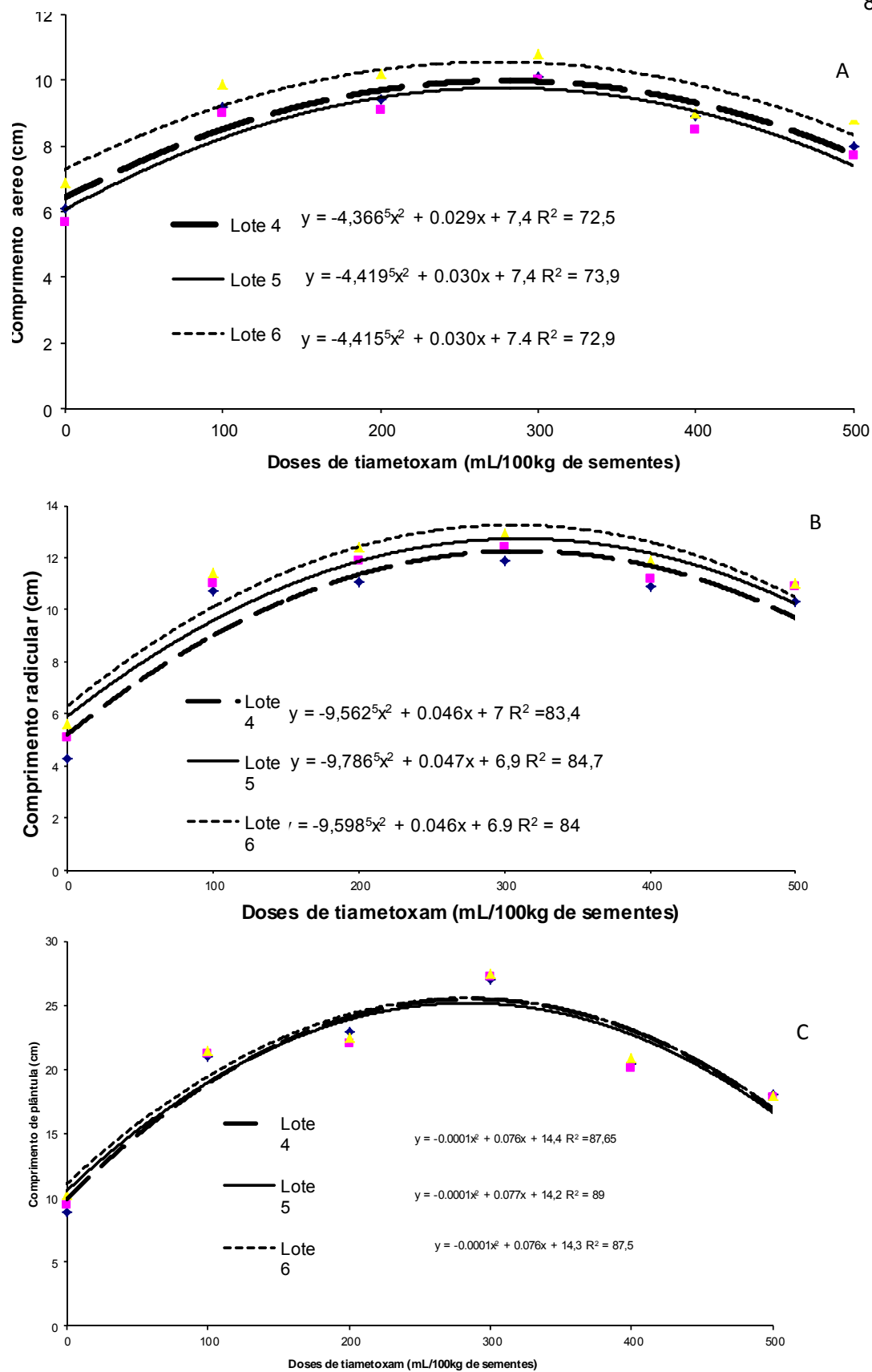


Figura 22. Comprimento (cm) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) parte aérea (B) radicular (C) total da plântula.

Conforme a Figura 23A, o comprimento da parte aérea apresentou ponto de máximo para as doses de 200 a 300mL de produto por 100kg de semente, conforme o lote. Para lote 5, a dose 300mL ocasionou aumento médio de 3,4cm e os lotes 4 e 6, o acréscimo foi em média de 2,0cm. O aumento do comprimento da parte aérea com a utilização de tiametoxam, dependendo da dose aplicada, pode elevar, segundo Castro et al. (2007) a absorção e a resistência dos estômatos da planta à perda de água, favorecendo o metabolismo e incrementando a resistência a estresses. Por outro lado, pode aumentar, conforme Castro e Pereira (2008), a eficiência de absorção, transporte e assimilação de nutrientes.

De acordo com a Figura 23B, constata-se que as sementes tratadas apresentaram acréscimos no comprimento de raiz com a elevação da dose. Vale enfatizar que os maiores acréscimos no comprimento radicular foram nas doses 200 a 300mL por 100kg de sementes. Para o lote 4 foi de 7,8cm, para o lote 5 alcançou 7,3cm e para o lote 6 atingiu 7,2cm em comparação à dose zero. Na Figura 23C, observa-se que sementes tratadas com tiametoxam originam plântulas com maior comprimento em relação às sementes não tratadas. Esse aumento foi em média de 20cm para os três lotes. Essa tendência do tiametoxam em aumentar o comprimento das plântulas, corrobora os efeitos verificados por Tavares et al. (2007) em soja, Almeida et al.(2008) em cenoura e Lauxen et al.(2010) em algodão. Foi observado que o aumento no teor de citocinina, hormônio promotor da divisão celular, deve-se ao maior desenvolvimento radicular, pois não ocorreu alteração no número de células das plantas tratadas com bioativador. Dessa maneira, o aumento no crescimento radicular foi relacionado com a maior absorção de água e de nutrientes minerais. Também foi observado maior teor de macro e micronutrientes no tecido de plantas de soja e incremento de produtividade e do alongamento da raiz principal (CASTRO et al., 2007).

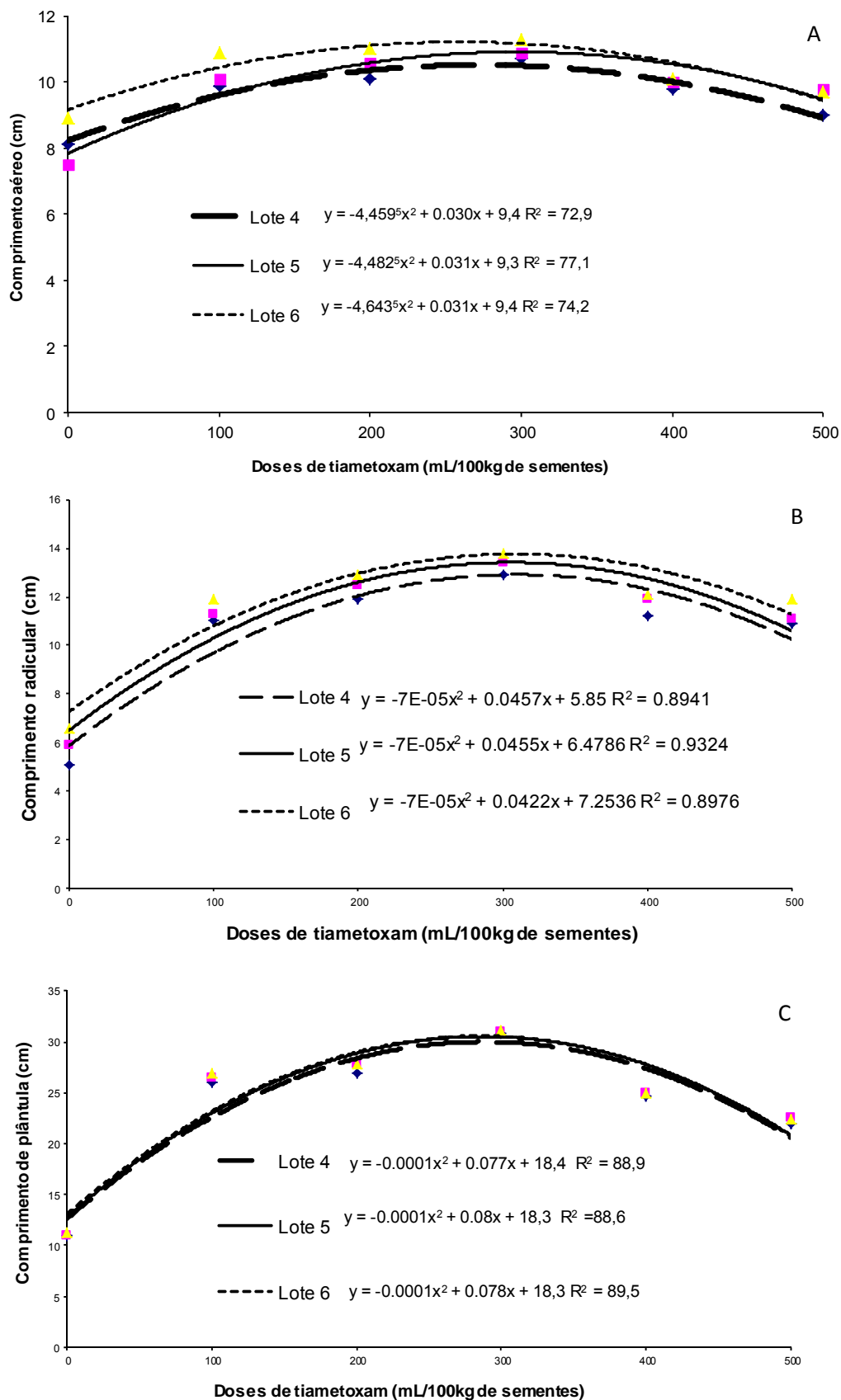


Figura 23. Comprimento (cm) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) parte aérea (B) radicular (C) total da plântula.

Os comprimentos da parte aérea (Figura 24A), radicular (Figura 24B) e total de plântula (Figura 24C), aos 28 dias apresentaram variações positivas se comparadas com a testemunha. Os aumentos máximos foram na dose 300 mL por 100 kg de sementes em todas variáveis. Para o lote 5, esse acréscimo foi em média de 2cm para parte aérea nos três lotes, esse aumento médio foi de 7cm para comprimento do sistema radicular e apresentou aumento médio 20cm no comprimento total, para todos lotes. Essa diferença entre a dose zero e a dose que apresentou maior resposta, contendo tiametoxam pode ser atribuída ao fato do tiametoxam favorecer a absorção de água e a resistência estomática, melhorando o equilíbrio hídrico da planta, tolerando melhor as limitações hídricas (CASTRO et al., 2007). Conforme constatado em soja (TAVARES et al., 2008) e em cenoura (ALMEIDA et al., 2009), o desenvolvimento das raízes incrementa a absorção de nutrientes minerais, aumentando a área foliar e a expressão do vigor das plantas.

Analisando a Figura 25, constata-se que as sementes tratadas com tiametoxam apresentaram comportamento diferenciado no IVE em relação às sementes não tratadas. A dose 300mL por 100kg de sementes comparativamente à dose nula apresentou acréscimo de 5,6 para lote 4 e nos lotes 5 e 6, essa diferença foi de 4,9 e 8.2, respectivamente. De acordo com Damico (2008), as sementes tratadas com tiametoxam conseguem melhor expressar seu potencial de germinação, permitindo com o tratamento de sementes diminuir a quantidade de sementes usadas para semeadura.

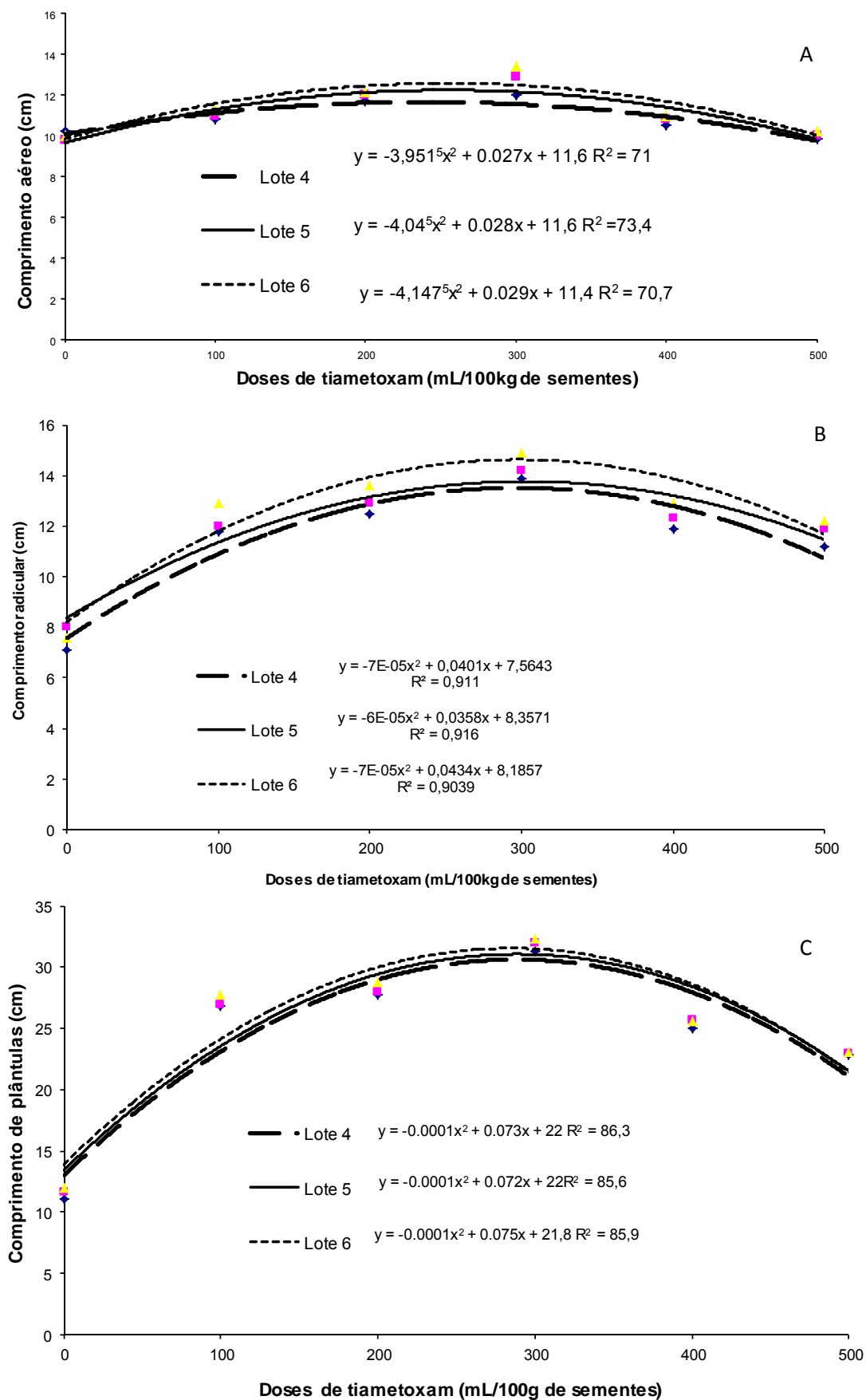


Figura 24. Comprimento (cm) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) parte aérea (B) radicular (C) total da plântula.

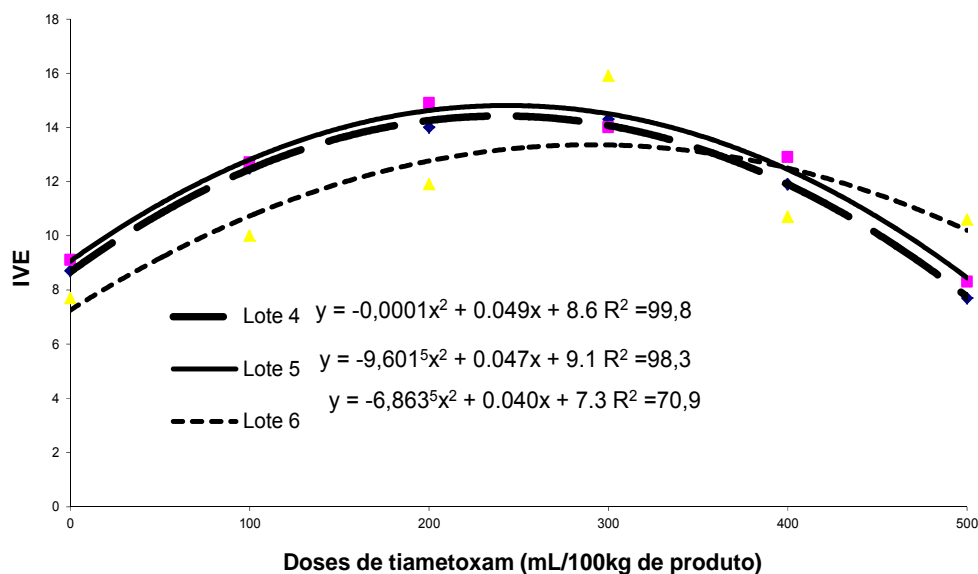


Figura 25. Índice velocidade de emergência de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.

Pela Figura 26, observa-se que a emergência de plântulas foi estimulada nas sementes tratadas com tiametoxam, apresentando incrementos comparativamente à dose zero, nos três lotes. Para o lote 4, as diferenças positivas em relação à testemunha, variam de 8 a 17 pontos percentuais, para o lote 5, de 11 a 13 pontos percentuais e para o lote 6, de 5 a 13 pontos percentuais.

Conforme Castro et al. (2007), sementes de soja tratadas com tiametoxam apresentam maiores teores de aminoácidos, atividade de enzimas e síntese de hormônios vegetais que aumentam as respostas das plantas a essas proteínas. Além disso, esses eventos proporcionam acréscimos significativos na produção e redução do tempo de estabelecimento da cultura no campo, tornando-as mais tolerantes a fatores de estresse.

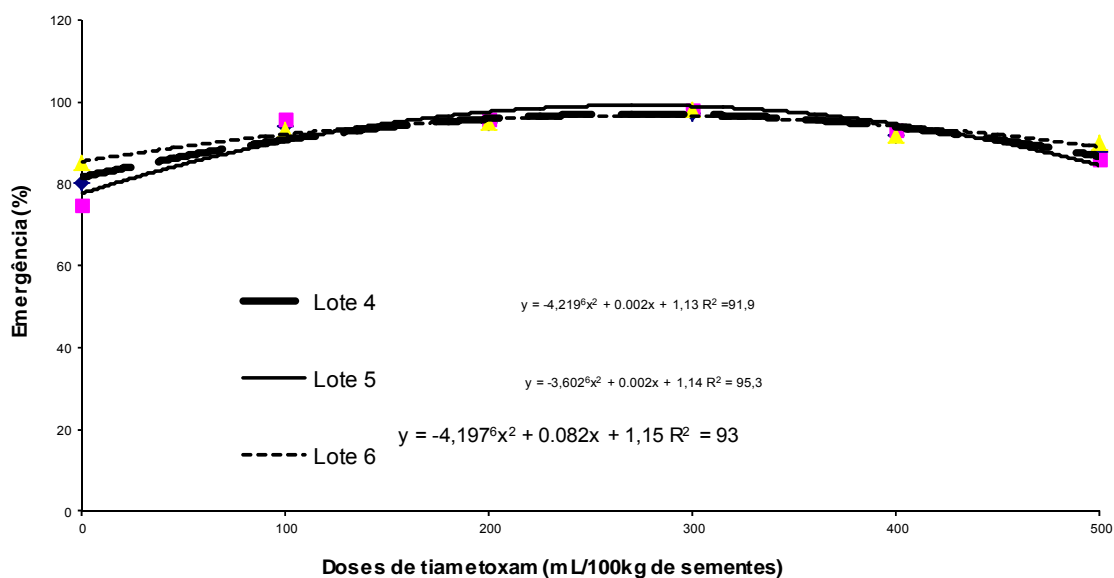


Figura 26. Emergência (%) de plântulas obtidas de três lotes de sementes de feijão, cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.

CONCLUSÃO

O produto tiametoxam estimula o desempenho fisiológico de sementes de feijão no campo na fase de estabelecimento da cultura, com intensidade variável de acordo com lote e cultivar.

O tratamento de sementes de feijão com thiametoxam é recomendável com doses 200 a 300 mL do produto por 100kg de sementes.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A.S.; CARVALHO, I.; DEUNER,C.; VILLELA, F.A.; TILLMANN, M.A.A. Bioativador no desempenho fisiológico de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.). In: XXII SEMINÁRIO PANAMERICANO DE SEMILLAS,106,2010, Assunção. **Anais...** Assunção, 2010, p.158.

ALMEIDA, A.S.; TILLMANN, M.A.A.; VILLELA, F.A.; PINHO, M.S. Bioativador no desempenho fisiológico de sementes de cenoura. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.3, p.87-95, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 398p.

CALAFIORI, M.H.; BARBIERI, A.A. Effects of seed treatment with inseticide on the germination, nutrients, nodulation, yield and pest control in bean (*Phaseolus*

vulgaris L.) culture. **Ecosistema**, Espírito Santo do Pinhal, v.26, n.1, p.97-104, 2001.

CASTRO, P.R.C.; PEREIRA, M.A. Bioativadores na agricultura. In: GAZZONI, D.L. (Ed.). **Tiametoxam**: uma revolução na agricultura brasileira, 2008, p.118-126.

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

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

CLAVIJO, J. **Tiametoxam**: un nuevo concepto em vigor y productividad. Bogotá, Colômbia, 2008.196p.

FORTI, V.A.; CICERO, S.M.; PINTO, T.L.F. Efeitos de potenciais hídricos do substrato e teores de água das sementes na germinação de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.2, p.63-70, 2009.

FREITAS, D.B.; BEZERRA, E.C.; TEIXEIRA, N.T. Aldicarb e Carbofuran e teores de nutrientes na parte aérea de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Carioca 80. **Ecosistema**, v.26, n.1, p.68-70, 2001.

LAPOSTA, J.A. **Comparação entre métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.)**. Lavras, 1991. 61f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.

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

LIMA, J.S.S.; MARTINS-FILHO, S.; LOPES, J.C; GARCIA, G.O.; NETO, R.S. Qualidade fisiológica de sementes de feijão produzidas em solo compactado. **Revista Brasileira de Sementes**, v.24, n.1, p.111-117, 2002.

McDONALD-JR., M.B.; PHANEENDRANATH, B.R. A modified accelerated aging vigor test procedure. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v.3, n.1, p.27-37, 1978.

PEREIRA, M.A; CASTRO, P.R.C.; GARCIA, E.O.; REIS, A.R. Efeitos fisiológicos de Thiametoxan em plantas de feijoeiro. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL. **Resumos...** Gramado: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, 2007.

REDDY, K.R.; REDDY, V.R.; BAKER, D.N.; McKINION, J.M. Is aldicarb a plant growth regulator. In: PLANT GROWTH REGULATION SOCIETY OF AMERICAN ANNUAL MEETING, 17., **Proceedings...** Saint Paul: Plant Regulation Society of American, p.79-80, 1990.

SILVA, J.C. **Épocas de menor risco de estresse hídrico e térmico para o feijoeiro na região central do Rio Grande do Sul**. Santa Maria, 2005. 42f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria.

TAVARES, S.; CASTRO, P.R.C.; RIBEIRO, R.V.; ARAMAKI, P.H. Avaliação dos efeitos fisiológicos de tiametoxam no tratamento de sementes de soja. In: GAZZONI, D.L. (Ed.). **Tiametoxam: uma revolução na agricultura brasileira**. 2008, p.193-204.

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

VILLELA, F.A.; DONI-FILHO, L.; SEQUEIRA, E.L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.11/12, p.1957-1968, 1991.

WANDER, A.E. Cultivo do feijão irrigado. **Embrapa Arroz e Feijão**. Sistema de Produção, n.5. ISSN1679-8869. Versão eletrônica. Dezembro, 2005. <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoIrrigadoNoroesteMG/index.htm>

III - ÍNDICE DE CLOROFILA EM PLÂNTULAS DE FEIJÃO APÓS TRATAMENTO DAS SEMENTES COM TIAMETOXAM

ANDRÉIA DA SILVA ALMEIDA
FRANCISCO AMARAL VILLELA

RESUMO

A clorofila é um pigmento que reflete a cor verde nas plantas e está diretamente associado ao potencial da atividade fotossintética, assim como o estado nutricional das plantas geralmente está associado com a qualidade e quantidade de clorofila. O tiametoxam em plantas induz maior atividade enzimática, aumentando o teor de determinados hormônios vegetais, que por sua vez incrementam a taxa de germinação de sementes, induz maior vigor em plântulas e maior desenvolvimento radicular. Este trabalho foi conduzido visando avaliar a qualidade fisiológica de plantas provenientes de sementes de feijão tratadas com tiametoxam, utilizando o colorímetro, como alternativa ao emprego do medidor de clorofila SPAD-502, para a quantificação não-destrutiva dos teores de clorofilas em folhas de feijão. Foram utilizadas sementes de feijão, cultivares Pérola e IAPAR, cada uma representada por três lotes e concentrações do produto 0,0, 100, 200, 300, 400, 500mL para 100kg de sementes. O experimento foi realizado em baldes, com três repetições de dez plântulas e as medições da clorofila durante 10 semanas. Em dez pontos de cada folha, foram realizadas leituras utilizando o medidor portátil de clorofila SPAD-502 e o colorímetro CR-400 (ambos da Konica Minolta®, Japão), procedendo-se o cálculo da média das leituras por folha. O colorímetro CR-400 foi utilizado com ponteira de vidro côncava CR-A33f (abertura de 8 mm) para a quantificação da cor no espaço de cores L, C e h°, sendo as folhas colocadas sobre superfície branca (folha de papel branco) para evitar qualquer interferência da cor dessa superfície nas leituras de refletância da folha. Plântulas de feijão provenientes de sementes tratadas com tiametoxam apresentaram maiores quantidades de clorofila do que as não tratadas, com variação dependente da cultivar e do lote.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L, bioativador, colorímetro, vigor

ABSTRACT

Chlorophyll is a pigment that reflects green plants and is directly associated with the potential photosynthetic activity, as well as the nutritional status of plants is usually directly associated with the quality and quantity of chlorophyll. The thiamethoxam in plants induces higher enzymatic activity, increasing the content of some plant hormones, which in turn increase the rate of seed germination, induces greater and greater effect on seedling root development. This work was carried out to evaluate the physiological quality of plants from seeds of beans treated with thiamethoxam, using the colorimeter, as an alternative to the use of chlorophyll meter SPAD-502, for non-destructive quantification of chlorophyll contents in leaves of beans. Seeds of beans, and IAPAR Perola, and product concentrations 0.0, 100, 200, 300, 400, 500mL to 100kg of seeds. The experiment was carried out in buckets, with three replicates of ten seedlings and measurements of chlorophyll during 10 weeks of two cultivars of beans and Pearl IAPAR each represented by three lots. In ten points of each leaf, readings were made using the portable chlorophyll meter SPAD-502 and CR-400 colorimeter (Konica Minolta both ®, Japan), proceeding to the calculation of the average readings per sheet. The colorimeter CR-400 was used with tip glass concave CR-A33f (opening of 8 mm) for quantifying the color of the color space L, C and h° and leaves were placed on a white surface (white paper) to avoid any interference in the color of the surface reflectance readings of the sheet. Seedlings from seeds treated with thiamethoxam had higher amounts of chlorophyll than the untreated varying with cultivar and batch.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L, bioactivator, seeds, colorimeter, vigor

INTRODUÇÃO

A clorofila é um pigmento que reflete a cor verde nas plantas e está diretamente associado com o potencial da atividade fotossintética, assim como o estado nutricional das plantas, em geral, está diretamente associado à qualidade e à quantidade de clorofila. O teor de clorofila nas folhas é influenciado por diversos fatores bióticos e abióticos, estando diretamente relacionado com o potencial de atividade fotossintética das plantas (TAIZ e ZEIGER, 2002). Portanto, sua quantificação é relevante no estudo de práticas culturais e de manejo, visando a aumentar o potencial fotossintético e o rendimento das culturas. A função principal da clorofila é absorver fótons da luz emitida pelo Sol participando assim de uma cadeia de transporte de elétrons que culmina na hidrólise de moléculas de água e na produção de ATP, necessário para a fase escura da fotossíntese onde os carboidratos são sintetizados a partir do gás carbônico (TAIZ e ZEIGER, 2002).

O nitrogênio é muito importante, não somente para a cultura do feijão, mas para todas as culturas, pois além de promover aumentos consideráveis de produtividade e qualidade de grãos, exerce diferentes funções essenciais na planta. A deficiência de nitrogênio em plantas é frequente em quase todos os solos, sendo caracterizada por amarelecimento generalizado das folhas, que se inicia pelas mais velhas. O nitrogênio faz parte da molécula de clorofila e, portanto, é necessário para a realização da fotossíntese. Como componente das moléculas de aminoácidos essenciais formadores de proteínas, o nitrogênio é diretamente responsável pelo aumento do teor de proteínas nos grãos. No caso específico do feijoeiro, além de promover aumento de crescimento das plantas, certos componentes da produção são influenciados pelo nitrogênio. Os efeitos mais importantes que se observam são, em geral, aumentos no número de vagens por planta e peso de grãos (CRUZ et al., 2007).

O tiametoxam em plantas induz maior atividade enzimática (CATANEO, 2008; ACEVEDO; CLAVIJO, 2008; ACEVEDO; ZAMORA; CLAVIJO, 2008), aumentando o teor de alguns hormônios vegetais, que por sua vez podem incrementar a taxa de germinação de sementes (CATANEO,

2008; ACEVEDO; CLAVIJO, 2008), induz maior vigor em plântulas (ACEVEDO; CLAVIJO, 2008) e maior desenvolvimento radicular (DENARDIN, 2008; FERNANDES et al., 2008; SILVA et al., 2008; ACEVEDO; CLAVIJO, 2008). Um maior sistema radicular proporciona incremento do teor de citocinina, em função do aumento dos locais de síntese (TAIZ; ZEIGER, 2004) e também induz a elevação da absorção de nutrientes (DENARDIN, 2008) e água, proporcionando maior resistência estomática, maior atividade do metabolismo primário, ocasionando aumento no desenvolvimento vegetal (TAVARES et al., 2007; PETRERE et al., 2008; SILVA et al., 2008), e maior atividade do metabolismo secundário, proporcionando maior resistência aos estresses (CATANEO, 2008). A interação desses eventos com espécies, cultivares e condições edafoclimáticas, podem aumentar a produtividade das plantas (PETRERE et al., 2008; DAMICO, 2008).

Este trabalho foi conduzido visando a avaliar a qualidade fisiológica de plantas de feijão provenientes de sementes tratadas com tiametoxam, utilizando o colorímetro, como alternativa ao emprego do medidor de clorofila SPAD-502, para a quantificação não-destrutiva dos teores de clorofilas em folhas de feijão.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação da EMBRAPA/Pelotas-RS. Utilizaram-se sementes de feijão, cultivares Pérola e IAPAR, cada uma representada por três lotes.

As sementes foram tratadas com um produto comercial contendo 35 gramas de ingrediente ativo de tiametoxam por litro de produto. Foram utilizadas seis doses do produto variando de zero a 500 mL de produto por 100 kg de semente, com intervalos regulares 100 mL de produto por kg de semente. A calda (produto+água) foi aplicada, com o auxílio de uma pipeta graduada, no fundo de um saco plástico transparente e distribuída pelas paredes do saco. O volume de calda utilizado foi de 0,6 L por 100 kg de sementes.

O experimento foi realizado em baldes, com três repetições de dez plântulas e as medições da clorofila durante 10 semanas, a partir da semeadura. Em dez pontos de cada folha, foram feitas leituras utilizando o medidor portátil de clorofila SPAD-502 e o colorímetro CR-400 (ambos da Konica Minolta®, Japão), procedendo-se o cálculo da média das leituras por folha. O colorímetro CR-400 foi utilizado com ponteira de vidro côncava CR-A33f (abertura de 8 mm) para a quantificação da cor no espaço de cores L, C e h° (McGUIRE, 1992), sendo as folhas colocadas sobre superfície branca (folha de papel branco) para evitar a interferência da cor dessa superfície nas leituras de refletância da folha. Posteriormente, foi determinado o índice de clorofila, conforme Richardson et al. (2002).

As leituras foram realizadas todos dias no horário da manhã.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cultivar Pérola

A partir da primeira semana (Figura 1) começou a ser medido o índice de clorofila (IC) que apresentou variações entre as plântulas provenientes de sementes tratadas com tiametoxam e as plântulas obtidas de sementes que não foram tratadas. As maiores diferenças no IC da primeira semana foram de 10 na dose 300mL por 100kg de sementes entre as plântulas provenientes de sementes não tratadas com o produto e a média para os três lotes. Na segunda semana (Figura 2), a maior diferença foi de 11,9 na dose 300mL de produto para o lote 2. Para o lote 1, essa diferença foi de 7,9 e de 9,9 para lote 3. Na terceira semana (Figura 3), a diferença entre a dose nula e a dose de 300 mL de produto para lote 1 foi de 11,6, para o lote 2 foi de 14 e para lote 3 foi de 10,6. O IC da clorofila na quarta semana (Figura 4) apresentou variações expressivas entre as doses de tiametoxam e as sementes não tratadas. As maiores diferenças continuaram em relação à dose 300mL por 100kg de sementes e as plântulas provenientes de sementes não tratadas. Essas diferenças para lote 1, foram de 13,6, para o lote 2 de 16 e para lote 3 de 11,6.

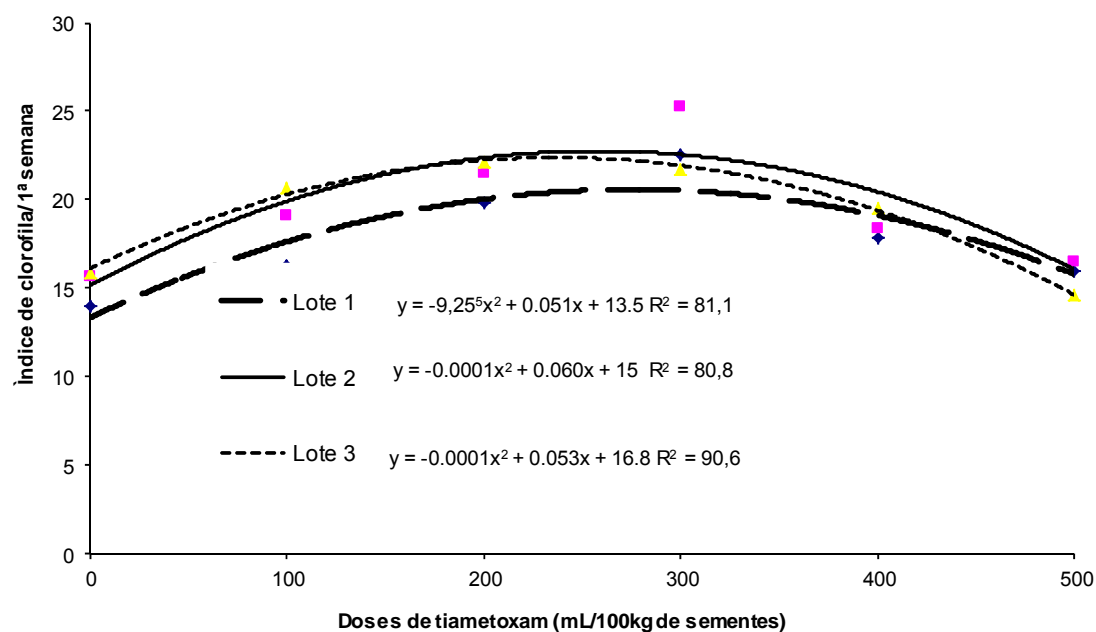


Figura 1. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar Pérola, na primeira semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.

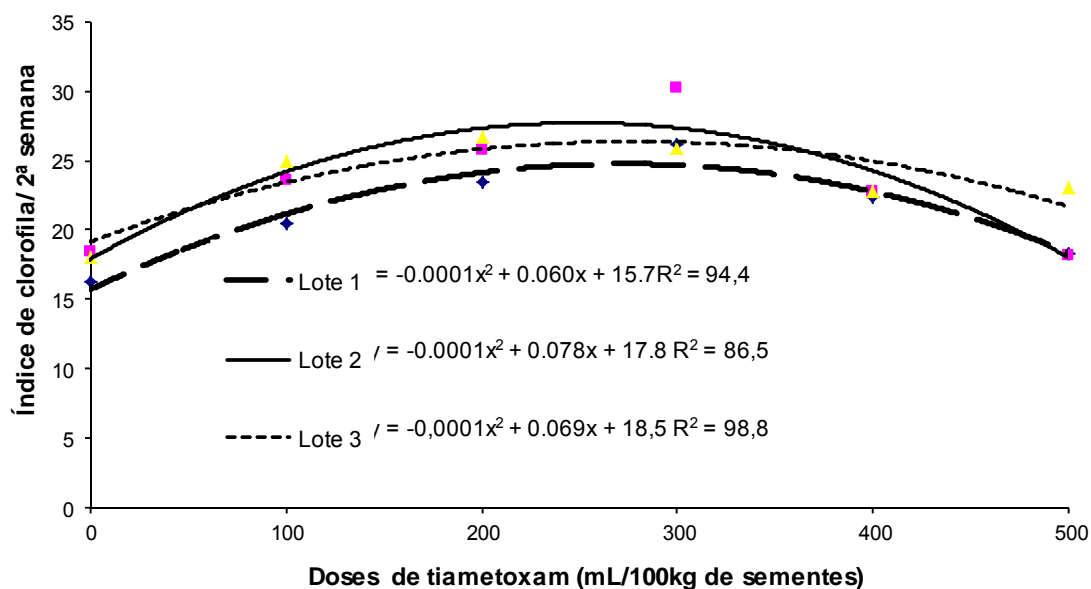


Figura 2. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar Pérola, na segunda semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.

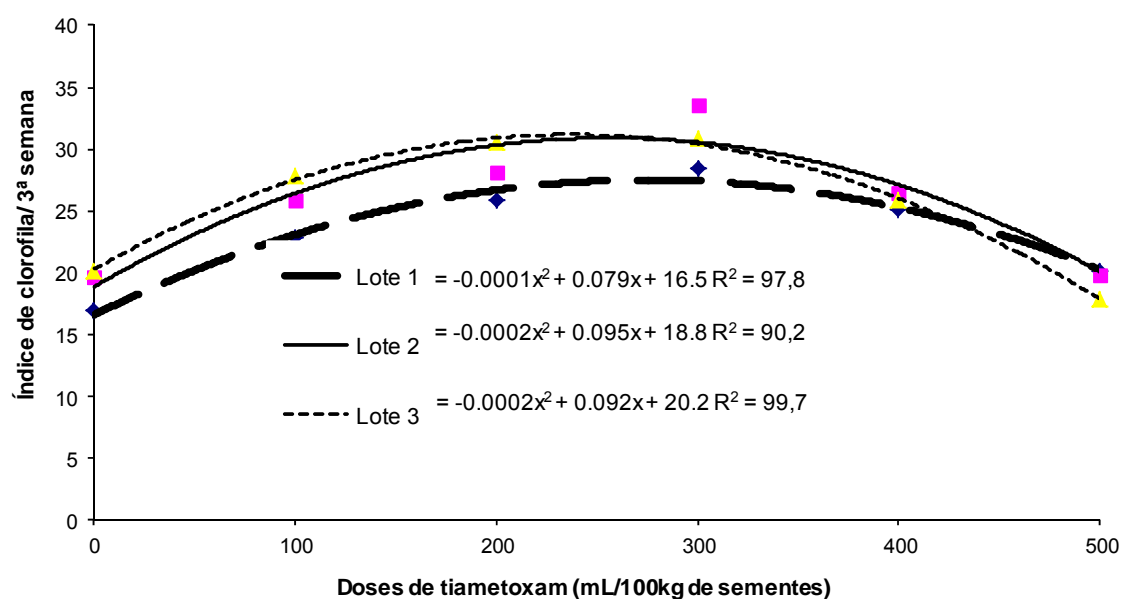


Figura 3. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar Pérola, na terceira semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.

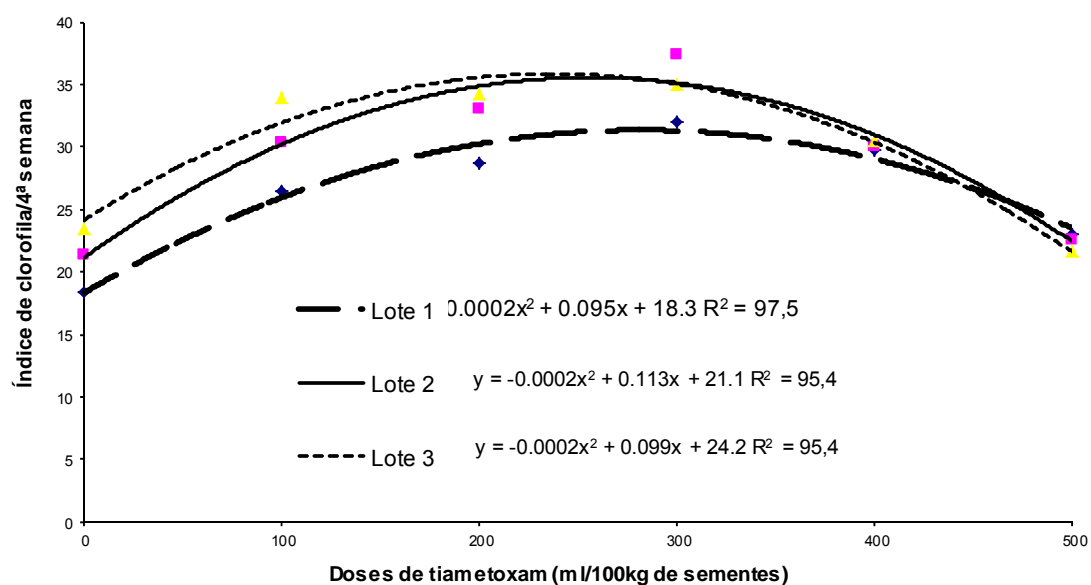


Figura 4. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar Pérola, na quarta semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.

Esses maiores índices de clorofila observados nas plântulas provenientes de sementes tratadas podem ser atribuídos ao fato dos inseticidas e fungicidas normalmente serem avaliados quanto à eficiência no controle de pragas e doenças, embora, alguns deles possam provocar efeitos ainda pouco conhecidos, capazes de modificar o metabolismo e a morfologia vegetal (CASTRO e PEREIRA, 2008). Os bioativadores são substâncias orgânicas complexas modificadoras do crescimento, capazes de atuar na transcrição do DNA na planta, expressão gênica, proteínas da membrana, enzimas metabólicas e nutrição mineral (CASTRO e PEREIRA, 2008). O inseticida tiametoxam tem demonstrado efeito positivo sobre o aumento da expressão do vigor, acúmulo de fitomassa, elevação da taxa fotossintética e formação de raízes mais profundas (CASTRO et al., 2007).

Na sexta semana (Figura 6), o IC de clorofila continuou aumentando, nas plântulas provenientes das sementes tratadas com o produto em comparação com plântulas provenientes de sementes não tratadas. O maior acréscimo foi na dose 300 mL por 100 kg de sementes, sendo para o lote 1 de 15,3, para o lote 2 de 18,6 e para lote 3 atingiu 16,8. Na Figura 7 (sétima semana), a aplicação da dose 300mL por 100kg de sementes no lote 1 aumentou 15,8, no lote 2 incrementou 20,1 e no lote 3 chegou a 19,1 comparativamente à não aplicação do produto. Na oitava semana (Figura 8), os acréscimos foram de 15.9 para o lote 1, de 19,9 para o lote 2 e de 20.7 para lote 3.

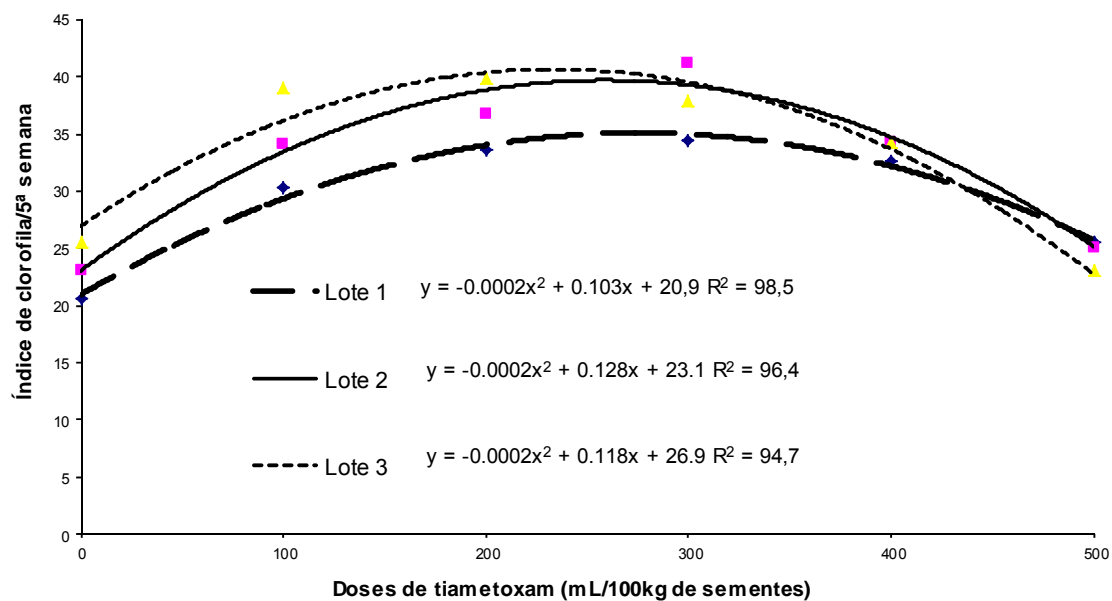


Figura 5. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar Pérola, na quinta semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.

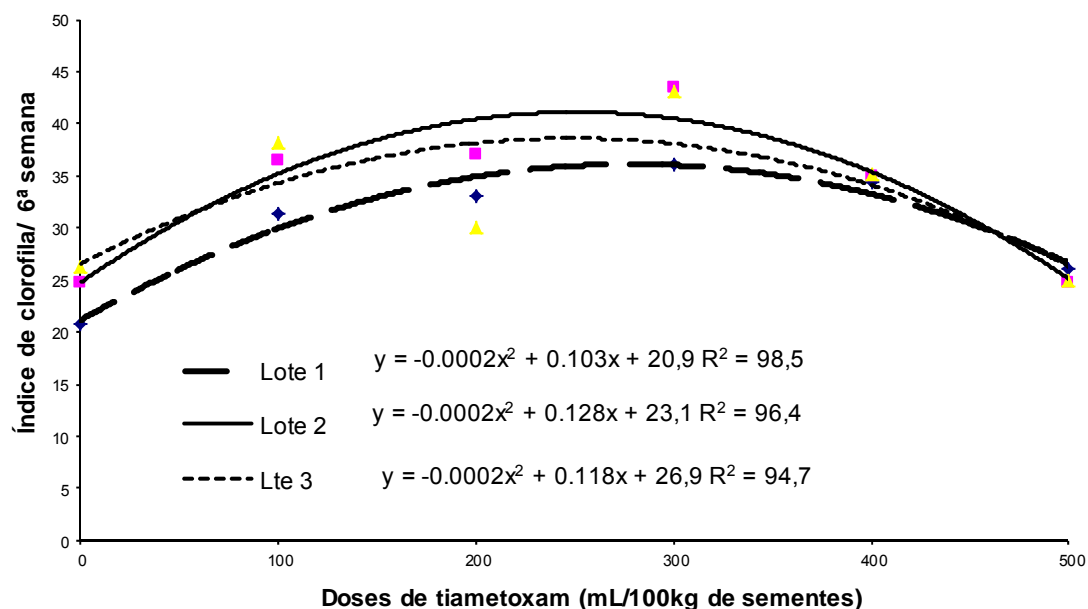


Figura 6. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar Pérola, na sexta semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.

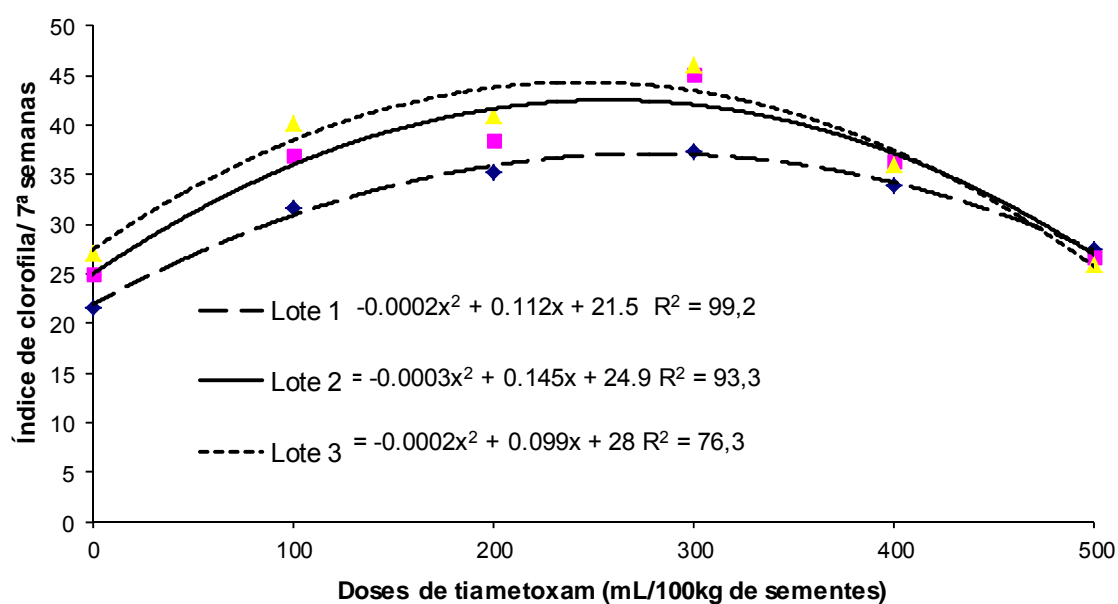


Figura 7. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar Pérola, na sétima semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.

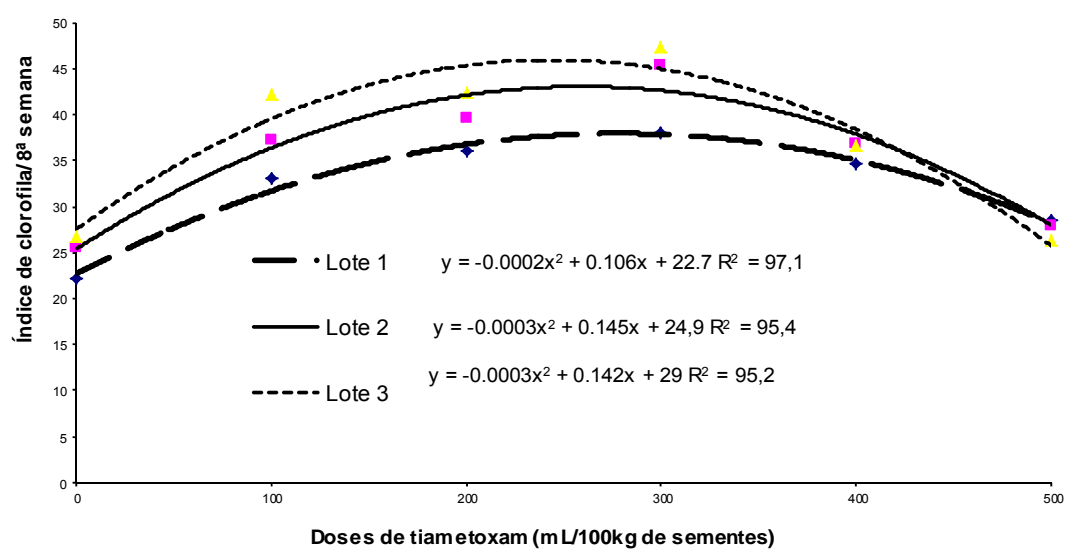


Figura 8. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar Pérola, na oitava semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.

Na nona e décima semanas ocorreu decréscimo tanto nas plântulas provenientes de sementes tratadas, como nas sem tratamento, mas mesmo diminuindo os valores do índice de clorofila, nas plântulas resultantes de sementes tratadas foram superiores às não tratadas. Na nona semana (Figura 9), as maiores diferenças continuaram sendo entre a dose de 300mL por 100kg de sementes e as não tratadas, sendo a diferença foi de 4,6, para o lote 1, de 11,5 para o lote 2 e de 8,1 para o lote 3 em relação às plântulas obtidas de sementes não tratadas.

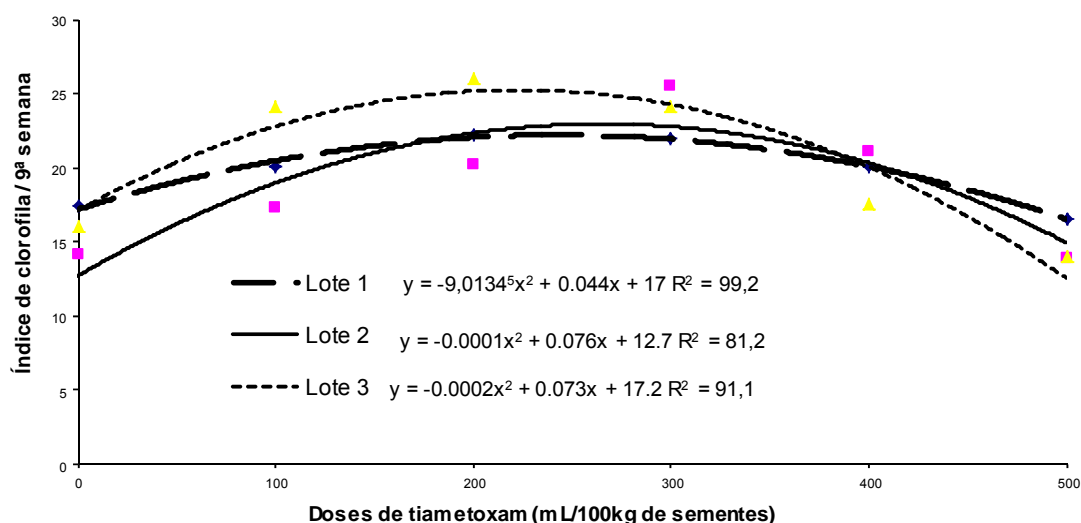


Figura 9. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar Pérola, na nona semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.

Na Figura 10 (na décima semana), constata-se que a partir da décima semana estabilizou o IC de clorofila. Esse aumento da clorofila nas plântulas provenientes de sementes tratadas pode ser explicado por maiores teores de aminoácidos, atividade de enzimas e síntese de hormônios vegetais que incrementaram as respostas das plantas a essas proteínas. Esses eventos proporcionam acréscimos na produção e redução do tempo de estabelecimento da cultura no campo, sendo mais tolerantes a fatores de estresse, conforme evidenciado em sementes de soja tratadas com tiametoxam, por Castro et al. (2007).

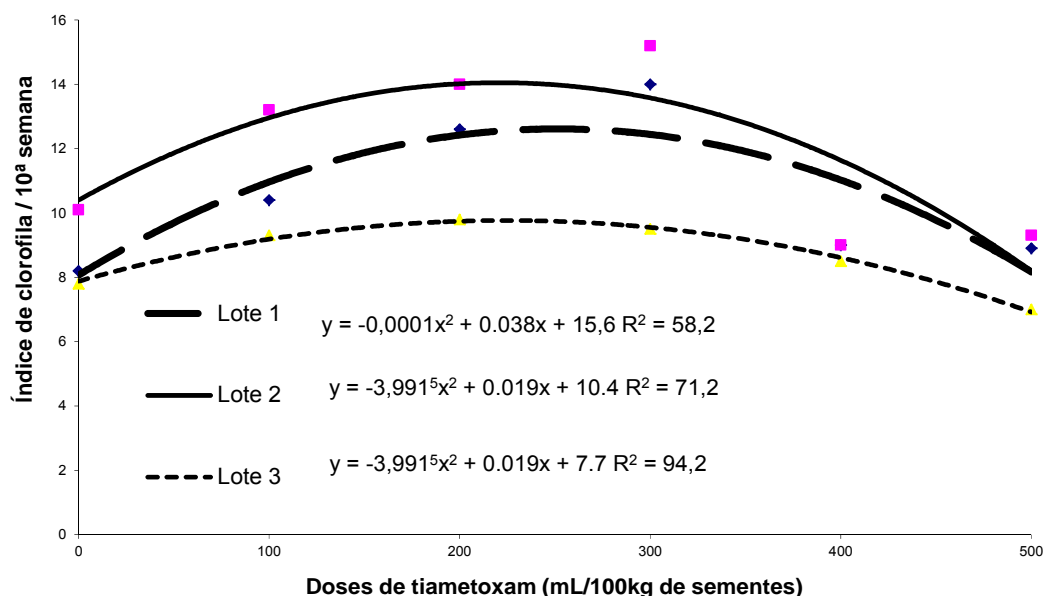


Figura 10. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar Pérola, na décima semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.

Nas doses de maior resposta, a tendência é similar ao das plântulas formadas de sementes não tratadas (Tabela 1), ocorrendo aumento com o incremento da dose. Entretanto, entre a terceira e oitava semanas, a quantidade total de clorofila nas plântulas resultantes de sementes tratadas com doses de 280 a 300mL por 100kg de sementes atingiu valores em média 67% superiores à dose zero para lote 1. A maior quantidade de clorofila absorvida pelas plântulas originadas de sementes tratadas com tiametoxam indica superioridade na atividade fotossintética, o que resulta, em princípio, em maior crescimento inicial, evidenciando maior vigor. Esse desenvolvimento mais rápido na fase de estabelecimento no campo é desejável, pois favorece a competição inicial com plantas daninhas, bem permite suportar melhor às condições adversas do clima.

A partir da oitava semana, constata-se redução no índice de clorofila até a décima semana.

Tabela 1. Comparação entre doses zero e máxima resposta das plântulas resultantes de sementes tratadas com tiametoxam, em três lotes de sementes de feijão, cultivar Pérola.

Semana	LOTE 1		LOTE 2		LOTE 3	
	Zero	300ml/100kg de sementes	Zero	300ml/100kg de sementes	Zero	300ml/100kg de sementes
1 ^a	14,0	22,5	15,6	25,3	15,9	21,7
2 ^a	16,2	26,1	18,4	30,3	18,0	25,9
3 ^a	16,9	28,5	19,6	33,6	20,2	30,8
4 ^a	18,4	32,0	21,4	37,4	23,4	35,0
5 ^a	20,5	34,4	23,1	41,2	25,6	37,9
6 ^a	20,8	36,1	24,8	43,4	26,3	43,1
7 ^a	21,6	37,4	25,0	45,1	27,0	46,1
8 ^a	22,1	38,0	25,5	45,4	26,7	47,4
9 ^a	17,4	22,0	14,1	25,6	16,1	24,2
10 ^a	8,2	14,0	10,1	15,2	7,8	9,5

Cultivar IAPAR

A cultivar IAPAR apresentou comportamento semelhante ao da cultivar Pérola. Ocorreu aumento do índice de clorofila até oitava semana, mas as plântulas provenientes das sementes tratadas com tiametoxam apresentaram resultados superiores em comparação às plântulas resultantes de sementes não tratadas. De maneira similar ao verificado com a cultivar Pérola, os maiores acréscimos ocorreram com a dose de 300mL de produto por 100kg de sementes comparativamente com a dose zero.

Na primeira semana (Figura 11), o aumento do índice de clorofila foi de 10,1 para lote 4, de 4,5 para lote 5 e de 12 para lote 6 em comparação O das plântulas resultantes de sementes não tratada. Já na segunda semana (Figura 12), os aumentos foram de 11,5 no lote 4, de 7,9 para o lote 5 e de 12,7 para o lote 6. A aplicação exógena de determinados bioativadores em sementes promove melhor expressão da germinação, estimulando a biossíntese e a ação de enzimas hidrolíticas necessárias ao processo metabólico, segundo Sercioloto (2002).

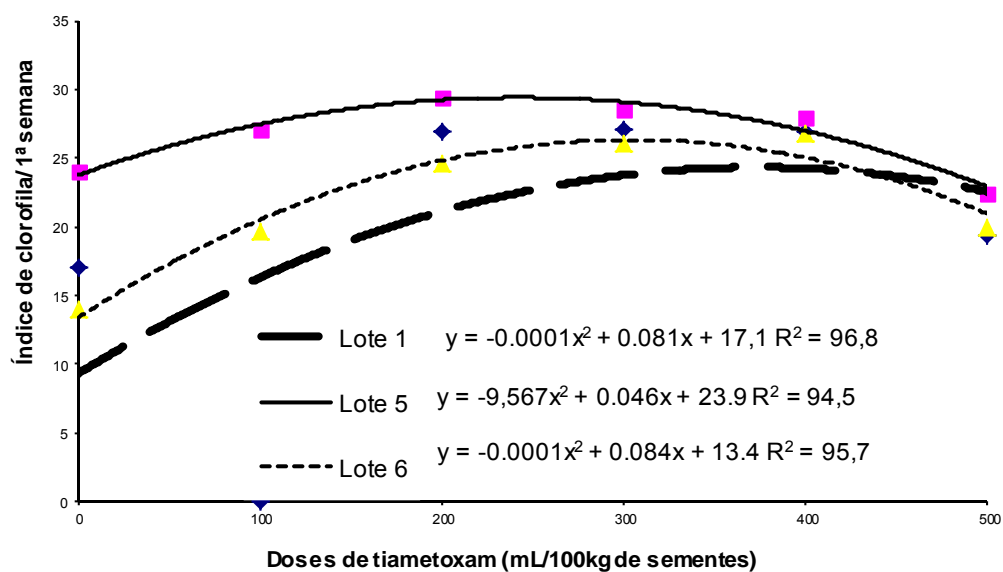


Figura 11. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar IAPAR, na primeira semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.

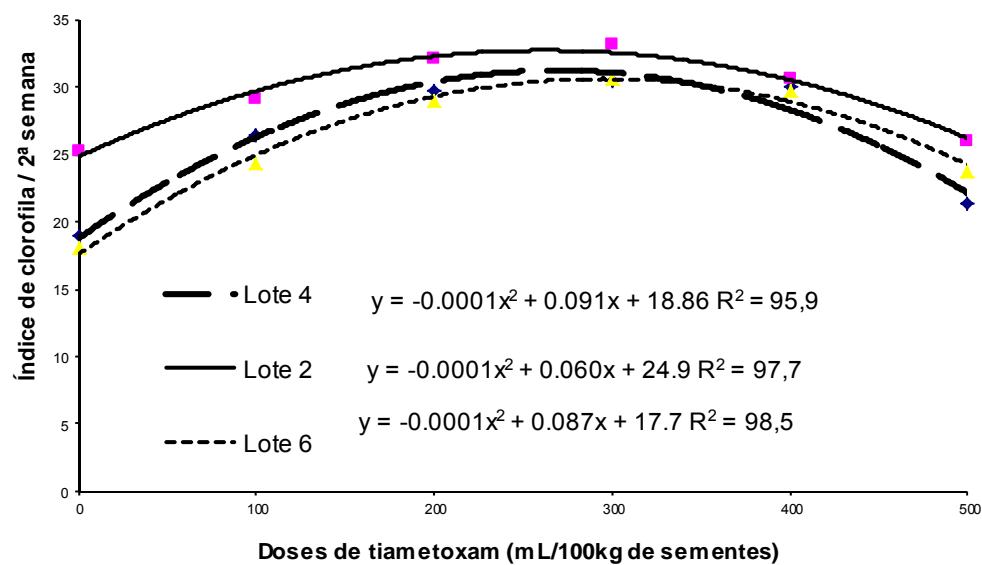


Figura 12. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar IAPAR, na segunda semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.

Na Figura 13 (terceira semana), os aumentos do IC para lote 4 foi de 13,1, para o lote 5 atingiu 9,9 e de 15,1 para o lote 6, em comparação à dose zero.

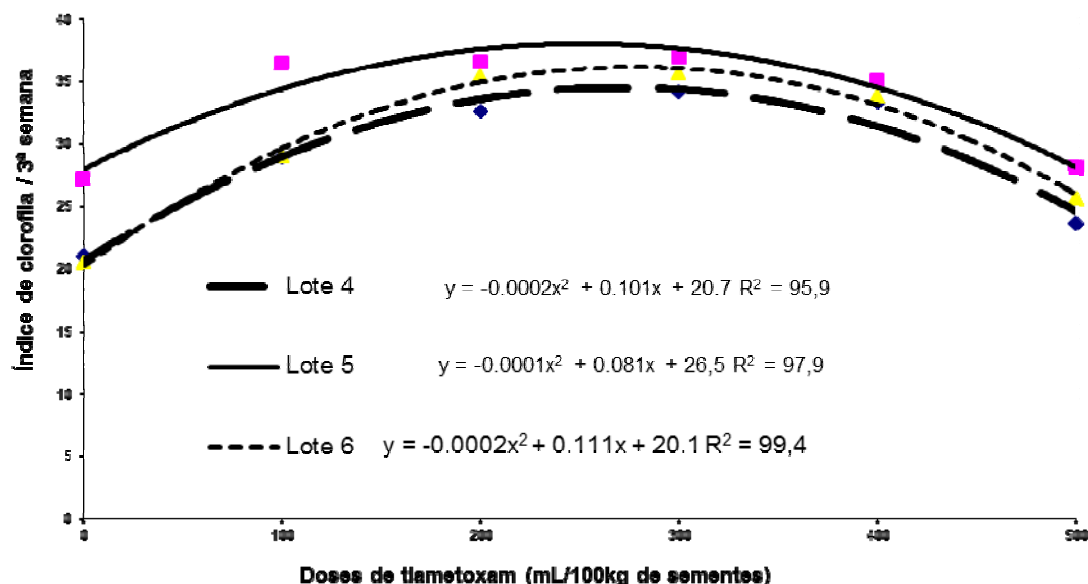


Figura 13. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar IAPAR, na terceira semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.

Na Figura 14 (quarta semana), os acréscimos da dose 300mL de tiametoxam por 100kg de sementes em relação à dose zero variaram de 12,6 (Lote 5) a 17,2 (Lote 6).

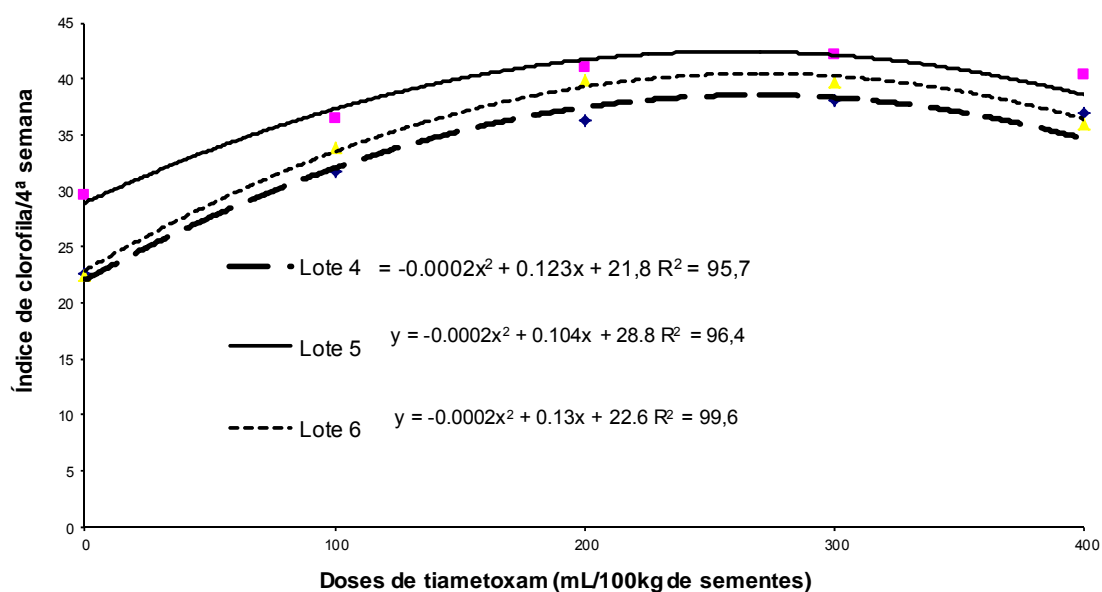


Figura 14. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar IAPAR, na quarta semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.

Na quinta semana (Figura 15), esses aumentos do IC oscilaram entre 17 (Lotes 4 e 5) e 20,3 (Lote 6). Todavia, na sexta semana (Figura 16), os incrementos alcançaram 17,1 (Lote 4) a 21,9 (Lotes 5 e 6). Essa resposta diferenciada entre a dose 300mL de tiametoxam por 100kg de sementes e a dose zero pode ser atribuída ao fato do tiametoxam movimentar-se através das células da planta e ativar várias reações fisiológicas, como a expressão de proteínas funcionais relacionadas aos mecanismos de defesa da planta contra fatores de estresse, tais como secas, elevadas temperaturas, efeitos fitotóxicos, entre outros, melhorando a produtividade, área foliar, comprimento radicular e total da plântula, conforme constatado em sementes de soja por Tavares et al. (2007).

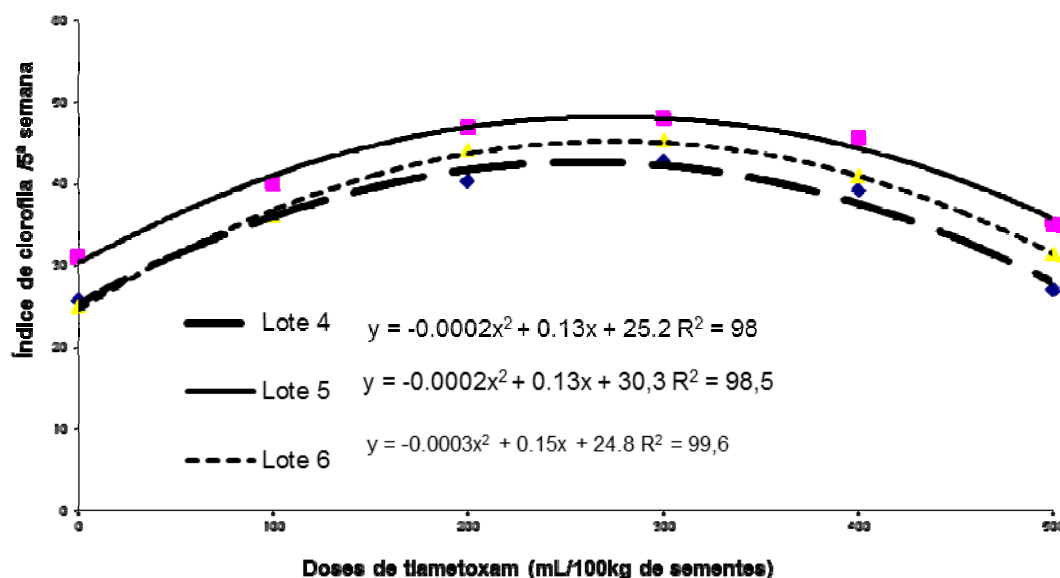


Figura 15. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar IAPAR, na quinta semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.

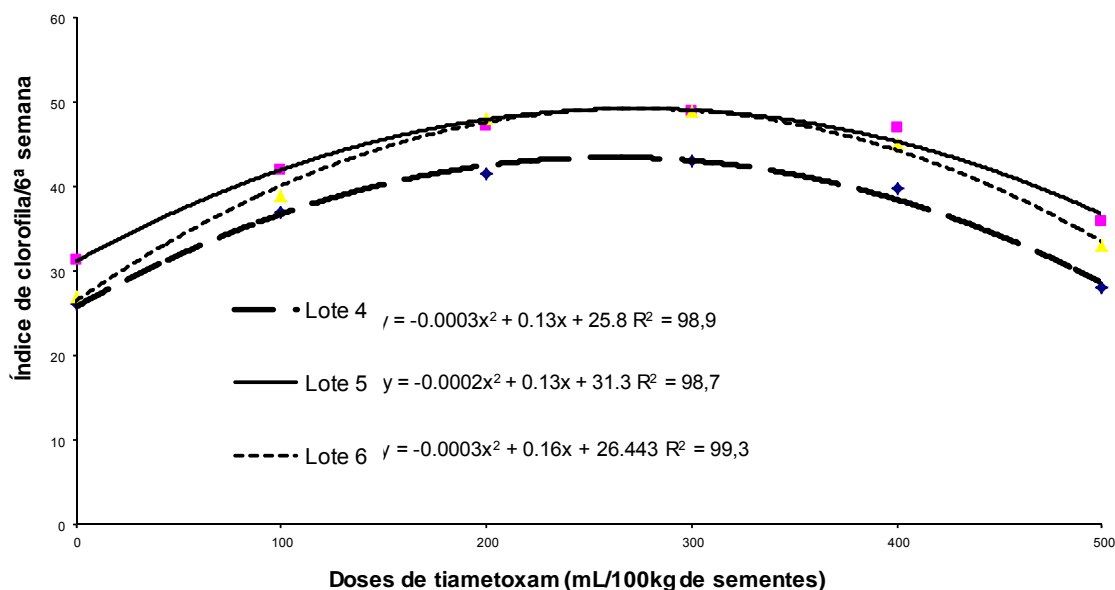


Figura 16. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar IAPAR, na sexta semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.

Na sétima semana (Figura 17), os acréscimos dos IC foram de 17,9 para lote 4, de 18,1 no lote 5 e de 21,4 para lote 6. Na Figura 18 (oitava semana), o aumento variou de 16,5 (lote 4) a 23,7 (Lote 6). Na nona e décima semanas, ocorreu diminuição do índice de clorofila, mas as plântulas formadas de sementes tratadas com tiametoxam ainda foram superiores em relação as das plântulas obtidas de sementes não tratadas. Na Figura 19, os acréscimos foram em média de 6,0 para os lotes 4 e 6 e de 14,9 para o lote 5. Na décima semana (Figura 20), as diferenças entre a dose 300mL de produto por 100kg de sementes foram em média de 6,0 a 8,0, dependendo do lote.

Este favorecimento ocasionado pelo produto pode ser explicado pelo fato do tiametoxam ser transportado dentro da planta através das células, ativando diferentes reações fisiológicas, dentre elas a expressão de proteínas. Estas proteínas interagem com vários mecanismos de defesa de estresses da planta, permitindo que ela enfrente melhor condições adversas, tais como secas, baixo pH, alta salinidade de solo, radicais livres, estresses por altas temperatura, efeitos fitotóxicos de níveis elevados de alumínio, ferimentos causados por pragas, ventos, granizo, ataque de viroses e deficiência de nutrientes. Além disso, pode apresentar efeito fitotônico, ou seja, estimulando o desenvolvimento mais rápido do vegetal, permitindo a melhor expressão do

vigor. Em soja foi observado aumento da germinação, vigor, produtividade, área foliar e radicular, estando mais uniforme, uniformidade na emergência e melhor desenvolvimento inicial (CLAVIJO, 2008). Desta maneira, pode ocorrer do tempo para estabelecimento da cultura no campo, diminuindo os efeitos negativos de competição com plantas daninhas ou por nutrientes essenciais presentes no solo (CATANEO, 2008).

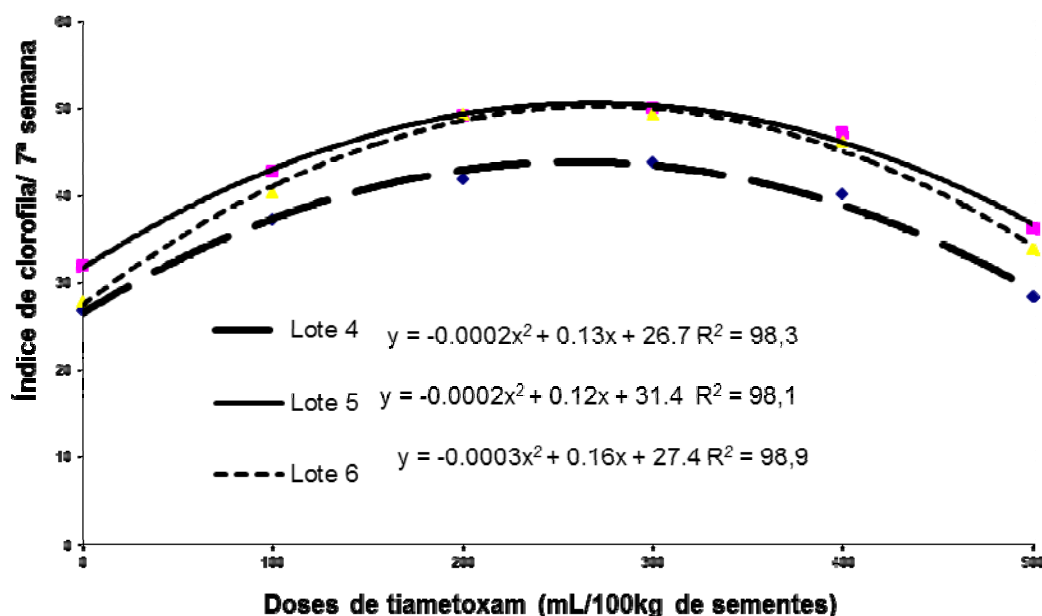


Figura 17. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar IAPAR, na sétima semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.

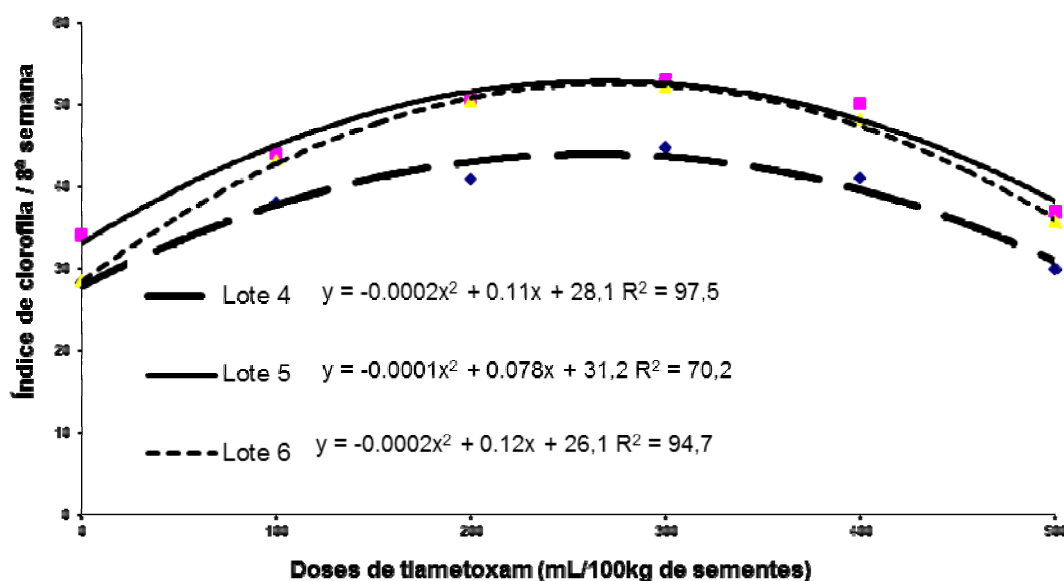


Figura 18. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar IAPAR, na oitava semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.

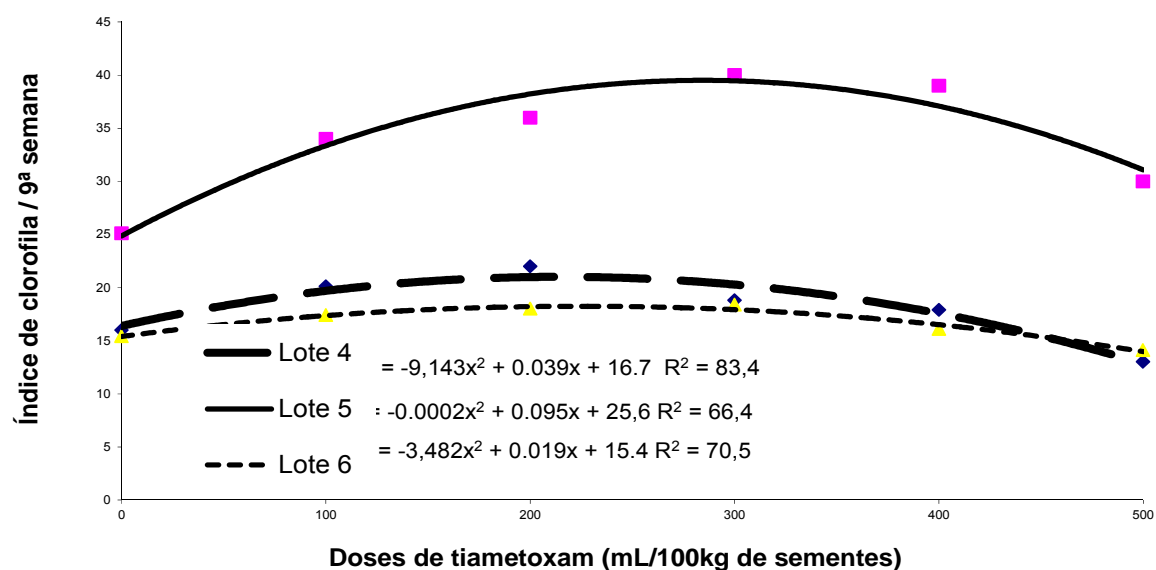


Figura 19. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar IAPAR, na nona semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.

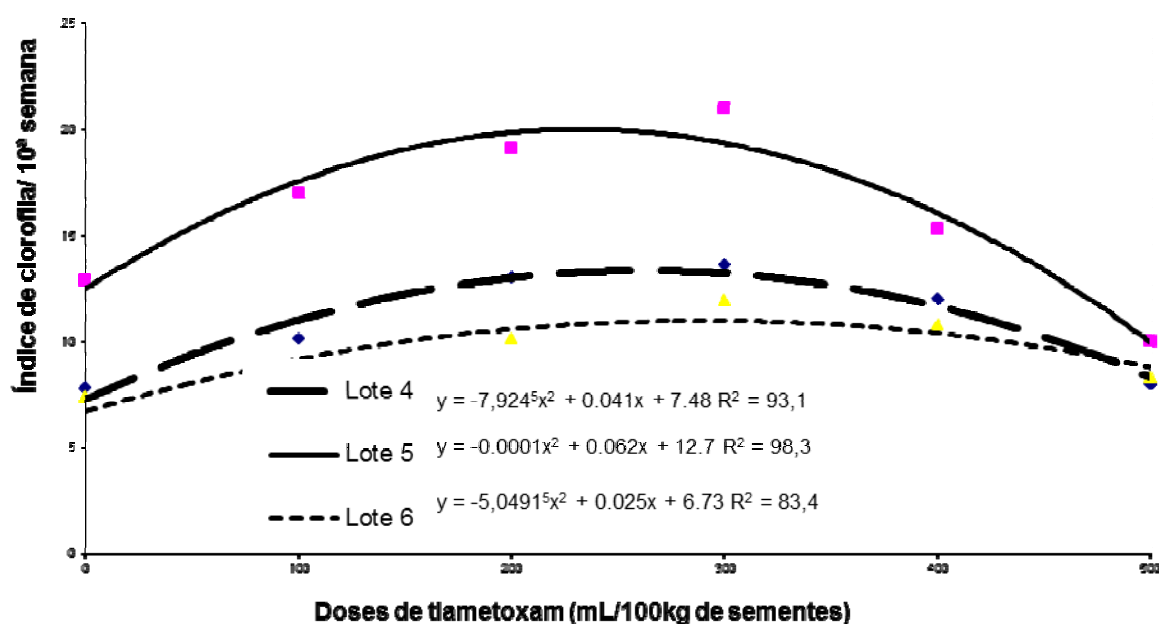


Figura 20. Índice de clorofila de plântulas obtidas de sementes de três lotes de feijão, cultivar IAPAR, na décima semana após a semeadura, submetidas a diferentes doses de tiametoxam.

De maneira geral, o comportamento das sementes de feijão da cultivar IAPAR (Tabela 2) foi semelhante ao da cultivar Pérola. As sementes de feijão tratadas com tiametoxam, na dose que obteve máxima resposta, apresentou valores de índice de clorofila, ao longo das dez semanas, superiores aos alcançados pelas plântulas/plantas obtidas de sementes não tratadas. Vale

ressaltar que o acréscimo no índice de clorofila nas plântulas tratadas com tiametoxam pode favorecer a cultura, pois o nitrogênio faz parte da molécula de clorofila, sendo, portanto, necessário para a realização da fotossíntese. Além disso, mostra-se diretamente responsável pelo aumento do teor de proteínas nos grãos, promovendo aumento de crescimento das plantas, no número de vagens por planta e peso de grãos (BARBIERI-JUNIOR et al., 2010).

Tabela 2. Comparação entre as doses zero e a de máxima resposta das sementes de feijão tratadas com tiametoxam, em três lotes da cultivar IAPAR.

Semanas	LOTE 4		LOTE 5		LOTE 6	
	Zero	300ml/100kg de sementes	Zero	300ml/100kg de sementes	Zero	300ml/100kg de sementes
1 ^a	17,0	27,1	24,0	28,6	14,0	26,0
2 ^a	19,2	30,5	25,2	33,1	18,1	30,7
3 ^a	21,0	34,1	27,1	37,0	20,5	35,6
4 ^a	22,6	38,1	29,6	42,2	22,5	39,7
5 ^a	25,7	42,6	31,0	48,0	25,0	45,3
6 ^a	26,0	43,1	31,4	48,9	27,3	48,9
7 ^a	27,2	43,9	32,4	50,1	27,9	49,3
8 ^a	28,3	44,8	34,1	53,0	28,4	52,1
9 ^a	16,1	18,8	25,1	40,1	15,4	18,4
10 ^a	7,8	13,6	12,9	21,0	7,4	11,9

CONCLUSÃO

Plântulas de feijão provenientes de sementes tratadas com tiametoxam apresentaram índices de clorofila superiores relativamente às plântulas resultantes de sementes não tratadas, com intensidade variável conforme a cultivar e o lote.

As doses de máximas respostas do índice de clorofila das plântulas formadas de sementes tratadas com tiametoxam variam de 260 a 300mL por 100kg de sementes.

REFERÊNCIAS

- AMARANTE, C.V.T. do; STEFFENS, C.A.; MOTA, C.S.; SANTOS, H.P. dos. Radiação, fotossíntese, rendimento e qualidade de frutos em macieiras 'Royal Gala' cobertas com telas antigranizo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.7, p.925-931, 2007.
- ARNON, D.I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Maryland, v.24, p.1-15, 1949.
- AZIA, F.; STEWART, K.A. Relationship between extractable chlorophyll and SPAD values in muskmelon leaves. **Journal of Plant Nutrition**, Abingdon, v.24, n.6, p.961-966, 2001.
- BARBIERI-JUNIOR, É.; ROSSIELLO, R.O.P.; MORENZ, M.J.F.; RIBEIRO, R.C. Comparação de métodos diretos de extração e quantificação dos teores de clorofilas em folhas do capim-Tifton 85. **Ciência Rural**, v.40, n.3, 2010.
- CASTRO, P.R.C.; PEREIRA, M.A. Bioativadores na agricultura. In: GAZZONI, D.L. (Ed.). **Tiametoxam**: uma revolução na agricultura brasileira. 2008, p.118-126.
- CASTRO, P.R.C.; PITELLI, A.M.C.M.; PERES, L.E.P.; ARAMAKI, P.H. Análise da atividade reguladora de crescimento vegetal de tiametoxam através de biotestes. **Publicatio**. Ponta Grossa, v.13, p.25-29, 2007.
- CLAVIJO, J. **Tiametoxam**: um nuevo concepto em vigor y productividad. Bogotá, Colômbia, 2008.196p.
- CRUZ, A.C.F.; SANTOS, R.P.; IAREMA, L.; FERNANDES, K.R.G.; KUKI, K.N.; ARAÚJO, R.F.; OTONI, W.C. Métodos comparativos na extração de pigmentos foliares de três híbridos de *Bixa orellana* L. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, Supl.2, p.777-779, 2007.
- McGUIRE, R.G. Reporting of objective color measurements. *HortScience*, Alexandria, v. 27, n.12, p.1254-1255, 1992. NEILSEN, D.; HOGUE, E.J.; NEILSEN, G.H.; PARCHOMCHUK, P. Using SPAD-502 values to assess the nitrogen status of apple trees. **HortScience**, Alexandria, v.30, n.3 p.508-512, 1995.
- MARKWELL, J.; OSTERMAN, J.C.; MITCHELL, J.L. Calibration of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. **Photosynthesis Research**, Amsterdam, v.46, n.3, p.467-472, 1995.
- RICHARDSON, A.D.; DUGAN, S.P.; BERLYN, G.P. An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. **New Phytologist**, Lancaster, v.153, n.1, p.185-194, 2002.
- SERCILOTO, C.M. Bioativadores de plantas. **Cultivar HF** (Pelotas), v.13, p.20-21, 2002.

SWIADER, J.M.; MOORE, A. SPAD-chlorophyll response to nitrogen fertilization and evaluation of nitrogen status in dryland and irrigated pumpkins. **Journal of Plant Nutrition**, Abingdon, v.25, n.5, p.1089-1100, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3.ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2002. 690p.

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

UDDLING, J.; GELANG-ALFREDSSON, J.; PIIKKI, K.; PLEIJEL, H. Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings. **Journal Photosynthesis Research**, Dordrecht, v.91, n.1, p.37-46, 2007.

**IV - EXPRESSÃO DE ISOENZIMAS DURANTE O PROCESSO DE
GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE FEIJÃO TRATADAS COM
TIAMETOXAM, COM E SEM ESTRESSE HÍDRICO**

ANDRÉIA DA SILVA ALMEIDA
FRANCISCO AMARAL VILLELA

RESUMO

O produto tiametoxam atua como potencializador, permitindo maximizar a expressão do vigor de sementes. As isoenzimas são produtos da expressão gênica altamente influenciadas pelo ambiente, pois os genes que controlam sua expressão manifestam-se em determinados estádios do desenvolvimento e em órgãos e tecidos específicos, ou ainda, sob ação de determinado estímulo. O presente trabalho objetivou avaliar a expressão de isoenzimas em plântulas de feijão, provenientes de sementes tratadas com tiametoxam. Foram utilizadas sementes de feijão, cultivar Pérola, submetidas ou não a estresse hídrico. As sementes foram tratadas com doses de tiametoxam: 0; 1; 2; 3; 4 e 5 mL por 100 kg de sementes. As isoenzimas foram extraídas de plântulas coletadas cinco dias após a semeadura. Avaliou-se a expressão das isoenzimas: Esterase (EST), Glutamato Oxalacetato Transaminase (GOT), Fosfatase Ácida (FAC) e Peroxidase (PO). A interpretação dos resultados foi baseada na análise visual dos géis de eletroforese, levando em consideração a presença/ausência, e a intensidade de cada banda eletroforética. O produto tiametoxam não afetou negativamente a expressão dos sistemas enzimáticos estudados. Os efeitos benéficos do produto talvez afetem outros processos metabólicos não envolvidos diretamente com as enzimas ou fases estudadas.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, Eletroforese, Fosfatase Ácida, Glutamato Oxalacetato Transaminase, Peroxidase.

ABSTRACT

The product Thiamethoxam acts as a potentiator, allowing you to maximize the expression of seed vigor. The isoenzymes are products of gene expression and highly influenced by the environment, because genes that control its expression are manifested in certain developmental stages and in specific organs and tissues, or under a certain estímulo. This study aimed to evaluate the expression of isoenzymes in bean seedlings, grown from seeds treated with Thiamethoxam. Pearl was used to cultivate with and without water stress. The seeds were treated with doses of thiamethoxam: 0, 1, 2, 3, 4 and 5 mL.100kg⁻¹ seed. The isozymes were extracted from seedlings collected five days after sowing. We evaluated the expression of isoenzymes: Esterase (EST), glutamate Oxalacetate transaminase (GOT), acid phosphatase (FAC), peroxidase (PO). The interpretation of the results was based on visual analysis of electrophoresis gels, taking into account the presence / absence, and each electrophoretic band intensity. The product thiamethoxam did not negatively affect the expression of the enzyme systems studied. The beneficial effects of the product should affect other metabolic processes not directly involved with the enzymes o phase studied.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*, Electrophoresis, Glutamate Oxalacetate Transaminase, Acid Phosphatase, Peroxidase.

INTRODUÇÃO

Os inseticidas e fungicidas, em geral, são avaliados quanto à eficiência no controle de pragas e doenças. Todavia, alguns podem provocar efeitos ainda pouco conhecidos, destacando-se a capacidade de modificar o metabolismo e a morfologia vegetal (CASTRO e PEREIRA, 2008).

Dentre os diversos princípios ativos dos inseticidas disponíveis no mercado, o tiametoxam tem demonstrado efeito positivo no aumento da expressão do vigor, acúmulo de fitomassa, incremento da taxa fotossintética e formação de raízes mais profundas. Esses efeitos do tiametoxam concordam com as verificações de Almeida et al. (2009), em sementes de cenoura e Almeida et al.(2010), em sementes de arroz, por Lauxen et al.(2010), em sementes de algodão.

O tiametoxam é transportado na planta através das células e ativa determinadas reações fisiológicas, como a expressão de algumas proteínas. Estas proteínas interagem com vários mecanismos de defesa contra estresses da planta, permitindo que ela enfrente melhor condições adversas, tais como secas, baixo pH, alta salinidade de solo, radicais livres, estresses por altas temperatura, efeitos fitotóxicos de níveis elevados de alumínio, ferimentos causados por pragas, ventos, granizo, ataque de viroses e deficiência de nutrientes. Favorece o desenvolvimento mais rápido da planta, permitindo melhor expressão do vigor. Em soja foi observado aumento do vigor, produtividade, área foliar e radicular, estande mais uniforme, uniformidade na emergência e melhor desenvolvimento inicial (CASTRO, 2006).

Este bioativador é capaz de aumentar a produtividade da cana-de-açúcar de até doze por cento por hectare. Este produto chega ao mercado no momento em que a demanda por cana-de-açúcar para biocombustíveis é crescente (CASTRO et al., 2007).

Outro efeito benéfico do tiametoxam é o acréscimo em até cinquenta por cento no teor de nitrogênio total do tecido de plantas provenientes de sementes tratadas, na formação de nodulação nas raízes da soja (CASTRO et al., 2008).

Utilizado no tratamento de sementes de soja, o tiametoxam acelera a germinação, induz maior desenvolvimento do eixo embrionário, minimizando os efeitos negativos em situações de presença de alumínio, salinidade e deficiência hídrica. Acelera a germinação, por estimular a atividade da peroxidase, prevenindo o estresse oxidativo. Além disso, o produto reduz o tempo para estabelecimento da cultura no campo, diminuindo os efeitos negativos de competição com plantas daninhas ou por nutrientes essenciais presentes no solo (CATANEO et al., 2006).

Sob condições de campo, as plantas são normalmente expostas a vários fatores de estresses que podem reduzir sua capacidade de expressar e atingir todo seu potencial genético de produtividade. Plantas tratadas com thiametoxan são mais tolerantes a estes fatores de estresse e, conseqüentemente, podem se desenvolver mais vigorosamente em condições subótimas, permitindo melhores chances de atingir seu potencial genético de produtividade (TAVARES et al., 2008).

Na tecnologia de sementes, uma das maiores dificuldades para avaliar a qualidade de sementes refere-se à metodologia para execução dos testes. Dessa forma, novos testes devem ser desenvolvidos para obter resultados efetivos e mais rápidos, na tentativa de prever a qualidade dos lotes que chegam ao laboratório. A eletroforese de isoenzimas permite avaliar não só a qualidade fisiológica de sementes, mas também nas regulações gênicas e bioquímicas (ISTA, 1992). As isoenzimas são produtos da expressão gênica e conseqüentemente, altamente influenciadas pelo ambiente, pois os genes que controlam a sua expressão manifestam-se em determinados estádios do desenvolvimento e em órgãos e tecidos específicos, ou ainda sob um determinado estímulo (RAMÍREZ et al., 1991; MALONE, 2007). O termo isoenzima faz referência às diferentes formas moleculares (alelos) que uma determinada enzima pode apresentar, porém, reagindo sempre com o mesmo substrato (MARKET e MOLLER, 1959; MALONE et al., 2007).

O sistema isoenzimático Esterase é constituído por um complexo e heterogêneo grupo de enzimas reativas com uma ampla gama de substratos específicos (SCANDALIOS, 1969). As variantes destas proteínas encontradas em plantas, por exemplo, são geralmente monoméricas ou diméricas

(WEEDEN e WENDEL, 1990), com alto nível de variabilidade (Gillespie e Langley, 1974). Em razão disso, Esterase é um dos sistemas isoenzimáticos mais polimórficos em plantas (WEEDEN e WENDEL, 1990).

Glutamato Oxalecetato Transaminase (GOT), participante na síntese de novos aminoácidos, representa fonte de energia ao embrião em desenvolvimento. De acordo com Brandão-Junior et al. (1999) e Tunes (2010), essa enzima participa no processo de degradação e síntese de aminoácidos apresentando importante papel na germinação de sementes. Em função de esta enzima estar diretamente envolvida no metabolismo do nitrogênio, é possível que variações ocorram à medida que acontece a síntese e degradação de aminoácidos, durante o processo de germinação. A enzima GOT tem uma participação fundamental no metabolismo proteico, não somente durante a germinação, mas, durante todo o ciclo de vida da planta.

A enzima Fosfatase Ácida (ACP) tem sido amplamente caracterizada em plantas, e a sua atividade aumenta em plantas que apresentam deficiência de fósforo. O incremento na atividade de ACP sob baixas concentrações de fósforo tem sido reportado para grande número de espécies e órgãos vegetais (UEKI e SATO, 1977; BARRETT-LENNARD et al., 1982; DUFF et al., 1989; GOLDSTEIN et al., 1989; LEFEBVRE et al., 1990).

Desta forma, espera-se que a intensidade da expressão da enzima Fosfatase Ácida aumente conforme o conteúdo de fósforo do solo decresça e caso os requerimentos nutricionais das plântulas sejam maiores.

A Peroxidase é uma enzima envolvida em diversas reações, ligações polissacarídeos, cicatrização, ferimentos causados por patógenos, regulação e alongação de células.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a expressão de isoenzimas em plântulas de feijão, provenientes de sementes tratadas com tiametoxam.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório Didático de Análise de Sementes e no Laboratório de Biossementes da Faculdade de Agronomia

Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas-RS. Utilizaram-se sementes de feijão, cultivares Pérola e IAPAR.

As sementes foram tratadas com produto comercial contendo 35 gramas de ingrediente ativo de tiametoxam por litro de produto. As sementes foram tratadas com cinco doses: Tratamento 1 - sementes não tratadas; Tratamento 2 - 1mL de produto.kg⁻¹ de semente; Tratamento 3 - 2mL de produto.kg⁻¹ de semente; Tratamento 4 - 3mL de produto.kg⁻¹ de semente, Tratamento 5 - 4mL de produto.kg⁻¹ de semente e Tratamento 6 - 5mL de produto.kg⁻¹ de semente.

A calda (produto + água destilada) foi aplicada com o auxílio de uma pipeta graduada, no fundo de um saco plástico transparente e distribuída pelas paredes do mesmo até uma altura de 15cm. O volume de calda utilizado foi de 0,6L.100kg de sementes.

Os tratamentos com tiametoxam foram aplicados em sementes submetidas ou não ao estresse hídrico de potencial -0,4MPa. O estresse hídrico foi obtido por meio de soluções aquosas de polietileno glicol (PEG 6000). A determinação das quantidades de soluto foi efetuado segundo Villela et al. (1991). As soluções de polietileno glicol foram aplicadas sobre o substrato de papel germitest, em quantidade equivalente a 2,5 vezes seu peso de papel seco, nas avaliações de laboratório que envolveram o teste de germinação.

No teste de germinação, cinquenta sementes, por subamostra, num total de 200, foram semeadas em rolo de papel e acondicionadas em germinador regulado a 25°C, segundo as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). As plântulas a serem utilizados para extração de proteínas foram coletadas no quinto dia após as sementes terem sido submetidas ao teste de germinação.

Dez plântulas coletadas aleatoriamente foram maceradas em gral de porcelana sobre cubos de gelo. De cada uma das amostras, 200mg do extrato vegetal foram colocados em tubo *ependorf* acrescidos de solução extratora (tampão do gel + 0,15% de 2-mercaptoetanol) na proporção 1:2 (p/v). A eletroforese foi realizada em géis de poliacrilamida 7%, colocando 20µL de cada amostra, em orifícios feitos com o auxílio de um pente de acrílico. Três aplicações (repetições) para cada uma das amostras foram realizadas. Os

padrões enzimáticos foram analisados pelo sistema de tampões, descrito por Scandalios (1969). Os géis foram colocados em cubas eletroforéticas verticais mantidas em câmara fria à temperatura entre 4 e 6°C. As migrações eletroforéticas foram realizadas com uma diferença de potencial de 10 V cm⁻¹, até que a linha de frente formada pelo azul de bromofenol atingisse 9cm do ponto de aplicação. Os géis foram revelados, para os sistemas enzimáticos Glutamato Oxalacetato Transaminase (GOT), Fosfatase Ácida (FAC), Peroxidase (PO), Esterase (EST) e Glutamato desidrogenase (GTDH), conforme Scandalios (1969) e Alfenas (1998). Os géis de eletroforese foram fixados em solução 5:5:1, de água destilada: metanol:ácido acético.

A interpretação dos resultados foi baseada na análise visual dos géis de eletroforese, levando em consideração à presença/ausência, bem como a intensidade de cada uma das bandas eletroforéticas, comparando-se as diferentes doses e cultivares utilizadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para avaliar o comportamento da germinação dos lotes de sementes de feijão, cultivar Pérola, e IAPAR (Figura 1). Pelas curvas resultantes, verifica-se que, a partir da dose zero, houve aumento nos valores de germinação com elevação da dose de tiametoxam, nas condições sem e com estresse hídrico. Pode-se perceber que a partir da dose zero, a germinação possui tendência quadrática crescente, chegando a um ponto máximo, alcançado, ao atingir dose de 2 a 3mL de produto.kg⁻¹ de semente, dependendo da cultivar. Após atingir esse ponto, a germinação decresce conforme aumenta a dose do produto. Os acréscimos na germinação em relação à dose zero variaram em média de 27 pontos percentuais no caso em que as sementes não foram submetidas ao estresse hídrico e de 15 pontos percentuais se submetidas ao estresse. O estresse hídrico reduziu a qualidade das sementes de todos os lotes avaliados. Observa-se que os lotes 4 e 5 submetidos ao estresse apresentaram germinação abaixo do padrão de comercialização e que ambas concentrações do produto utilizadas no tratamento das sementes estimularam a germinação, permitindo alcançar valores compatíveis com a comercialização.

Esse efeito foi comprovado em soja, cujas sementes tratadas foram colocadas para germinar em situações de deficiência hídrica, havendo aceleração da germinação, diminuindo o prolongamento do processo de embebição (CATANEO et al., 2006).

Os resultados de germinação obtidos nas sementes tratadas com as diferentes concentrações do produto mostraram resultados semelhantes.

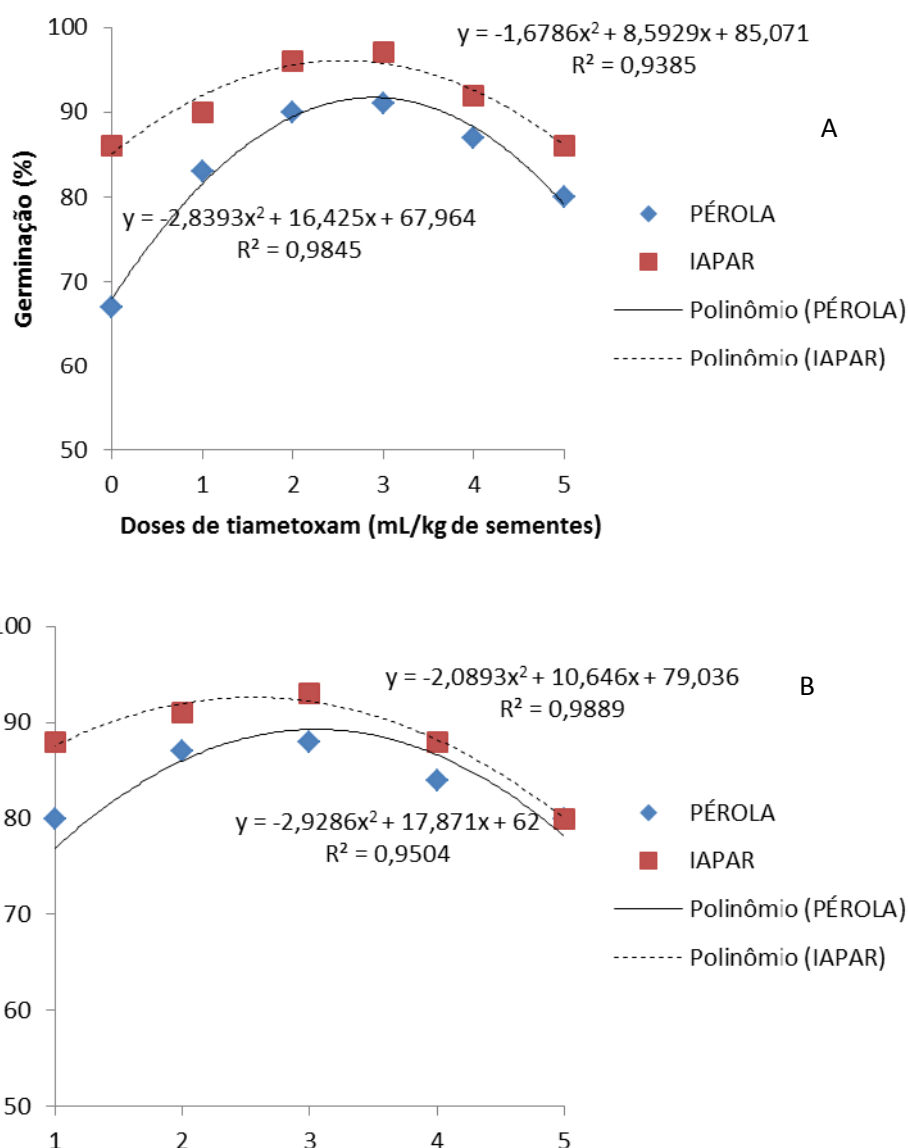


Figura 1. Germinação (%) de sementes de feijão, cultivares Pérola, e IAPAR submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) sem e (B) com estresse hídrico.

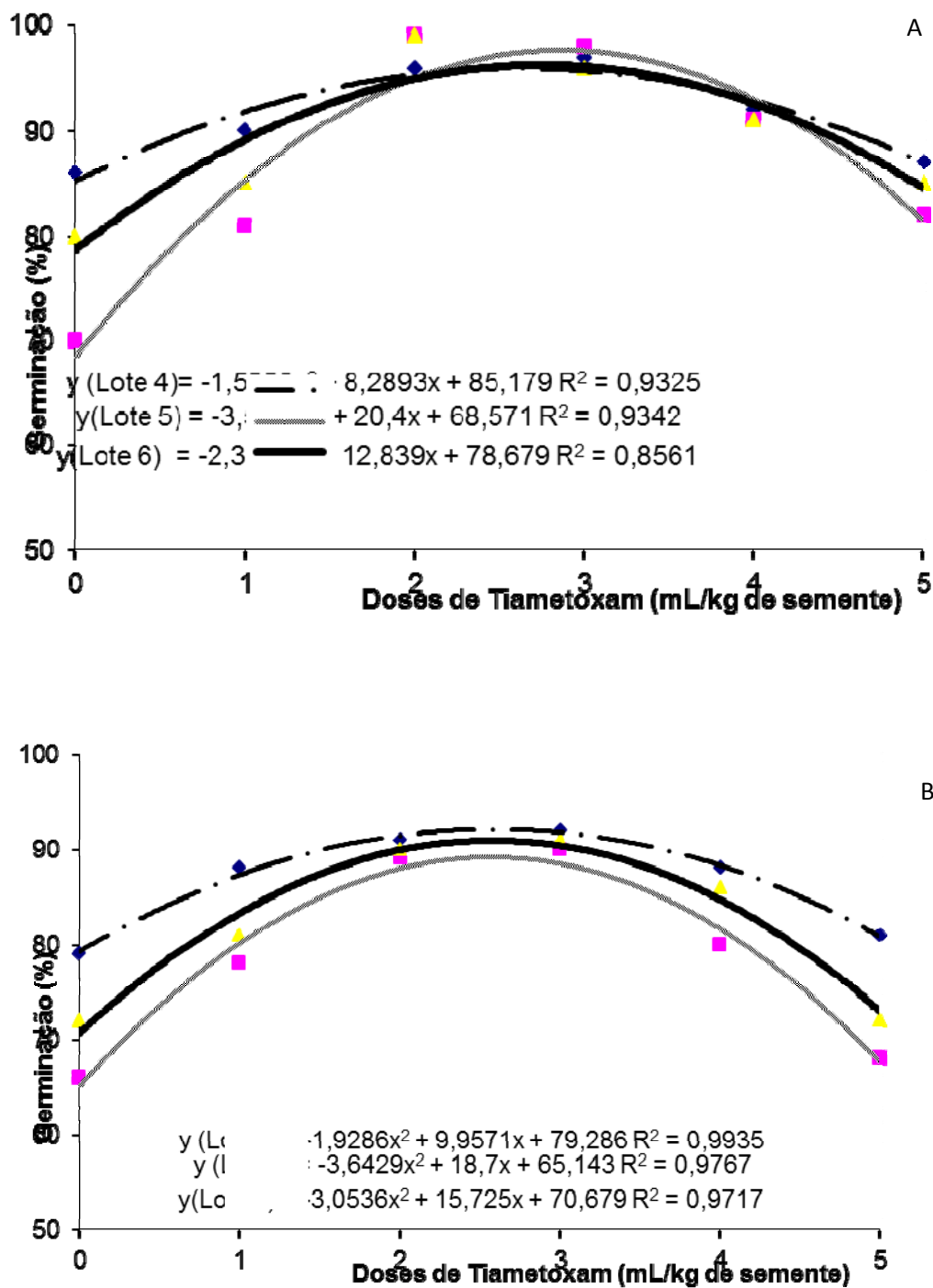


Figura 2. Germinação (%) de sementes de três lotes de feijão, cultivar IAPAR, submetidas a diferentes doses de tiametoxam (A) sem e (B) com estresse hídrico.

Na análise dos seis sistemas enzimáticos utilizados foi possível visualizar que houve variação detectável na intensidade da expressão isoenzimática, conforme a cultivar e dose do produto utilizada.

Analisando os perfis eletroforético do sistema Glutamato Oxalecetato Transaminase – GOT (Figura 3), observa-se que nas duas cultivares ocorreu

expressão da enzima em dois alelos e o produto tiametoxam não impediu a expressão da enzima. Esta enzima é responsável pela oxidação de aminoácidos, fornecendo energia para o ciclo de Krebs ou redução do cetoglutarato para a síntese de novos aminoácidos, como fonte de energia ao embrião em desenvolvimento. Conforme Brandão Junior et al. (1999) e Tunes (2010), essa enzima participa no processo de degradação e síntese de aminoácidos apresentando importante papel na germinação de sementes. Em função desta enzima estar diretamente envolvida no metabolismo do nitrogênio é possível que variações ocorram à medida que ocorra a síntese e a degradação de aminoácidos, durante o processo de germinação. A enzima GOT tem participação fundamental no metabolismo proteico, não somente durante a germinação, mas, em todo o ciclo de vida da planta.

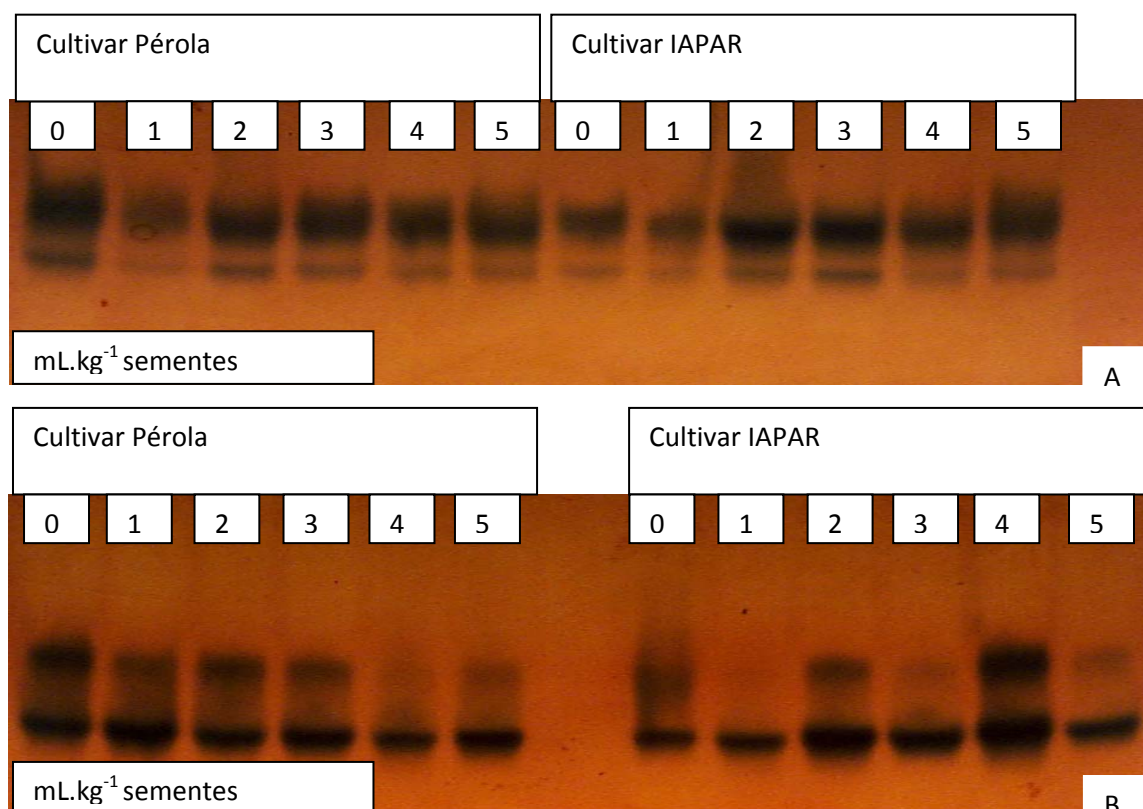


Figura 3. Padrão eletroforético obtido no sistema isoenzimático Glutamato Oxalecetato Transaminase em plântulas de feijão, cultivares Pérola e IAPAR, (A) sem estresse, (B) com estresse hídrico, em função da dose de tiametoxam.

A enzima Fosfatase Ácida (Figura 4), também se expressou em dois alelos, para as cultivares Pérola e IAPAR, em condições sem estresse hídrico (Figura 4A) e ocorreu maior expressão nas doses zero (sem produto), 100 e

200mL.100kg⁻¹ de sementes. Por outro lado, com estresse hídrico (Figura 4B), a expressão ocorreu em todas as doses e em um alelo. Essa enzima participa em reações de hidrólise de ésteres e pode provocar a peroxidação dos fosfolípidos de membranas. Segundo Camargo et al. (2000), esta enzima está envolvida também na manutenção do fosfato celular e sua atividade pode afetar o metabolismo do fosfato em sementes, como os níveis de ATP e nucleotídeos.

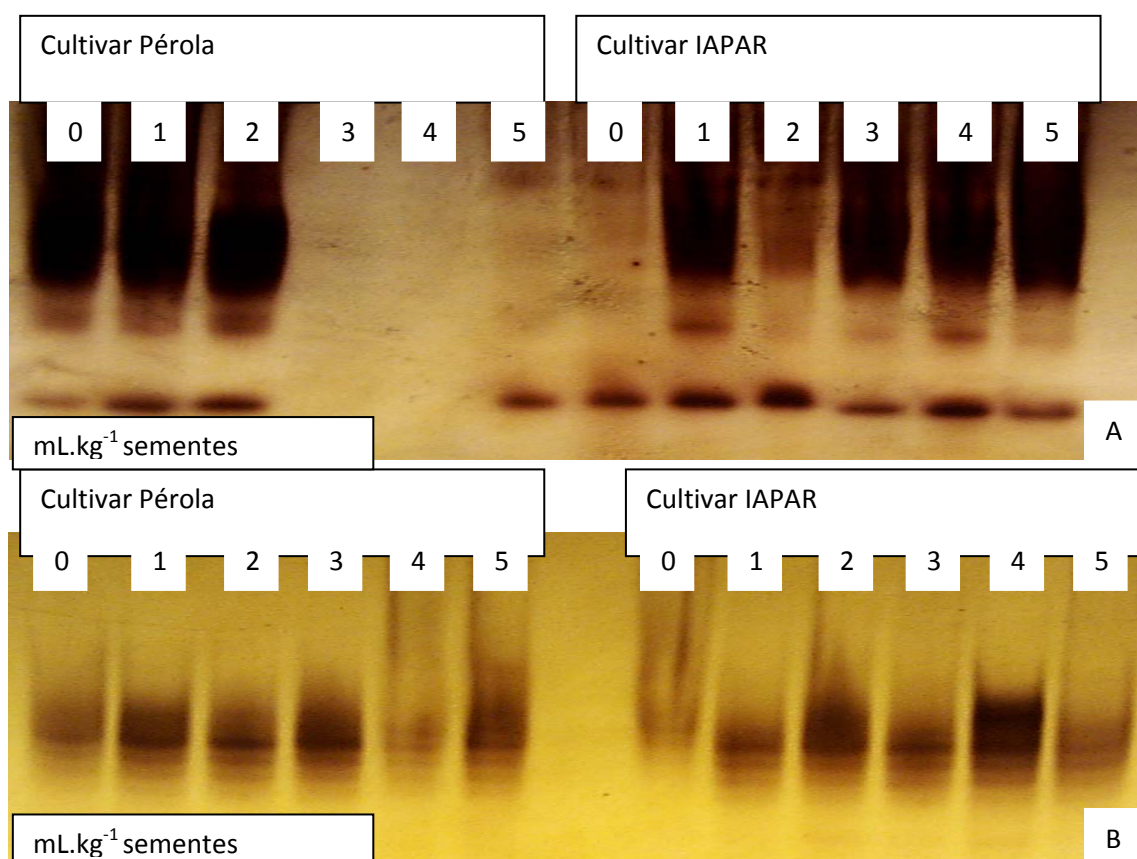


Figura 4. Padrão eletroforético obtido com o sistema isoenzimático Fosfatase Ácida em sementes de feijão, cultivares Pérola e IAPAR, (A) sem estresse, (B) com estresse hídrico, em função da dose de tiametoxam.

Os resultados indicam que na Peroxidase – PO (Figura 5) ocorreu formação de bandas mais intensas nas doses zero, 1, 2 e 5 mL.kg⁻¹ de sementes, na cultivar Pérola. Na cultivar IAPAR, a enzima foi expressa com maior intensidade nas doses zero, 1 e 2mL.kg⁻¹ de sementes, em condições sem estresse hídrico (Figura 5 A).

Para a cultivar Pérola (Figura 5B), a expressão ocorreu nas doses zero, 1, 2, 3 e 5mL.kg⁻¹ de sementes, sob estresse hídrico. Na cultivar IAPAR, a

expressão foi mais acentuada nas doses 1 e 4 mL.kg⁻¹ de sementes, sob estresse hídrico. Além disso, a enzima foi expressa em mais de um alelo em condições de estresse. A peroxidase é uma enzima envolvida em diversas reações, ligações polissacarídeos, cicatrização de ferimentos causados por patógenos, regulação e alongação de células.

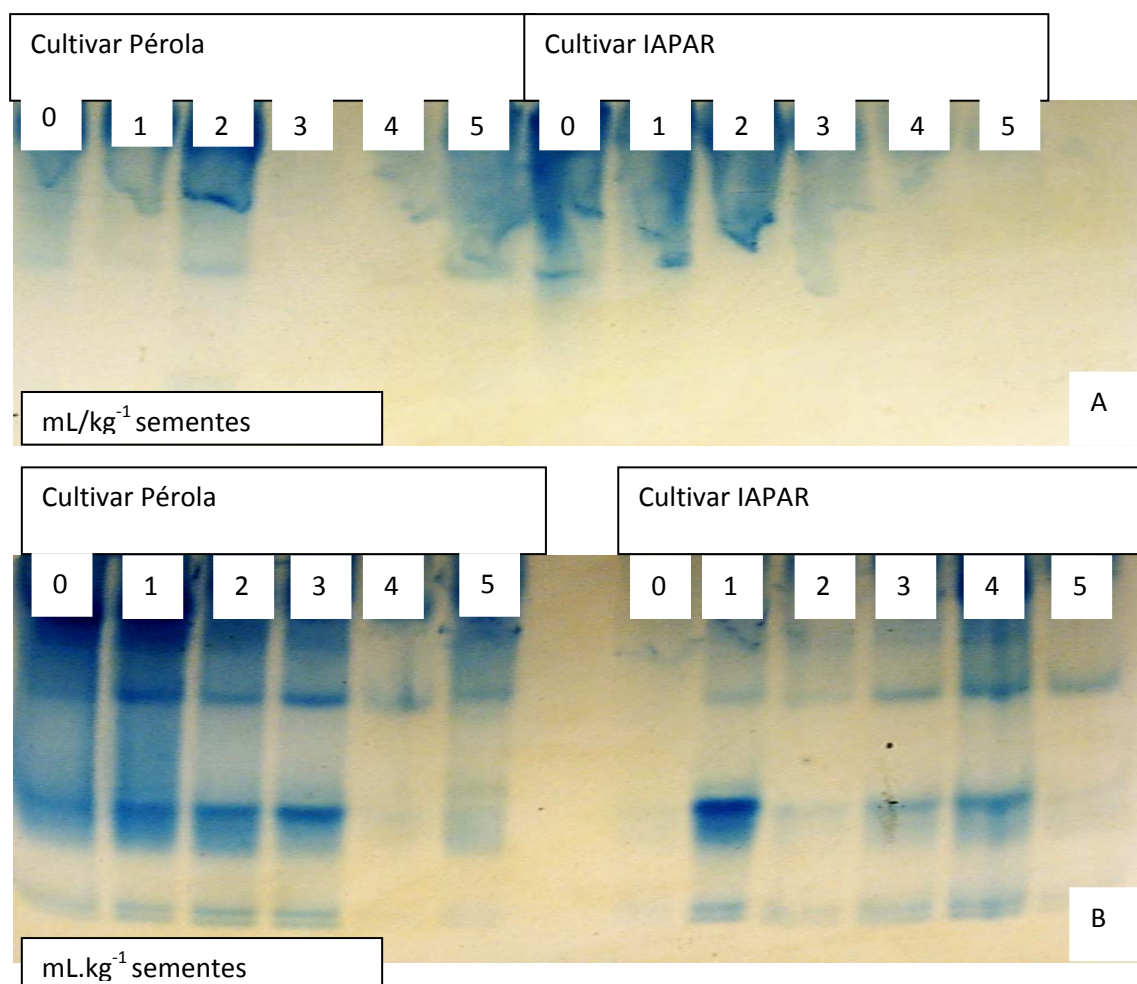


Figura 5. Padrão eletroforético obtido com o sistema isoenzimático Peroxidase em sementes de feijão, cultivares Pérola e IAPAR, (A) sem estresse, (B) com estresse hídrico, em função da dose de tiametoxam.

Na enzima esterase (Figura 6), ocorreu expressão em dois alelos sem e com estresse hídrico (Figura 6A e 6B), sendo que se verifica a presença das bandas com diferentes intensidades, para as duas cultivares, não havendo estresse hídrico (Figura 6A). Contudo, sob estresse, na cultivar Pérola, a expressão ocorreu nas doses 3, 4 e 5 mL.100kg⁻¹ de sementes. Na cultivar IAPAR, a maior expressão da enzima constatou-se nas doses zero e 5 mL.kg⁻¹ de sementes. Esta enzima é constituída por um complexo e heterogêneo grupo

de enzimas reativas com uma ampla gama de substratos específicos. Padilha et al. (2001) verificaram aumento da intensidade das bandas para os estresses mais drásticos em sementes de milho e Chauhan (1985), Bosck (1999) e Tunes et al. (2010) constataram avanço no número de bandas desta enzima, em sementes de cevada e soja. Alterações nos padrões da enzima esterase evidenciam a ocorrência de eventos deteriorativos, que podem contribuir para redução na germinação das sementes, pois esta é uma enzima envolvida em reações de hidrólise de ésteres, estando diretamente ligada ao metabolismo dos lipídeos.

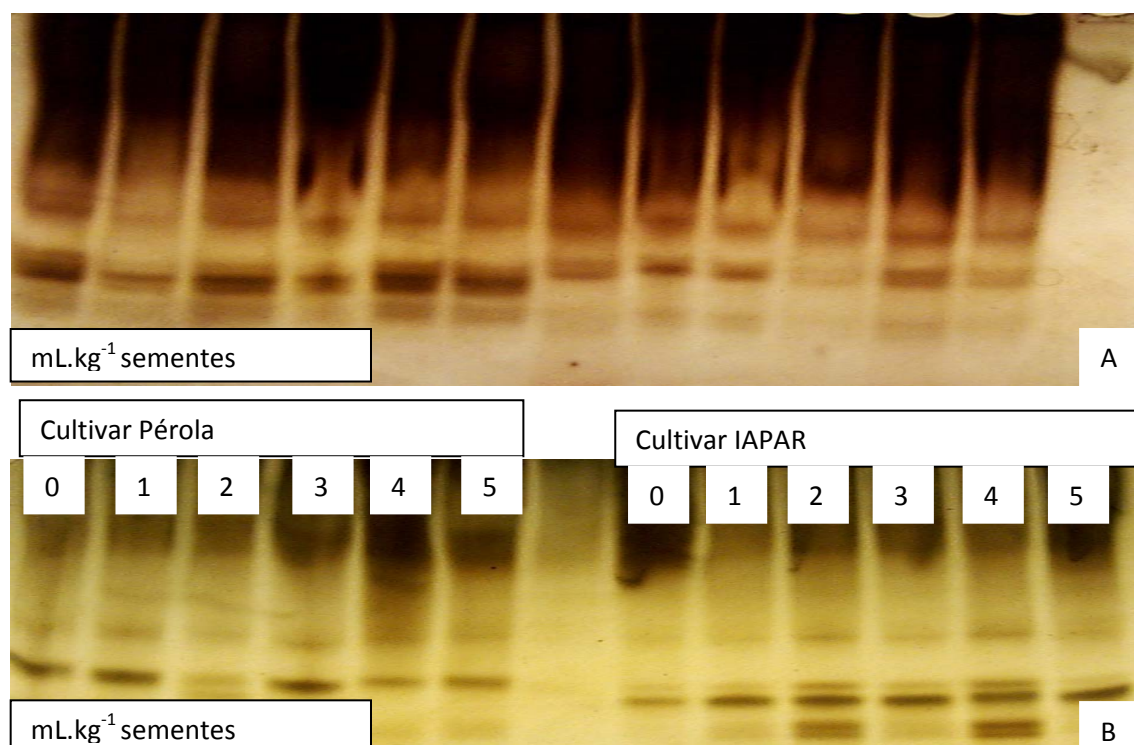
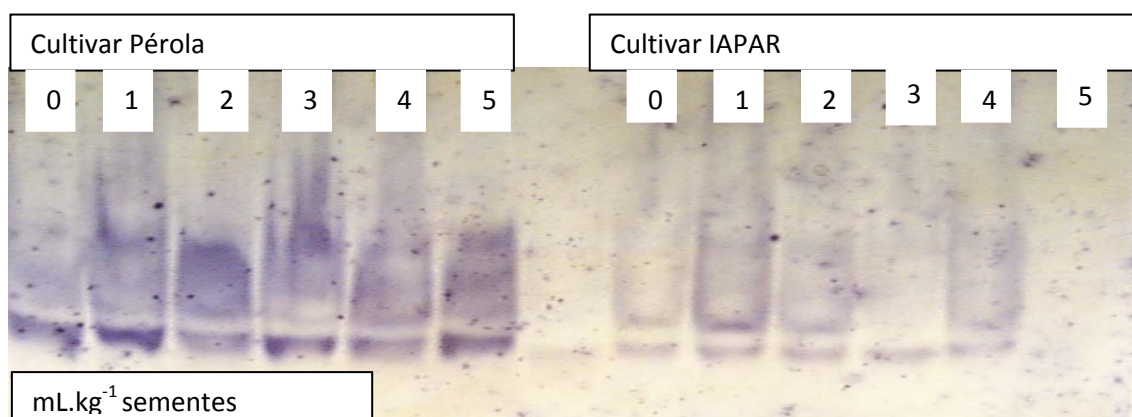


Figura 6. Padrão eletroforético obtido com o sistema isoenzimático Esterase sementes de feijão, cultivares Pérola e IAPAR, (A) sem estresse, (B) com estresse hídrico, em função da dose de tiametoxam.

Analisando a enzima Glutamato desidrogenase (GTDH), sem estresse hídrico (Figura 7A), observa-se que na cultivar Pérola foi expressa em todas as doses e na cultivar IAPAR a maior expressão foi nas doses 1, 2 e 5mL.kg⁻¹ de sementes. Ao serem submetidas ao estresse hídrico (Figura 7B), a expressão na cultivar Pérola verificou-se nas doses 1, 3 e 5mL.kg⁻¹ de sementes e na IAPAR nas doses zero, 3 e 5mL.kg⁻¹ de sementes.

A



B

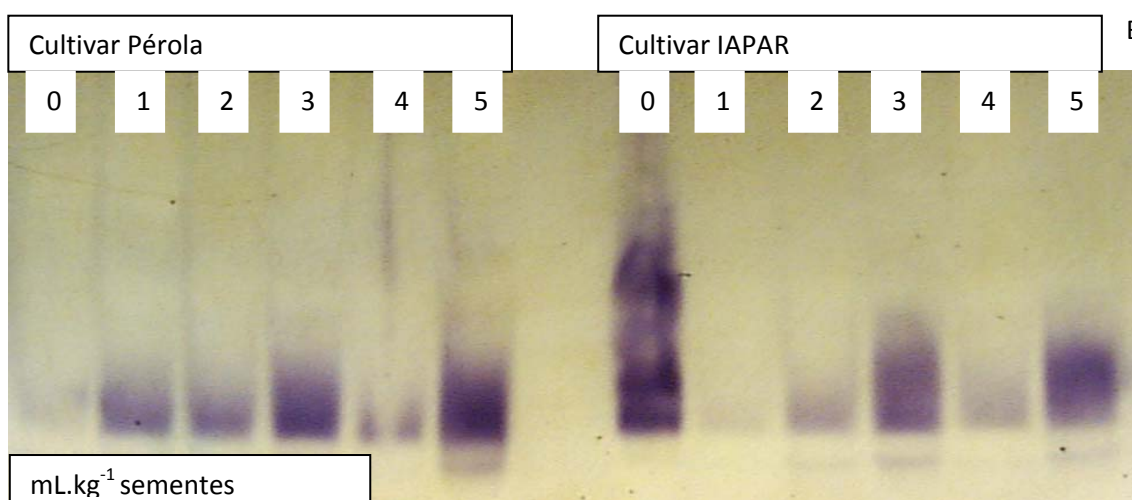


Figura 7. Padrão eletroforético obtido com o sistema isoenzimático Glutamato desidrogenase em duas cultivares de sementes de feijão, (A) sem estresse, (B) com estresse hídrico, em função da dose de tiametoxam.

A enzima GTDH catalisa uma reação reversível que sintetiza ou desamina o glutamato ($2\text{-oxoglutarato} + \text{NH}_4^{++} \text{NAD(P)H glutamato} + \text{H}_2\text{O} + \text{NAD(P)+}$). Esta é uma rota alternativa de assimilação do amônio. Embora seja relativamente abundante, esta enzima não pode substituir a rota da glutamina sintetase (GS) e glutamato sintase (GOGAT) para a assimilação do amônio, tendo como função principal desaminar o glutamato (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Os resultados obtidos no presente trabalho sugerem que, dependendo do sistema enzimático utilizado, existe diferenciação de proteínas. Em função disso, a análise conjunta de vários sistemas isoenzimáticos é recomendável por permitir verificar modificações que ocorrem no interior das sementes, caso sejam submetidas a algum tipo de tratamento durante seu desenvolvimento.

CONCLUSÃO

O produto tiametoxam não afeta negativamente a expressão dos sistemas isso enzimáticos esterase, glutamato oxalacetato transaminase, fosfatase ácida e peroxidase.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A.S.; CARVALHO, I.; DEUNER,C.; VILLELA, F.A.; TILLMANN, M.A.A. Bioativador no desempenho fisiológico de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.). In: XXII SEMINÁRIO PANAMERICANO DE SEMILLAS, 106, 2010, Assunção. **Anais...** Assunção, 2010, p.158

ALMEIDA, A.S.; TILLMANN, M.A.A.; VILLELA, F.A.; PINHO, M.S. Bioativador no desempenho fisiológico de sementes de cenoura. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.3, p.87-95, 2009.

AZAMBUJA, I.H.V.; VERNETTI-JR. F.J.; MAGALHÃES-JR.; A.M. Aspectos socioeconômicos da produção de arroz. In: GOMES, A da S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.M. de (Ed.). **Arroz irrigação no sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação e tecnologia, 2004, p.23- 44.

BOCK, F.L. **Resposta a nível molecular do envelhecimento artificial, natural e pré-condicionamento de sementes de soja**. Pelotas, 1999. 27f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes). Universidade Federal de Pelotas.

BRANDÃO-JUNIOR, D.S.; CARVALHO, M.L.M.; VIEIRA, M.G.C. Variações eletroforéticas de proteínas e isoenzimas relativas à deterioração de sementes de milho envelhecidas artificialmente. **Revista Brasileira de Sementes**, v.21, p.114-120. 1999.

CAMARGO, M.L.P.; MORI, E.S.; DE MELLO, E.J.; ODA, S.; LIMA. G.P. Atividade enzimática de sementes envelhecidas artificial e naturalmente. **Ciência Florestal**, v.10, p.113-122. 2000.

CHAUHAN, K.P.S. Electrophoretic variations of proteins and enzymes in relation to seed quality. **Seed Sci. Technology**, 1985, v.13, p. 629-641.

CASTRO, P.R.C.; PEREIRA, M.A. Bioativadores na agricultura. In: GAZZONI, D.L. (Ed.). **Tiametoxam: uma revolução na agricultura brasileira**. 2008, p.118-126.

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

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

FUNGUETTO, C.I.; PINTO, J.F.; BAUDET, L.; PESKE, S.T. Desempenho de sementes de arroz irrigado recobertas com zinco. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.32, n.2, p.117-123, 2010.

ISTA. **Handbook of variety testing**: electrophoresis testing. International Seed Testing Association. Zúrique, Suíça. 44p. 1992.

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

MALONE, G.; ZIMMER, P.D.; MENEGHELLO, G.E.; CASTRO, M.A.S.; PESKE, S.T. Expressão diferencial de isoenzimas durante o processo de Germinação de sementes de arroz em grandes profundidades de semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.29, p.61-67, 2007.

MARKET, C.; MOLLER, F. Multiple forms of enzymes: tissue, autogene and species specific patterns. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v.45, p.753-763. 1959.

PADILHA, L.; VIEIRA, R.D.; VON-PINHO, E.V.R. Relação entre o teste de deterioração controlada e o desempenho de sementes de milho em diferentes condições de estresse. **Revista Brasileira de Sementes**, v.23, p.198-204, 2001.

RAMIREZ, H.; CALDERON; A. ROCCA. W. Técnicas moleculares para evaluar y mejorar el germoplasma vegetal. In: ROCCA, W.; MROGINSKI, L. (Ed). **Cultivo de tejidos en la agricultura**: fundamentos y aplicaciones. Cali: CIAT, 1991, p.825-856.

TAVARES, S.; CASTRO, P.R.C.; RIBEIRO, R.V.; ARAMAKI, P.H. Avaliação dos efeitos fisiológicos de tiametoxam no tratamento de sementes de soja. In: GAZZONI, D.L. (Ed.). **Tiametoxam: uma revolução na agricultura brasileira**, 2008, p.193-204.

TUNES, L.M.; PEDROSO, D.C.; MENEGHELLO, G.E.; CASTRO, M.A.S.; BARROS, A.C.S.A.; BADINELLI, P.G.; MUNIZ, M.F.B. Perfil enzimático em sementes de cevada em resposta a diferentes concentrações salinas. **Interciencia**, Caracas, v.35, p.369-373, 2010.

CONCLUSÕES GERAIS

O produto tiametoxam estimula desempenho fisiológico de sementes de feijão submetidas ou não ao estresse hídrico, com intensidade variável de acordo com lote.

Recomendam-se as doses de 2 a 4mL do produto por kg de sementes para tratamento de sementes de feijão.

O tratamento de sementes de feijão com tiametoxam incrementa o teor de clorofila e estimula a atividade fotossintética das plântulas.

O produto tiametoxam não afeta negativamente a expressão dos sistemas enzimáticos estudados.

REFERÊNCIAS GERAIS

ALMEIDA, A.S.; CARVALHO, I.; DEUNER, C.; VILLELA, F.A.; TILLMANN, M.A.A. Bioativador no desempenho fisiológico de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.33, n.3, p. 501- 511, 2011.

ALMEIDA, A.S.; TILLMANN, M.A.A.; VILLELA, F. A.; PINHO, M.S. Bioativador no desempenho fisiológico de sementes de cenoura. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.31, n.3, p. 87-95, 2009.

AMARANTE, C.V.T. do; STEFFENS, C.A.; MOTA, C.S.; SANTOS, H.P. dos. Radiação, fotossíntese, rendimento e qualidade de frutos em macieiras 'Royal Gala' cobertas com telas antigranizo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.7, p.925-931, 2007.

ARNON, D.I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidases in Beta vulgaris. **Plant Physiology**, Maryland, v.24, p.1-15, 1949.

AZAMBUJA, I.H.V.; VERNETTI JR. F.J.; MAGALHÃES JR.; A.M. Aspectos socioeconômicos da produção de arroz. In: GOMES, A da S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.M. de (Ed.). Arroz irrigação no sul do Brasil. Brasília, DF: Embrapa Informação e tecnologia, 2004. p. 23- 44.

AZIA, F.; STEWART, K.A. Relationship between extractable chlorophyll and SPAD values in muskmelon leaves. **Journal of Plant Nutrition**, Abingdon, v.24, n.6, p.961-966, 2001.

BARBIERI JUNIOR, É.; ROSSIELLO, R.O.P.; MORENZ, M.J.F.; RIBEIRO, R.C. Comparação de métodos diretos de extração e quantificação dos teores de clorofilas em folhas do capim-Tifton 85. **Ciência Rural**, v. 40, n.3, 2010.

BOCK, F.L. **Resposta a nível molecular do envelhecimento artificial, natural e pré-condicionamento de sementes de soja**. 1999. 27f. Tese. (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes). Universidade Federal de Pelotas. Brasil. 1999.

BRANDÃO-JUNIOR, D.S.; CARVALHO, M.L.M.; VIEIRA, M.G.C. Variações eletroforéticas de proteínas e isoenzimas relativas à deterioração de sementes de milho envelhecidas artificialmente. **Revista Brasileira de Sementes**. v. 21, p.114-120. 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 398p.

CALAFIORI, M. H.; BARBIERI, AA . Effects of seed treatment with insecticide on the germination, nutrients, nodulation, yield and pest control in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) culture. **Ecossistema**, Espírito Santo do Pinhal, v.26,n.1, p.97-104,2001.

CASTRO, P. R. C. ; PEREIRA, M.A. . Bioativadores na agricultura. **Tiametoxam: uma revolução na agricultura brasileira**. Gazzoni, D.L. (Ed.), 2008, p. 118-126.

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

CAMARGO, M.L.P.; MORI,E.S.; DE MELLO, E.J.; ODA, S.; LIMA. G.P. Atividade enzimática de sementes envelhecidas artificial e naturalmente. **Ciência Florestal**. v.10, p.113-122. 2000.

CATANEO, A C. Ação do Tiametoxam (Thiametoxam) sobre a germinação de sementes de soja (*Glycine max.L*): Enzimas envolvidas na mobilização de reservas e na proteção contra situação de estresse (deficiência hídrica, salinidade e presença de alumínio). **Tiametoxam: uma revolução na agricultura brasileira**: Gazzoni, D.L. (Ed.), 2008 , p. 123-192.

CHAUHAN KPS (1985) Electrophoretic variations of proteins and enzymes in relation to seed quality. **Seed Sci. Technology**. v.13, p. 629-641.

CLAVIJO, J. Tiametoxam: Um nuevo concepto em vigor y productividad. Bogotá, Colômbia, 2008.196p.

CRUZ, A.C.F.; SANTOS, R.P.; IAREMA, L.; FERNANDES, K.R.G.; KUKI, K.N.;ARAÚJO, R.F.; OTONI, W.C. Métodos comparativos na extração de pigmentosfoliares de três híbridos de *Bixa orellana* L. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, Supl.2, p.777-779, 2007.

FORTI, V.A.; CICERO, S.M.; PINTO, T.L.F. Efeitos de potenciais hídricos do substrato e teores de água das sementes na germinação de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.31, n.2, p. 63-70, 2009.

FREITAS, D.B.; BEZERRA, E.C.; TEIXEIRA, N.T. Aldicarb e Carbofuran e teores de nutrientes na parte aérea de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Carioca 80. **Ecossistema**, v. 26, n. 1, p. 68-70, 2001.

FUNGUETTO, C.I. PINTO, J.F.; BAUDET, L.; PESKE, S.B. Desempenho de sementes de arroz irrigado recobertas com zinco. **Revista Brasileira de Sementes**. Brasília, v. 32, n. 2, p. 117-123, 2010.

ISTA. **Handbook of variety testing: Electrophoresis Testing**. International Seed Testing Association. Zurique, Suíça. 44 pp. 1992.

LAPOSTA, J.A. **Comparação entre métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.)**. 1991. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1991.

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

LIMA, J.S.S.; MARTINS-FILHO, S.; LOPES, J.C.; GARCIA, G.O.; NETO, R.S. Qualidade fisiológica de sementes de feijão produzidas em solo compactado. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.24, n.1, p. 111-117, 2002.

MALONE, G.; ZIMMER, P. D.; MENEGHELLO, G.E.; CASTRO, M. A. S.; PESKE, S. T. Expressão diferencial de isoenzimas durante o processo de Germinação de sementes de arroz em grandes profundidades de semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 29, p. 61-67, 2007.

MARKET, C.; F. MOLLER. Multiple forms of enzymes: Tissue, autogene and species specific patterns. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v.45, p.753-763. 1959.

MARKWELL, J.; OSTERMAN, J.C.; MITCHELL, J.L. Calibration of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. **Photosynthesis Research**, Amsterdam, v.46, n.3, p.467-472, 1995

McDONALD JR., M.B., PHANEENDRANATH, B.R. A modified accelerated aging vigor test procedure. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v.3, n.1, p.27-37, 1978.

MCGUIRE, R.G. Reporting of objective color measurements. *HortScience*, Alexandria, v. 27, n.12, p.1254-1255, 1992. NEILSEN, D.; HOGUE, E.J.; NEILSEN, G.H.; PARCHOMCHUK, P. Using SPAD-502 values to assess the nitrogen status of apple trees. **HortScience**, Alexandria, v.30, n.3 p.508-512, 1995.

PADILHA, L., VIEIRA, R. D., VON PINHO, E.V.R. Relação entre o teste de deterioração controlada e o desempenho de sementes de milho em diferentes condições de estresse. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, p.198-204, 2001.

PEREIRA, M.A.; CASTRO, P.R.C.; GARCIA, E.O.; REIS, A. R. Efeitos fisiológicos de Thiametoxan em plantas de feijoeiro. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, **Resumos**, Gramado: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, 2007.

RAMIREZ, H.; CALDERON; A. ROCCA. W. Técnicas moleculares para evaluar y mejorar el germoplasma vegetal. In: ROCCA, W.; MROGINSKI, L. (Ed). **Cultivo de Tejidos en la Agricultura: Fundamentos y aplicaciones**. Cali: CIAT, 1991. p.825-856.

REDDY, K.R.; REDDY, V.R.; BAKER, D.N.; McKINION, J.M. Is aldicarb a plant growth regulator. In PLANT GROWTH REGULATION SOCIETY OF AMERICAN ANNUAL MEETING, 17, **Proceedings...** Saint Paul : Plant Regulation Society of American, p.79-80, 1990.

RICHARDSON, A.D.; DUIGAN, S.P.; BERLYN, G.P. An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. **New Phytologist**, Lancaster, v.153, n.1, p.185-194, 2002.

SERCILOTO, C. M. . Bioativadores de Plantas. **Cultivar HF** (Pelotas), v. 13, p. 20-21, 2002

SILVA, J.C. **Épocas de menor risco de estresse hídrico e térmico para o feijoeiro na região central do Rio Grande do Sul**. 2005, 42f. Dissertação (Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria,2005.

SWIADER, J.M.; MOORE, A. SPAD-chlorophyll response to nitrogen fertilization and evaluation of nitrogen status in dryland and irrigated pumpkins. **Journal of Plant Nutrition**, Abingdon, v. 25, n.5, p.1089-1100, 2002. TAIZ, L.; ZEIGER, E. Plant physiology. 3. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2002. 690p.

TAVARES, S; CASTRO, P.R.C.; RIBEIRO, R.V.; ARAMAKI, P.H. Avaliação dos efeitos fisiológicos de tiametoxam no tratamento de sementes de soja. **Tiametoxam: uma revolução na agricultura brasileira**. Gazzoni, D.L. (Ed.), 2008, p. 193-204.

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

TUNES, L. M. ; PEDROSO, D. C. ; MENEGHELLO, G. E. ; CASTRO, M. A. S. ; BARROS, A. C. S. A. ; BADINELLI, P. G. ; MUNIZ, M. F. B. Perfil enzimático em sementes de cevada em resposta a diferentes concentrações salinas. **Interciencia (Caracas)**, v. 35, p. 369-373, 2010.

UDDLING, J.; GELANG-ALFREDSSON, J.; PIIKKI, K.; PLEIJEL, H. Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings. **Journal Photosynthesis Research**, Dordrecht, v.91, n.1, p.37-46, 2007.

VILLELA, F.A; DONI-FILHO,L.; SEQUEIRA, E.L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.11/12, p.1957-1968, 1991.

WANDER, A.E. Cultivo do feijão irrigado. **Embrapa Arroz e Feijão**. Sistema de Produção, n.5. ISSN1679-8869. Versão eletrônica. Dezembro, 2005. <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoIrrigadoNoroesteMG/index.htm>