

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

ELIZABETE NUNES DA ROCHA

**INOCULAÇÃO DE *Bacillus subtilis* E TRATAMENTO QUÍMICO EM SEMENTES DE
FEIJÃO CAUPI E FEIJÃO COMUM: LOTES, TEMPO DE EXPOSIÇÃO E DOSES.**

Ilha Solteira

2019

ELIZABETE NUNES DA ROCHA

**INOCULAÇÃO DE *Bacillus subtilis* E TRATAMENTO QUÍMICO EM SEMENTES DE
FEIJÃO CAUPI E FEIJÃO COMUM: LOTES, TEMPO DE EXPOSIÇÃO E DOSES.**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira – UNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Agronomia. Especialidade: Sistemas de Produção.

Prof. Dr. Marco Eustáquio de Sá
Orientador

Ilha Solteira

2019

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

R672i Rocha, Elizabete Nunes da.
Inoculação de *bacillus subtilis* e tratamento químico em sementes de feijão caupi e feijão comum: lotes, tempo de exposição e doses. / Elizabete Nunes da Rocha. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2019
115 f. : il.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2019

Orientador: Marco Eustáquio de Sá
Inclui bibliografia

1. *Vigna unguiculata*. 2. Promotor de crescimento. 3. *Phaseolus vulgaris*.


João José Barbosa

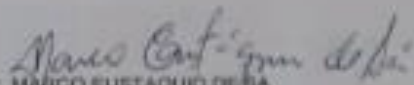
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação
Diretor Técnico
CRB 8-5642

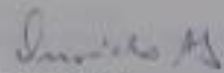
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

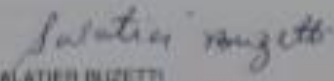
Título: Inoculação de *Bacillus subtilis* e batimento químico em sementes de feijão campê e feijão comum: testes, tempo de exposição e doses.

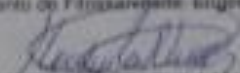
AUTORA: ELIZABETE NUNES DA ROCHA
ORIENTADOR: MARCO EUSTAQUIO DE SA

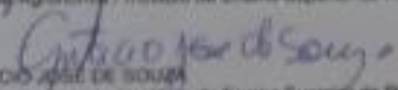
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA, especialidade: SISTEMAS DE PRODUÇÃO pela Comissão Examinadora.


Prof. Dr. MARCO EUSTAQUIO DE SA
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. ORIVALDO ARRIF
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. SALATIER BUZETTI
Departamento de Fitotecnia-Engenharia Rural e Solo / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. DANIEL DE AGUIAR MENEZ
Departamento de Agronomia / Instituto de Ensino Superior de Rio Verde


Prof. Dr. EPITÁCIO JOSÉ DE SOUZA
Departamento de Agronomia / Instituto de Ensino Superior de Rio Verde

Ilha Solteira, 27 de fevereiro de 2019.

DEDICO

Aos meus pais, João Nunes da Rocha e Josefa Barbosa da Rocha, pelo apoio e dedicação todos os dias de minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela oportunidade de ampliar meus conhecimentos e pela constante presença em minha vida.

À minha família, minha mãe (Josefa), meu pai (João), minha irmã (Rejane), sobrinha (Lorena) e cunhado (João Netto), por todo apoio e incentivo. Obrigada por fazerem parte da minha vida. Ao meu orientador Prof. Dr. Marco Eustáquio de Sá, pela amizade, dedicação e paciência na orientação deste trabalho.

Aos meus amigos (Suzana Proença, Lourdes Dickmann, Sheila Caioni, Deyvison Soares) pelo carinho, pelo apoio e pelas palavras constantes.

A todos os professores, por suas aulas e seus ensinamentos.

Aos funcionários do DFTASE – Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia (UNESP – Campus Ilha Solteira) em especial a Selma Buzetti.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, aos seus coordenadores e professores.

Aos funcionários da Seção de Pós-graduação, por todo auxílio nos momentos que precisei.

A todos os funcionários da UNESP (Ilha Solteira).

A todos que direta ou indiretamente contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

Aos professores que compuseram a banca de defesa, pelas valiosas contribuições.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Obrigada!!!

Nossa maior fraqueza está em desistir. O caminho mais seguro para o sucesso é sempre tentar apenas uma vez mais. (Thomas Edison)

INOCULAÇÃO DE *Bacillus subtilis* E TRATAMENTO QUÍMICO EM SEMENTES DE FEIJÃO CAUPI E FEIJÃO COMUM: LOTES, TEMPO DE EXPOSIÇÃO E DOSES.

RESUMO

O tratamento químico de sementes é uma prática tradicional na agricultura, utilizado no controle de agentes fitopatogênicos presentes nas sementes e no solo. No tratamento biológico o uso de rizobactérias tem sido uma alternativa interessante, como a espécie *Bacillus subtilis*, resistente a condições adversas de calor e baixa umidade. Assim, objetivou-se avaliar a ação de dois produtos biológicos comerciais feito à base de *Bacillus subtilis* FMT001 e Serenade®, e um produto químico Vitavax Thiram® 200 SC, aplicados via tratamento de sementes, como promotores de crescimento de plantas e protetores das sementes, visando verificar o desempenho germinativo das sementes e os efeitos da inoculação de doses sob diferentes espaços de tempo de exposição aos tratamentos, em caupi (*Vigna unguiculata*) e em feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*). O experimento foi conduzido no LAS da UNESP, utilizando cinco lotes de sementes de feijão, quatro lotes de *Vigna unguiculata* e um de *Phaseolus vulgaris*. As sementes foram submetidas aos tratamentos biológico e químico, foram estabelecidos seis tratamentos e quatro repetições, com quatro doses de inoculantes à base de *Bacillus subtilis*: FMT001 com doses 100 ml, 200 ml, 400 ml e 200 ml produto Serenade®, e 100 ml VitavaxThiram® 200 SC, para 50 kg⁻¹ sementes. Foram avaliados condutividade elétrica, teste de germinação, comprimento de raiz e plântulas, envelhecimento acelerado, teste de frio, sob os períodos de 00, 24, 48, 72 e 96 horas após a inoculação. Com relação ao desenvolvimento das plantas, foram avaliadas a altura da planta, números de vagens por planta, comprimento médio por vagem, número de grãos por planta, peso de grãos por planta, massa de 100 grãos, e grau de umidade das sementes. Os tratamentos adicionais, químico e biológico, particularmente o químico, de modo geral, se mostra superior aos tratamentos com *Bacillus subtilis*. Com o aumento das doses o *Bacillus subtilis* os resultados foram positivos para os testes de condutividade, umidade de envelhecimento, germinação, comprimento de raiz e plântula, teste frio e teste de envelhecimento, indicando que não prejudica o desempenho das sementes. Assim, a aplicação do *Bacillus subtilis* promoveu um aumento no número de vagens por planta, porém a dose ótima variou com o lote na espécie *Vigna unguiculata*, e para o *Phaseolus vulgaris*. a dose ótima foi de 400ml/50 kg⁻¹ de sementes.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*. *Phaseolus vulgaris*. Promotor de crescimento.

INOCULATION OF *Bacillus subtilis* AND CHEMICAL TREATMENT IN CAUPI BEANS AND COMMON BEANS SEEDS: LOTS, TIME OF EXPOSURE AND DOSES.

ABSTRACT

The seed chemical treatment is a traditional practice in agriculture, used for controlling pathogenic agents present in the seeds and soil. In the biological treatment using rhizobacteria it has been an interesting alternative as a *Bacillus subtilis* species, resistant to adverse conditions of heat and low humidity. The objective of this study was to evaluate the action of two commercial biological products based on *Bacillus subtilis* FMT001 and Serenade® and a chemical product Vitavax Thiram® 200 SC, applied through seed treatment, as plant growth promoters and seed protectors, to verify the germination performance of the seeds and the effects of the inoculation of doses under different time periods of exposure to the treatments, in *Vigna unguiculata* cowpea and common bean *Phaseolus vulgaris*. The test was conducted in the LAS of UNESP. using five lots of bean seeds four lots of *Vigna unguiculata* and one of *Phaseolus vulgaris*. The seeds were submitted to biological and chemical treatments. Six treatments and four replications were established with four doses of *Bacillus subtilis* inoculants: FMT001 with doses of 100 ml, 200 ml, 400 ml and 200 ml Serenade® product, e 100 ml VitavaxThiram® 200 SC, for 50 kg⁻¹ seeds. Electrical conductivity were evaluated, the test germination, seedling root length and, accelerated aging, cold test, in periods of 00, 24, 48, 72 and 96 hours after inoculation. Additional chemical and biological treatments, particularly the chemical, are generally superior to *Bacillus subtilis* treatments. With increasing doses *Bacillus subtilis* has shown positive results for conductivity, aging, germination, root length and seedling tests, cold test and aging test, indicating that it does not affect seed performance. Plant height, number of pods per plant, average length per pod, number of grains per plant, weight of grains per plant, weight of 100 grains, and degree of seed moisture were evaluated. Thus, the application of *Bacillus subtilis* promoted an increase in the number of pods per plant, but the optimal dose varied with the lot in the species *Vigna unguiculata*, and for *Phaseolus vulgaris*. the optimal dose was 400ml/50 kg⁻¹ of seeds.

Key words: *Vigna unguiculata*. *Phaseolus vulgaris*. growth promoter.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa da produção agrícola – Feijão total (primeira, segunda e terceira safras) Produção total de feijão	20
Figura 2 - Mapa da produção agrícola – Feijão total (primeira, segunda e terceira safras) - caupi	21
Figura 3 - Média da Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{l}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) dos lotes de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>).....	32
Figura 4 - Desdobramento da interação entre lotes e tempo de tratamento na dose de 0 de FMT001 para umidade do envelhecimento de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	36
Figura 5 - Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 100 ml de FMT001 para umidade do envelhecimento de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	37
Figura 6 - Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 200 ml de FMT001 para umidade do envelhecimento de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	38
Figura 7 - Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 400 ml de FMT001 para umidade do envelhecimento de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	39
Figura 8 - Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura imediatamente ao tratamento para umidade do envelhecimento de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	40
Figura 9 - Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura após um dia ao tratamento para umidade do envelhecimento de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	41
Figura 10 - Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura após dois dias ao tratamento para umidade do envelhecimento de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	42
Figura 11 - Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura após três dias ao tratamento para umidade do envelhecimento de feijão-caupi (<i>Vigna</i>	

<i>unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	43
Figura 12 - Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura após quatro dias ao tratamento para umidade do envelhecimento de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	44
Figura 13 - Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 0 de FMT001 para germinação de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	46
Figura 14 - Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 160 de FMT001 para germinação de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	47
Figura 15 - Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 320 de FMT001 para germinação de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	48
Figura 16 - Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 640 de FMT001 para germinação de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	49
Figura 17 - Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura imediatamente ao tratamento para germinação de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	50
Figura 18 - Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura após um dia ao tratamento das sementes para germinação de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	51
Figura 19 - Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura, após dois dias ao tratamento para germinação de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	52
Figura 20 - Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura, após três dias ao tratamento para germinação de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	53
Figura 21 - Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura, após quatro dias ao tratamento para germinação de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	54

Figura 22 - Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 0 de FMT001 para comprimento de raiz de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	56
Figura 23 - Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 100 de FMT001 para comprimento de raiz de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	57
Figura 24 - Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 200 ml de FMT001 para comprimento de raiz de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	58
Figura 25 - Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 400 ml de FMT001 para comprimento de raiz de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	59
Figura 26 - Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura imediatamente ao tratamento para comprimento de raiz de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	60
Figura 27 - Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura após um dia ao tratamento para comprimento de raiz de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	61
Figura 28 - Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura após dois dias ao tratamento para comprimento de raiz de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	62
Figura 29 - Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura, após três dias ao tratamento para comprimento de raiz de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	63
Figura 30 - Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura, após quatro dias ao tratamento para comprimento de raiz de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	64
Figura 31 - Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 0 de FMT001 para comprimento de plântulas de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	66
Figura 32 - Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 100 ml de FMT001 para comprimento de plântulas de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	67

Figura 33 - Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 200 ml de FMT001 para comprimento de plântulas de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	68
Figura 34 - Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 400 ml de FMT001 para comprimento de plântulas de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	69
Figura 35 - Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura imediatamente ao tratamento para comprimento de plântulas de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	70
Figura 36 - Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura, após um dia ao tratamento para comprimento de plântulas de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	71
Figura 37 - Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura, após dois dias ao tratamento para comprimento de plântulas de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	72
Figura 38 - Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura após três dias ao tratamento para comprimento de plântulas de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	73
Figura 39 - Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura, após quatro dias ao tratamento para comprimento de plântulas de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	74
Figura 40 - Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 0 de FMT001 para teste frio de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	76
Figura 41 - Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 100 ml de FMT001 para teste frio de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	77
Figura 42 - Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 200 ml de FMT001 para teste frio de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	78

Figura 43 - Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 400 ml de FMT001 para teste frio de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	79
Figura 44 - Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura imediatamente ao tratamento para o teste frio de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	80
Figura 45 - Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura após um dia ao tratamento para o teste frio de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	81
Figura 46 - Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura após dois dias ao tratamento para o teste frio de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	82
Figura 47 - Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura, após três dias ao tratamento para o teste frio de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	83
Figura 48 - Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura após quatro dias ao tratamento para o teste frio de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	84
Figura 49 - Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 0 de FMT001 para teste envelhecimento acelerado de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	85
Figura 50 - Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 100 ml de FMT001 para teste envelhecimento acelerado de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	86
Figura 51 - Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 200 ml de FMT001 para teste envelhecimento acelerado de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	87
Figura 52 - Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 400 ml de FMT001 para teste envelhecimento acelerado de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	88
Figura 53 - Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura imediatamente ao tratamento para envelhecimento de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	89

Figura 54 - Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura após um dia ao tratamento para envelhecimento de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	90
Figura 55 - Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura após dois dias ao tratamento para envelhecimento de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	91
Figura 56 - Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura após três dias ao tratamento para envelhecimento de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	92
Figura 57 - Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura após quatro dias ao tratamento para envelhecimento de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico e químico	93
Figura 58 - Comprimento de vagem de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico (<i>Bacillus subtilis</i>) e químico (Vitavax-Thiram® 200 SC) em vasos	95
Figura 59 - Peso de grãos por planta de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico (<i>Bacillus subtilis</i>) e químico (Vitavax-Thiram® 200 SC) em vasos	96
Figura 60 - Massa de 100 grãos de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico (<i>Bacillus subtilis</i>) e químico (Vitavax-Thiram® 200 SC) em vasos	97
Figura 61 - Emergência de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) submetidos a tratamentos biológico (<i>Bacillus subtilis</i>) e químico (Vitavax-Thiram® 200 SC) em vasos	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição sucinta dos estádios do ciclo biológico da cultura do feijoeiro comum	18
Tabela 2 - Análise química do solo, antes da instalação do experimento, Ilha Solteira - SP, 2017	29
Tabela 3 - Resumo da análise de variância para germinação (Ger), teste frio (Fri), envelhecimento acelerado (Env), umidade do envelhecimento (Umi. Env.), comprimento de raiz (Comp. raiz) e comprimento de plântula (Comp. Plan) de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i> ; lotes 1, 2, 3 e 4) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i> ; lote 5) submetidos a tratamentos biológico (<i>Bacillus subtilis</i>) e químico (Vitavax-Thiram® 200 SC).....	33
Tabela 4 - Valores médios dos contrastes obtidos para germinação (Ger), teste frio (Fri), envelhecimento acelerado (Env), umidade do envelhecimento (Umi. Env.), comprimento de raiz (Comp. raiz) e comprimento de plântula (Comp. Plan) de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i> ; lotes 1, 2, 3 e 4) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i> ; lote 5) submetidos a tratamentos biológico (<i>Bacillus subtilis</i>) e químico (Vitavax-Thiram® 200 SC).....	34
Tabela 5 - Resumo da análise de variância para comprimento de vagens (Comp.V), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), peso de grãos por planta (PGP), massa de 100 (M100), altura de planta (AP), umidade (U) e emergência (EM) de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i> ; lotes 1, 2, 3 e 4) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i> ; lote 5), safra 2015/2016, submetidos a tratamentos biológico (<i>Bacillus subtilis</i>) e químico (VitavaxThiram® 200 SC) em vasos	94
Tabela 6 - Valores médios obtidos para comprimento de vagens (Comp.V), peso de grãos por planta (PGP), massa de 100 (M100) e emergência (EM) de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i> ; lotes 1, 2, 3 e 4) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i> ; lote 5), safra 2015/2016 em vasos.....	98
Tabela 7 - Valores médios dos contrastes obtidos para comprimento de vagens (Comp.V), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), peso de grãos por planta (PGP), massa de 100 grãos (M100), altura de planta (AP), umidade (U) e emergência (EM) de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i> ; lotes 1, 2, 3 e 4) e feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i> ; lote 5), safra 2015/2016 submetidos a tratamentos biológico (<i>Bacillus subtilis</i>) e químico (VitavaxThiram® 200 SC) em vasos	99
Tabela 8 - Desdobramento da interação das doses de FMT001 e os lotes de sementes para o número de vagens por planta (NVP) de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i> ; lotes 1, 2, 3 e 4) e	

feijão comum (*Phaseolus vulgaris* ; lote 5), safra 2015/2016 submetidos a tratamentos biológico (*Bacillus subtilis*)..... 100

Tabela 9 - Desdobramento da interação das doses de FMT001 e os Lotes de sementes para o número de grãos por planta (NGP) de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*; lotes 1, 2, 3 e 4) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*; lote 5), safra 2015/2016 submetidos a tratamentos biológico (*Bacillus subtilis*)..... 101

Tabela 10 - Desdobramento da interação das doses de FMT001 e os lotes de sementes para a altura de planta (AP) de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*; lotes 1, 2, 3 e 4) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*; lote 5), safra 2015/2016 submetidos a tratamentos biológico (*Bacillus subtilis*) 102

Tabela 11 - Desdobramento da interação das doses de FMT001 e os Lotes de sementes para umidade (U) de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*; lotes 1, 2, 3 e 4) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*; lote 5), safra 2015/2016 submetidos a tratamentos biológico (*Bacillus subtilis*).... 102

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1	A CULTURA DO FEIJOEIRO.....	18
2.2	IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA DO FEIJOEIRO	19
2.3	FEIJÃO-CAUPI	20
2.4	TRATAMENTO DE SEMENTES	22
2.5	INFLUÊNCIA DAS BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO EM PLANTA	23
2.6	SERENADE®.....	24
2.7	VITAVAX-THIRAM® 200 SC	24
2.8	VIGOR DAS SEMENTES	25
3	MATERIAL E MÉTODOS	26
4	RESULTADOS e DISCUSSÃO	31
5	CONCLUSÕES	104
	REFERÊNCIAS	105

1 INTRODUÇÃO

O tratamento químico de sementes com vários princípios ativos é uma prática tradicional na agricultura, que visa o controle de agentes fitopatogênicos presentes nas sementes e no solo. Porém, alternativas como tratamento físico, principalmente em sementes de hortaliças e tratamento biológico na agricultura orgânica têm mostrado resultados muito promissores no desempenho das sementes e desenvolvimento das plântulas (MACHADO *et al.*, 2006).

No tratamento biológico, o uso de rizobactérias tem se mostrado uma alternativa interessante. As Rizobactérias Promotoras do Crescimento de Plantas (RPCPs) são bactérias que habitam o solo e com frequência são isoladas da rizosfera de diversas plantas cultivadas, podendo-se destacar os gêneros mais estudados: *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Rhizobium*, *Serratia* e *Azotobacter* (ZAADY *et al.*, 1993; RODRÍGUEZ; FRAGA, 1999; ARAÚJO, 2008).

O uso de RPCPs vem sendo uma das estratégias mais importantes na atualidade, tanto para diminuir os custos quanto para melhorar os rendimentos da produção agrícola, proporcionando ao produtor máximo retorno econômico (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; VIEIRA JÚNIOR *et al.*, 2013).

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma leguminosa também conhecida como feijão macassar, feijão-de-corda, fradinho ou feijão-verde. Constitui-se na principal cultura de subsistência do Semiárido brasileiro, sendo uma das alternativas de alimento para a população de baixa renda da região nordeste do Brasil (FREIRE FILHO *et al.*, 2005), e ainda uma das principais culturas alimentares do oeste da África (ONWULIRI; OBU, 2002).

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) leguminosa que também pertence à família Fabaceae, considerado importante alimento na dieta humana, oferecendo benefícios a saúde humana, uma vez que apresenta elevados teores de proteínas, minerais, carboidratos, vitaminas e fibras. Além disso, o seu cultivo ganha importância como fonte geradora de emprego e renda (FROTA *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2006; COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB, 2015).

Assim, as sementes tratadas quimicamente, física ou biologicamente apresentam um período pós-tratamento onde a efetividade do tratamento ou algum dano à sua qualidade pode ocorrer. O período pós-tratamento das sementes pode ser crítico em termos de efetividade dos produtos ou de algum dano que possa ser causado à semente caso haja uma grande demora em se fazer a semeadura, fato este verificado para alguns produtos químicos (DAN *et al.*, 2010).

No entanto, para produtos biológicos existem poucas informações a respeito, considerando que muitas situações impedem que a semeadura possa ser realizada imediatamente após o tratamento das sementes, ou que em um programa de semeadura as sementes possam ser tratadas antecipadamente. O objetivo desse trabalho foi avaliar a ação de dois produtos biológicos comerciais FMT001 e Serenade®, à base de *Bacillus subtilis*, e um produto químico Vitavax Thiram® 200 SC, aplicados via tratamento de sementes, como promotores de crescimento de plantas e protetores das sementes, visando verificar o desempenho germinativo das sementes e os efeitos da inoculação de doses sob diferentes espaços de tempo de exposição aos tratamentos, em caupi e em feijoeiro comum.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CULTURA DO FEIJOEIRO

O gênero *Phaseolus*, pertencente à família Fabaceae, é um gênero originário do continente americano, contendo aproximadamente 55 espécies, sendo as mais cultivadas: *Phaseolus vulgaris* L., *P. lunatus* L., *P. coccineus* L., *P. acutifolius* var. *latifolius* G. F. Freeman e *P. polyanthus* Greenm (DEBOUCK, 1993). O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é o mais importante, por ser a espécie cultivada mais antiga e ser fonte de abastecimento alimentar especialmente nos países em desenvolvimento, em termos de alimentação energética, bem como nutrientes (SANTOS; GAVINALES, 2006).

Sendo, em geral, o ciclo biológico do feijoeiro, considerando os estádios de desenvolvimento: fase vegetativa que é constituída pelas etapas V0, V1, V2, V3 e V4 e a fase reprodutiva pelas etapas R5, R6, R7, R8 e R9 (FERNANDEZ *et al*, 1986) ; **Tabela 1**).

Tabela 1- Descrição sucinta dos estádios do ciclo biológico da cultura do feijoeiro comum

Fase	Estádio	Descrição do ciclo biológico do Feijoeiro
Vegetativa	V0	Germinação (iniciada a germinação da semente);
	V1	emergência (50% dos cotilédones fora do solo);
	V2	folhas primárias (par de folhas primárias expandidas);
	V3	primeira folha trifoliolada (com folíolos expandidos);
	V4	terceira folha trifoliolada (com folíolos expandidos);
Reprodutiva	R5	pré-floração (após emissão do primeiro botão ou racimo floral);
	R6	floração (primeira flor aberta);
	R7	formação de legumes (primeira vagem com a corola desprendida);
	R8	enchimento de legumes (início de inchamento das vagens);
	R9	maturação (quando a primeira vagem começa a descolorir ou secar).

Fonte: Adaptado de Fernandez *et al.* (1986).

Nas fases de V0 a V2 o tratamento de sementes tem fundamental importância, pois nesta etapa o estabelecimento de um estande adequado é um dos pontos primordiais para se atingir uma boa produtividade.

No âmbito mundial o feijão apresenta pouca expressão comercial, uma vez que quase todos os países produtores são também grandes consumidores, o que torna pequeno o excedente

exportável, gerando um comércio internacional bastante restrito e de limitada proporção de expansão (CONAB, 2015).

2.2 IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA DO FEIJOEIRO

Segundo Fancelli e Dourado Neto (2005), o feijão é considerado um alimento fundamental do povo brasileiro e de grande parte da América Latina. De grande importância devido ao fato de ser fonte acessível de proteínas, com elevado valor energético, comparado a outros alimentos.

De acordo com Paula Junior *et al.* (2007) essa leguminosa é produzida em todos os estados da federação, com destaque em produção os estados do Paraná, Minas Gerais, Bahia, São Paulo e Goiás. Porém, em todos os estados ocorre o cultivo do feijoeiro, seja em maior ou menor escala, o que faz com que durante praticamente o ano todo ocorra a colheita da cultura, sendo essa concentrada (92% do feijão colhido) (FERREIRA *et al.*, 2003).

No Brasil, o cultivo do feijoeiro ocorre em três épocas distintas no mesmo ano, sendo elas: a safra “das águas”, de agosto a novembro, com predominância na região Sul; a safra “da seca” cultivada de janeiro a março, abrangendo a maioria dos estados produtores e a safra “de inverno” de abril a julho, com semeadura realizada principalmente nas regiões centro-oeste e sudeste (CONAB, 2010).

A área semeada com feijão primeira safra (safra 2016/17) foi de 1.110 mil hectares, 13,4% superior em relação à safra passada, que foi de 978,6 mil hectares (CONAB, 2017) a produtividade média obtida para essa cultura está em 1.249 kg/ha, na média nacional, 18,2% acima da obtida na última temporada.

Considerando as três safras, estima-se para o décimo segundo acompanhamento da safra 2017/18 que a área total de feijão no país será de 3.175,3 mil hectares, 0,2% menor em relação à safra passada (CONAB, 2018).

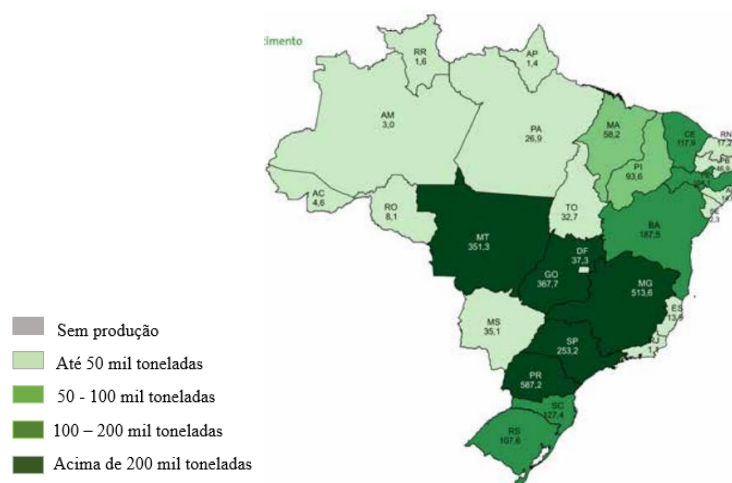
A produção nacional de feijão está estimada em 3.116 mil toneladas e é 8,3% menor que a última temporada. Vale ressaltar que a produtividade média foi mais baixa nos principais estados produtores em comparação com a temporada passada e isso impactou diretamente nos rendimentos e na produção total em âmbito nacional. As condições climáticas, em alguns períodos, foram desfavoráveis à evolução da cultura, influenciando nos resultados finais estimados (CONAB, 2018) ; **Figura 1**).

A agricultura familiar exerce um papel determinante na produção de alimentos para o comércio interno, e tendo como base os dados do Censo Agropecuário 2006, tem-se como dominante a produção de feijão fradinho (83%), feijão preto (77%), feijão de cor (54%)

(BRASIL, 2015). Contudo, os produtores familiares encontram dificuldades tecnológicas na produção de alimentos e forragens para os rebanhos, limitações que impedem que os mesmos produzam mais.

Entretanto, a cultura do feijão é sensível às adversidades climáticas, tais como a falta ou excesso de chuva que pode atuar negativamente no cultivo e, principalmente, na produtividade, comprometendo a produção em termos quantitativos (CONAB, 2015).

Figura 1- Mapa da produção agrícola – Feijão total (primeira, segunda e terceira safras)
Produção total de feijão



Fonte: CONAB (2018).

2.3 FEIJÃO-CAUPI

Apesar de existir controversas sobre sua origem a aceita é a que descrevem que o feijão-caupi é uma cultura de origem africana, a qual foi introduzida no Brasil na segunda metade do século XVII pelos colonizadores portugueses no estado da Bahia. As características edafoclimáticas distintas (quente/úmida na região norte e quente/seca na região nordeste) foram adequadas ao seu desenvolvimento (ARAÚJO *et al.*, 1984).

O feijão-caupi é uma dicotiledônea, pertencente à ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, tribo Phaseoleae, subtribo Phaseolina gênero *Vigna* e a espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Ainda que nas primeiras classificações tenha sido posto em outros gêneros, como *Phaseolus* e *Dolichos*, porém sua colocação em *Vigna* é mundialmente aceita (SELLSCHOP, 1962).

De acordo com alguns autores a classificação cientificamente aceita é que o feijão-caupi é uma planta Dicotyledonea, subdividida em quatro cultigrupos *Unguiculata*, *Sesquipedalis*, *Biflora* e *Textilis* (VERDCOURT, 1970; MARÉCHAL *et al.*, 1978; SMARTT, 1990; PADULOSI; NG, 1997).

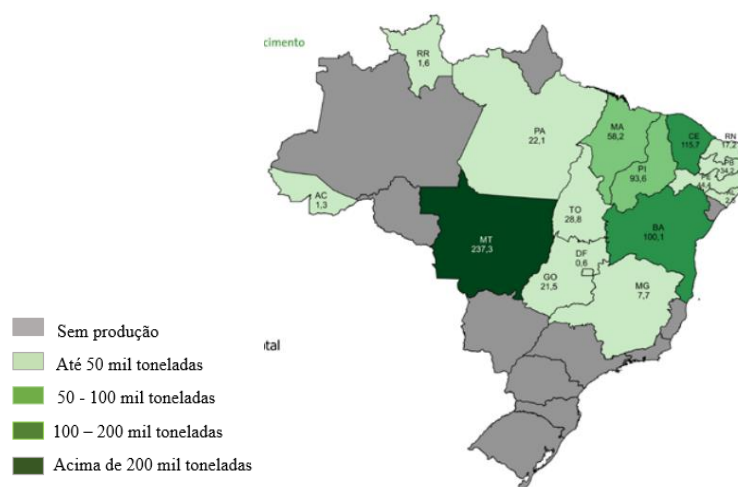
Estudos comprovam que a produção de feijão-caupi no Brasil concentrava-se apenas na região nordeste e norte, mais recentemente está sendo implantada na região centro-oeste, em razão do desenvolvimento de cultivares com características que favorecem o cultivo mecanizado (SILVA *et al.*, 2009).

É uma cultura de grande importância na alimentação da população que vivem na região do Semi-Árido brasileiro, principalmente as mais carentes, por possuir ciclo curto, baixa exigência hídrica (precipitação mínima anual de 300 mm), rusticidade para se desenvolver em solos de baixa fertilidade, como também, ser fornecedor de proteínas, carboidratos, vitaminas e minerais (ANDRADE JÚNIOR, 2002).

Contudo, o feijão-caupi é adaptado ao clima tropical, o oposto do feijão comum, podendo ser cultivado tanto no clima seco do Nordeste, como no clima úmido do Norte, abrangendo as latitudes de 5° N a 18° S (ARAUJO, *et al.*, 1984).

A temperatura do ar entre 20° C a 35° C, pode influenciar diretamente no desenvolvimento vegetativo, na atividade do rhizobium e na nodulação, temperaturas inferiores a 18° C desestimulam o início da floração, aumentando assim o ciclo da cultura (ARAUJO *et al.*, 1984).

Figura 2- Mapa da produção agrícola – Feijão total (primeira, segunda e terceira safras) - caupi



Fonte: CONAB (2018).

Um dos fatores que favorece o seu cultivo na região do cerrado é que essa espécie tem um custo muito competitivo, fato que tem feito aumentar o interesse dos produtores pela cultura, além disso, a produção é de alta qualidade, o que permite que o produto seja bem aceito por comerciantes, agroindústrias, distribuidores e consumidores (FREIRE FILHO, 2011).

Durante a primeira safra o feijão-caupi é o terceiro tipo mais cultivado no país. Sua produção se concentra no Nordeste, mais particularmente no Piauí e Bahia. A área e a produtividade total de feijão-caupi cresceram 18,1% e 118,8%, respectivamente, em face das condições climáticas mais favoráveis nessa safra. Em 2017, o quadro climático apresentou-se favorável e a produção foi superior em 158,3%, alcançando 211 mil toneladas (CONAB, 2017).

2.4 TRATAMENTO DE SEMENTES

O uso de sementes tratadas com agentes de biocontrole é uma das recomendações para conter a transmissão de doenças via sementes, além de colaborar para uma maior densidade de plantas na lavoura (CORRÊA et al., 2008). Tem como principal finalidade permitir a germinação de sementes infectadas, controlar patógenos transmitidos pela semente e proteger as sementes dos fungos existentes do solo (HENNING *et al.*, 1994). Além disso sementes não tratadas podem ser vetores de propagação de doenças fúngicas para a cultura, causadas por microrganismos como *Phomopsis sp.*, *Cercospora sp.* e *Rhizoctonia solani*, que são causadores de grandes prejuízos econômicos por afetar o rendimento e a qualidade dos grãos (HENNING *et al.*, 2010).

Portanto, dentre os danos que um patógeno pode provocar, avaliando-se a planta individualizada, a partir de sementes, podem ser mencionados: morte em pré-emergência; podridões radiculares; tombamentos; manchas necróticas em folhas, caules, frutos e sistema vascular; deformações (hipertrofias e subdesenvolvimento); descolorações (desvio da coloração normal); infecções latentes entre outros (MACHADO, 1988).

Peske *et al.* (2006) na sua pesquisa elucidaram que sementes infectadas por doenças podem não apresentar viabilidade, incidir em baixo vigor, além de serem veículo de disseminação de patógenos. Deste modo além de conferir proteção às sementes, o tratamento de sementes oferece garantia adicional ao estabelecimento da lavoura por custos reduzidos, menos de 0,5% do custo de instalação da lavoura (HENNING, 2005).

Um aspecto importante do tratamento de sementes é o tempo que as sementes podem permanecer tratadas antes da semeadura. Conforme Braccini *et al.* (2015), em trabalho com sementes de soja utilizando dois níveis de vigor três volumes de calda e cinco períodos pós

tratamento (0, 20, 60 e 90 dias), verificaram que as reduções foram de 0,07, 0,16 e 0,19% por dia de armazenamento respectivamente nos volumes de calda de 0, 500, e 1000 mL 100 kg⁻¹ de sementes. Sendo que as sementes de alto vigor suportaram melhor as condições pós tratamento.

Vários trabalhos ressaltam a importância do tratamento de sementes beneficiando a sua qualidade durante o armazenamento.

Porém, Henning (2005) ressaltou que o tratamento é capaz de melhorar o desenvolvimento da germinação inclusive daquelas infectadas, controlar patógenos transmitidos pelas sementes e oferecer proteção contra fungos e insetos presentes no solo, aprimorando a emergência e sanidade das plântulas.

Como se observa, embora o assunto tenha boas informações, ainda faltam aquelas com relação a produtos biológicos e também poucas são as com feijoeiro caupi, sendo necessárias avaliações para que se tenham mais informações sobre o assunto.

2.5 INFLUÊNCIA DAS BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO EM PLANTAS

Nas últimas décadas, tem se aumentado os esforços na tentativa de se utilizar métodos alternativos de cultivo para reduzir o uso de defensivos e fertilizantes químicos, como por exemplo o uso de agentes biológicos (CAMPANHOLA; BETTIOL, 2003; LIMA, 2010).

Neste cenário as bactérias do gênero *Bacillus* que estão entre as mais abundantes na rizosfera, sua atividade como promotora de crescimento vegetal e os mecanismos desenvolvidos por elas vêm sendo estudadas já tem algum tempo (SAHARAN, 2011).

O *Bacillus subtilis* é uma espécie de bactéria gram positiva (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006), resistente às condições adversas, tais como calor e baixos níveis de umidade; são aeróbios ou aeróbios facultativos e a maioria das espécies encontradas é saprófita (MELO, 1998).

Tem a capacidade de produzir enzimas hidrofílicas extracelulares que degradam os polissacarídeos; além de produzir antibióticos lipopeptídicos, da família surfactina, bacitracina e polimixina; sobrevive de 55 °C - 77 °C, considerado também como um agente de controle biológico, promotor de desenvolvimento de plantas e prevenir doenças no solo (RAGAZZO-SÁNCHEZ *et al.*, 2011).

Essas BPCP são capazes de colonizar as raízes das plantas e assim estimular o crescimento e/ou aumentar da produtividade das culturas (CHANWAY *et al.*, 1989).

Tem a capacidade de produção de hormônios vegetais (fitoestimulação) pelas BPCP é considerada um dos mecanismos mais importantes pelo qual muitas bactérias promovem o crescimento das plantas, a divisão celular e a extensão das raízes (MARTÍNEZ VIVEROS *et al.*, 2010)

Pesquisas comprovam que sementes de algodão, milho e soja expostas à inoculação com *Bacillus subtilis* tiveram incremento na emergência das plântulas (ARAUJO, 2008).

Os efeitos destes microrganismos sobre o desenvolvimento das plantas são amplos, incluindo os efeitos benéficos na germinação de sementes, emergência de plântulas e produção de grãos (LAZARETTI; BETTIOL, 1997).

2.6 SERENADE®

O produto SERENADE®¹ está Registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA sob nº 03911, sua composição: *Bacillus subtilis* linhagem QST 713 (mínimo de 1×10^9 UFC/g de ativo). O SERENADE® é um fungicida bactericida microbiológico que possui múltiplos modos de ação. Os lipopeptídeos produzidos pelo *Bacillus subtilis* QST713 presentes na formulação atuam na membrana celular das estruturas reprodutivas do fungo, provocando sua deformação e produzindo rupturas. O *Bacillus subtilis* também age por competição de espaço e nutrientes na superfície vegetal da planta e no solo junto ao sistema radicular. É usado em pulverização preventiva no controle de doenças

2.7 VITAVAX-THIRAM® 200 SC

O Vitavax-Thiram 200 SC² é um fungicida registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA sob o nº 001193, com apresentação em solução concentrada,

¹Informações contidas na bula que acompanha o produto. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/ap_produto_form_detalhe_cons?p_id_produto=&p_nm_marca_comercial=&p_id_registrante_empresa=&p_id_ingredientes_ativo=&p_nm_comum_portugues=&p_id_tecnica_aplicacao=&p_id_classe=2&p_nr_registro=&p_id_classificacao_tox=&p_id_classificacao_amb=&p_tipo_aplicacao=&p_id_cultura=&p_id_praga_inseto=&p_id_cultura_planta=&p_id_planta_daninha=&p_id_cultura_praga=&p_id_cultura_inseto=&p_id_praga=&p_nm_sort=n_m_marca_comercial&p_linha_inicial=10&p_id_produto_formulado_tecnico=8638

²Informações contidas na bula que acompanha o produto. Disponível em: <<http://www.adapar.pr.gov.br/arquivos/File/defis/DFI/Bulas/Fungicidas/vitavaxthiram200sc.pdf>>.

cujo princípio ativo é 5,6-dihydro-2-methyl-1,4-oxathi-ine-3- carboxanilide (Carboxina), 200 g/L (20% m/v); Tetramethylthiuram disulfide (Tiram), 200 g/L (20% m/v); e Etileno Glicol, 249 g/L (24,9% m/v). Este produto pertence à classe dos fungicidas sistêmicos e de contato, destinado ao tratamento de sementes. Proporcionado assim, maior proteção à semente contra fungos, como também durante os estádios susceptíveis da plântula, principalmente em condições desfavoráveis ao desenvolvimento da cultura e durante o armazenamento.

2.8 VIGOR DAS SEMENTES

Os testes de vigor são utilizados para distinguir os níveis de vigor entre as sementes, distinguindo-as também entre seus lotes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Aosa (1983) conceitua o vigor de sementes como a soma dos atributos determinantes do potencial para a emergência rápida e uniforme de plântulas normais sob ampla diversidade de condições ambientais.

Logo a qualidade de um lote de sementes envolve uma série de atributos que determinam seu valor para semeadura, sendo tanto de natureza genética, física, fisiológica e sanitária (HALMER; BEWLEY, 1984). Deste modo, o vigor fisiológico não depende apenas do fator genético, mas, também das condições da qual as plantas são submetidas e as sementes que estas irão produzir (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Portanto os testes de vigor servem para fornecer índices mais sensíveis do potencial fisiológico, comparativamente ao teste de germinação qualquer evento que preceda a perda do poder germinativo pode servir como base para o desenvolvimento de testes de vigor (AOSA, 1983).

Nesta totalidade a tendência predominante na avaliação do vigor de sementes é a utilização da combinação dos resultados de diferentes testes, levando-se em consideração a finalidade do uso dos resultados e de suas limitações (MARCOS FILHO, 1999).

Desta forma, as sementes que tenham um bom desempenho são classificadas como vigorosas e as de baixo desempenho são chamadas de sementes de baixo vigor (INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION- ISTA, 1981).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP – do Campus de Ilha Solteira/ SP.

Foram avaliados cinco lotes: os lotes 1 e 2 da cidade de Ilha Solteira - SP, lote 3 cidade de Sorriso - MT e o lote 4 da cidade de Sinop - MT, todos sendo lotes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.), cultivar Guariba (safra 2015/2016), e o lote 5 de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), do cultivar BRS Estilo da FEPE – na Cidade de - MS (safra 2015/2016). As sementes encontravam-se armazenadas em câmara fria e seca, no Laboratório de Análise de Sementes da UNESP.

As sementes foram submetidas a tratamento biológico e químico. No tratamento biológico, as sementes foram inoculadas, com produto formulado à base de *Bacillus subtilis* linhagem QST 713, apresentando concentração mínima de 10^9 UFC ml⁻¹, e logo em seguida foram semeadas de acordo com cada tratamento.

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com tratamentos 4x2, sendo composto por 2 produtos adicionais.

Foram estabelecidos seis tratamentos e quatro repetições, de inoculantes à base de *Bacillus subtilis*: FMT001 100 ml, 200 ml, 400 ml 50kg⁻¹ de sementes, 200 ml 50kg⁻¹ de sementes (produto Serenade®), sendo este utilizado na dose recomendada comercialmente, no controle, utilizaram-se sementes que foram submetidas a tratamentos com fungicida comercial, com dose de 100 ml 50 kg⁻¹ (Vitavax-Thiram® 200 SC); e a testemunha, sementes apenas umedecidas com H₂O 100 ml 50 kg⁻¹.

As sementes foram contadas e separadas de acordo com os seus respectivos lotes, que foram cognominadas de “LOTES: I, II, III, IV e V”, as mesmas foram acondicionadas em sacos plásticos de 2kg e a solução de cada produto, foram diluídas em 100 ml de H₂O deionizada 0,05% do Laboratório de Análise de Sementes (LAS) da UNESP, formando uma calda homogênea, a fim de proporcionar o total recobrimento das sementes, de acordo com cada tratamento, foram agitadas vigorosamente durante três minutos, visando uniformizar o produto sobre as sementes de feijão. Também foram avaliados o tempo de 00, 24, 48, 72 e 96 horas de inoculação, com os produtos, já citados. A inoculação das sementes, 00 horas foram plantadas no momento seguinte a inoculação.

Os lotes foram analisados através da determinação da condutividade elétrica, teste de germinação, comprimento de raiz e plântulas, envelhecimento acelerado e teste de frio.

Para determinação do teor de água (**grau de umidade**): foi realizado em estufa a $105\pm 3^\circ$ C, durante 24 horas, utilizando-se quatro sub amostras de 50 sementes, para cada lote, sendo os resultados expressos em porcentagem, base úmida (BRASIL, 2009):

$$\% \text{ de umidade } (U) = \frac{100(P - p)}{P - t} \quad (1)$$

onde, P é a massa inicial, massa do recipiente e sua tampa mais a massa da semente úmida; p é a massa final, massa do recipiente e sua tampa mais a massa da semente seca; t é a tara, massa do recipiente com sua tampa.

Teste de Condutividade elétrica: foi realizado com quatro sub-amostras com 50 sementes para cada tratamento, de massa conhecida colocadas para embeber em copos plásticos descartável, com capacidade para 100 ml de água, onde foram adicionados 75ml de água deionizada, As amostras permaneceram em repouso na incubadora (Biochemical Oxygen Demand) B.O.D por 24 horas a uma temperatura de 25° C. Após o período recomendado, as amostras foram retiradas da B.O.D e agitadas para homogeneização dos exsudados liberados na água. A leitura da condutividade elétrica da solução foi realizada com Condutivímetro de Bancada Modelo MCA 150 (VIEIRA; KRYZANOWSKI, 1999).

$$CE = \frac{L - B}{P} \quad (2)$$

onde, CE é a condutividade elétrica ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$), L é a leitura da amostra no condutivímetro ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$), B é a leitura do “branco”, água destilada ou deionizada ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$), P é o peso da amostra (g).

Teste de germinação: foi realizado, com quatro sub-amostras com 50 sementes para cada tratamento, segundo as recomendações das Regras para Análise de Sementes (RAS). As sementes foram semeadas papel Germitest, inicialmente umedecido com água deionizada o equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco e colocado para germinar em câmaras de germinação B.O. D. sob temperatura de 25° C. As avaliações foram realizadas ao quinto após

a semeadura, computando-se o número de plântulas normais, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

$$\% \text{ Germinação} = \frac{Pn}{N} \times 100 \quad (3)$$

onde, Pn são as plântulas normais, N é o número total de sementes colocadas para germinar.

Para determinar o **comprimento das plântulas e raiz** foram semeadas 10 sementes por repetição. As sementes foram distribuídas manualmente para germinar no sentido longitudinal das folhas de papel germitest, sobre a linha traçada no terço superior da folha, as micrópilas voltadas para a parte inferior do papel. Em seguida, foram confeccionados os rolos, e colocados em sacos de plástico, na câmara de germinação B.O.D. sob temperatura de 25° C, e mantidos em posição vertical, durante sete dias. A avaliação foi realizada efetuando-se as medições das plântulas normais em centímetros, segundo a metodologia de (NAKAGAWA, 1999) e da RAS (BRASIL, 2009).

Teste de envelhecimento Acelerado: Foi realizado, segundo a metodologia descrita por Marcos Filho (1999) e da RAS Brasil (2009), com quatro sub-amostras de 50 sementes para cada tratamento, em seguida foram colocadas em caixas plásticas de gerbox (11 x 11 x 3 cm) com compartimentos individuais (mini-câmaras), as sementes foram distribuídas sobre a tela de aço do gerbox. A umidade relativa no interior dessas caixas foi obtida pela adição de 40 ml de água, para a obtenção de, aproximadamente, 95% U.R. do ar. As sub-amostras dos tratamentos, foram distribuídas de modo a constituir uma camada única tomando toda a superfície da tela metálica suspensa no interior de cada caixa, na sequência as caixas gerbox com as sementes foram colocadas na incubadora B.O.D. sob a temperatura de 41° C, durante 72 horas como descrito por Hampton e Tekrony (1995). Após o período de envelhecimento, as sementes foram submetidas ao teste de germinação com quatro sub-amostras com 50 sementes para cada tratamento, segundo as recomendações das Regras para Análise de Sementes (RAS), de acordo com os procedimentos já descritos. Onde as plântulas normais foram avaliadas cinco dias após e os resultados foram expressos em porcentagem para cada tratamento.

Com as sementes restantes foram determinados o Grau de Umidade, após o período de envelhecimento, visando à avaliação da uniformidade das condições do teste.

Teste frio: Foi realizado com quatro sub-amostras de 50 sementes para cada tratamentos, utilizou-se papel Germitest, umedecido com água deionizada o equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco. As sementes foram semeadas sobre o papel, e feitos rolos e colocados em sacos plásticos fechados e mantidos em caixas plásticas tampadas e vedadas com fita adesiva. Em seguida colocadas em câmara regulada a 10° C por período de 7 dias, após esse tempo as caixas de propileno, foram retiradas, destampadas, e os rolos permaneceram em B.O.D. previamente regulada a 25° C, por mais 5 dias, quando foram feitas a contagem de plântulas normais (BARROS *et al.*, 1999)

Avaliação de lotes em vasos

Nesta segunda parte: O experimento foi implantado em casa de vegetação, utilizando-se vasos de oito litros preenchidos com uma mistura de solo com composto orgânico na proporção 2:1, cujos atributos químicos do solo foram avaliados antes da instalação do mesmo, mediante a realização da análise química no Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas da UNESP campus de Ilha Solteira (Tabela 2).

Tabela 2- Análise química do solo, antes da instalação do experimento, Ilha Solteira - SP, 2017

P resina	MO	pH	K	Ca	Mg	H ⁺ Al	Al	SB	CTC	V
mg dm ³	g dm ³	CaCl ₂	-----				mmol _c dm ³	-----		%
44	21	5,4	6,0	54	22	28	0	82,0	110,0	75

Fonte: Elaboração da própria autora.

As sementes foram submetidas aos tratamentos biológico e químico. No tratamento biológico, as sementes foram inoculadas com produtos formulados à base de *Bacillus subtilis*, apresentando concentração mínima de 10⁹ UFC ml⁻¹ e logo em seguida foram semeadas nos vasos.

Foram estabelecidos seis tratamentos e quatro repetições, de inoculantes à base de *Bacillus subtilis*: FMT001 100 ml, 200 ml, 400 ml 50kg⁻¹ de sementes, 200 ml 50kg⁻¹ de sementes (produto Serenade®), sendo este utilizado na dose recomendada comercialmente, no controle, utilizaram-se sementes que foram submetidas a tratamentos com fungicida comercial, com dose de 100 ml 50 kg⁻¹ (Vitavax -Thiram® 200 SC); e a testemunha, sementes apenas umedecidas com H₂O 100 ml 50 kg⁻¹.

Durante todo o processo de tratamento o inoculante foi mantido em temperatura ambiente. A semeadura ocorreu no dia 09 de setembro de 2017, em 120 vasos, na densidade de 8 sementes/vaso. O desbaste foi realizado aos 15 dias após a emergência, deixando-se uma planta/vaso. A irrigação foi feita sempre que necessária.

Variáveis que foram analisadas nas plantas adultas

Ao final do ciclo das plantas, avaliou-se os seguintes caracteres agronômicos: Inicialmente analisou-se a % de emergência (EM), altura da planta (AP), números de vagens por planta (NVP), Comprimento médio por vagem (CompV), número de grãos por plantas (NGP), peso de grãos por planta (PGP), massa de 100 grãos (M100), e grau de umidade das sementes (U).

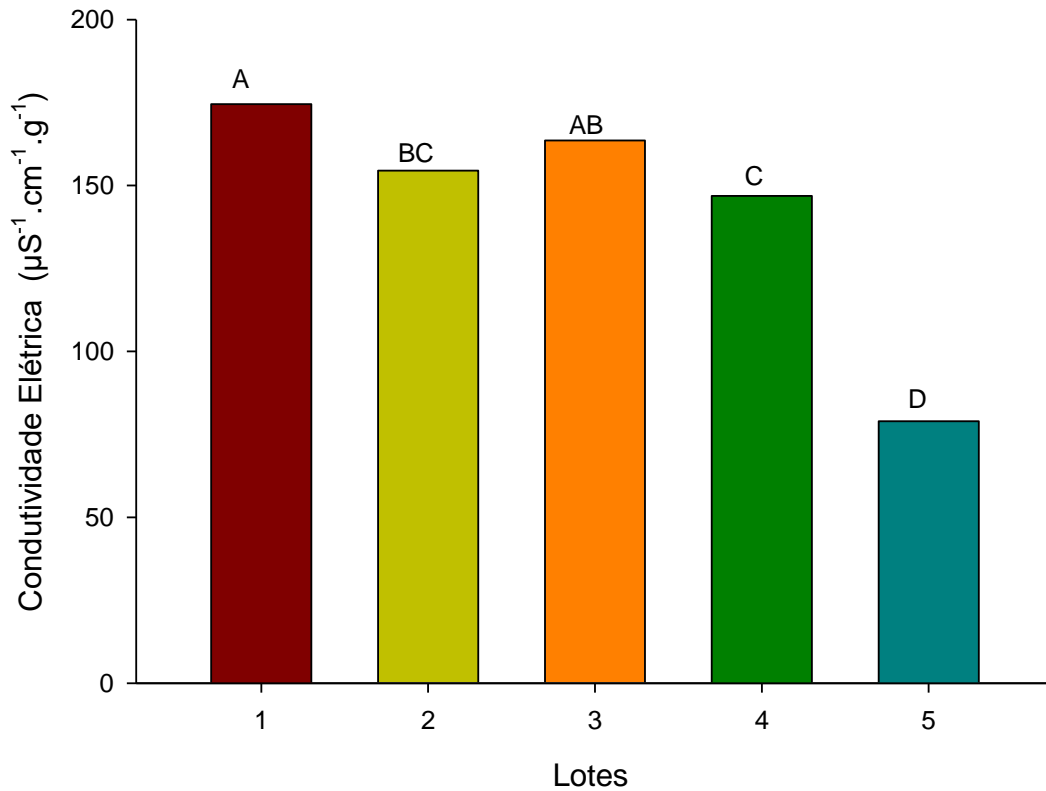
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os lotes utilizados se apresentaram todos dentro dos padrões de sementes, com germinação acima de 80% e pureza superior a 98% como preconiza as Regras de Análise de Sementes (RAS) (BRASIL, 2009).

Em relação à condutividade elétrica no feijão comum observaram-se valores inferiores ao feijão-caupi. Em relação aos lotes, o lote 1 (*Vigna unguiculata* – Ilha Solteira - SP) se destaca com a maior condutividade elétrica sendo o lote 5 o (*Phaseolus vulgaris* – Selviria - MS) que apresentou os menores valores e com condutividades intermediárias os lotes 2, 3 (*Vigna unguiculata* - Ilha Solteira – SP, *Vigna unguiculata* - Sorriso - MT) e 4 (*Vigna unguiculata* - Sinop - MT) (**Figura 3**).

O aumento da condutividade elétrica é devido a perda de integridade das membranas celulares, de constituintes celulares e menor capacidade de reparação aos danos causados a semente (BINOTTI *et al.*, 2008). Sendo que a condutividade elétrica ajuda a identificar diferenças de vigor entre lotes de sementes e inclusive danos causados às sementes pelo processo de secagem (CORRÊA; AFONSO JÚNIOR, 1999; DUTRA *et al.*, 2006). O lote 5 é o melhor lote. Assim, o feijão comum manteve a integridade da semente quando comparado com o feijão-caupi, cujas sementes se degradaram com mais velocidade como apresentado na **Figura 3**.

Figura 3- Média da Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}^{-1}.\text{cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$) dos lotes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*)



Mesmas letras, não se difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Fonte: Dados da própria autora

Todas as variáveis resposta (germinação, teste frio, envelhecimento acelerado, umidade do envelhecimento, comprimento de raiz e comprimento de plântula) foram influenciadas significativamente ($P < 0,01$) em função das doses, entre tempo e entre lotes. A umidade do envelhecimento foi influenciada ($P < 0,01$) pelo tratamento biológico adicional das sementes (Fat.x Adi.B), assim como o envelhecimento acelerado e umidade do envelhecimento foram influenciados ($P < 0,01$) pelo tratamento químico adicional (Fat.x Adi.Q). Além disso, houve interação significativa ($P < 0,01$) entre doses, tempo e lotes para todas as variáveis resposta (germinação, teste frio, envelhecimento acelerado, umidade do envelhecimento, comprimento de raiz e comprimento de plântula) (**Tabela 3**).

Tabela 3- Resumo da análise de variância para germinação (Ger), teste frio (Fri), envelhecimento acelerado (Env), umidade do envelhecimento (Umi. Env.), comprimento de raiz (Comp. raiz) e comprimento de plântula (Comp. Plan) de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*; lotes 1, 2, 3 e 4) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*; lote 5) submetidos a tratamentos biológico (*Bacillus subtilis*) e químico (Vitavax-Thiram® 200 SC)

F.V	G.L	Ger.	Fri	Env	Umi.Env.	Comp.Raiz	Comp.Plan
		Quadrados médios					
Doses(D)	3	303,46**	4739,86**	1871,55**	426,95**	6,36**	8,49**
Tempo (T)	4	1576,97**	13859,11**	14336,88**	538,10**	76,80**	1596,8**
Lotes (L)	4	824,67**	1220,68**	25820,38**	9,17**	132,20**	54,48**
D x T	12	93,37**	68,61**	437,13**	88,70**	4,79**	10,12**
D x L	12	203,06**	171,99**	289,69**	8,92**	7,90**	4,56*
T x L	16	469,42**	1157,38**	1091,83**	33,80**	83,75**	50,82**
D x T x L	48	78,54**	147,53**	467,10**	23,39**	6,65**	9,52**
Fat.x Adi.B	1	6,36 ^{ns}	11,17 ^{ns}	101,20 ^{ns}	3,77**	0,29 ^{ns}	1,20 ^{ns}
Fat.x Adi.Q	1	0,29 ^{ns}	35,64 ^{ns}	218,92**	9,52**	4,88 ^{ns}	9,30 ^{ns}
Resíduo	303	12546,71	27,15	42,56	0,01	1,71	2,40
C.V(%)		13,38	24,86	40,60	11,38	25,61	30,57

C.V= coeficiente de variação; *5% e ** 1% significativo a no teste de F; ^{ns} não significativo ao teste de F ; Adi.B = tratamento o adicional com Serenade ; Adi.Q= tratamento adicional com Vitavax

Fonte: Dados da própria autora

Sabe-se que *Bacillus subtilis* é um promotor de crescimento e pode levar a semente à rápida germinação (MANJULA; PODILE, 2005; ARAUJO, 20080) ; **Tabela 3**). Exercendo, também, antagonismo direto contra fitopatógenos que envolve mecanismos de antibiose (síntese de substâncias antimicrobianas, competição por espaço e nutrientes e a síntese de compostos voláteis) (LEELASUPHAKUL *et al.*, 2008) e antagonismo indireto exercido pelo fenômeno de resistência sistêmica induzida (LANNA FILHO *et al.*, 2010).

A umidade do envelhecimento do tratamento biológico adicional foi significativamente ($P < 0,05$) inferior ao tratamento fatorial (*Vigna unguiculata* e *Phaseolus vulgaris*). Já para as demais variáveis resposta (germinação, teste frio, envelhecimento acelerado, umidade do envelhecimento, comprimento de raiz e comprimento de plântula) não houve diferenças ($P > 0,05$) (**Tabela 4**). Diferenças que podem ser devidas as doses utilizadas no tratamento

fatorial, já que o aumento da concentração de *Bacillus subtilis* na inoculação mostrou-se favorável para as sementes (LANNA FILHO *et al.*, 2010).

O envelhecimento acelerado do tratamento químico adicional foi superior ($P < 0,05$) ao tratamento fatorial (*Vigna unguiculata* e *Phaseolus vulgaris*), também a umidade do envelhecimento do tratamento químico adicional foi inferior ($P < 0,05$) ao tratamento fatorial (*Vigna unguiculata* e *Phaseolus vulgaris*). Já para as demais variáveis resposta (germinação, teste frio, comprimento de raiz e comprimento de plântula) não houve diferenças ($P > 0,05$) (Tabela 4). O Vitavax por ser produto químico tem alta influência sobre as sementes como descrito por Mertz *et al.* (2009), eliminando patógenos externos e internos a semente e com isto proporcionando a estas expressar o seu real potencial fisiológico.

Tabela 4- Valores médios obtidos para germinação (Ger), teste frio (Fri), envelhecimento acelerado (Env), umidade do envelhecimento (Umi. Env.), comprimento de raiz (Comp. raiz) e comprimento de plântula (Comp. Plan) de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*; lotes 1, 2, 3 e 4) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*; lote 5) submetidos a tratamentos biológico (*Bacillus subtilis*) e químico (VitavaxThiram® 200 SC).

	Ger. (%)	Fri. (%)	Env. (%)	Umi.Env	Comp.Raiz. (cm)	Comp.Plan (cm)
Fatoriais x Tratamento adicional biológico comercial						
Fatorial	76,70 a	66,52 a	58,80 a	37,77a	10,64 a	15,07 a
Serenade	75,44 a	68,20 a	53,74 a	36,80 b	10,37 a	14,51 a
Fatoriais x Tratamento adicional químico comercial						
Fatorial	76,70 a	66,52 a	58,80 b	37,77a	10,64 a	15,07 a
Vitavax	76,98 a	69,52 a	66,23 a	36,22b	11,75 a	16,60 a

Médias de mesmas letras nas colunas. Médias seguidas letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados da própria autora.

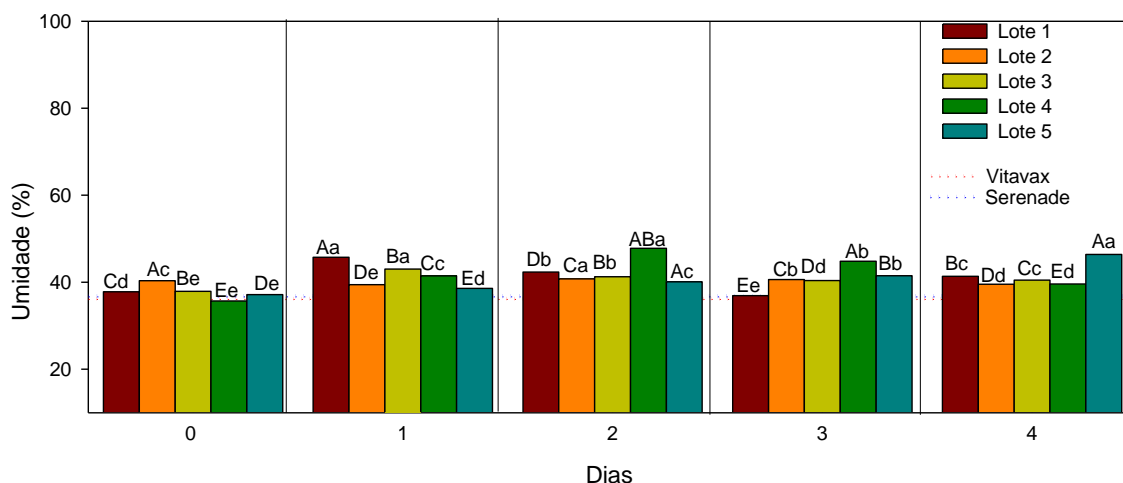
No desdobramento da interação entre lotes e tempo na dose 0 de FMT01 para umidade de envelhecimento, observa-se que às 0 e 72 horas o feijão-caupi teve maior umidade de envelhecimento quando comparado com o feijão comum, às 24 e 48 horas ambos tipos de feijão tiveram a mesma umidade e às 96 horas a umidade do feijão comum foi superior. Sendo que às 0 horas o lote 2 teve a maior umidade de envelhecimento, às 24 horas o lote 1, às 48 e 72 horas o lote 4 e às 96 horas o lote 5. Por outro lado, os lotes 1 e 3 às 24 horas tiveram a maior umidade de envelhecimento, o lote 2 às 48 horas, o lote 4 às 48 horas e o lote 5 às 96 horas (Figura 4).

Binotti *et al.* (2008), no seu trabalho de envelhecimento acelerado em sementes de *Phaseolus vulgaris*, concluíram que o vigor das sementes é influenciado pelo aumento do período de exposição ao envelhecimento acelerado (artificial). E que a partir das 72 horas já produz resultados que refletem no potencial de vigor que as sementes apresentam, como observado em *Vigna unguiculata* (**Figura 4**). Sendo que o vigor também está relacionado ao tempo de armazenamento das sementes (DOURADO *et al.*, 2013).

As diferentes respostas dos lotes e tempo de tratamento em função das doses de *Bacillus subtilis* (**Figura 4**, **Figura 5**, **Figura 6** e **Figura 7**), pode ser devido as procedências dos diferentes lotes utilizados no trabalho, assim como as condições de armazenamento, idade e ainda por se tratar de duas espécies distintas. Como observado, em geral, na **Figura 4**, **Figura 5**, **Figura 6** e **Figura 7** não existe destaque de algum lote/dose/tempo, assim na dose 0 no lote 4 foi observada a maior umidade do envelhecimento nos tempos 2 e 3; na dose 100 ml foi no lote 2 nos tempos 0 e 2 e no lote 3 nos tempos 3 e 4; na dose 200 ml foi no lote 1 nos tempos 0 e 4; e na dose 400 ml foi no lote 3 nos tempos 2 e 3. Também no tempo 0 o lote 2 teve a maior umidade do envelhecimento em todas as doses (exceto na dose 200 ml que teve a segunda maior); no tempo 1 foi o lote 4 nas doses de 100 e 200 ml; no tempo 2 foi o lote 3 nas doses de 200 e 400 ml; no tempo 3 foi o lote 3 nas doses 100 e 400 ml; e no tempo 4 nenhum lote se destacou. Esta desuniformidade de comportamento dificulta as interpretações dos resultados, porém indicam que outros fatores necessitam ser estudados com quantidade do produto a ser aplicada em função da uniformidade.

Em geral, como observado na **Figura 4**, **Figura 5**, **Figura 6** e **Figura 7** o tratamento químico e biológico adicional foram superiores as doses de *Bacillus subtilis* utilizadas no presente estudo, ainda o tratamento químico teve maior umidade do envelhecimento quando comparado ao tratamento biológico adicional. Resultados que condiz com o experimento desenvolvido por Mertz *et al.* (2009), que trabalharam com tratamento químico e biológico.

Figura 4- Desdobramento da interação entre lotes e tempo de tratamento na dose de 0 de FMT001 para umidade do envelhecimento de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Mesmas letras maiúsculas dentro de cada tempo de tratamento, não se difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

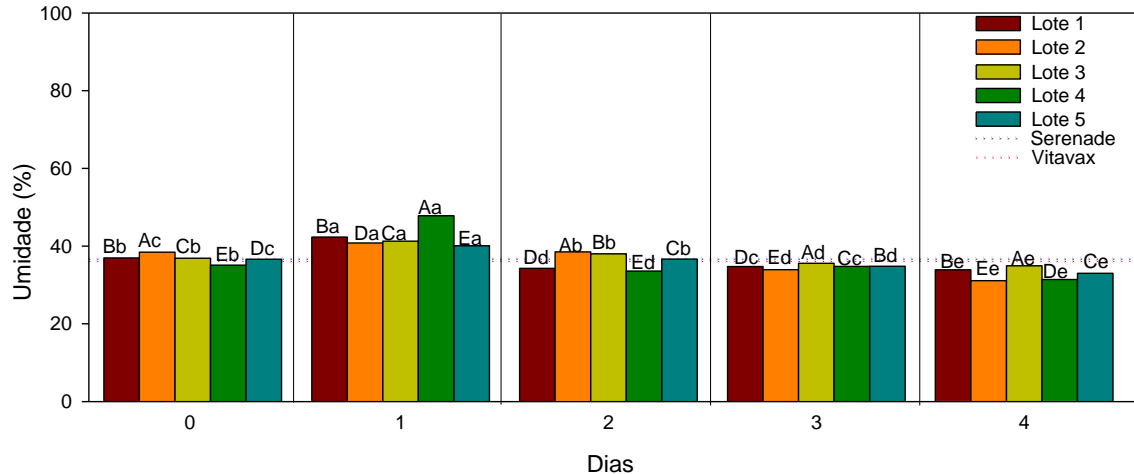
Mesmas letras minúsculas dentro de cada lote, não difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Fonte: Dados da própria autora

No desdobramento da interação entre lotes e tempo na dose 100 ml de FMT001 para umidade de envelhecimento, observa-se que o feijão-caupi teve maior umidade de envelhecimento quando comparado com o feijão comum para todos os tempos. Sendo que às 0 e 48 horas o lote 2 teve a maior umidade de envelhecimento, às 24 horas o lote 4 e às 72 e 96 horas o lote 3. Por outro lado, todos os lotes às 24 horas tiveram a maior umidade de envelhecimento (**Figura 5**).

Abaixo das 72 horas de envelhecimento não existe queda expressiva no vigor das sementes (BINOTTI *et al.*, 2008), como observado nos resultados obtidos na **Figura 5** no tempo 1 (24 horas).

Figura 5- Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 100 ml de FMT001 para umidade do envelhecimento de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Mesmas letras maiúsculas dentro de cada tempo de tratamento, não se difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

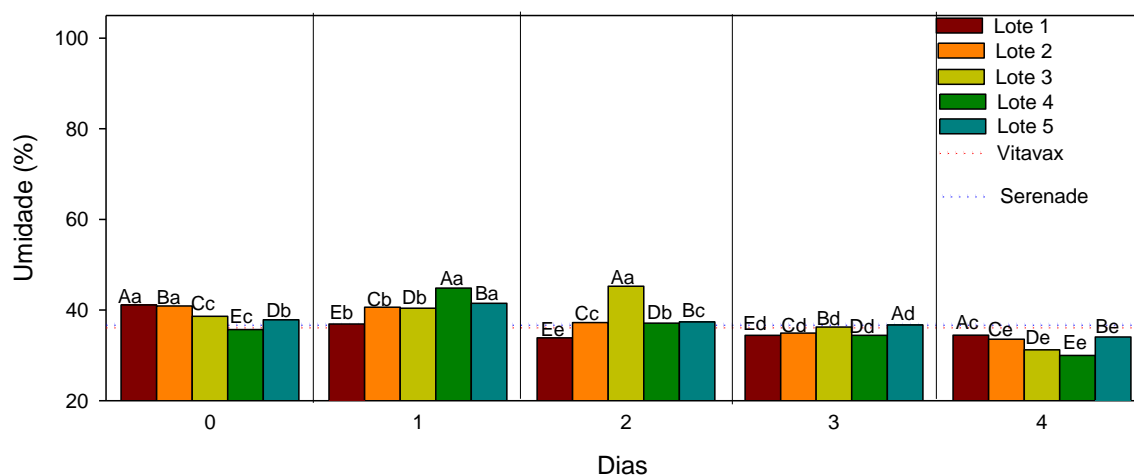
Mesmas letras minúsculas dentro de cada lote, não difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Fonte: Dados da própria autora

No desdobramento da interação entre lotes e tempo na dose 200ml de FMT001 para umidade de envelhecimento, observa-se que o feijão-caupi teve maior umidade de envelhecimento quando comparado com o feijão comum para todos os tempos, exceto às 72 horas. Sendo que às 0 e 96 horas o lote 1 teve a maior umidade de envelhecimento, às 24 horas o lote 4, às 48 horas o lote 3 e às 72 horas o lote 5. Por outro lado, os lotes 1 e 2 às 0 horas tiveram a maior umidade de envelhecimento, o lote 3 às 48 horas, os lotes 4 e 5 às 24 horas (**Figura 6**).

O grau de umidade da semente é influenciado pelo estresse decorrente da temperatura elevada que leva a uma maior deterioração da semente, provocando uma menor integridade das membranas, permitindo a entrada de água nas células (BINOTTI et al., 2008), como observado no lote 5 da **Figura 4**.

Figura 6- Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 200 ml de FMT001 para umidade do envelhecimento de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Mesmas letras maiúsculas dentro de cada tempo de tratamento, não se difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

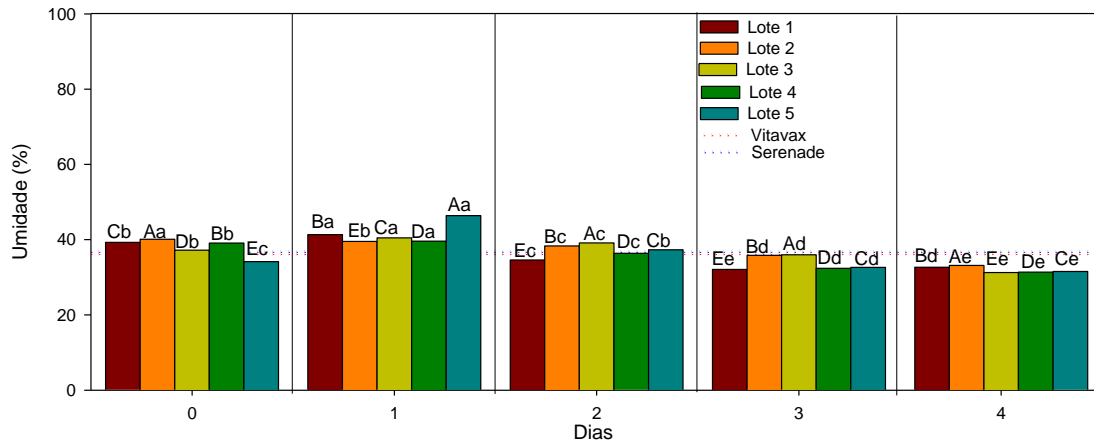
Mesmas letras minúsculas dentro de cada lote, não difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Fonte: Dados da própria autora

No desdobramento da interação entre lotes e tempo na dose 400ml de FMT001 para umidade de envelhecimento, observa-se que o feijão-caupi teve maior umidade de envelhecimento quando comparado com o feijão comum para todos os tempos, exceto às 24 horas. Sendo que às 0 e 96 horas o lote 2 teve a maior umidade de envelhecimento, às 24 horas o lote 5, às 48 e 72 horas o lote 3. Por outro lado, o lote 1 às 24 horas teve a maior umidade de envelhecimento, o lote 2 às 0 horas e os lotes 3, 4 e 5 às 24 horas (**Figura 7**).

No tratamento da dose de 400ml de FMT001 foi adicionado maior quantidade de inoculante fazendo com que a umidade inicial seja superior quando comparada com o tempo de 24 horas, diminuindo assim, em geral, a umidade até as 96 horas (**Figura 7**).

Figura 7- Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 400 ml de FMT001 para umidade do envelhecimento de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Mesmas letras maiúsculas dentro de cada tempo de tratamento, não se difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

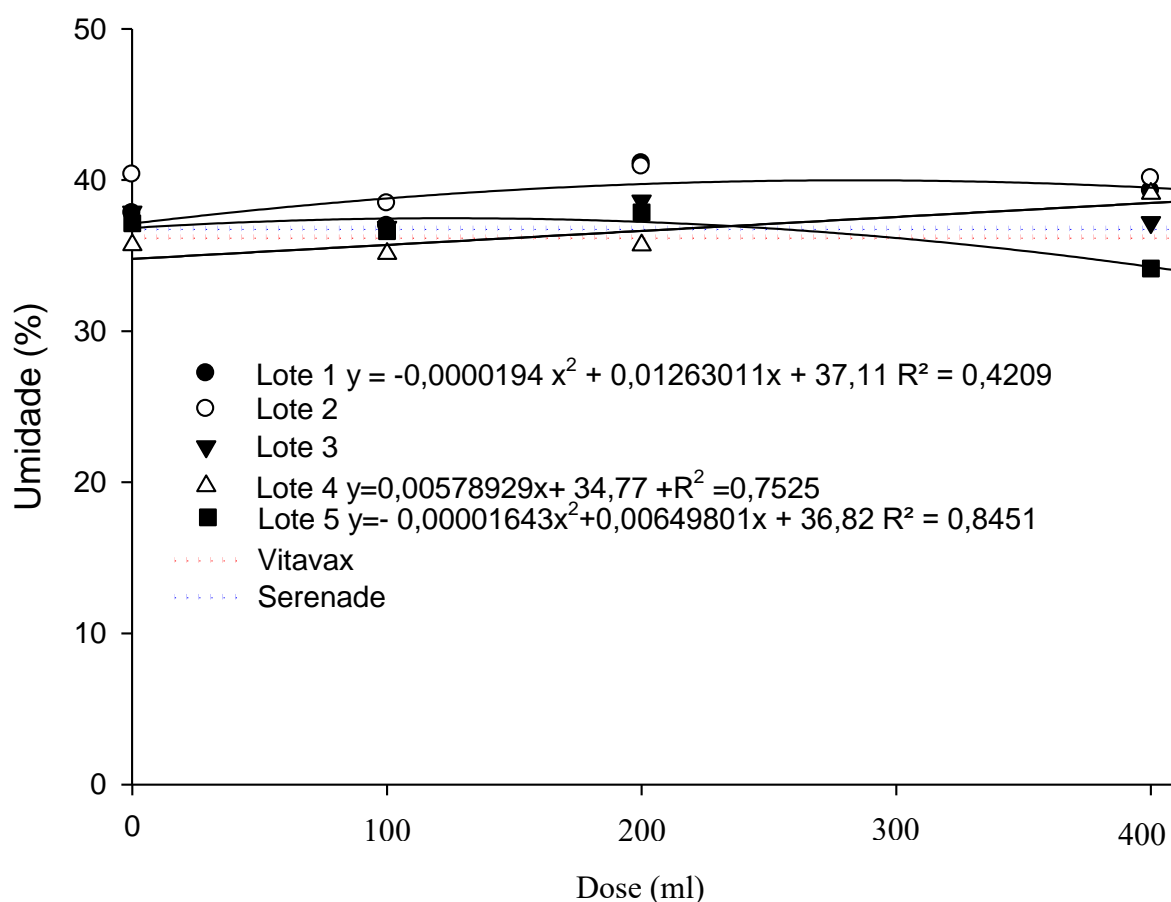
Mesmas letras minúsculas dentro de cada lote, não difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Fonte: Dados da própria autora

Os dados observados de teor de umidade do envelhecimento nas sementes (com semeadura imediatamente ao tratamento) ajustaram-se aos modelos linear positivo no lote 4 (com aumento das doses houve aumento da umidade do envelhecimento) e quadrático nos lotes 1 e 5, em função das doses (**Figura 8**). Apresentando o ponto máximo com a dose de 326 e 198 para os lotes 1 e 5, respectivamente.

O aumento da umidade no teste de envelhecimento, como observado na **Figura 8** e **Figura 9** foi relatado para feijão (BINOTTI *et al.*, 2008; BERTOLIN *et al.*, 2011) e inclusive para outras espécies (RODO *et al.*, 2000; TORRES *et al.*, 2014). NO presente estudo, foi avaliada, como mencionado na metodologia, a umidade ao longo do tempo (armazenamento logo após a inoculação), assim, a umidade se manteve constante no primeiro dia, sendo que a partir do segundo dia foi diminuindo (**Figura 8, Figura 9, Figura 10, Figura 11 e Figura 12**) perda de umidade se dever a processos evaporativos próprios de um ambiente não saturado e/ou até diferentes velocidades de embebição das sementes procedentes de diferentes lote e inclusive espécies.

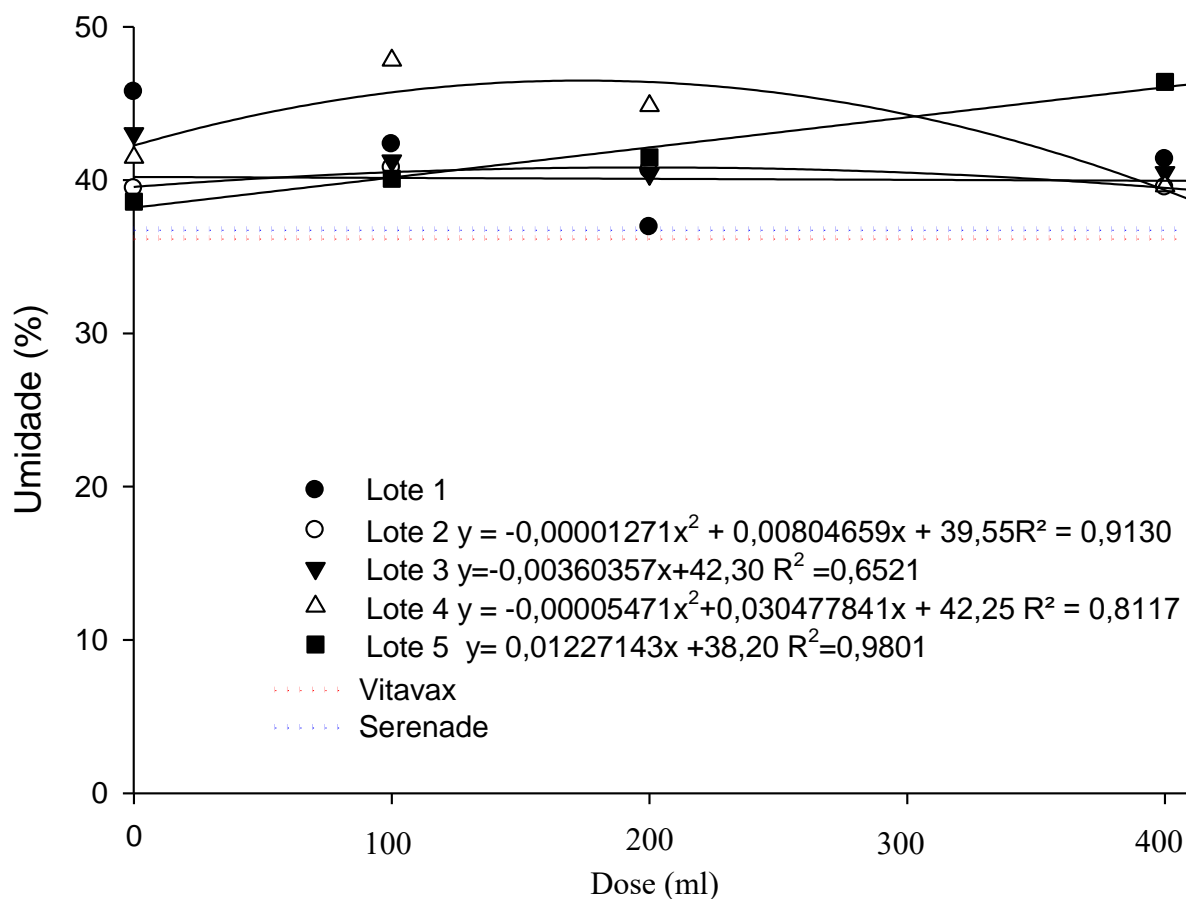
Figura 8- Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura imediatamente ao tratamento para unidade do envelhecimento de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Fonte: Dados da própria autora

Os dados observados de teor de umidade do envelhecimento nas sementes (com semeadura, após um dia ao tratamento) dos lotes 3 e 5 ajustaram-se aos modelos linear positivo (com aumento das doses houve aumento da umidade do envelhecimento) e quadrático nos lotes 2 e 4, em função das doses. Apresentando o ponto máximo com a dose de 198 e 179 para os lotes 2 e 4, respectivamente (**Figura 9**).

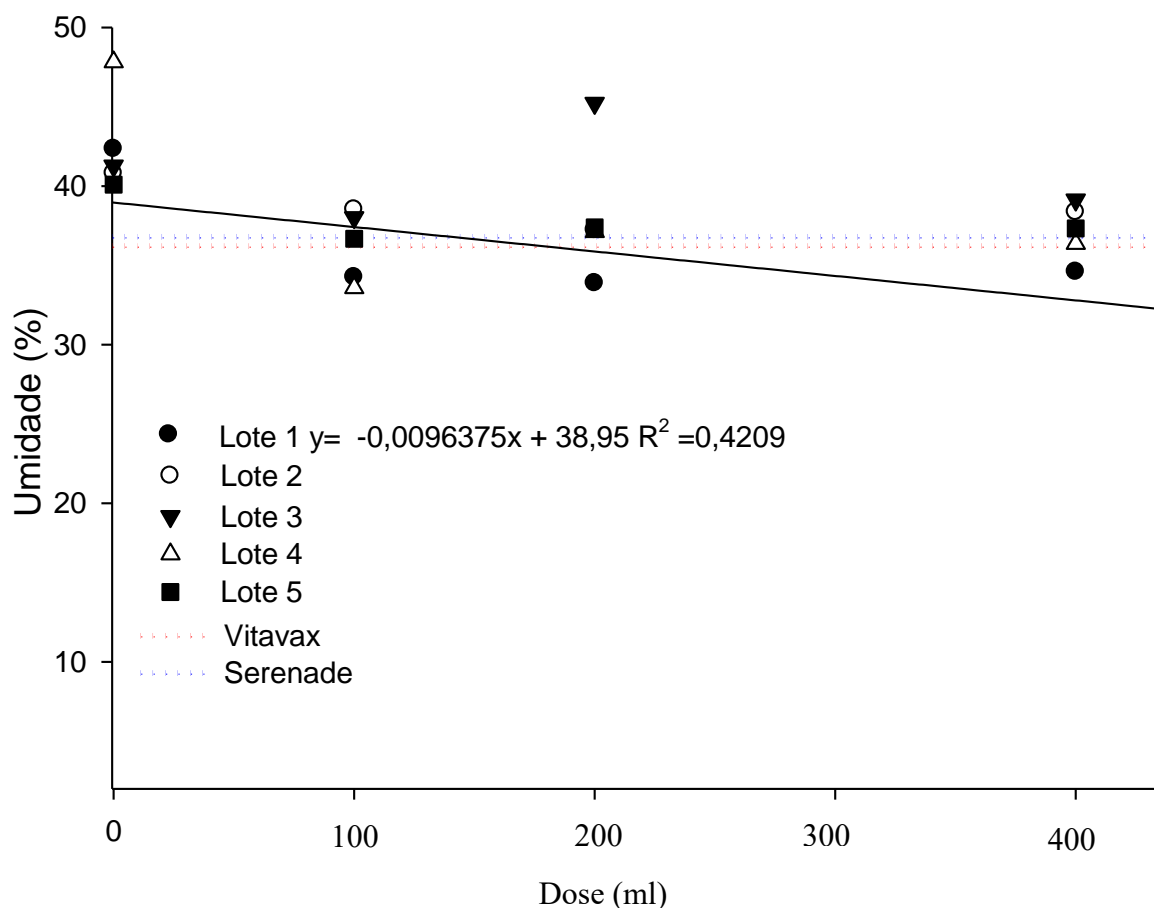
Figura 9- Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura após um dia ao tratamento para umidade do envelhecimento de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Fonte: Dados da própria autora

Os dados observados de teor de umidade do envelhecimento nas sementes (com semeadura, após dois dias ao tratamento) ajustaram-se aos modelos linear negativo no lote 1 (com aumento das doses houve diminuição da umidade do envelhecimento) em função das doses (**Figura 10**).

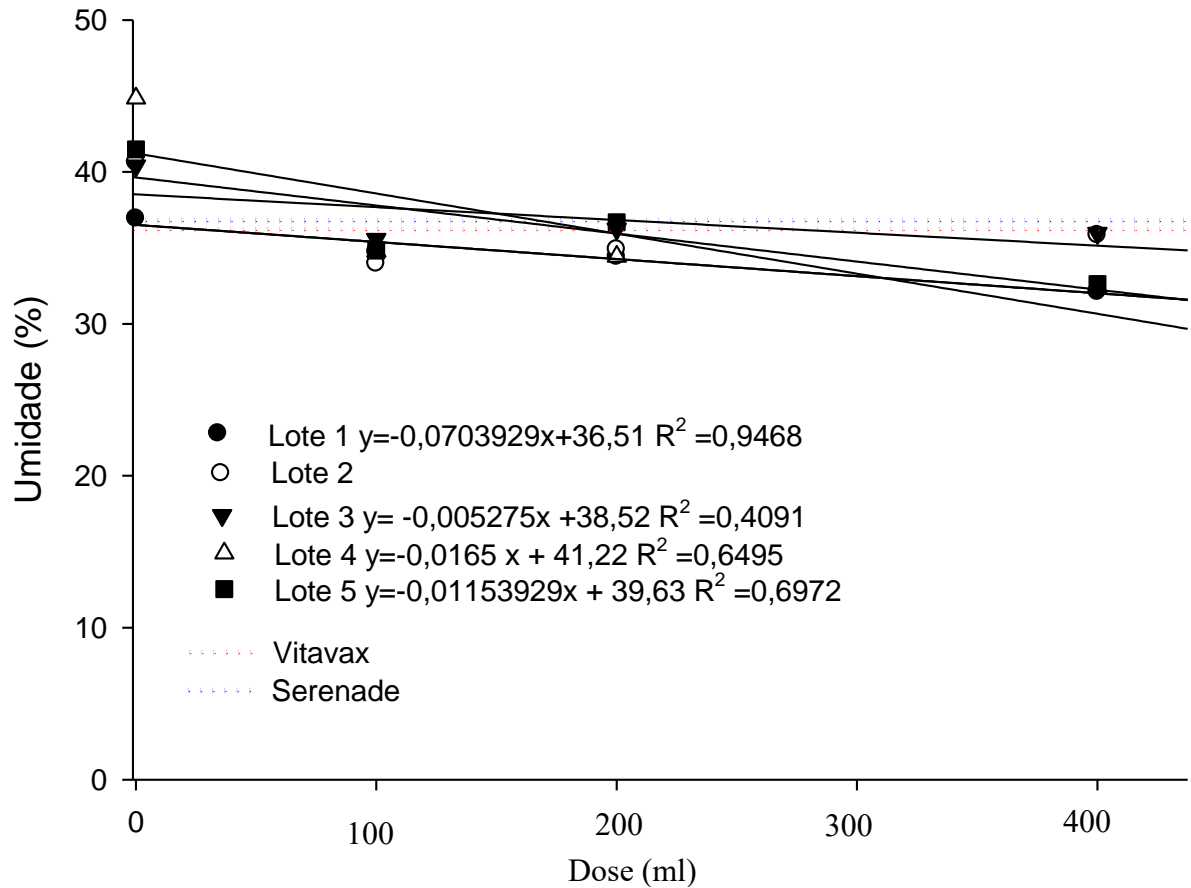
Figura 10- Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura após dois dias ao tratamento para umidade do envelhecimento de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Fonte: Dados da própria autora

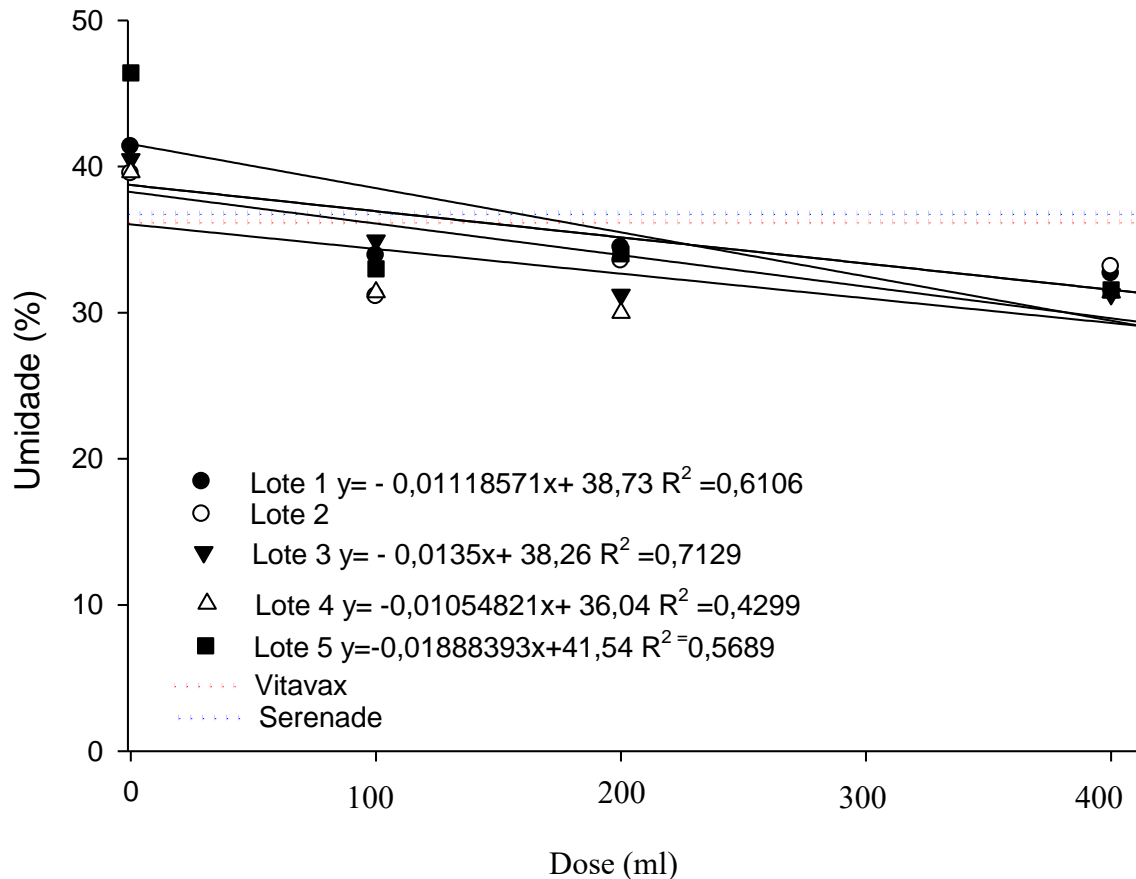
Os dados observados, de teor de umidade do envelhecimento nas sementes (com semeadura após três e quatro dias ao tratamento), nos lotes 1, 3, 4 e 5 ajustaram-se aos modelos linear negativo (com aumento das doses houve diminuição da umidade do envelhecimento) em função das doses (**Figura 11** e **Figura 12**).

Figura 11- Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura após três dias ao tratamento para umidade do envelhecimento de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Fonte: Dados da própria autora

Figura 12- Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura após quatro dias ao tratamento para umidade do envelhecimento de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Fonte: Dados da própria autora

No desdobramento da interação entre lotes e tempo na dose 0 de FMT001 para germinação (**Figura 13**), observa-se que das 0 horas até às 72 horas o feijão-caupi teve o mesmo desempenho em relação à germinação quando comparado com o feijão comum, e às 96 horas foi observado uma maior germinação do feijão-caupi. Sendo que às 0 horas o lote 5 teve a maior germinação, às 24 horas o lote 1, 2 e 5, às 48 horas o lote 5 e às 96 horas o lote 2. Por outro lado, o lote 1 às 24 e 72 horas teve a maior germinação, o lote 2 e 3 das 24 às 96 horas, o lote 4 das 24 às 48 horas e o lote 5 das 0 às 48 horas.

Santos *et al.* (2016) em feijão-caupi encontraram que o isolado bacteriano que utilizaram no seu estudo apresentou potencial para a promoção de crescimento por ter influenciado positivamente as variáveis de solubilização de fosfato inorgânico. Também os efeitos de micro-

organismos no desenvolvimento das plantas são amplos, propiciando o aumento da germinação de sementes, emergência de plântulas, maior crescimento vegetal, assim como maior sanidade (ARAUJO; GUABERTO; SILVA, 2012; BRANDÃO; BRANDÃO, 2016; ROHRIG *et al.*, 2017; BARROSO *et al.*, 2018).

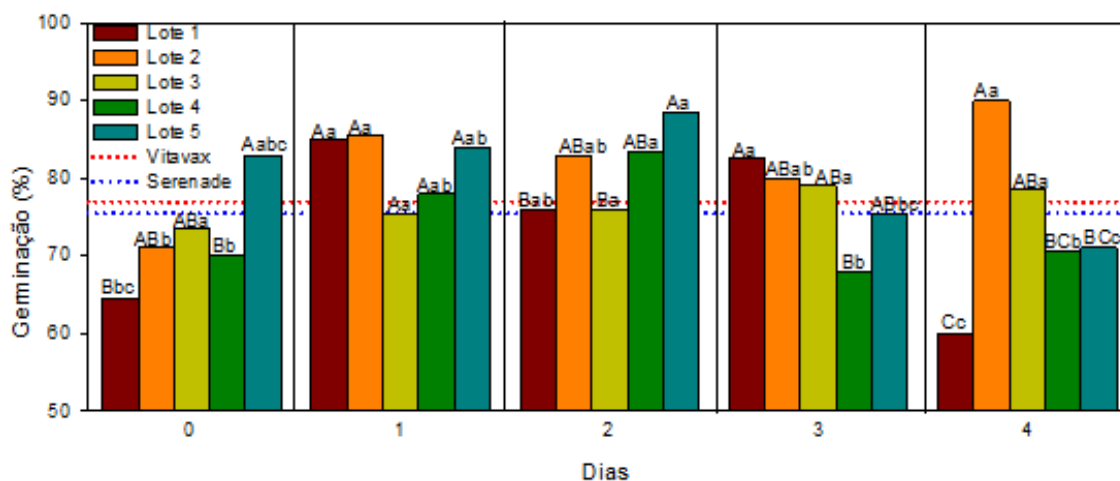
Ainda a promoção de crescimento, proporcionada por *Bacillus subtilis*, pode levar a semente à rápida germinação como constatado por Manjula e Podile (2005) e Araujo (2008).

As diferentes respostas dos lotes e tempo de tratamento em função das dosagens de *Bacillus subtilis* (**Figura 13**, **Figura 14**, **Figura 15** e **Figura 16**), se deve a procedências dos diferentes lotes utilizados no presente trabalho, assim como as condições de armazenamento, idade e ainda por se tratar de duas espécies distintas. Já que sementes armazenadas por um longo período de tempo, com membranas danificadas ou desorganizadas apresentam redução significativa do vigor (TEKRONY, 1995).

Como observado, em geral, na **Figura 13**, **Figura 14**, **Figura 15** e **Figura 16** o lote 5, lote 1 e 2 se destacam praticamente em todos os tempos e em todas as dosagens, assim na dose 0 no lote 5 foi observada a maior germinação nos tempos 0, 1 e 2; na dose 100ml foi no lote 2 nos tempos 2, 3 e 4; na dose 200 ml foi no lote 5 nos tempos 0, 1, 2, e 3 ; e na dose 400 ml foi no lote 5 nos tempos 1, 2, 3 e 4. Ainda, no tempo 0 o lote 5 teve a maior germinação em todas as doses (exceto na dose 400 ml que teve a segunda maior); no tempo 1 foi o lote 5 em todas as doses; no tempo 2 foi o lote 5 em todas as doses (exceto na dose 100 ml); no tempo 3 foi o lote 1 nas doses 0, 200 ml e 400 ml; e no tempo 4 foi o lote 2 nas doses de 0, 100 e 200 ml.

Na **Figura 13**, **Figura 14**, **Figura 15** e **Figura 16** o tratamento químico e biológico adicional apresentaram resultados inferiores na germinação quando comparada com as dosagens de *Bacillus subtilis* utilizadas no presente estudo.

Figura 13- Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 0 de FMT001 para germinação de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



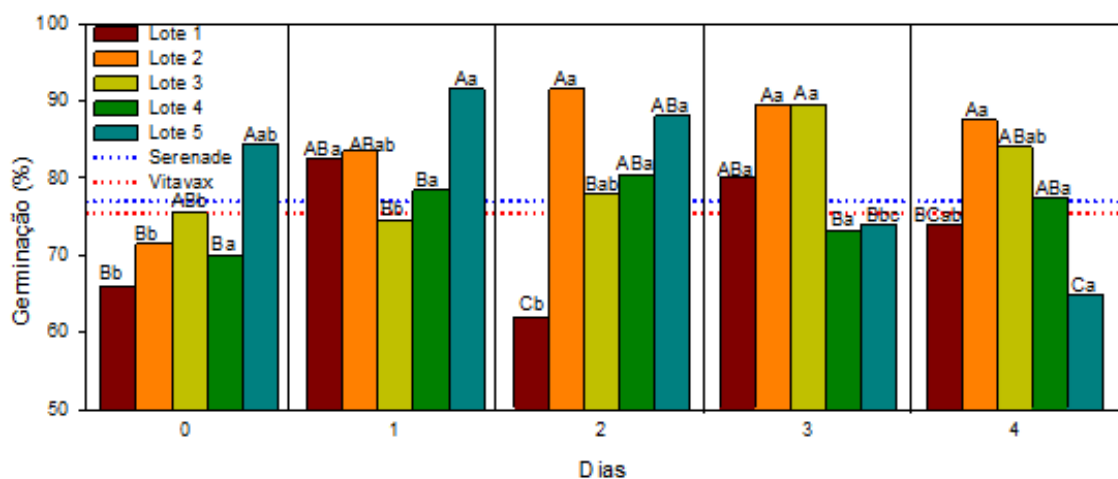
Mesmas letras maiúsculas dentro de cada tempo de tratamento, não se difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Mesmas letras minúsculas dentro de cada lote, não difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Fonte: Dados da própria autora

No desdobramento da interação entre lotes e tempo na dose 100 ml de FMT001 para germinação (**Figura 14**), observa-se que das 0 às 48 horas o feijão-caupi teve o mesmo desempenho em relação à germinação quando comparado com o feijão comum e das 72 às 96 horas o feijão-caupi teve uma maior germinação. Sendo que às 0 horas os lotes 3 e 5 tiveram a maior germinação, às 24 horas os lotes 1, 2 e 5, às 48 horas os lotes 2, 4 e 5, às 72 horas os lotes 1, 2 e 3 e às 96 horas os lotes 2, 3 e 4. Por outro lado, o lote 5 das 0 às 48 horas teve a maior germinação, o lote 2 das 24 às 96 horas, o lote 3 às 0 e das 72 às 96 horas, o lote 4 às 48 e 96 horas e o lote 5 das 0 às 48 horas.

Figura 14- Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 100 ml de FMT001 para germinação de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



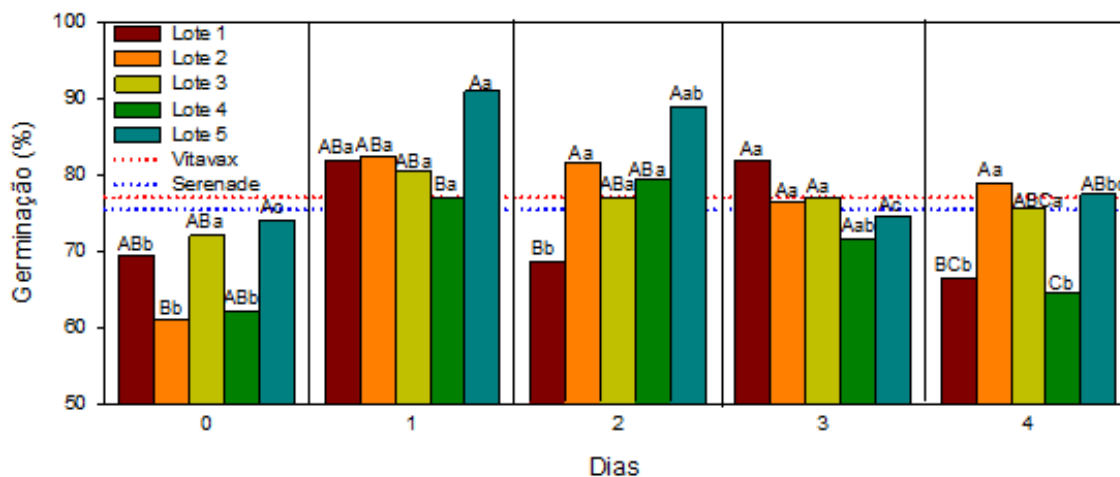
Mesmas letras maiúsculas dentro de cada tempo de tratamento, não se difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Mesmas letras minúsculas dentro de cada lote, não difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Fonte: Dados da própria autora

No desdobramento da interação entre lotes e tempo na dose 200ml de FMT001 para germinação (**Figura 15**), observa-se que das 0 às 96 horas o feijão-caupi teve o mesmo desempenho em relação à germinação quando comparado com o feijão comum. Sendo que às 0 horas os lotes 1, 3 e 5 tiveram a maior germinação, às 24 horas o lote 5, às 48 horas os lotes 2, 3, 4 e 5, às 72 horas todos os lotes tiveram a mesma germinação e às 96 horas os lotes 2, 3 e 5 tiveram as maiores germinações. Por outro lado, o lote 1 teve a maior germinação as 24 e 72 horas, o lote 2 das 24 às 96 horas, o lote 3 teve a mesma germinação em todo o período de avaliação, o lote 4 teve a maior germinação das 24 às 72 horas e o lote 5 às 24 e 48 horas.

Figura 15- Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 200 ml de FMT001 para germinação de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



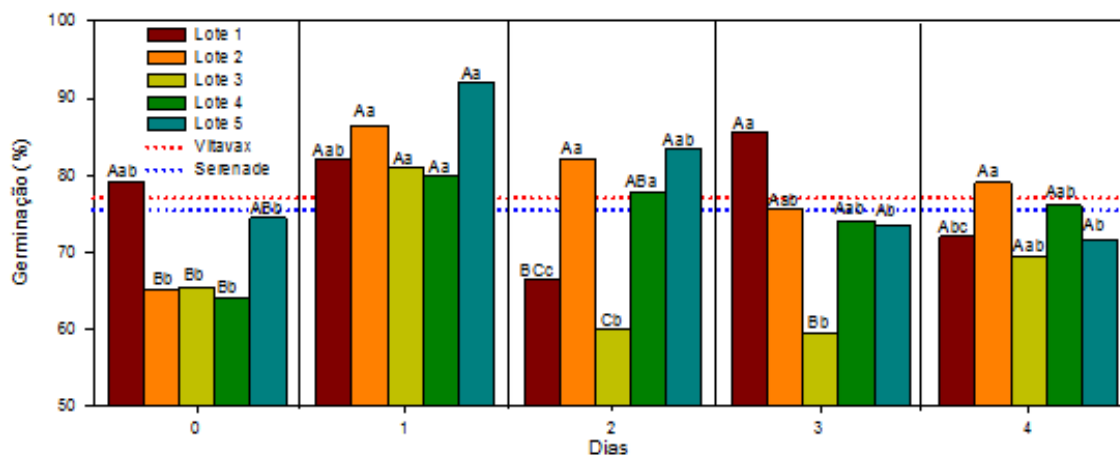
Mesmas letras maiúsculas dentro de cada tempo de tratamento, não se difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Mesmas letras minúsculas dentro de cada lote, não difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Fonte: Dados da própria autora

No desdobramento da interação entre lotes e tempo na dose 600 ml de FMT001 para germinação (**Figura 16**), observa-se que das 0 às 96 horas o feijão-caupi teve o mesmo desempenho em relação à germinação quando comparado com o feijão comum. Sendo que às 0 horas os lotes 1 e 5 tiveram a maior germinação, às 24 horas não houve diferenças entre as germinações dos lotes, às 48 horas os lotes 2, 4 e 5 tiveram as maiores germinações, às 72 horas os lotes 1, 2, 3 e 4 tiveram as maiores germinações e às 96 horas todos os lotes apresentaram a mesma germinação. Por outro lado, o lote 1 teve a maior germinação às 0, 24 e 72 horas, o lote 2 das 24 às 96 horas, o lote 3 às 24 e 96 horas, o lote 4 teve a maior germinação das 24 às 96 horas e o lote 5 às 24 e 48 horas.

Figura 16- Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 400 ml de FMT001 para germinação de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Mesmas letras maiúsculas dentro de cada tempo de tratamento, não se difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

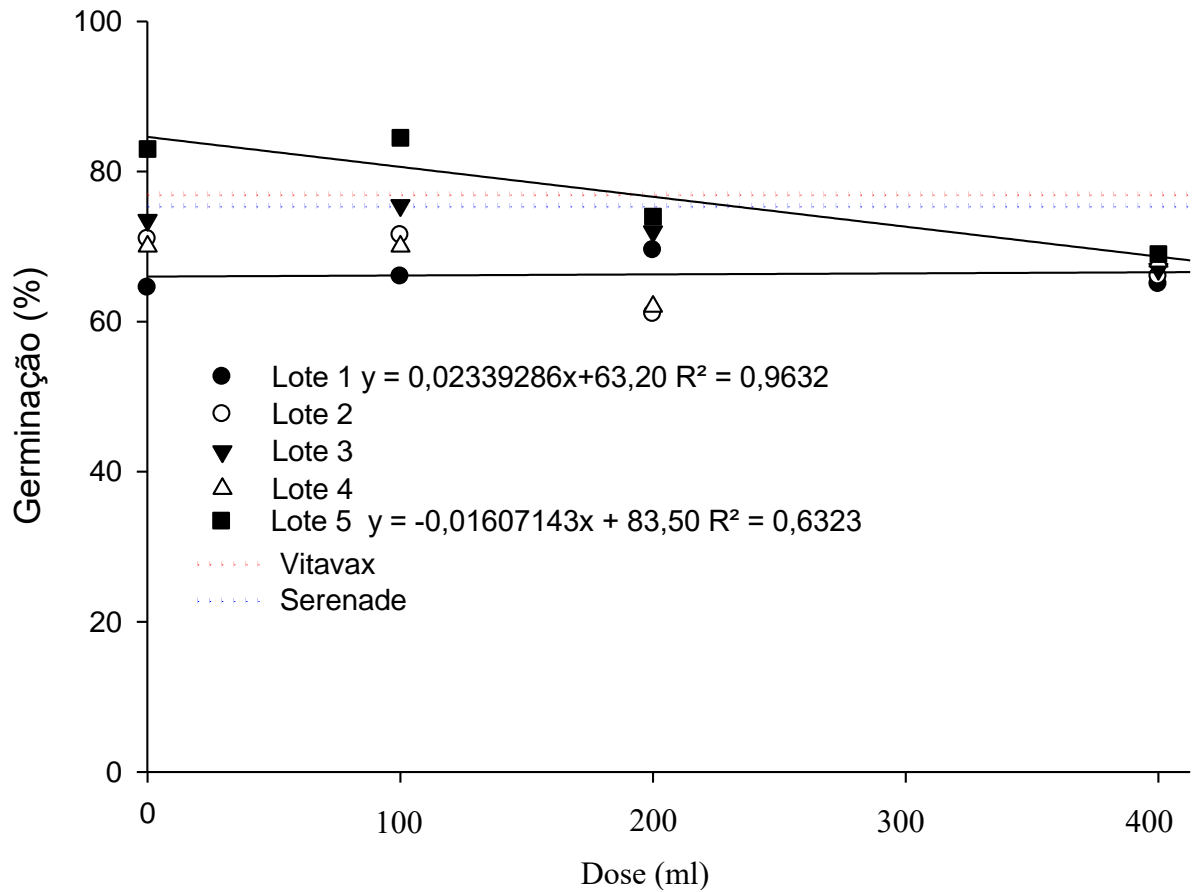
Mesmas letras minúsculas dentro de cada lote, não difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Fonte: Dados da própria autora

Os dados observados de germinação das sementes (com semeadura imediatamente ao tratamento) ajustaram-se ao modelo linear positivo no lote 1 e ao modelo linear negativo no lote 5 (com aumento das doses houve diminuição da germinação), em função das doses (**Figura 17**).

Na avaliação da germinação, em geral, ao longo do tempo (armazenamento logo após a inoculação), logo após da inoculação e no primeiro e quarto dia diminuiu ou até o aumento da dosagem de inoculante resultou numa diminuição da germinação (**Figura 17**, **Figura 18** e **Figura 21**), apenas no segundo e terceiro dia após o tratamento de inoculação houve aumento da germinação no terceiro lote (**Figura 19** e **Figura 20**). A literatura relata que *Bacillus subtilis*, pode levar a semente à rápida germinação (MANJULA; PODILE, 2005; ARAUJO, 2008).

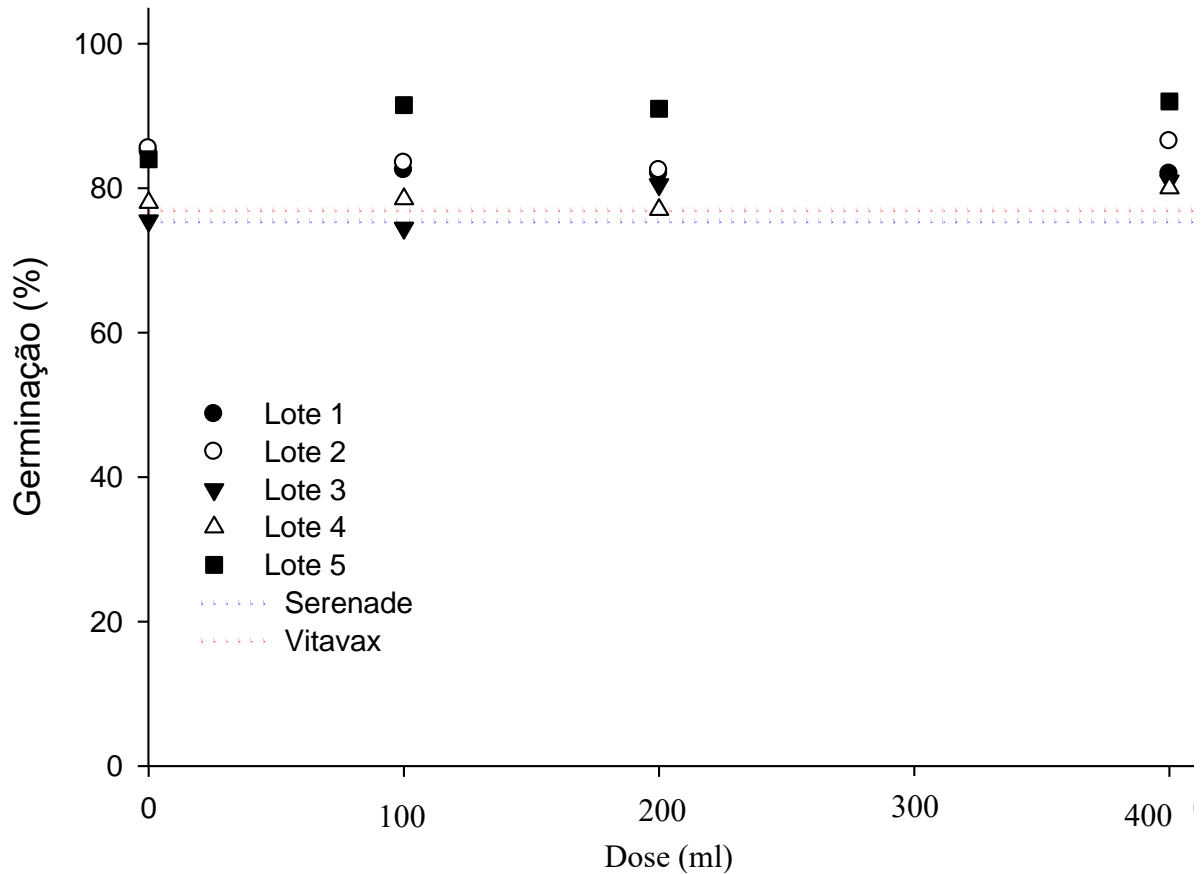
Figura 17- Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura imediatamente ao tratamento para germinação de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Fonte: Dados da própria autora

Os dados observados de germinação das sementes (com semeadura após um dia ao tratamento) não se ajustaram a nenhum modelo em função das doses (**Figura 18**).

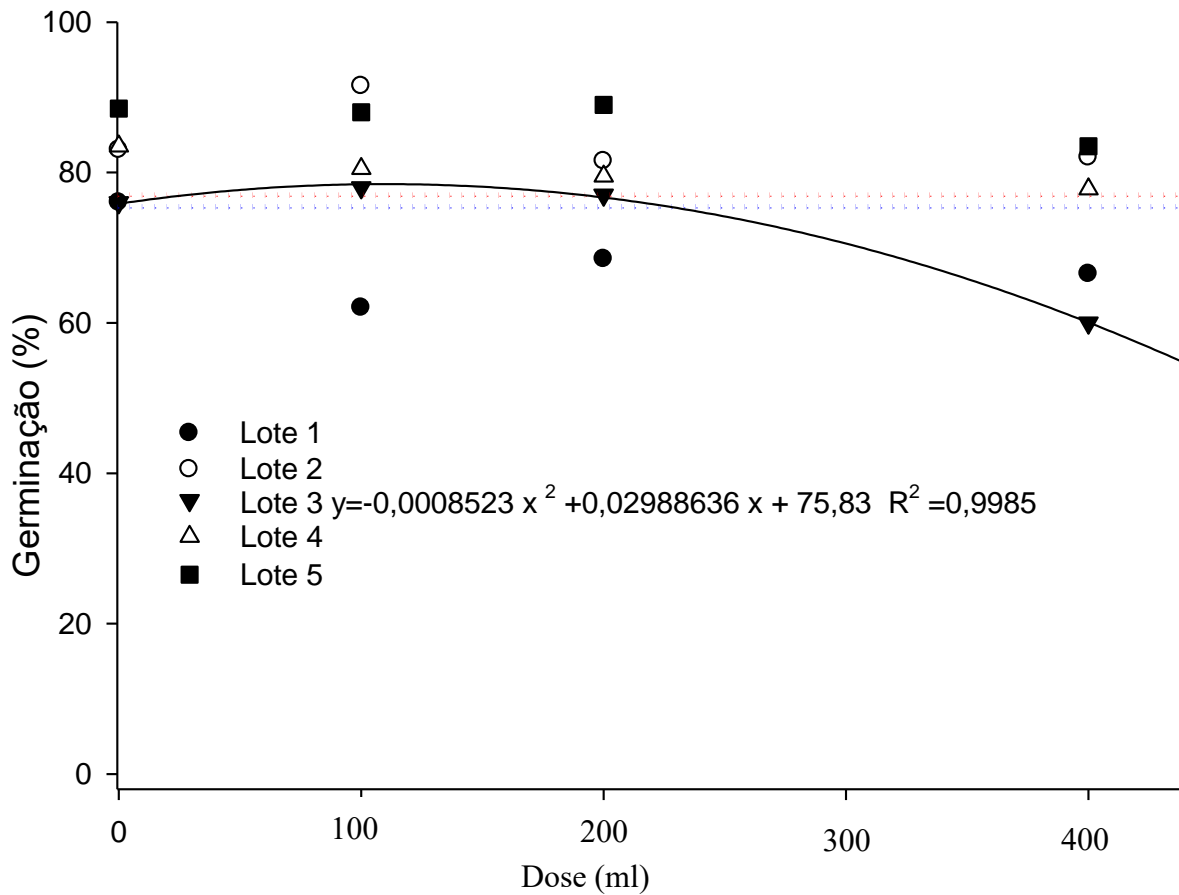
Figura 18- Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura após um dia ao tratamento das sementes para germinação de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Fonte: Dados da própria autora

Os dados observados de germinação de sementes (com semeadura após dois dias ao tratamento), no lote 3, ajustaram-se ao modelo quadrático, em função das doses. Apresentando o ponto máximo com a dose de 100 ml (**Figura 19**).

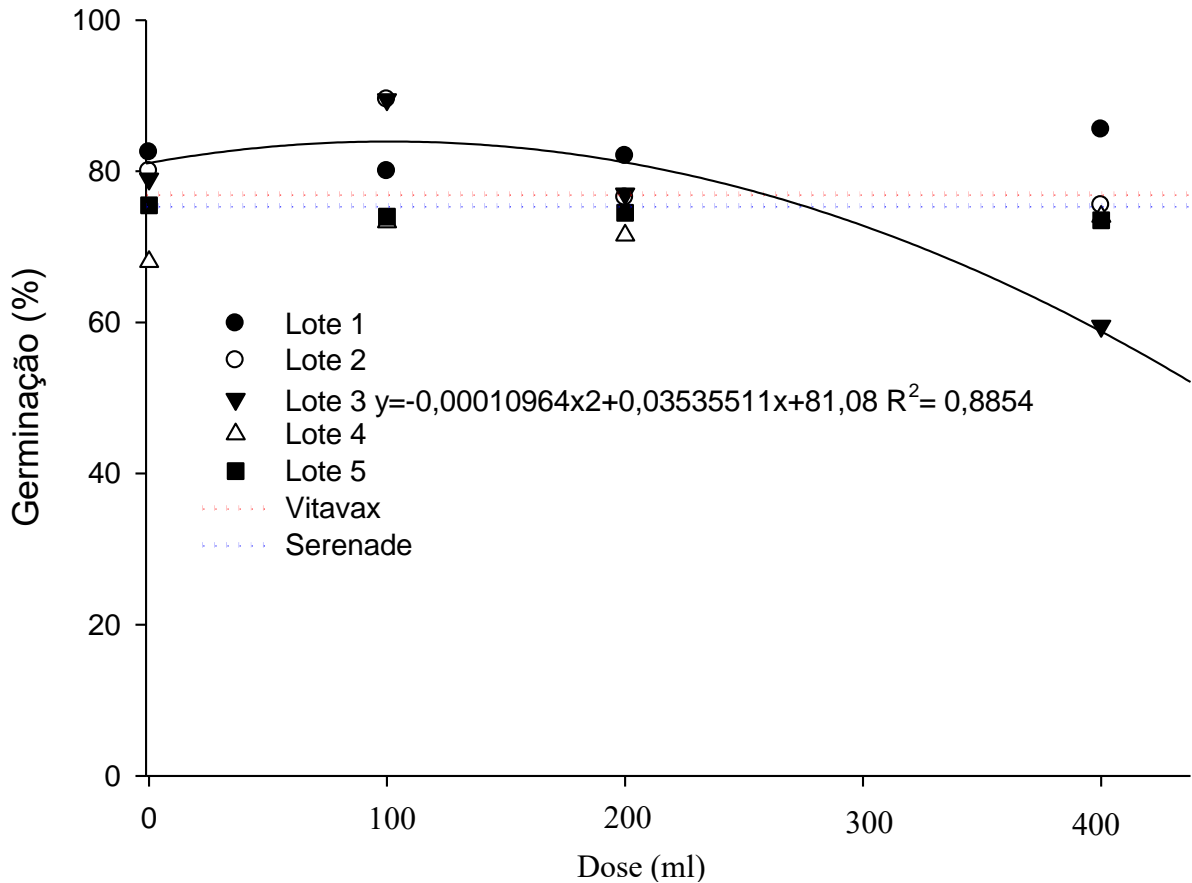
Figura 19- Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura, após dois dias ao tratamento para germinação de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Fonte: Dados da própria autora

Os dados observados de germinação de sementes (com semeadura após três dias ao tratamento), no lote 3, ajustaram-se ao modelo quadrático, em função das doses. Apresentando o ponto máximo com a dose de 100 ml (**Figura 20**).

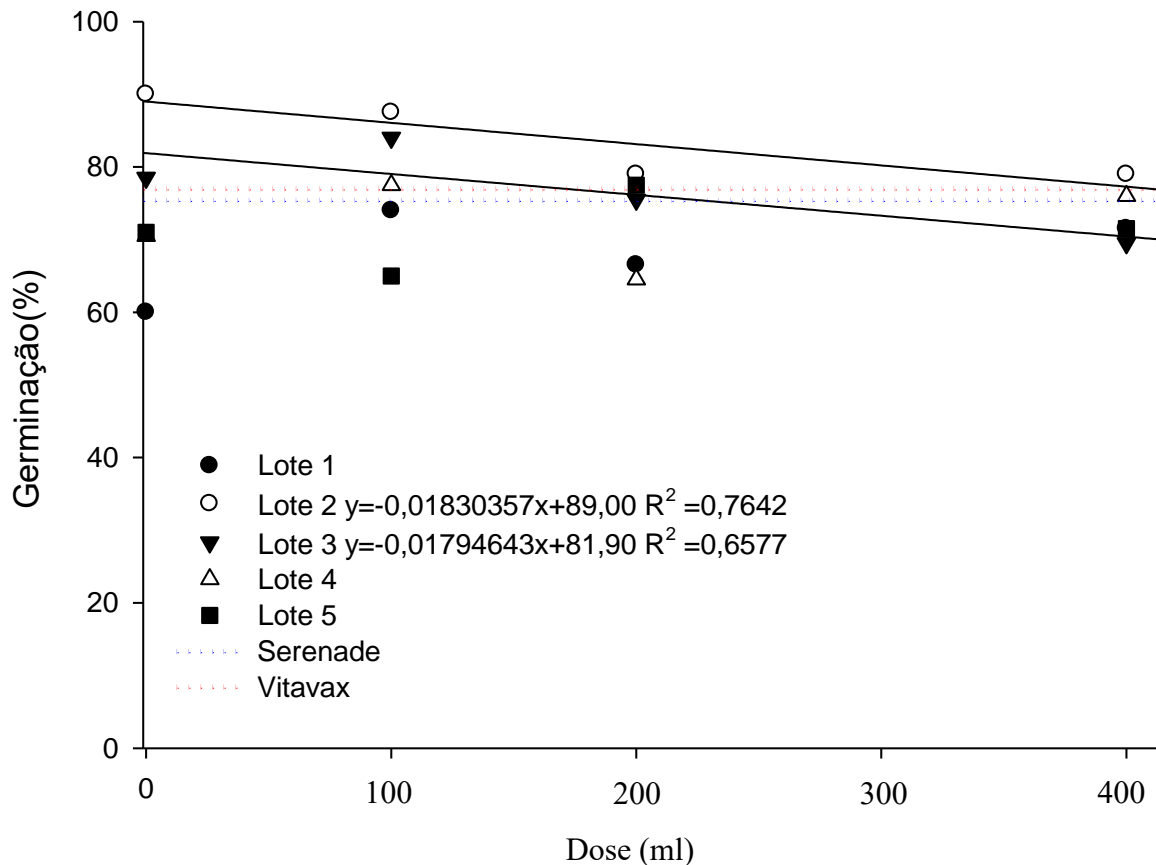
Figura 20- Desdobramento das interações entre doses de FMT001e lotes, com semeadura, após três dias ao tratamento para germinação de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Fonte: Dados da própria autora

Os dados observados de germinação das sementes (com semeadura após quatro dias ao tratamento) ajustaram-se ao modelo linear negativo nos lotes 2 e 3 (com aumento das doses houve diminuição da germinação) em função das doses (**Figura 21**).

Figura 21- Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura, após quatro dias ao tratamento para germinação de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Fonte: Dados da própria autora

No desdobramento da interação entre lotes e tempo na dose 0 de FMT001 para comprimento de raiz (**Figura 22**), observa-se que das 0 às 96 horas o feijão-caupi teve o mesmo desempenho em relação ao comprimento de raiz quando comparado com o feijão comum. Sendo que às 0 horas os lotes 3 e 5 tiveram o maior comprimento de raiz, às 24 horas não houve diferenças entre o comprimento de raiz dos lotes 1, 2, 4 e 5, às 48 e 72 horas não houve diferenças para comprimento de raiz entre todos os lotes e às 96 horas os lotes com maior comprimento de raiz foram os lotes 3 e 5. Por outro lado, os lotes 1 e 2 tiveram o maior comprimento de raiz das 24 às 72 horas, nos lotes 3, 4 e 5 não houve diferenças ao longo da avaliação para comprimento de raiz.

Como encontrado por Lanna Filho et al. (2010) a promoção de crescimento ocasionada por *Bacillus subtilis* é consequência do aumento da fixação de nitrogênio, solubilização de

nutrientes, síntese de fitormônios e melhoria das condições do solo. Inclusive como agente no controle de doenças, que limitam o desenvolvimento da planta.

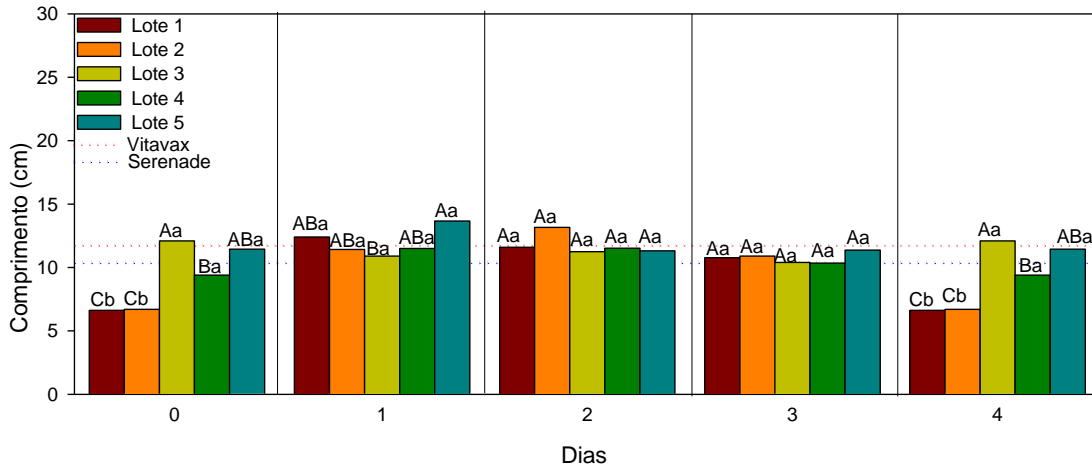
Por sua vez, a associação benéfica proporciona o aumento fisiológico de metabólitos que desencadeiam a sensibilidade do sistema radicular as condições externas, proporcionando a facilitação da percepção e absorção de nutrientes (MANJULA; PODILE, 2005), como observado na **Figura 22**. Incluindo a capacidade de conduzir a regulação hormonal de plantas, governando assim, o controle do crescimento radicular pela síntese de auxina, giberlina e citocina (PERSELLO-CARTIEAUX *et al.*, 2003; TSAVKELOVA *et al.*, 2006; LANNA FILHO *et al.*, 2010).

As diferentes respostas dos lotes e tempo de tratamento em função das doses de *Bacillus subtilis* (**Figura 22**, **Figura 23**, **Figura 24** e **Figura 25**) para comprimento de raiz, pode ser devido às procedências dos lotes, condições de armazenamento, idade e ainda por se tratar de duas espécies diferentes. O armazenamento por um longo período de tempo reduz significativamente o vigor como mencionado por Tekrony (1995). Porém, há ao se ressaltar que ao se utilizar diferentes lotes um dos objetivos era que apresentassem diferentes potenciais fisiológicos e com isto diferença na sensibilidade ao tratamento das sementes e aos demais fatores envolvidos.

Como observado, em geral, na **Figura 22**, **Figura 23**, **Figura 24** e **Figura 25** existe destaque do lote 1, 2 e 5 em função da dose/tempo, assim na dose 0 no lote 5 houve maior comprimento de raiz nos tempos 1, 2 e 3; na dose 100ml foi no lote 2 nos tempos 1, 2 e 3; na dose 200ml foi no lote 5 nos tempos 0, 1, 2 e 4 ; e na dose 400ml foi no lote 5 nos tempos 1, 2 e 5, e no lote 1 nos tempo 1, 2 e 3. Também no tempo 0 e 4 o lote 5 teve o maior comprimento de raiz em todas as doses (exceto na dose 0); no tempo 1 foi o lote 5 nas doses de 0, 200 e 400ml; no tempo 2 foi o lote 1 nas doses 0, 200 e 400ml; e no tempo 3 nenhum teve maior destaque.

Em geral, como observado na **Figura 22**, **Figura 23**, **Figura 24** e **Figura 25**, o tratamento químico e o biológico adicional foram superiores as dosagens de *Bacillus subtilis* utilizadas, ainda o tratamento químico teve maior comprimento de raiz quando comparado ao tratamento biológico adicional. Mertz *et al.* (2009) encontraram que o tratamento químico foi superior ao tratamento biológico.

Figura 22- Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 0 de FMT001 para comprimento de raiz de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



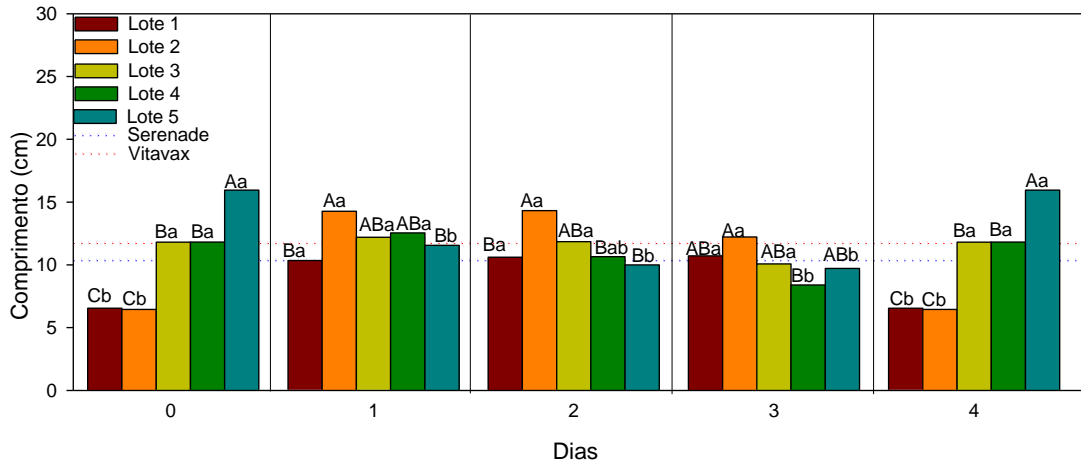
Mesmas letras maiúsculas dentro de cada tempo de tratamento, não se difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Mesmas letras minúsculas dentro de cada lote, não difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Fonte: Dados da própria autora

No desdobramento da interação entre lotes e tempo na dose 100ml de FMT001 para comprimento de raiz (**Figura 23**), observa-se que às 0 e 96 horas o feijão comum teve maior comprimento de raiz quando comparado com o feijão-caupi, das 24 às 48 horas o feijão-caupi teve maior comprimento de raiz e às 72 horas não houve diferenças no comprimento de raiz. Sendo que às 0 e 96 horas o lote 5 teve o maior comprimento de raiz, às 24 horas os lotes 2, 3 e 4, às 48 horas os lotes 2 e 3 e às 72 horas os lotes 1, 2, 3 e 5. Por outro lado, os lotes 1 e 2 tiveram o maior comprimento de raiz das 24 às 72 horas, no lote 3 não houve diferenças ao longo da avaliação para comprimento de raiz, no lote 4 não houve diferenças ao longo da avaliação (com exceção às 72 horas que foi inferior o comprimento de raiz) e o lote 5 às 0 e 96 horas tiveram o maior comprimento de raiz.

Figura 23- Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 100ml de FMT001 para comprimento de raiz de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



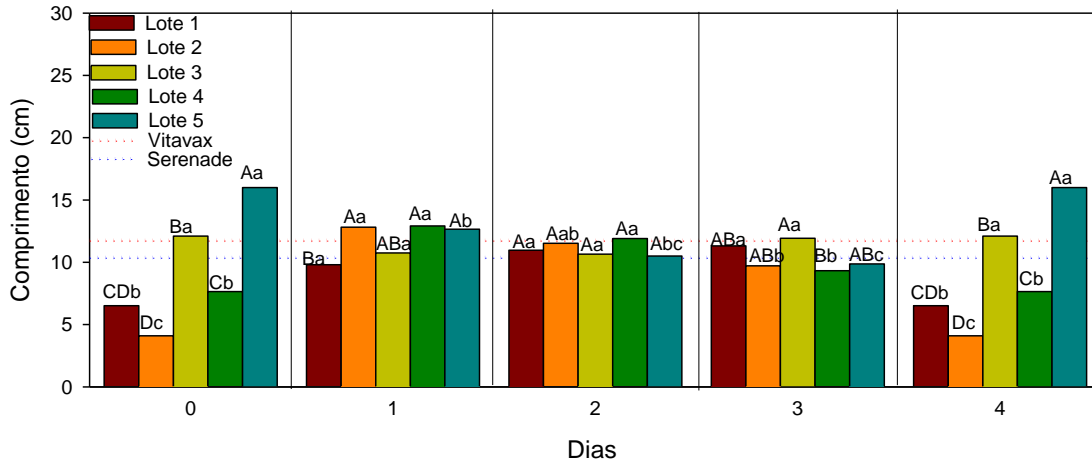
Mesmas letras maiúsculas dentro de cada tempo de tratamento, não se difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Mesmas letras minúsculas dentro de cada lote, não difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Fonte: Dados da própria autora

No desdobramento da interação entre lotes e tempo na dose 200ml de FMT001 para comprimento de raiz (**Figura 24**), observa-se que às 0 e 96 horas o feijão comum teve maior comprimento de raiz quando comparado com o feijão-caupi e das 24 às 72 horas não houve diferenças no comprimento de raiz. Sendo que das 0 às 96 horas o lote 5 teve o maior comprimento de raiz, às 24 horas os lotes 2, 3, 4 e 5 foram estatisticamente iguais, às 48 horas todos os lotes foram estatisticamente iguais e às 72 horas os lotes 1, 2, 3 e 5 tiveram o maior comprimento de raiz. Por outro lado, os lotes 1 e 2 tiveram o maior comprimento de raiz das 24 às 72 horas, no lote 3 não houve diferenças ao longo da avaliação para comprimento de raiz, o lote 4 teve os maiores valores de comprimento de raiz às 24 e 48 horas e o lote 5 às 0 e 96 horas.

Figura 24- Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 200ml de FMT001 para comprimento de raiz de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



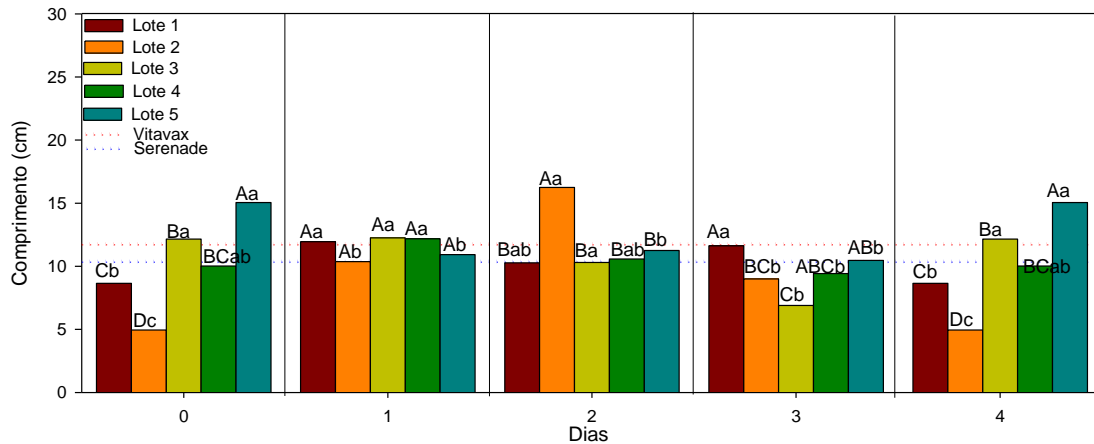
Mesmas letras maiúsculas dentro de cada tempo de tratamento, não se difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Mesmas letras minúsculas dentro de cada lote, não difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Fonte: Dados da própria autora

No desdobramento da interação entre lotes e tempo na dose 400 ml de FMT001 para comprimento de raiz (**Figura 25**), observa-se que às 0 e 96 horas após o tratamento o feijão comum teve maior comprimento de raiz quando comparado com o feijão-caupi, às 24 e 72 horas não houve diferenças no comprimento de raiz e as 48 horas o feijão-caupi teve maior comprimento de raiz. Sendo que das 0 às 96 horas o lote 5 teve o maior comprimento de raiz, às 24 horas todos foram estatisticamente não foram diferentes, às 48 horas o lote 2 teve maior comprimento de raiz e às 72 horas os lotes 1, 4 e 5 tiveram o maior comprimento de raiz. Por outro lado, o lote 1 teve o maior comprimento de raiz às 24 e 72 horas, o lote 2 às 24 e 48 horas, o lote 3 às 0, 24, 48 e 96 horas, o lote 4 às 24, 48 e 96 horas.

Figura 25- Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 400ml de FMT001 para comprimento de raiz de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Mesmas letras maiúsculas dentro de cada tempo de tratamento, não se difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

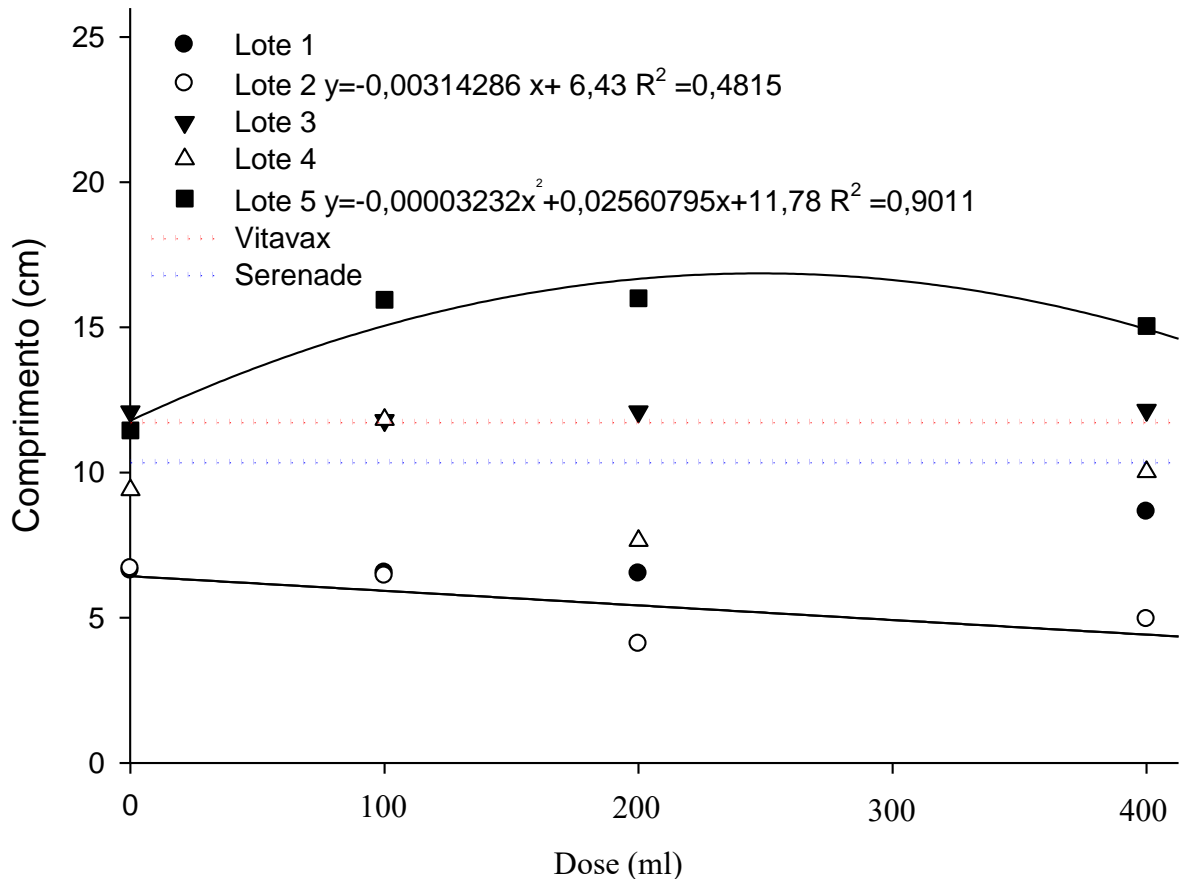
Mesmas letras minúsculas dentro de cada lote, não difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Fonte: Dados da própria autora

Os dados observados de comprimento de raiz (com semeadura imediatamente ao tratamento) ajustaram-se aos modelos linear negativo no lote 2 (com aumento das doses houve diminuição do comprimento de raiz) e quadrático no lote 5, em função das doses, apresentando o ponto máximo com a dose de 296 ml (**Figura 26**).

Na avaliação do comprimento de raiz ao longo do tempo (armazenamento logo após a inoculação; como mencionado na metodologia), o comprimento de raiz se mostrou afetado pela condição de semeadura apenas nos lotes 2, 3 e 5 (**Figura 26**, **Figura 27**, **Figura 28**, **Figura 29** e **Figura 30**), diferenças que podem ser explicadas pela procedência dos lotes, idade e condição de armazenamento e pelo fato do lote 5 ser feijão comum quando os lote 1 ao 4 são feijão-caupi.

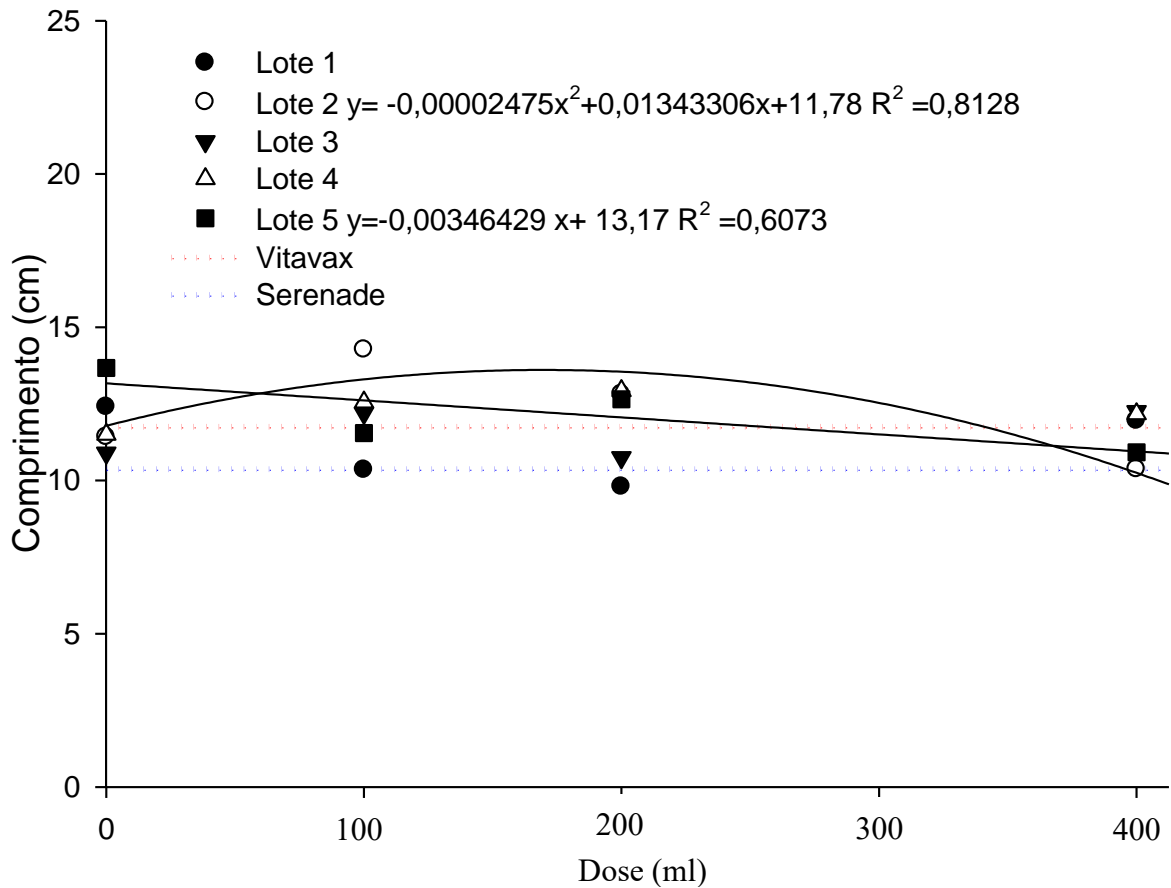
Figura 26- Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura imediatamente ao tratamento para comprimento de raiz de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Fonte: Dados da própria autora

Os dados observados de comprimento de raiz (com semeadura, após um dia ao tratamento) ajustaram-se aos modelos linear negativo no lote 5 (com aumento das doses houve diminuição do comprimento de raiz), e quadrático no lote 2, em função das doses, apresentando o ponto máximo com a dose de 181ml (**Figura 27**). O decréscimo no comprimento de raiz primária com o aumento da dose e do tempo pós tratamento é um indicativo que o atraso na semeadura em relação a época de tratamento pode prejudicar o desempenho das sementes. Este fator pode estar ligado ao vigor do lote conforme Marcos Filho (2015), sementes com menor vigor geram plântulas menos desenvolvidas

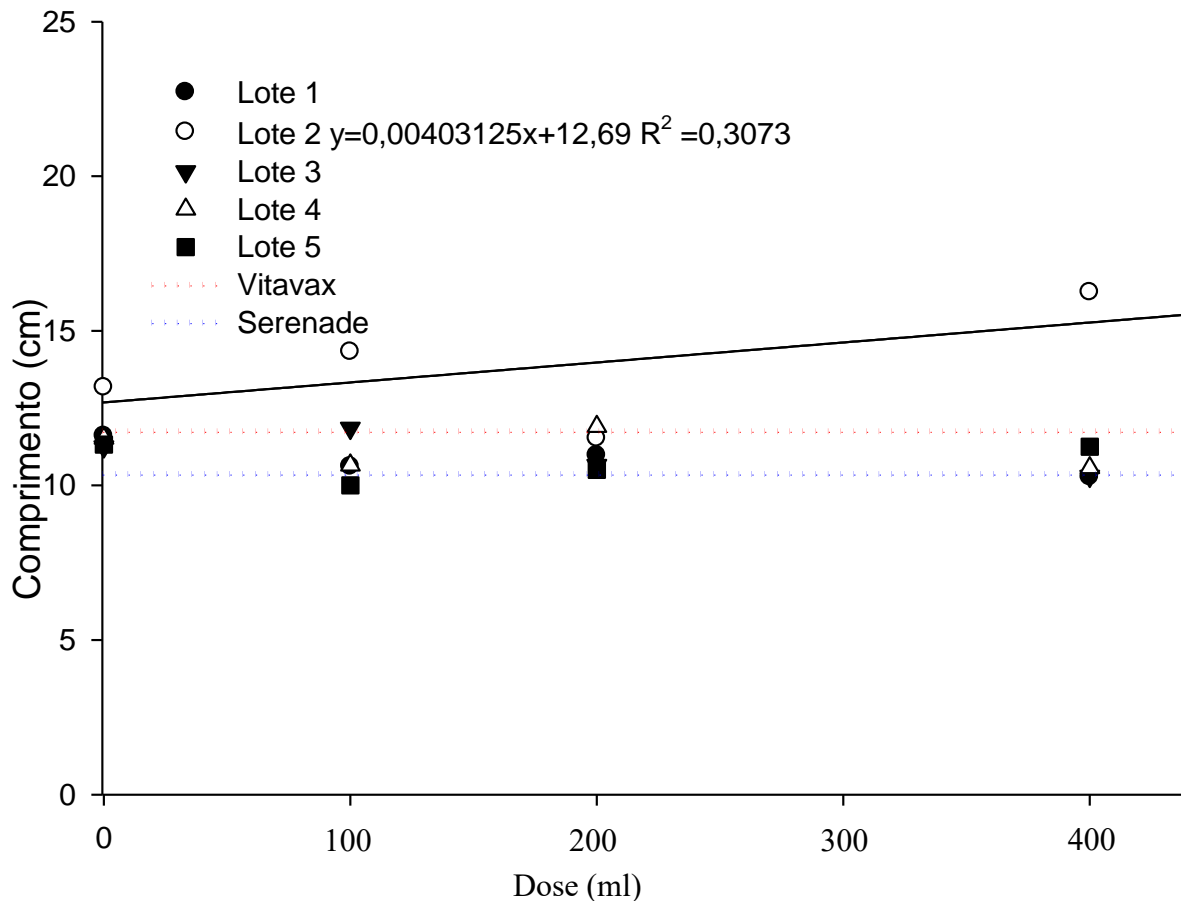
Figura 27- Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura após um dia ao tratamento para comprimento de raiz de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Fonte: Dados da própria autora

Os dados observados de comprimento de raiz (com semeadura após dois dias ao tratamento) do lote 2 ajustaram-se ao modelo linear positivo (com aumento das doses houve aumento do comprimento de raiz), em função das doses (**Figura 28**). Estas informações contrapõem ao verificado para o lote 5, porém confirmam o maior vigor apresentado pelo lote 2 em relação a este conforme expressado.

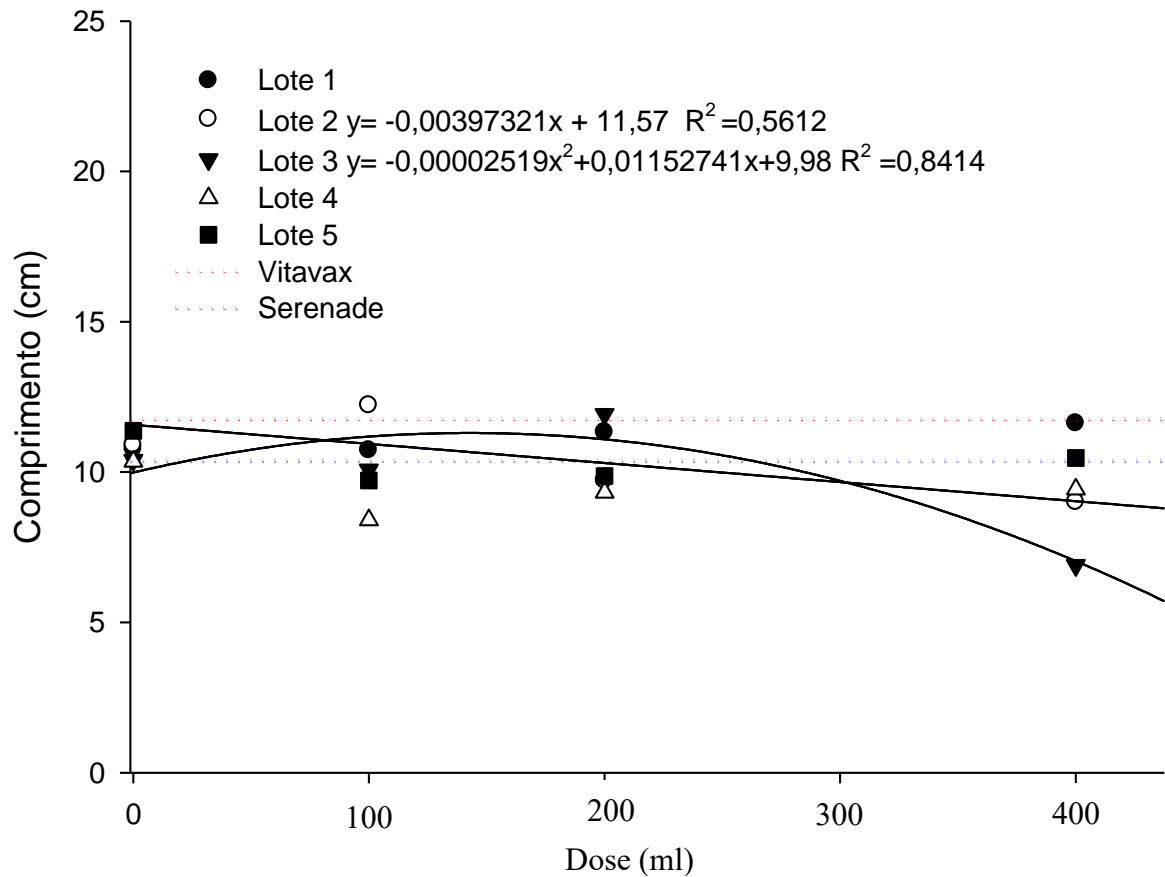
Figura 28- Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura após dois dias ao tratamento para comprimento de raiz de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Fonte: Dados da própria autora

Os dados observados de comprimento de raiz (com semeadura após três dias ao tratamento) do lote 2 ajustaram-se ao modelo linear negativo (com aumento das doses houve diminuição do comprimento de raiz) e ao modelo quadrático para o lote 3, em função das doses, apresentando o ponto máximo com a dose de 189ml (**Figura 29**).

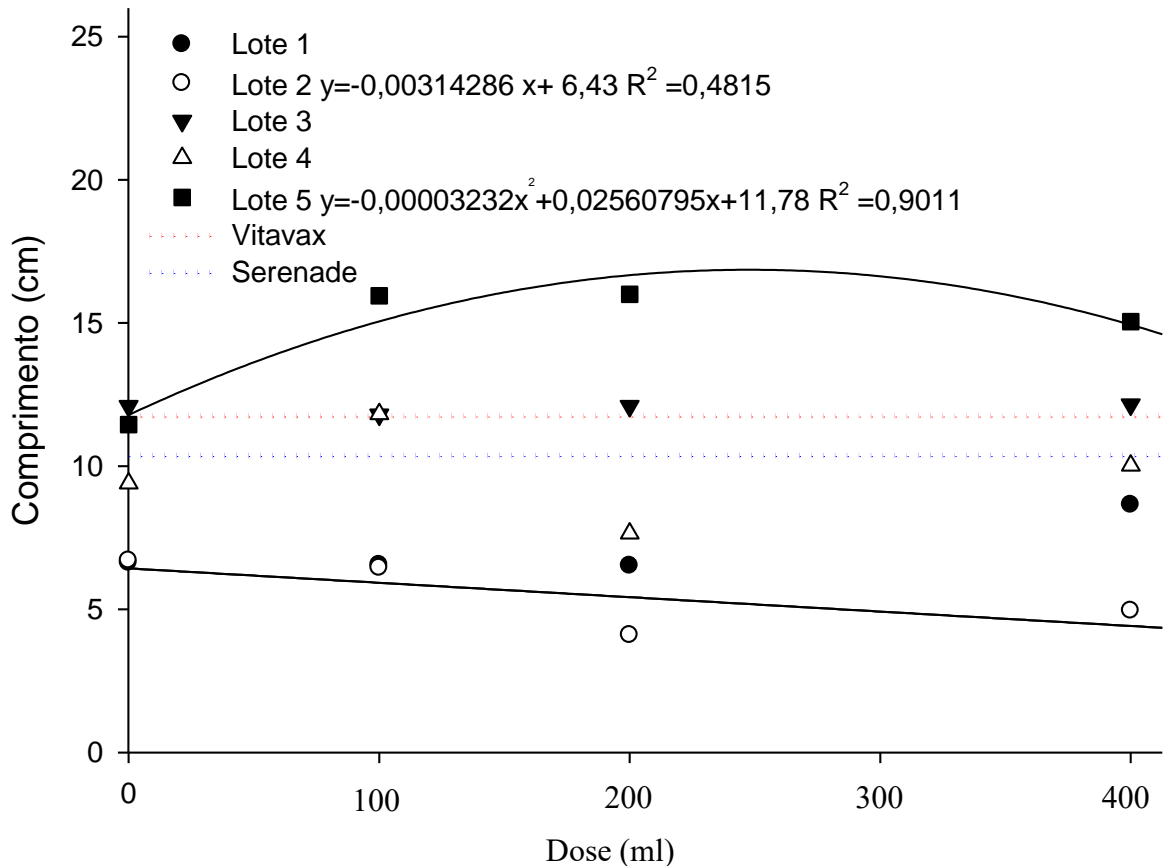
Figura 29- Desdobramento das interações entre doses de FMT001e lotes, com semeadura, após três dias ao tratamento para comprimento de raiz de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Fonte: Dados da própria autora

Os dados observados de comprimento de raiz (com semeadura após quatro dias ao tratamento) do lote 2 ajustaram-se ao modelo linear negativo (com aumento das doses houve diminuição do comprimento de raiz) e ao modelo quadrático para o lote 5, em função das doses, apresentando o ponto máximo com a dose de 296ml (**Figura 30**).

Figura 30- Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura, após quatro dias ao tratamento para comprimento de raiz de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Fonte: Dados da própria autora

No desdobramento da interação entre lotes e tempo na dose 0 de FMT001 para comprimento de plântulas (**Figura 31**), observa-se que das 0 às 72 horas não houve diferenças entre o feijão comum e o feijão-caupi e às 96 horas o comprimento de plântula do feijão-caupi foi maior. Sendo que das 0 às 72 horas todos os lotes tiveram igual desempenho para comprimento de plântulas e às 96 horas os lotes 2, 3 e 4 foram os melhores. Por outro, lado todos os lotes tiveram o maior comprimento de plântulas às 24 e 48 horas.

Araujo *et al.* (2009) trabalharam com coinoculação de rizóbio e *Bacillus subtilis* em feijão-caupi, encontrando aumento na nodulação e ainda tem potencial para aumentar a fixação biológica do N₂ e o crescimento das plantas.

Segundo Krolow *et al.* (2004), *Bacillus subtilis* induz a planta a sintetizar fitohormônios, como ácido indolacético, ácido abscísico, giberelinas e citocinas que favorecem o crescimento

das raízes e aumento no número de pelos radiculares, acarretando um crescimento maior da parte aérea das plantas. Outros trabalhos mostraram o efeito positivo do crescimento das plantas utilizando *Bacillus subtilis* em feijão comum (KUSDRAS, 2003), feijão-caupi (SILVA *et al.*, 2006) e soja (ARAÚJO; HUNGRIA, 1999).

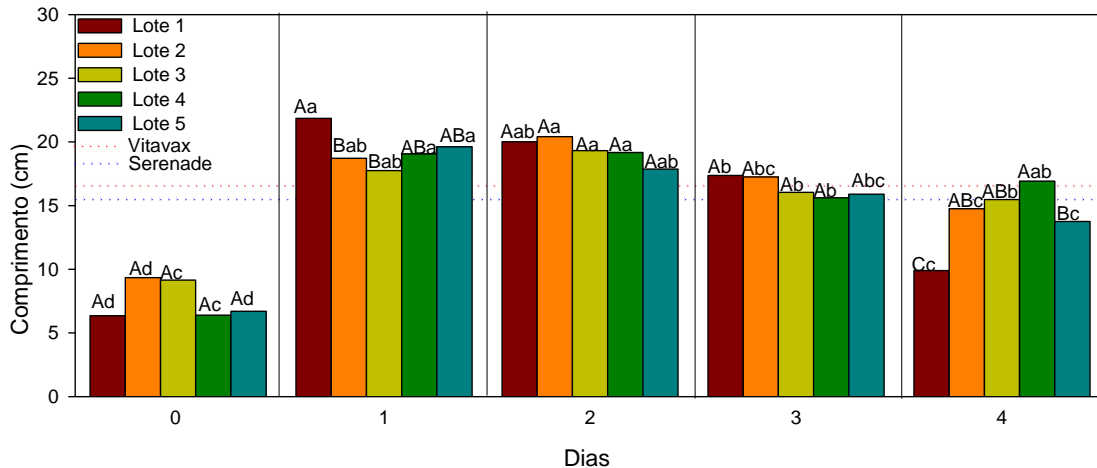
Alguns trabalhos com *Bacillus subtilis* tem demonstrado sucesso na promoção de crescimento de plantas, e que este feito está intrinsecamente relacionado com as características biológicas deste microrganismo, apresentando assim, potencial para o incremento de produtividade. Todavia, o rápido desenvolvimento de plântula a condiciona a alcançar mais rapidamente o estágio adulto, permanecendo menos tempo no campo, escapando assim de patógenos no solo fator positivo na sanidade da cultura. Como, promove uma maior resistência a condições abióticas adversas proporciona a planta apresentar-se nutricionalmente balanceada (LANNA FILHO *et al.*, 2010).

Um maior comprimento de plântula pode-se dever a que *Bacillus subtilis* inibe fungos (apresentando grande variedade de metabolitos antifúngicos) e produz substancias tóxicas pelo fato de agir por antibiose (KUPPER *et al.*, 2003; ONGENA *et al.*, 2005).

Como observado, em geral, na **Figura 31**, **Figura 32**, **Figura 33** e **Figura 34** o lote 1 e lote 2 se destacam praticamente em todos os tempos e em todas as doses, inclusive na dose 0 no lote 1 foi observado o maior comprimento de plântula nos tempos 0, 1, 2 e 3; na dose 100 ml foi no lote 2 nos tempos 0, 1, 2 e 3; na dose 200 ml foi no lote 2 nos tempos 1, 2, e 4; e na dose 400 ml foi no lote 1 nos tempos 0, 1 e 3. Ainda, no tempo 0 o lote 1 teve o maior comprimento de plântula em todas as doses; no tempo 1 foi o lote 2 em todas as doses (exceto na dose 0); no tempo 2 foi o lote 5 em todas as doses; no tempo 3 foi o lote 1 em todas as doses (exceto na dose 100 ml); e no tempo 4 foi o lote 4 em todas as doses (exceto na dose 200 ml).

Na **Figura 31**, **Figura 32**, **Figura 33** e **Figura 34** o tratamento químico e biológico adicional apresentaram resultados semelhantes no comprimento de plântulas quando comparado com as dosagens de *Bacillus subtilis* utilizadas no presente estudo.

Figura 31- Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 0 de FMT001 para comprimento de plântulas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



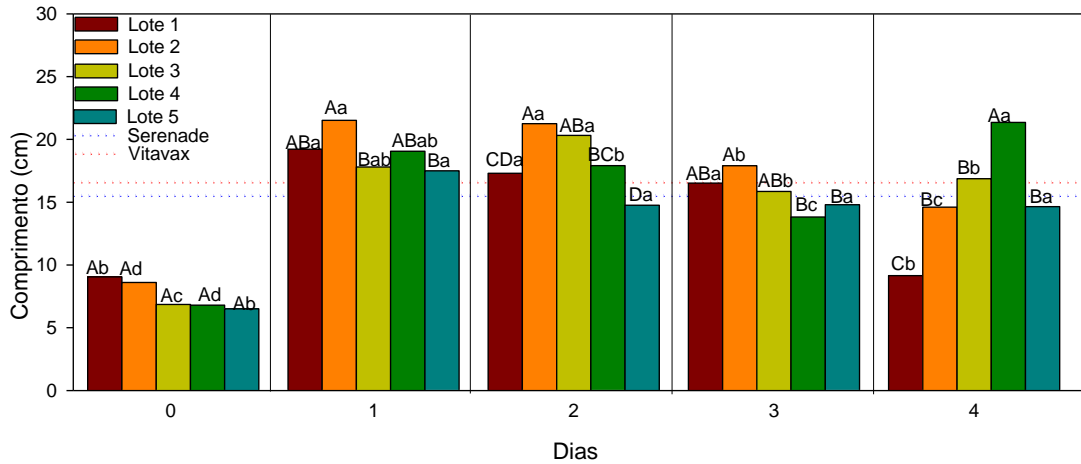
Mesmas letras maiúsculas dentro de cada tempo de tratamento, não se difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Mesmas letras minúsculas dentro de cada lote, não difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Fonte: Dados da própria autora

No desdobramento da interação entre lotes e tempo na dose 100 ml de FMT001 para comprimento de plântulas (**Figura 32**), observa-se que às 0 horas o feijão comum e o feijão-caupi tiveram igual comprimento de plântulas e das 24 às 96 horas o feijão-caupi teve maior comprimento de plântulas. Sendo que às 0 horas todos os lotes tiveram o mesmo comprimento de plântulas, às 24 horas todos não diferiram entre si (exceto os lotes 3 e 5), às 48 horas os lotes 2 e 3 tiveram o maior comprimento de plântulas, às 72 horas os lotes 1, 2 e 3 e as 96 horas o lote 4. Por outro lado, o lote 1 teve o maior comprimento de plântulas das 24 às 72 horas, o lote 2 e 3 às 24 e 48 horas, o lote 4 às 24 e 96 horas e o lote 5 das 24 às 96 horas.

Figura 32- Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 100 ml de FMT001 para comprimento de plântulas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



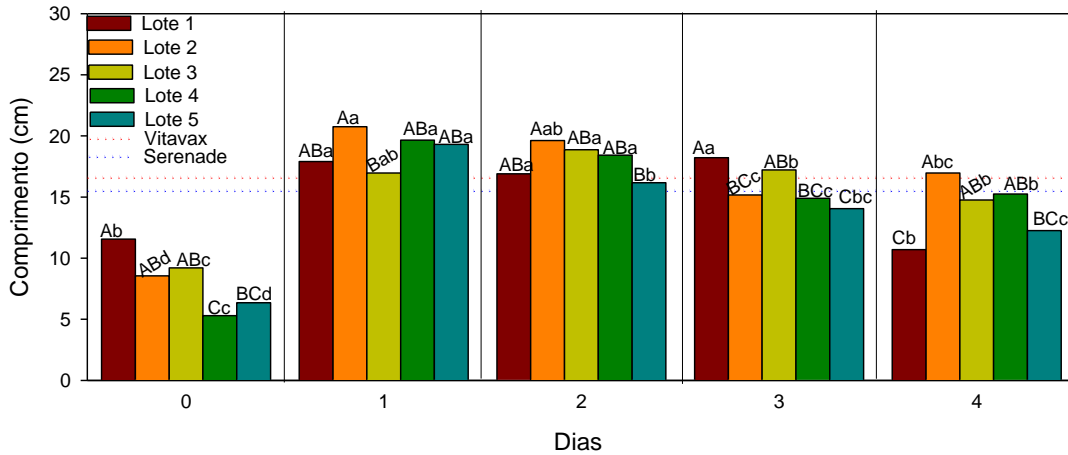
Mesmas letras maiúsculas dentro de cada tempo de tratamento, não se difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Mesmas letras minúsculas dentro de cada lote, não difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Fonte: Dados da própria autora

No desdobramento da interação entre lotes e tempo na dose 200 ml de FMT001 para comprimento de plântulas (**Figura 33**), observa-se que às 0 e das 48 às 96 horas o feijão-caupi teve maior comprimento de plântulas comparado com o feijão comum, não havendo diferenças às 24 no comprimento de plântulas. Sendo que às 0 horas os lotes 1, 2 e 3 tiveram o maior comprimento de plântulas, às 24 horas todos os foram estatisticamente iguais (exceto o lote 2), às 48 horas os lotes 1, 2, 3 e 4 tiveram o maior comprimento de plântulas, às 72 horas os lotes 1 e 2 e às 96 horas os lotes 2, 3 e 4. Por outro lado, o lote 1 teve o maior comprimento de plântulas das 24 às 72 horas, o lote 2 e 3 às 24 e 48 horas, o lote 4 às 24 e 48 horas e o lote 5 às 24 horas.

Figura 33- Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 200 ml de FMT001 para comprimento de plântulas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



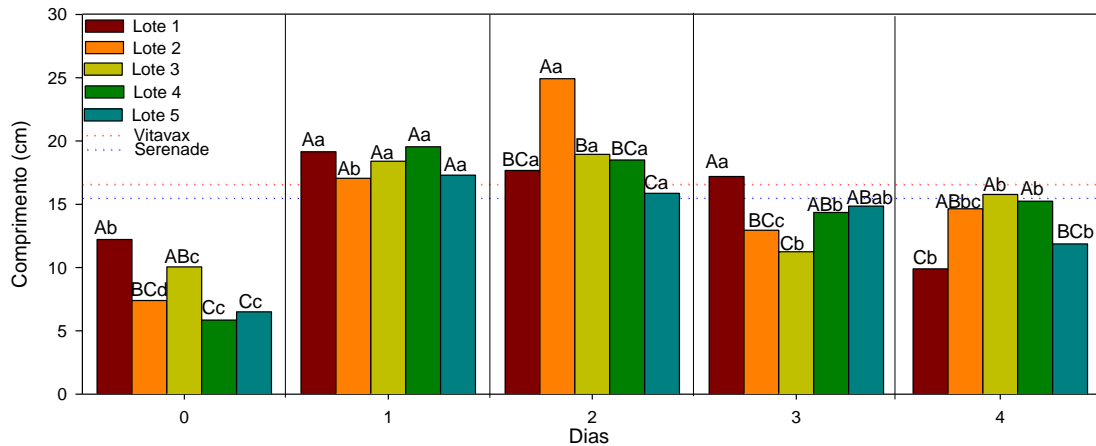
Mesmas letras maiúsculas dentro de cada tempo de tratamento, não se difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Mesmas letras minúsculas dentro de cada lote, não difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Fonte: Dados da própria autora

No desdobramento da interação entre lotes e tempo na dose 400 ml de FMT001 para comprimento de plântulas (**Figura 34**), observa-se que às 0, 48 e 96 horas o feijão-caupi teve maior comprimento de plântulas comparado com o feijão comum, não havendo diferenças às 24 e 72 horas no comprimento de plântulas feijão-caupi e feijão comum. Sendo que às 0 horas os lotes 1 e 2 tiveram o maior comprimento de plântulas, às 24 horas todos os foram estatisticamente iguais, às 48 horas o lote 2 teve o maior comprimento de plântulas, às 72 horas os lotes 1, 4 e 5 e às 96 horas os lotes 2, 3 e 4. Por outro lado, o lote 1 teve o maior comprimento de plântulas às 24 e 72 horas, o lote 2 às 48 horas, o lote 3 às 24 e 48 horas, o lote 4 às 24 e 48 horas e o lote 5 das 24 às 72 horas.

Figura 34- Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 400 ml de FMT001 para comprimento de plântulas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Mesmas letras maiúsculas dentro de cada tempo de tratamento, não se difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

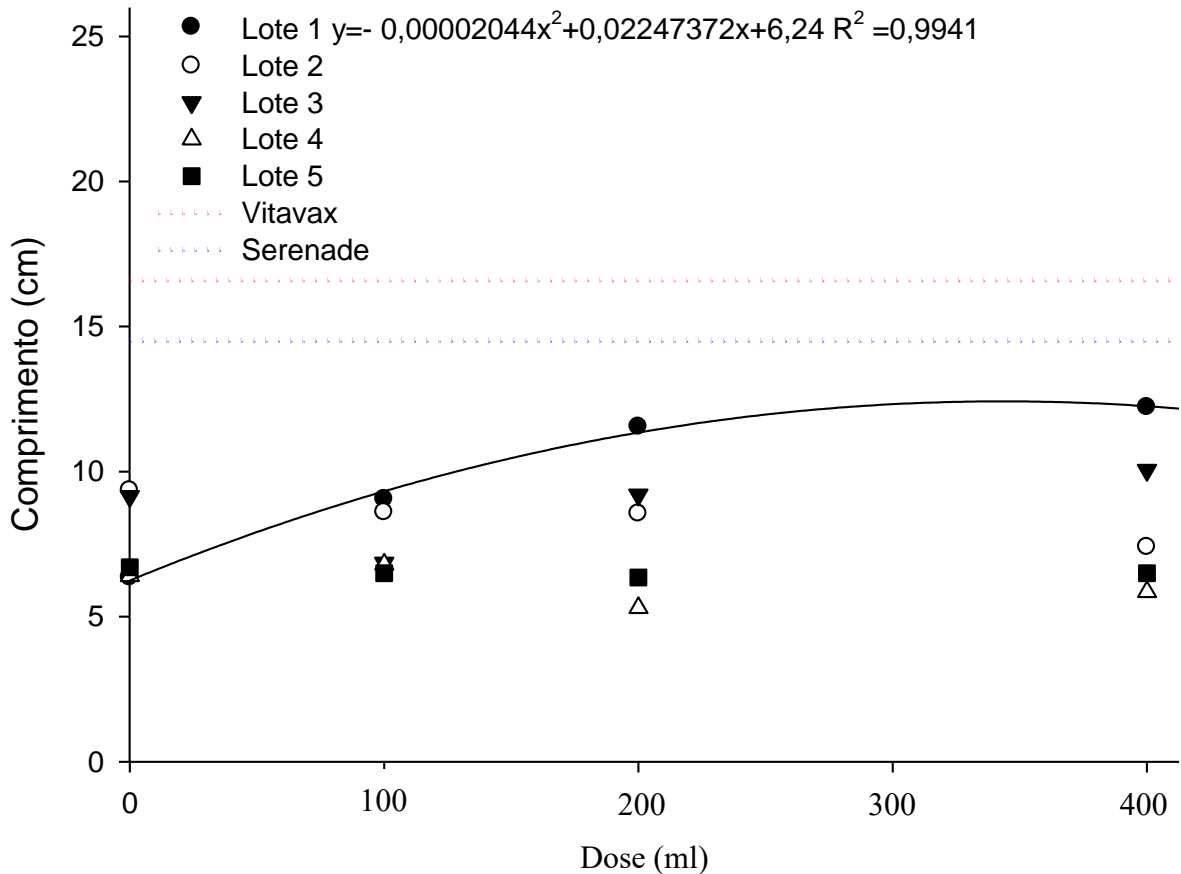
Mesmas letras minúsculas dentro de cada lote, não difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Fonte: Dados da própria autora

Os dados observados de comprimento de plântulas (com semeadura imediatamente ao tratamento) do lote 1 ajustaram-se ao modelo quadrático, em função das doses, apresentando o ponto máximo com a dose de 350ml (**Figura 35**).

Na avaliação do comprimento de plântula, em geral, ao longo do tempo (armazenamento logo após a inoculação), houve resposta positiva, em relação a variável avaliada, dos lotes 1, 2 e 3 (**Figura 35**, **Figura 36**, **Figura 37** e **Figura 38**), sendo que os lotes 4 e 5 responderam negativamente ao tempo de armazenamento para variável comprimento de plântula (**Figura 39**). A literatura relata que *Bacillus subtilis* pode levar a semente à rápida germinação (PODILE, 2005; ARAUJO, 2008) que levaria ao aumento do comprimento de plântula.

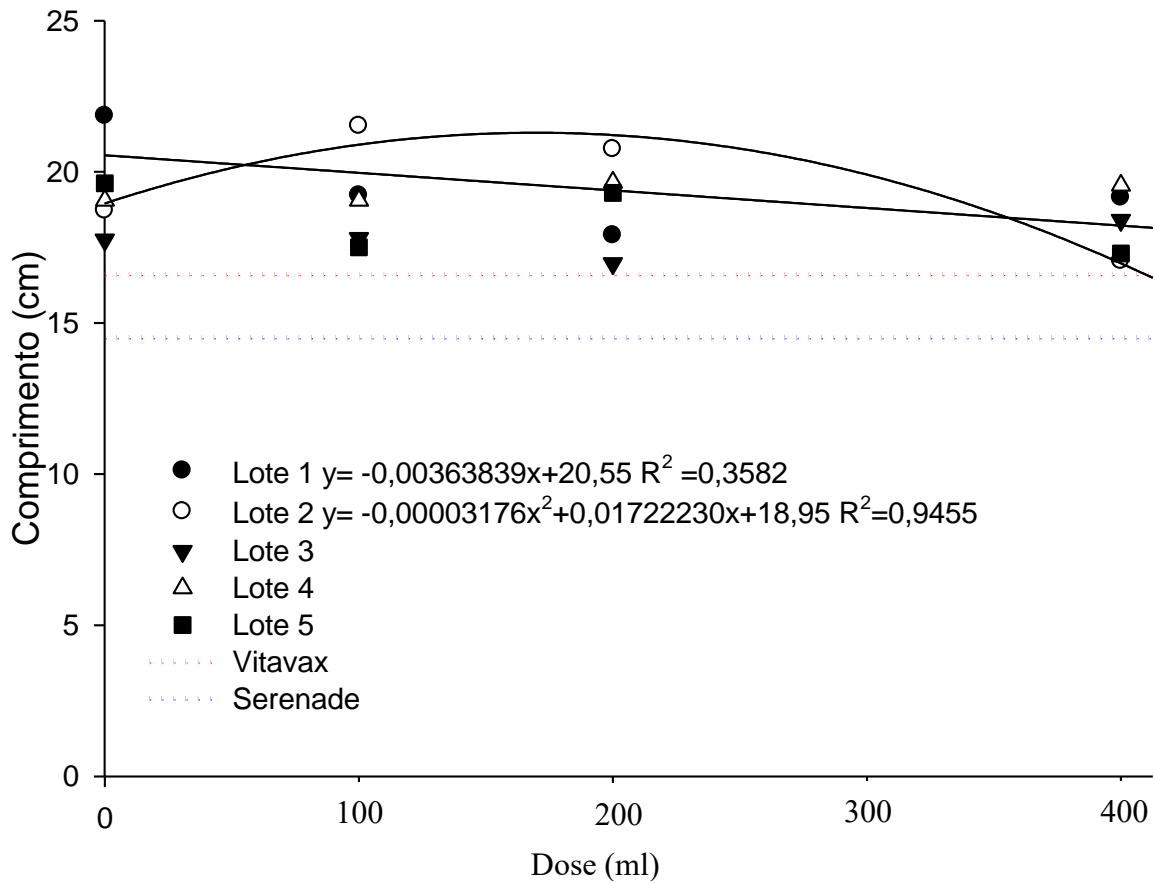
Figura 35- Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura imediatamente ao tratamento para comprimento de plântulas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Fonte: Dados da própria autora

Os dados observados de comprimento de plântulas (com semeadura após um dia ao tratamento) do lote 1 ajustaram-se ao modelo linear negativo (com aumento das doses houve diminuição do comprimento de plântulas) e ao modelo quadrático para o lote 2, em função das doses, apresentando o ponto máximo com a dose de 171ml (**Figura 36**).

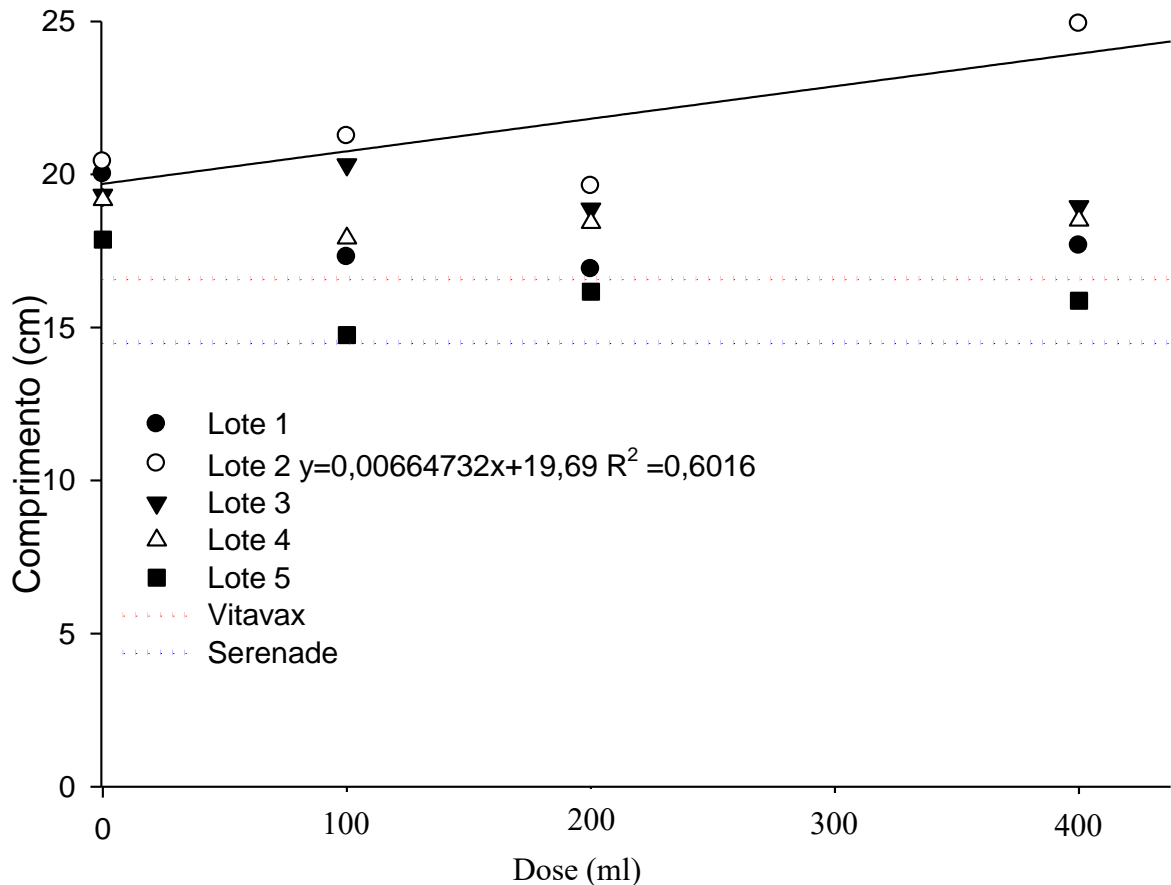
Figura 36- Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura, após um dia ao tratamento para comprimento de plântulas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Fonte: Dados da própria autora

Os dados observados de comprimento de plântulas (com semeadura após dois dias ao tratamento) do lote 2 ajustaram-se ao modelo linear positivo (com aumento das doses houve aumento do comprimento de plântulas), em função das doses (**Figura 37**).

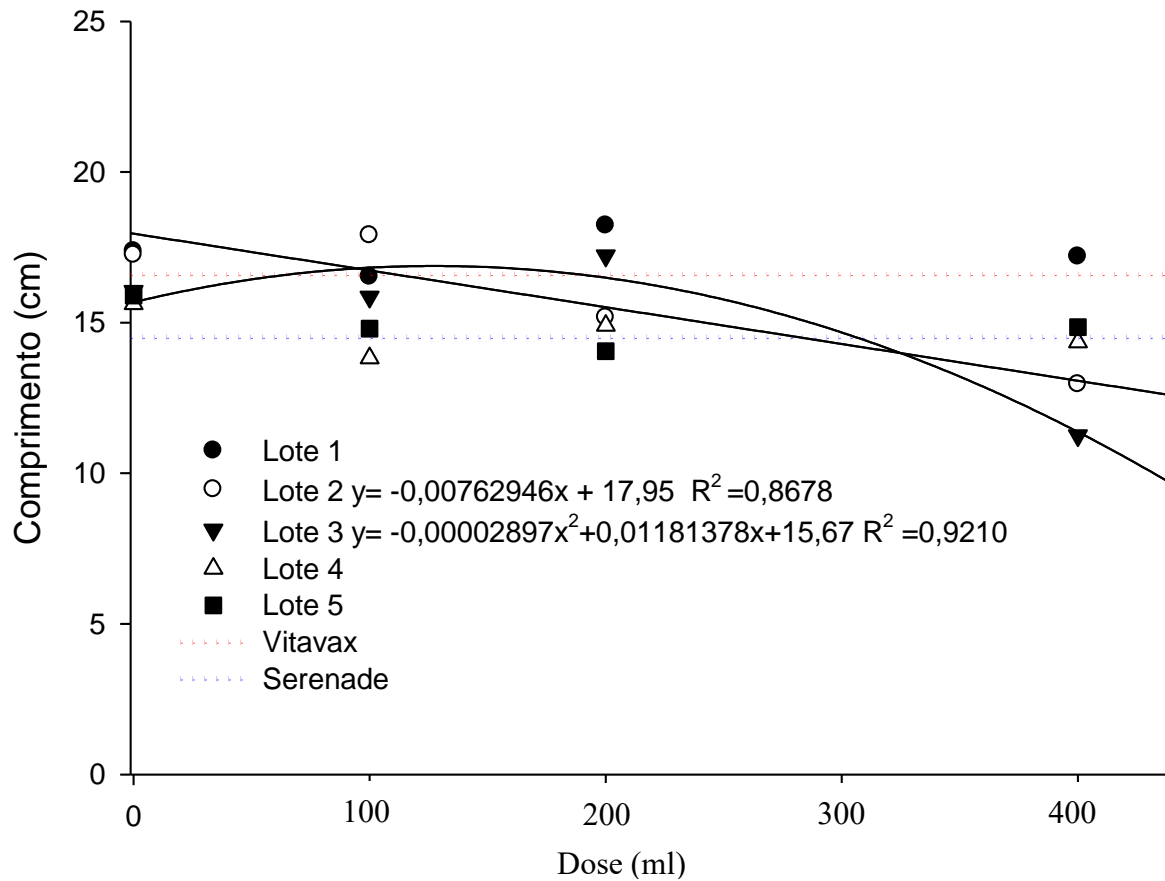
Figura 37- Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura, após dois dias ao tratamento para comprimento de plântulas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Fonte: Dados da própria autora

Os dados observados de comprimento de plântulas (com semeadura após três dias ao tratamento) do lote 2 ajustaram-se ao modelo linear negativo (com aumento das doses houve diminuição do comprimento de plântulas) e ao modelo quadrático para o lote 3, em função das doses, apresentando o ponto máximo com a dose de 104ml (**Figura 38**).

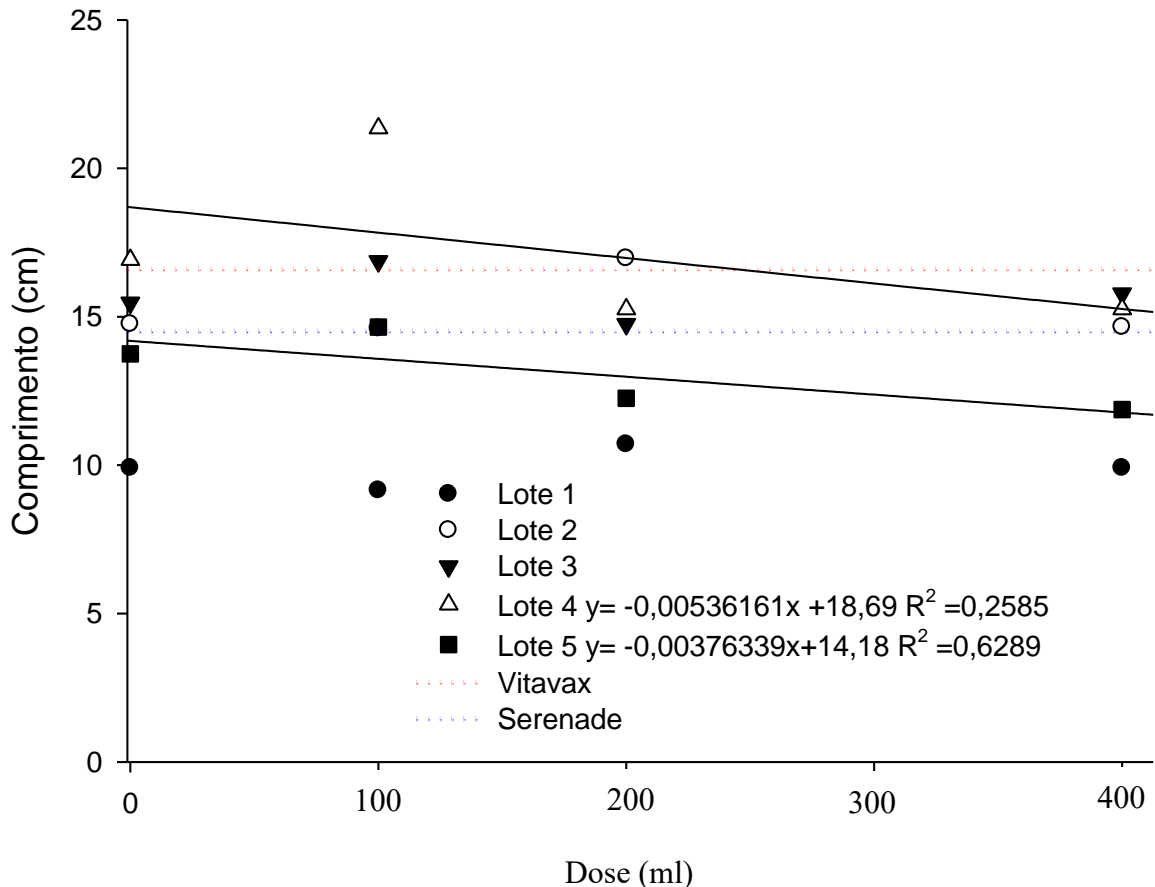
Figura 38- Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura após três dias ao tratamento para comprimento de plântulas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Fonte: Dados da própria autora

Os dados observados de comprimento de plântulas (com semeadura após quatro dias ao tratamento) dos lotes 4 e 5, ajustaram-se ao modelo linear negativo (com aumento das doses houve diminuição do comprimento de plântulas), em função das doses (**Figura 39**).

Figura 39- Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura, após quatro dias ao tratamento para comprimento de plântulas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Fonte: Dados da própria autora

No desdobramento da interação entre lotes e tempo na dose 0 de FMT001 para germinação no teste frio (**Figura 40**), observa-se que às 0 e 24 não houve diferenças entre o feijão comum e o feijão-caupi e das 48 às 96 horas a germinação do feijão-caupi foi maior. Sendo que às 0 horas os lotes 3 e 5 tiveram maior germinação no teste frio, às 24 horas os lotes 2, 3 e 5, às 48 horas o lote 2, às 72 horas os lotes 1 e 4 e às 96 horas os lotes 2 e 3. Por outro lado, o lote 1 teve a maior germinação no teste frio das 24 às 72 horas, o lote 2 das 24 às 48 horas, os lotes 3 e 5 das 0 às 24 horas e o lote 4 às 0 e 48 horas.

Mertz *et al.* (2009) avaliaram a eficácia do tratamento de sementes com bioprotetores e fungicidas químicos na sanidade de sementes e emergência de plantas, encontrando que o tratamento de sementes com bioprotetores não ofereceu proteção às sementes no solo (contra

os fungos habitantes do solo, que nessas condições rapidamente colonizaram as sementes, causando a deterioração), principalmente quando a semeadura coincide com períodos de estiagem, ao contrário do fungicida químico, que proporcionou maior germinação e emergência de plantas. Condizendo assim, em termos gerais, com os resultados encontrados no presente trabalho.

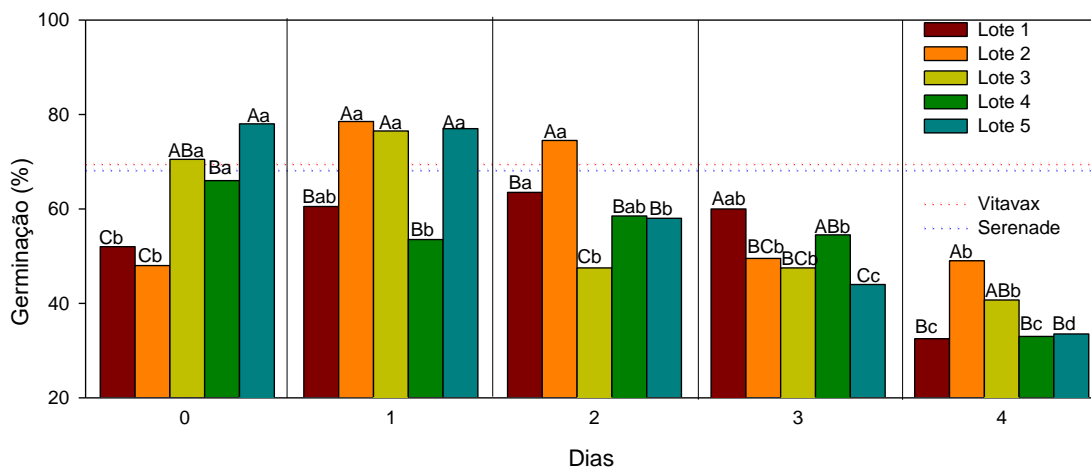
Também o tempo de armazenamento não é o único fator que influencia na deterioração das sementes, podem influenciar ainda as condições de armazenamento e a qualidade inicial das sementes armazenadas (ANDRADE; LIMA; MENDONÇA, 2013). Embora, Trentin et al. (2018) no seu trabalho encontraram que o produto comercial utilizado reduziu o percentual germinativo e aumentou o número de plântula anormais.

As diferentes respostas dos lotes e tempo de tratamento em função das dosagens de *Bacillus subtilis* (**Figura 40, Figura 41 Figura 42 e Figura 43**) no teste frio, se dever às procedências dos lotes, armazenamento, idade e espécie. Tekrony (1995) afirmou que o armazenamento por um longo período de tempo reduz significativamente o vigor. Obviamente cuidado com as condições do ambiente (temperatura e umidade relativa) e com a umidade da semente devem ser implementado.

Como observado, em geral, na **Figura 40, Figura 41 Figura 42 e Figura 43** existe destaque do lote 1 e 2 em função da dose/tempo, assim na dose 0 o lote 2 teve a maior germinação nos tempos 1, 2 e 4; na dose 100ml foi no lote 1 nos tempos 1, 2 e 3; na dose 200ml foi no lote 1 nos tempos 0, 2 e 3, e no lote 2 nos tempos 1, 2 e 4; e na dose 400ml foi no lote 1 nos tempos 1, 2, 3 e 4. Também no tempo 0, o lote 5 teve a maior germinação no teste frio em todas as doses; no tempo 1 foi o lote 2 em todas as doses; no tempo 2 foi o lote 2 nas doses 0, 200 e 400ml; no tempo 3 foi o lote 1 em todas as doses; e no tempo 4 o lote dois em todas as doses (exceto na dose 400ml).

De modo geral, como observado na **Figura 40, Figura 41 Figura 42 e Figura 43**, o tratamento químico e o biológico adicional não tiveram destaque em relação às doses de *Bacillus subtilis* utilizadas, ainda o tratamento químico teve maior germinação quando comparado ao tratamento biológico adicional, como constatado por Mertz *et al.* (2009).

Figura 40- Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 0 de FMT001 para teste frio de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



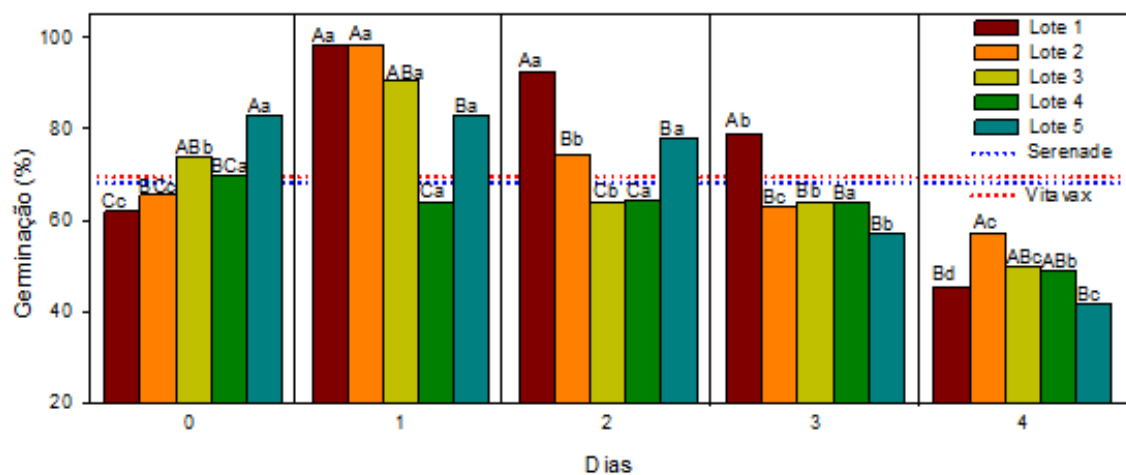
Mesmas letras maiúsculas dentro de cada tempo de tratamento, não se difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Mesmas letras minúsculas dentro de cada lote, não difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Fonte: Dados da própria autora

No desdobramento da interação entre lotes e tempo na dose 100ml de FMT001 para germinação no teste frio (**Figura 41**), observa-se, em geral, que às 0 e 24 não houve diferenças entre o feijão comum e o feijão-caupi e das 48 às 96 horas a germinação do feijão-caupi foi maior. Sendo que às 0 horas os lotes 3 e 5 tiveram maior germinação no teste frio, às 24 horas os lotes 1, 2 e 3, às 48 e 72 horas o lote 1 e às 96 horas os lotes 2, 3 e 4. Por outro lado, o lote 1 teve a maior germinação no teste frio das 24 às 48 horas, os lotes 2 e 3 às 24 horas, o lote 4 das 0 às 72 horas e o lote 5 das 0 às 48 horas.

Figura 41- Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 100 ml de FMT001 para teste frio de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



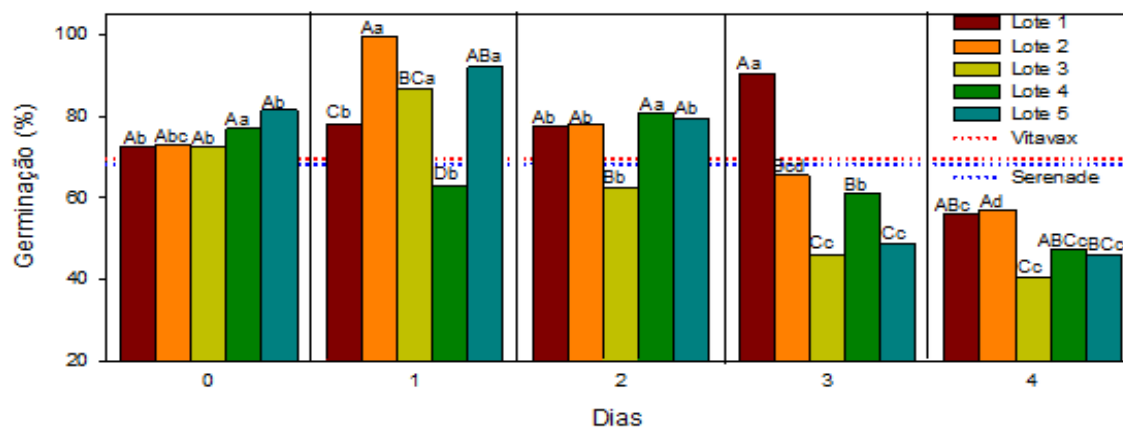
Mesmas letras maiúsculas dentro de cada tempo de tratamento, não se difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Mesmas letras minúsculas dentro de cada lote, não difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Fonte: Dados da própria autora

No desdobramento da interação entre lotes e tempo, na dose 200ml de FMT001 para germinação no teste frio (**Figura 42**) observa-se que das 0 às 48 não houve diferenças entre o feijão comum e o feijão-caupi e das 72 às 96 horas a germinação do feijão-caupi foi maior. Sendo que às 0 horas os todos os lotes tiveram a mesma germinação no teste frio, às 24 horas os lotes 2 e 5 tiveram a maior germinação no teste frio, às 48 os lotes 1,2,4 e 5, às 72 horas o lote 1 e às 96 horas os lotes 1, 2 e 4. E o lote 1 teve a maior germinação no teste frio às 0 e 72 horas, os lotes 2 e 3 às 24 horas, o lote 4 às 0 e às 48 horas e o lote 5 às 24 horas.

Figura 42- Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 200 ml de FMT001 para teste frio de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



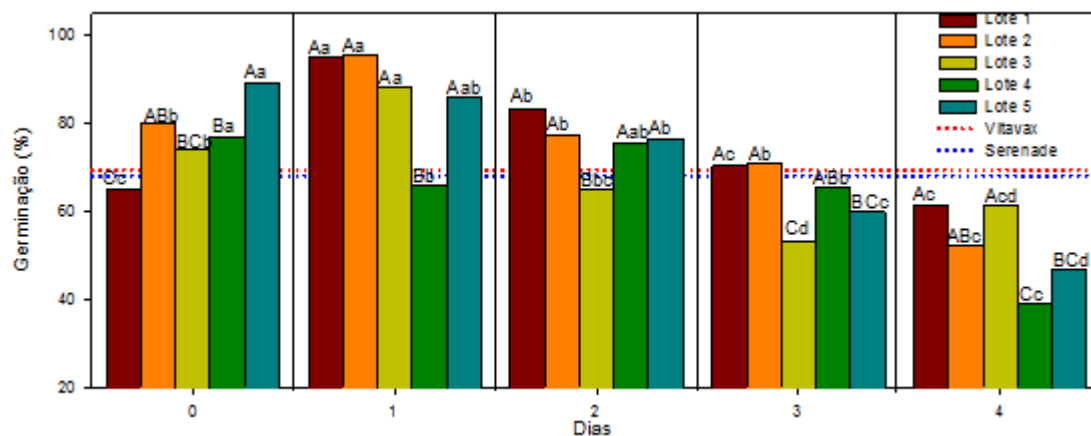
Mesmas letras maiúsculas dentro de cada tempo de tratamento, não se difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Mesmas letras minúsculas dentro de cada lote, não difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Fonte: Dados da própria autora

No desdobramento da interação entre lotes e tempo, na dose 400ml de FMT001 para germinação no teste frio (**Figura 43**) observa-se que das 0 às 48 não houve diferenças entre o feijão comum e o feijão-caupi e das 72 às 96 horas a germinação do feijão-caupi foi superior. Em geral, às 0 horas os lotes 2 e 5 tiveram a maior germinação no teste frio, às 24 horas os lotes 1, 2, 3 e 5, às 48 os lotes 1, 2, 4 e 5, às 72 horas os lotes 1, 2 e 4 e às 96 horas os lotes 1, 2 e 3. Logo os lotes 1, 2 e 3 tiveram a maior germinação no teste frio às 24 horas, o lote 4 às 0 e 48 horas e o lote 5 às 0 e 24 horas.

Figura 43- Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 400ml de FMT001 para teste frio de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Mesmas letras maiúsculas dentro de cada tempo de tratamento, não se difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Mesmas letras minúsculas dentro de cada lote, não difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

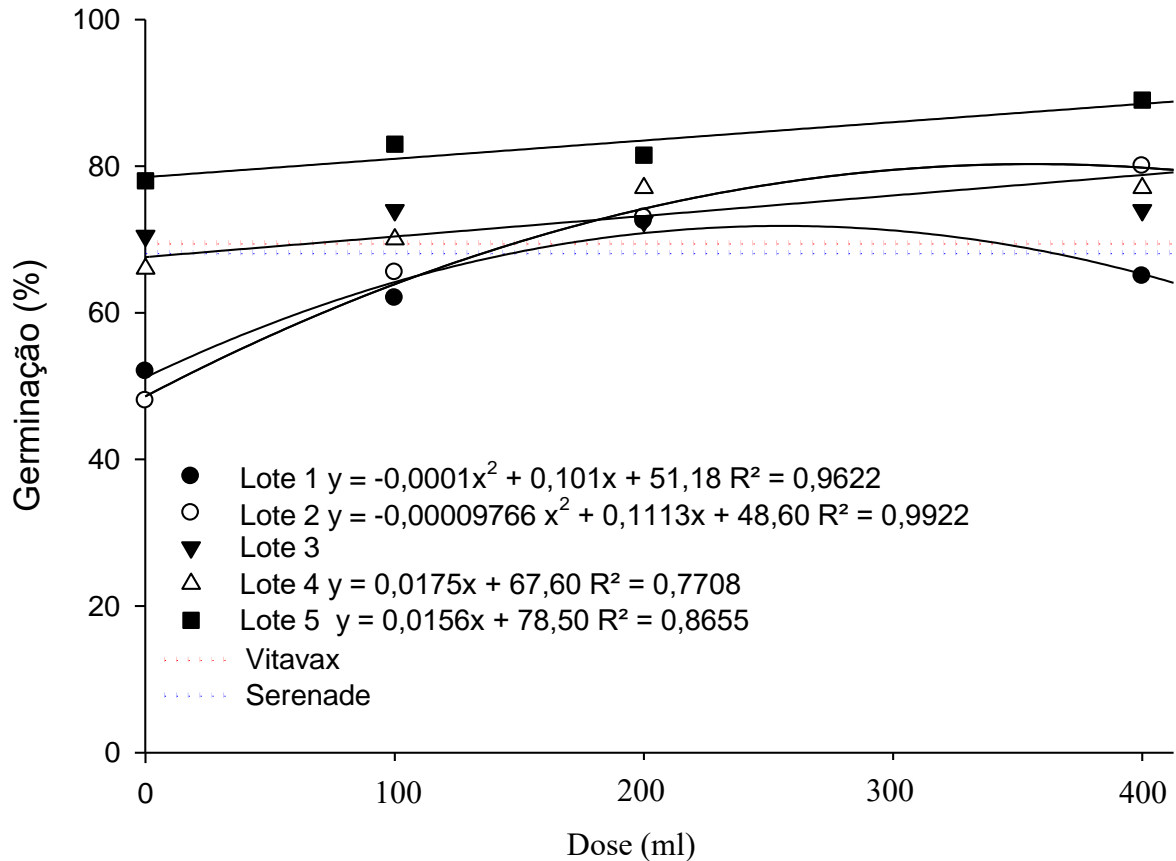
Fonte: Dados da própria autora

Os dados observados da germinação no teste frio (com semeadura imediatamente ao tratamento) do lote 4 e 5 ajustaram-se ao modelo linear positivo (com aumento das doses houve aumento da germinação) e ao modelo quadrático para o lote 1 e 2, em função das doses, apresentando o ponto máximo com a dose de 305 e 370 ml para os lotes 1 e 2, respectivamente (**Figura 44**).

As condições ideais seriam como mostrado na **Figura 8**, **Figura 17**, **Figura 26**, **Figura 35**, **Figura 44** e **Figura 53**, ou seja, semear imediatamente após o tratamento. Inclusive feijão-comum (lote 5) e feijão-caupi (lote 4) da **Figura 44** responderam positivamente ao incremento da dosagem. As diferentes respostas de germinação para cada lote no teste frio, se dever à procedência e/ou qualidade de armazenamento, assim, como o tempo de armazenamento de cada lote, como observado na **Figura 44**, **Figura 45**, **Figura 46**, **Figura 47** e **Figura 48**.

Na avaliação da germinação no teste frio ao longo do tempo (armazenamento logo após a inoculação; como mencionado na metodologia), a germinação foi influenciada pela condição de semeadura em todos os lotes (**Figura 44**, **Figura 45**, **Figura 46**, **Figura 47** e **Figura 48**), diferenças que podem ser explicadas pela procedência dos lotes, idade e condição de armazenamento ainda pelo fato do lote 5 ser feijão comum quando os lote 1 a 4 são feijão-caupi.

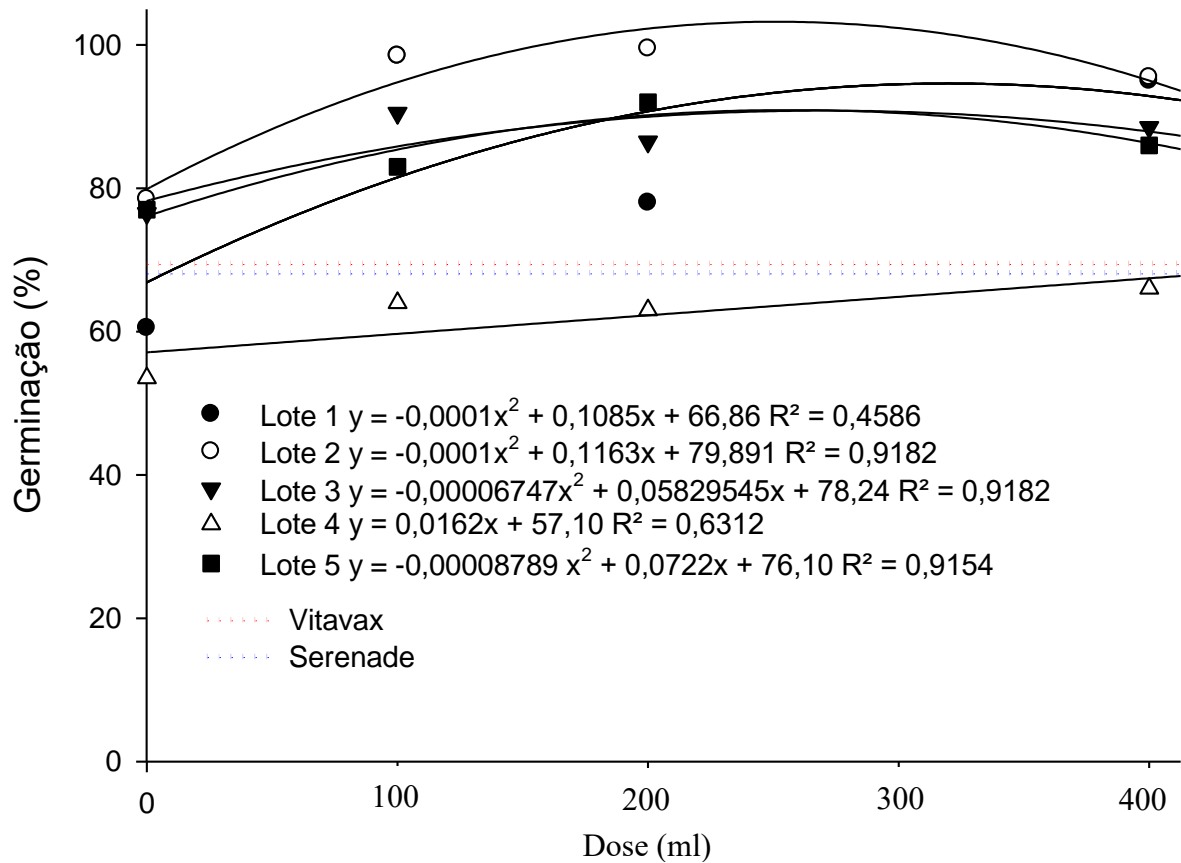
Figura 44- Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura imediatamente ao tratamento para o teste frio de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Fonte: Dados da própria autora

Os dados observados da germinação no teste frio (com semeadura após um dia ao tratamento) do lote 4 ajustaram-se ao modelo linear positivo (com aumento das doses houve aumento da germinação) e ao modelo quadrático para o lote 1, 2, 3 e 5, em função das doses, apresentando o ponto máximo com a dose de 343, 382, 382 e 311 ml para os lotes 1, 2, 3 e 5, respectivamente (**Figura 45**).

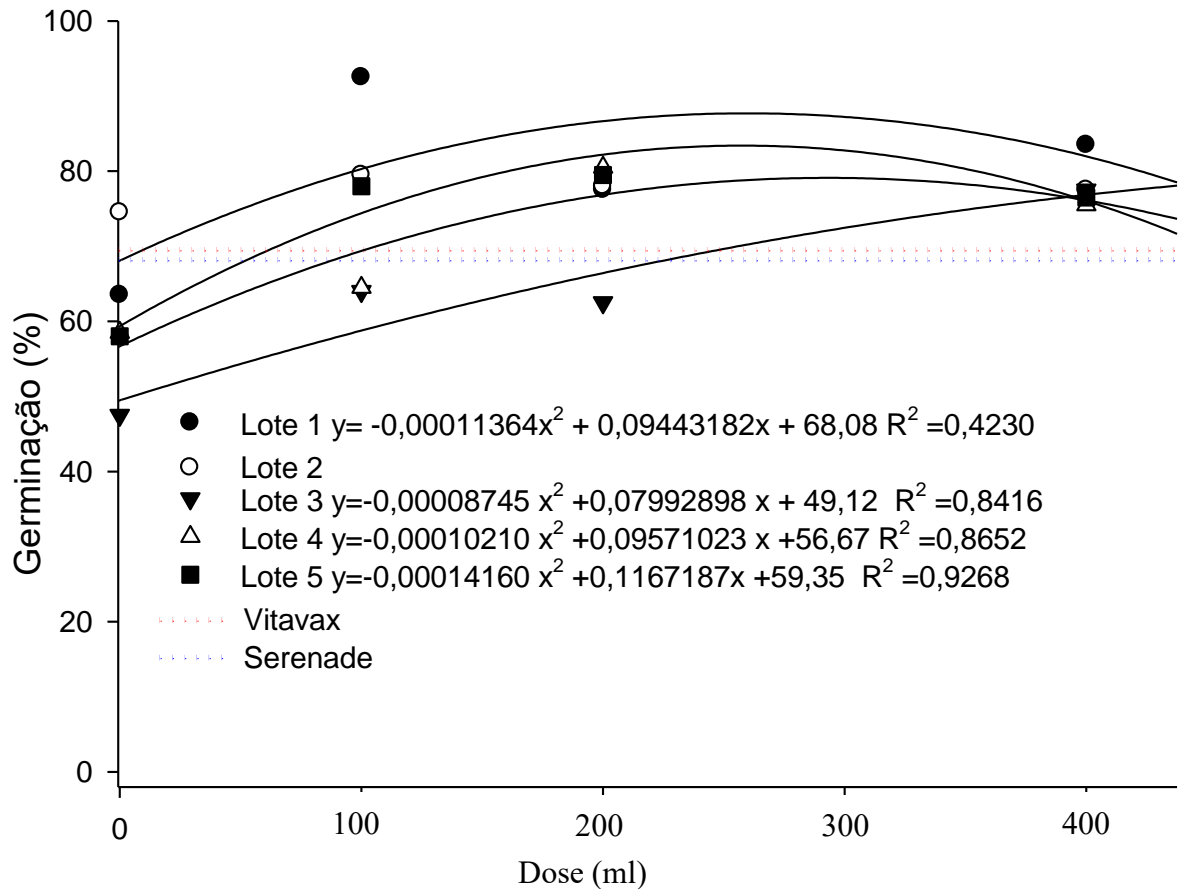
Figura 45- Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura após um dia ao tratamento para o teste frio de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Fonte: Dados da própria autora

Os dados observados da germinação no teste frio (com semeadura após dois dias ao tratamento) do lote 4 ajustaram-se ao modelo quadrático para o lote 1, 3, 4 e 5, em função das doses, apresentando o ponto máximo com a dose de 315, 357, 369 e 312 ml para os lotes 1, 3, 4 e 5, respectivamente (**Figura 46**).

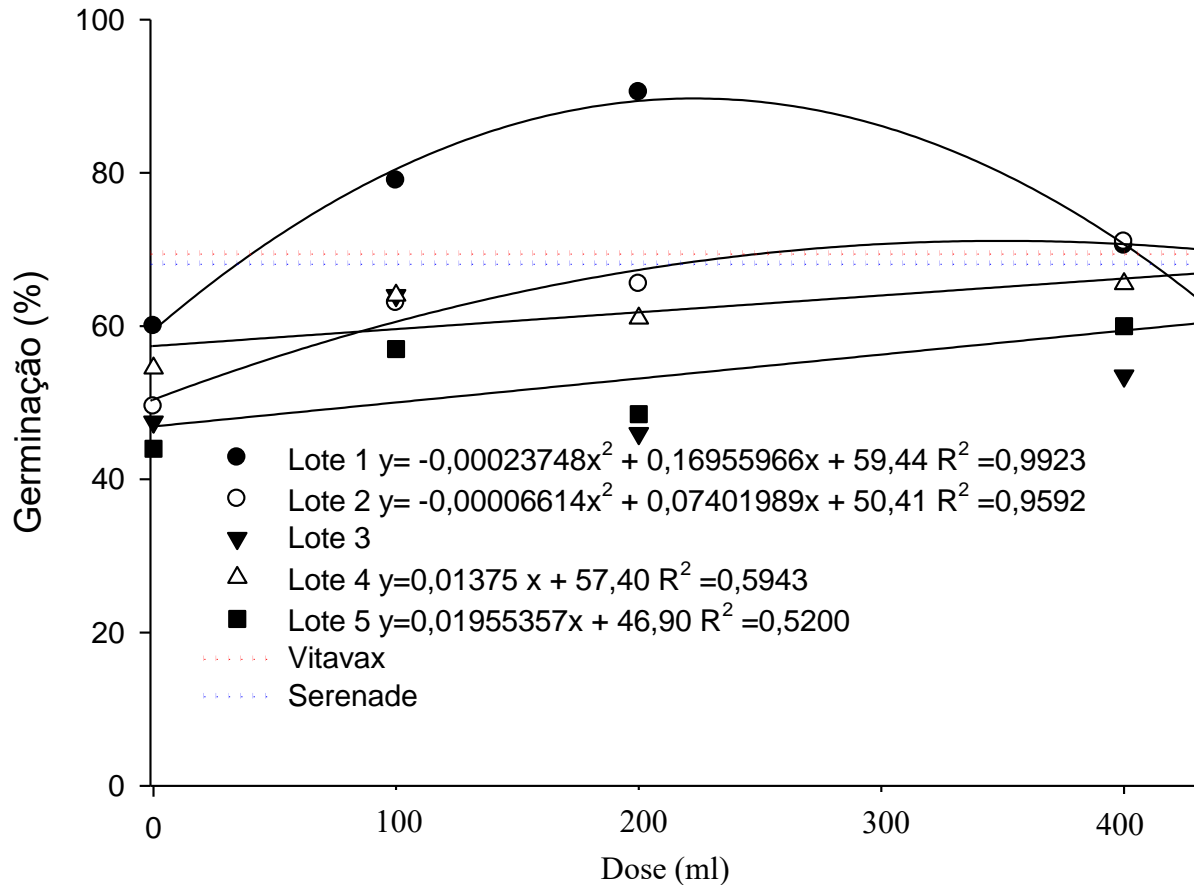
Figura 46- Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura após dois dias ao tratamento para o teste frio de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Fonte: Dados da própria autora

Os dados observados da germinação no teste frio (com semeadura após três dias ao tratamento) do lote 4 e 5 ajustaram-se ao modelo linear positivo (com aumento das doses houve aumento da germinação) e ao modelo quadrático para o lote 1 e 2, em função das doses, apresentando o ponto máximo com a dose de 257 e 360 ml para os lotes 1 e 2, respectivamente (**Figura 47**).

Figura 47- Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura, após três dias ao tratamento para o teste frio de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico

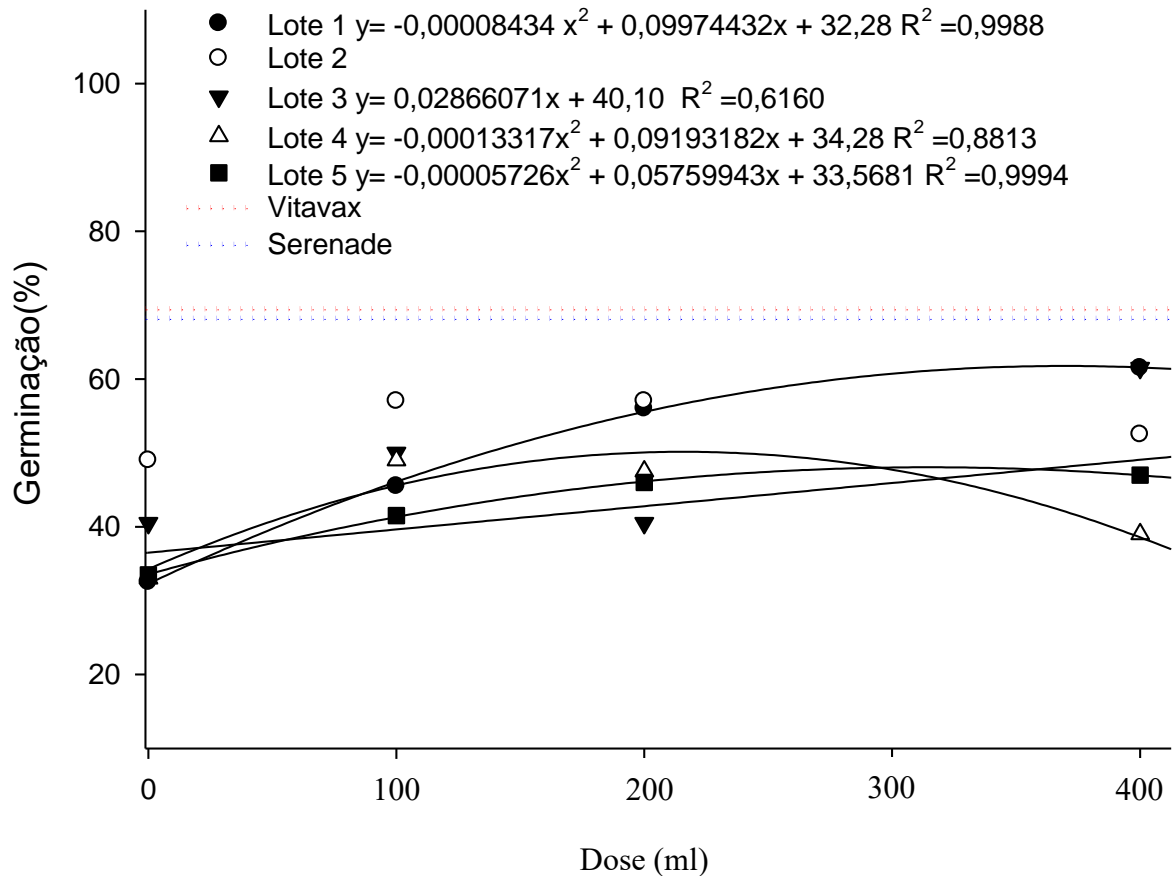


Fonte: Dados da própria autora

Os dados observados da germinação no teste frio (com semeadura após quatro dias ao tratamento) do lote 3 ajustaram-se ao modelo linear positivo (com aumento das doses houve aumento da germinação) e ao modelo quadrático para o lote 1, 4 e 5, em função das doses, apresentando o ponto máximo com a dose de 391, 345 e 303 ml para os lotes 1, 4 e 5, respectivamente (**Figura 48**).

O tempo de armazenamento (semeadura no presente experimento) inclusive de sementes inoculadas, diminuiu o efeito da dosagem de inoculação crescente, no que tange a germinação para o teste frio em feijão comum (**Figura 44**, **Figura 45**, **Figura 46**, **Figura 47** e **Figura 48**).

Figura 48- Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura após quatro dias ao tratamento para o teste frio de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Fonte: Dados da própria autora

No desdobramento da interação entre lotes e tempo na dose 0 de FMT001 para germinação no teste envelhecimento acelerado (**Figura 49**) observa-se que das 0 às 72 não houve diferenças entre o feijão comum e o feijão-caupi e às 96 horas a germinação do feijão comum foi maior. Já às 0 horas os lotes 4 e 5 tiveram a maior germinação no teste envelhecimento acelerado, às 24 horas os lotes 3, 4 e 5, às 48 e 72 horas os lotes 4 e 5 e às 96 horas o lote 1. O lote 1 teve a maior germinação no teste envelhecimento acelerado às 0 e 24 horas, o lote 2 às 0, 48 e 72 horas, o lote 3 às 24 e 48 horas, o lote 4 das 0 às 48 horas e o lote 5 ao longo de todo o período de avaliação (com exceção das 72 horas).

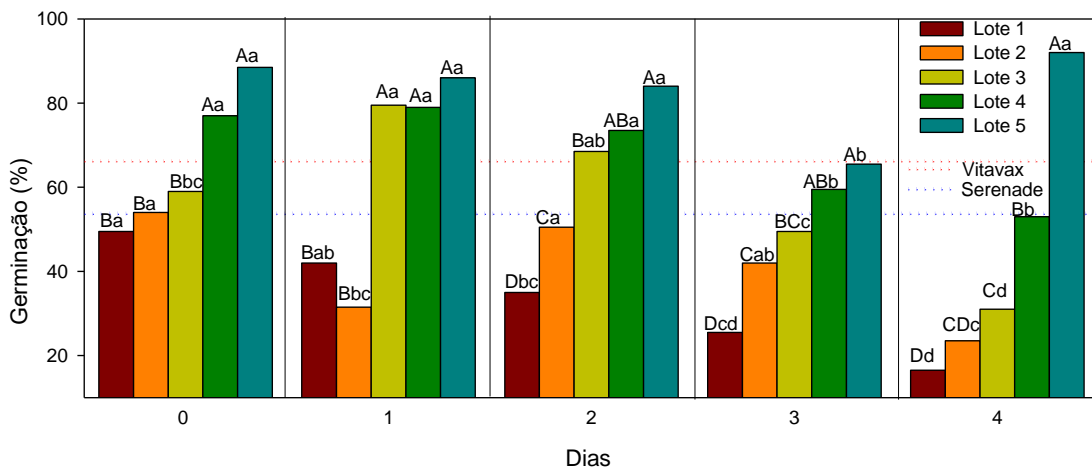
Bacillus subtilis tem demonstrado efeito na promoção de crescimento de plantas, todavia o rápido desenvolvimento de plântula a condiciona a alcançar mais rapidamente o estágio adulto (LANNA FILHO *et al.*, 2010). Uma germinação rápida já que o *Bacillus subtilis* inibe fungos

(apresentando grande variedade de metabolitos antifúngicos) e produz substâncias tóxicas pelo fato de agir por antibiose (KUPPER *et al.*, 2003; ONGENA *et al.*, 2005).

Como observado, em geral, na **Figura 49**, **Figura 50**, **Figura 51** e **Figura 52**, o lote 5 se destaca em todos os tempos e em todas as doses, sendo superior na germinação no teste de envelhecimento. Devido as sementes do lote 5 serem da espécie *Phaseolus vulgaris* indicando assim que esta espécie é mais resistente ao teste de envelhecimento que a espécie *Vigna unguiculata*

Na **Figura 49**, **Figura 50**, **Figura 51** e **Figura 52**, o tratamento químico e biológico adicional, em geral, não se destacaram na germinação no teste de envelhecimento quando comparado com as doses de *Bacillus subtilis*. Além disso, o tratamento biológico no lote 5 tem sido superior aos tratamentos químico e biológico adicional.

Figura 49- Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 0 de FMT001 para teste envelhecimento acelerado de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Mesmas letras maiúsculas dentro de cada tempo de tratamento, não se difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

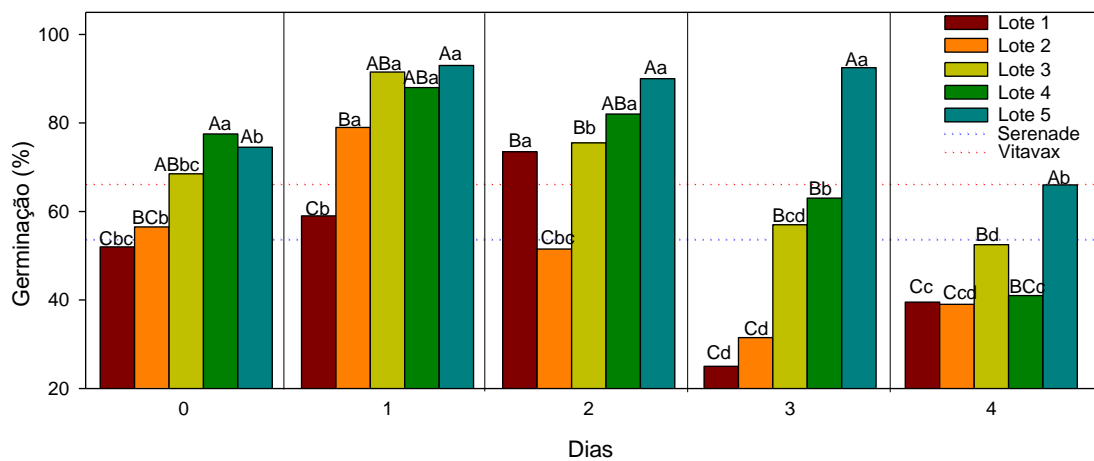
Mesmas letras minúsculas dentro de cada lote, não difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Fonte: Dados da própria autora

No desdobramento da interação entre lotes e tempo, na dose 100ml de FMT001 para germinação no teste envelhecimento acelerado (**Figura 50**) observa-se que das 0 às 48 não houve diferenças entre o feijão comum e o feijão-caupi e das 72 às 96 horas a germinação do

feijão comum foi maior. Sendo que às 0 e 24 horas os lotes 3, 4 e 5 tiveram a maior germinação no teste envelhecimento acelerado, às 48 os lotes 4 e 5, às 72 e 96 horas o lote 5. Por outro lado, o lote 1 teve a maior germinação no teste envelhecimento acelerado às 48 horas, os lotes 2 e 3 às 24 horas, o lote 4 das 0 às 48 horas e o lote 5 das 24 às 72 horas.

Figura 50- Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 100ml de FMT001 para teste envelhecimento acelerado de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



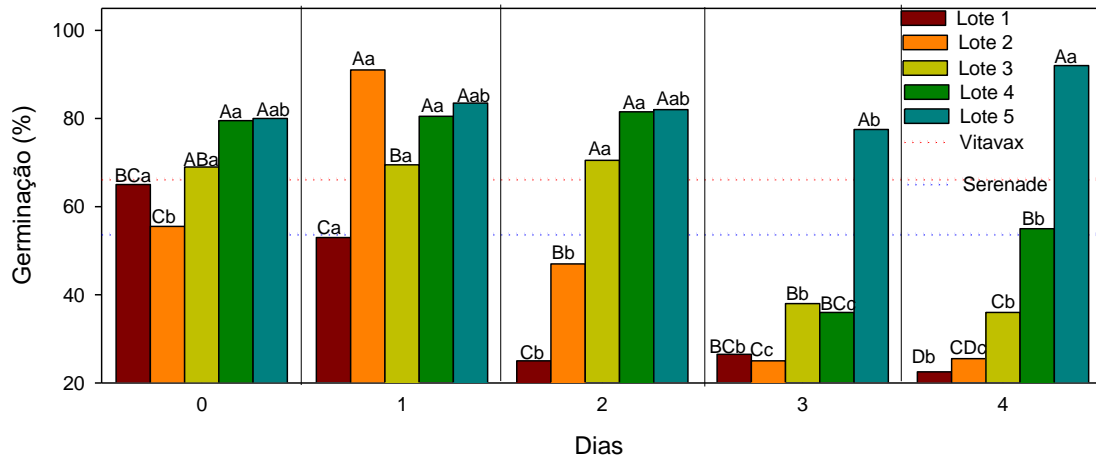
Mesmas letras maiúsculas dentro de cada tempo de tratamento, não se difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Mesmas letras minúsculas dentro de cada lote, não se difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Fonte: Dados da própria autora

No desdobramento da interação entre lotes e tempo, na dose 200ml de FMT001 para germinação no teste envelhecimento acelerado (**Figura 51**) observa-se que das 0 às 48 não houve diferenças entre o feijão comum e o feijão-caupi e das 72 às 96 horas a germinação do feijão comum foi maior. Sendo que às 0 e 48 horas os lotes 3, 4 e 5 tiveram a maior germinação no teste envelhecimento acelerado, às 24 horas os lotes 2, 4 e 5, às 72 e 96 horas o lote 5. O lote 1 teve a maior germinação no teste envelhecimento acelerado às 0 e 24 horas, o lote 2 às 24 horas, os lotes 3 e 4 das 0 às 48 horas e o lote 5 das 0 às 48 e às 96 horas.

Figura 51- Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 200ml de FMT001 para teste envelhecimento acelerado de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



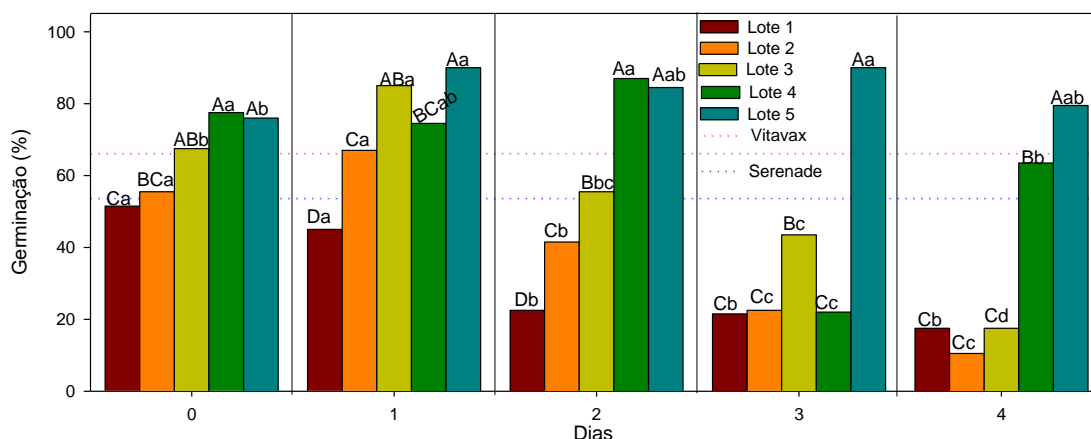
Mesmas letras maiúsculas dentro de cada tempo de tratamento, não se difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Mesmas letras minúsculas dentro de cada lote, não difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Fonte: Dados da própria autora

No desdobramento da interação entre lotes e tempo na dose 400ml de FMT001 para germinação no teste envelhecimento acelerado (**Figura 52**), observa-se que das 0 às 48 não houve diferenças entre o feijão comum e o feijão-caupi e das 72 às 96 horas a germinação do feijão comum foi maior. Sendo que às 0 horas os lotes 3, 4 e 5 tiveram a maior germinação no teste envelhecimento acelerado, às 24 horas os lotes 3 e 5, às 48 horas os lotes 4 e 5, às 72 e 96 horas o lote 5. Por outro lado, os lotes 1 e 2 tiveram a maior germinação no teste envelhecimento acelerado às 0 e 24 horas, o lote 3 às 24 horas, o lote 4 das 0 às 48 horas e o lote 5 das 24 às 96 horas.

Figura 52- Desdobramento da interação entre os lotes e tempo de tratamento na dose de 400 ml de FMT001 para teste envelhecimento acelerado de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Mesmas letras maiúsculas dentro de cada tempo de tratamento, não se difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

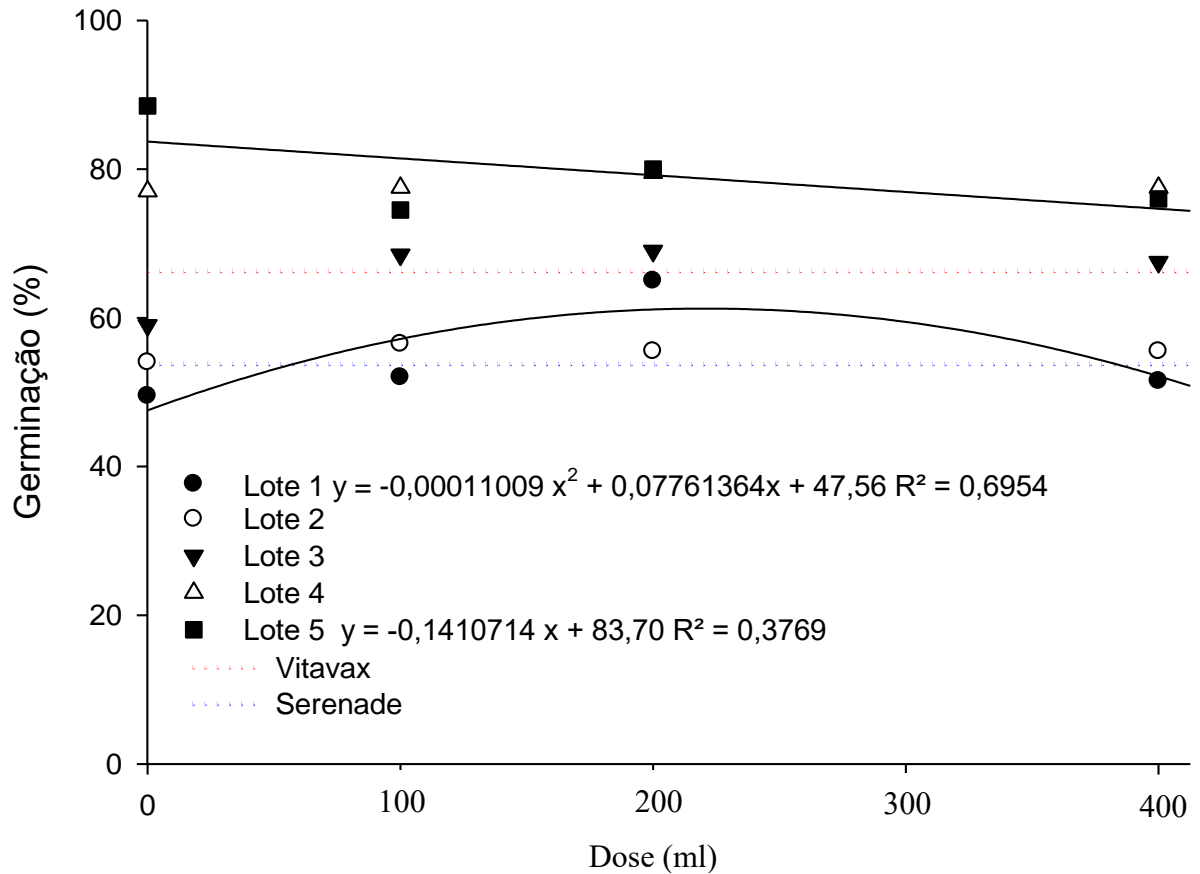
Mesmas letras minúsculas dentro de cada lote, não difere entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Fonte: Dados da própria autora

Os dados observados da germinação no tratamento para envelhecimento (com semeadura imediatamente ao tratamento) do lote 5 ajustaram-se ao modelo linear negativo (com aumento das doses houve diminuição da germinação) e ao modelo quadrático para o lote 1, em função das doses, apresentando o ponto máximo com a dose de 253 ml (**Figura 53**).

Na avaliação da germinação no teste de envelhecimento, em geral, ao longo do tempo (armazenamento logo após a inoculação), houve resposta de todos os lotes, em relação a variável avaliada (**Figura 53**, **Figura 54**, **Figura 55**, **Figura 56** e **Figura 57**), sendo que os lotes 2, 3 e 4 responderam negativamente ao tempo de armazenamento para variável germinação no teste de envelhecimento (**Figura 56**), assim como o lote 5 (**Figura 53**), a literatura relata que *Bacillus subtilis*, pode levar a semente à rápida germinação (PODILE, 2005; ARAUJO, 2008).

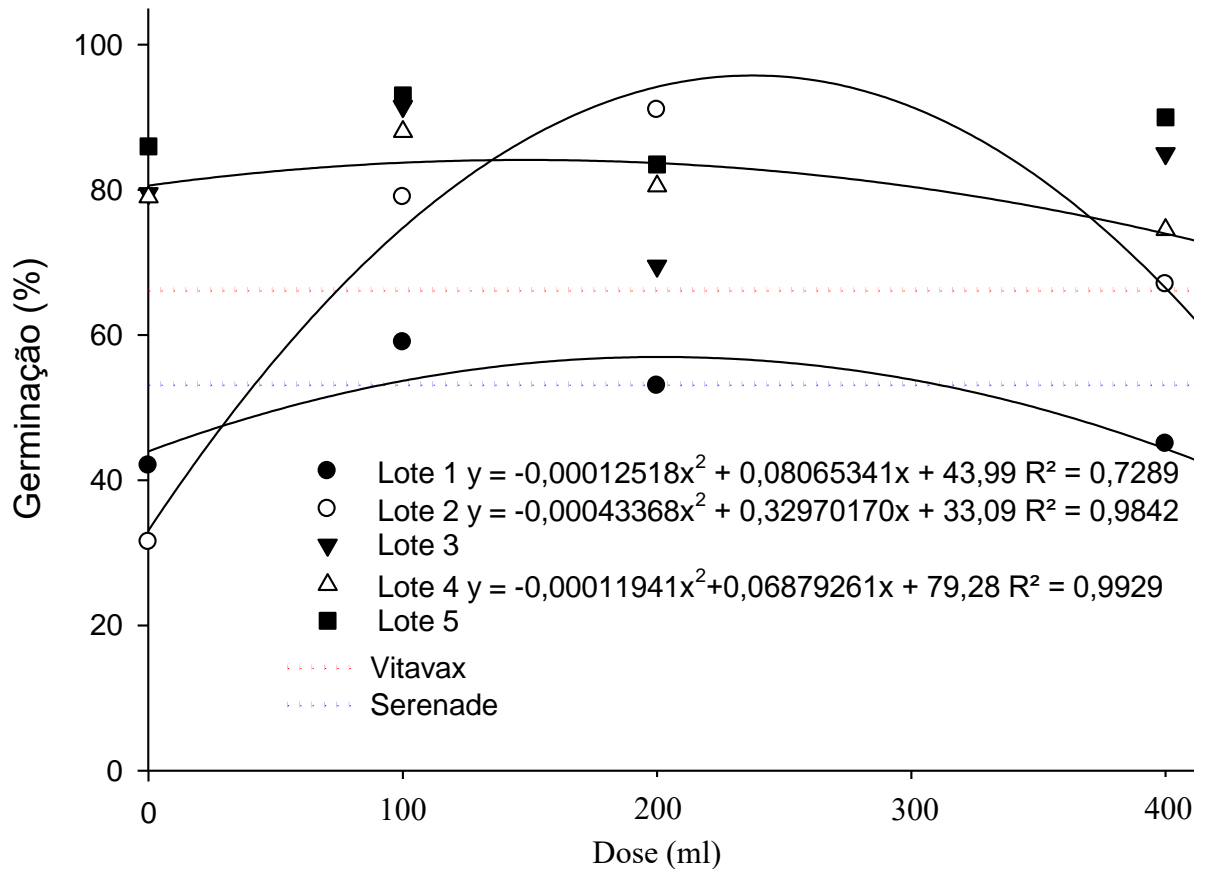
Figura 53- Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura imediatamente ao tratamento para envelhecimento de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Fonte: Dados da própria autora

Os dados observados da germinação no tratamento para envelhecimento (com semeadura após um dia ao tratamento) do lote 1, 2 e 4 ajustaram-se ao modelo quadrático, em função das doses, apresentando o ponto máximo com a dose de 222, 280 e 188 ml para os lotes 1, 2 e 4, respectivamente (**Figura 54**).

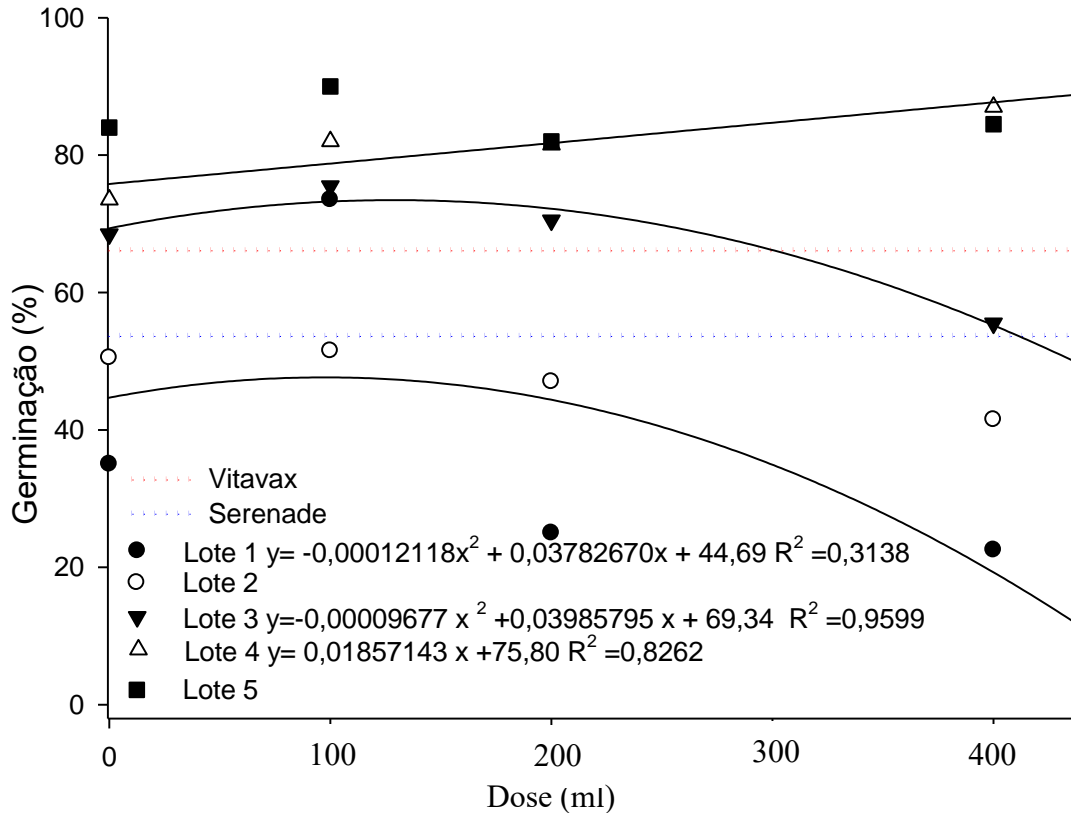
Figura 54- Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura após um dia ao tratamento para envelhecimento de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Fonte: Dados da própria autora

Os dados observados da germinação no tratamento para envelhecimento (com semeadura após dois dias ao tratamento) do lote 4 ajustaram-se ao modelo linear positivo (com aumento das doses houve aumento da germinação) e ao modelo quadrático para os lotes 1 e 3, em função das doses, apresentando o ponto máximo com a dose de 56 e 106 ml para os lotes 1 e 3, respectivamente (**Figura 55**).

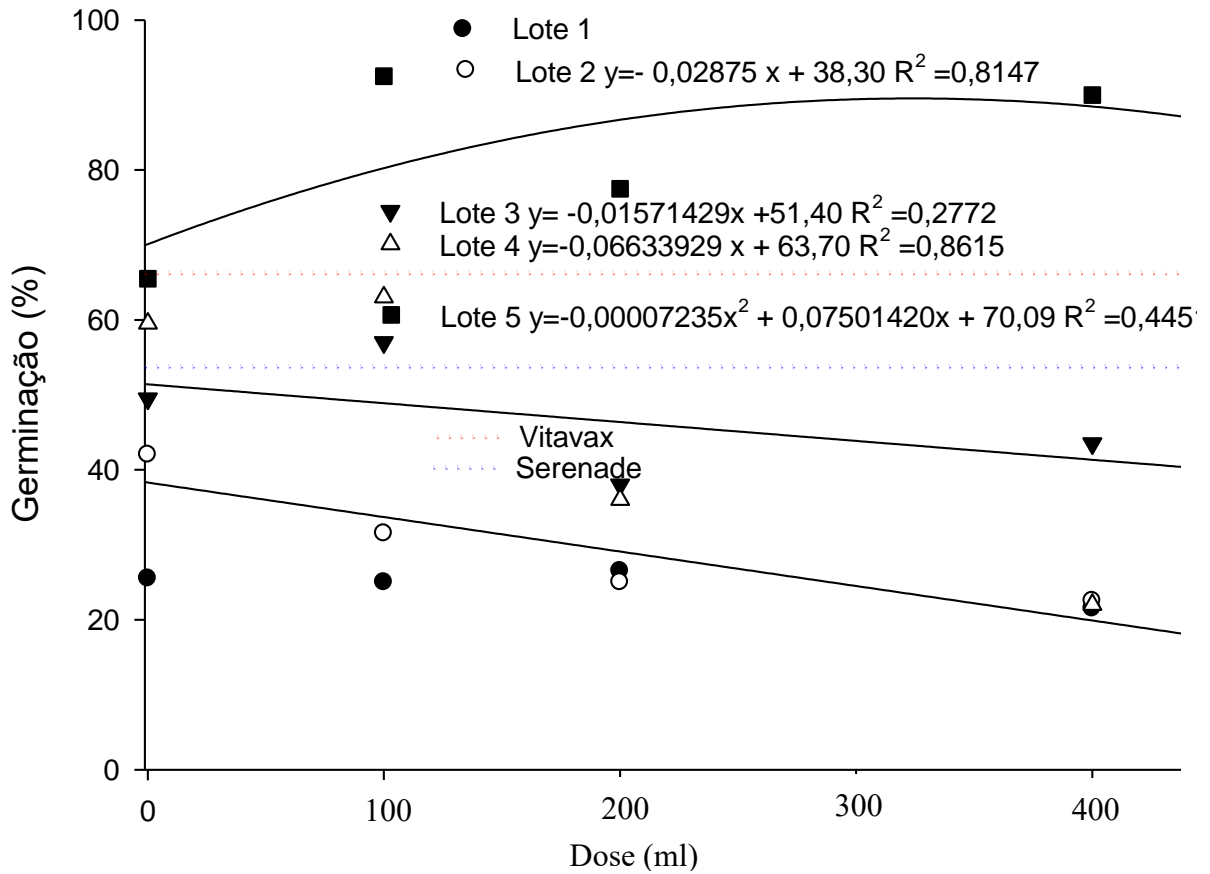
Figura 55- Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura após dois dias ao tratamento para envelhecimento de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Fonte: Dados da própria autora

Os dados observados da germinação no tratamento para envelhecimento (com semeadura após três dias ao tratamento) dos lotes 2, 3 e 4 ajustaram-se ao modelo linear negativo (com aumento das doses houve diminuição da germinação) e ao modelo quadrático para o lote 5, em função das doses, apresentando o ponto máximo com a dose de 318 ml (**Figura 56**).

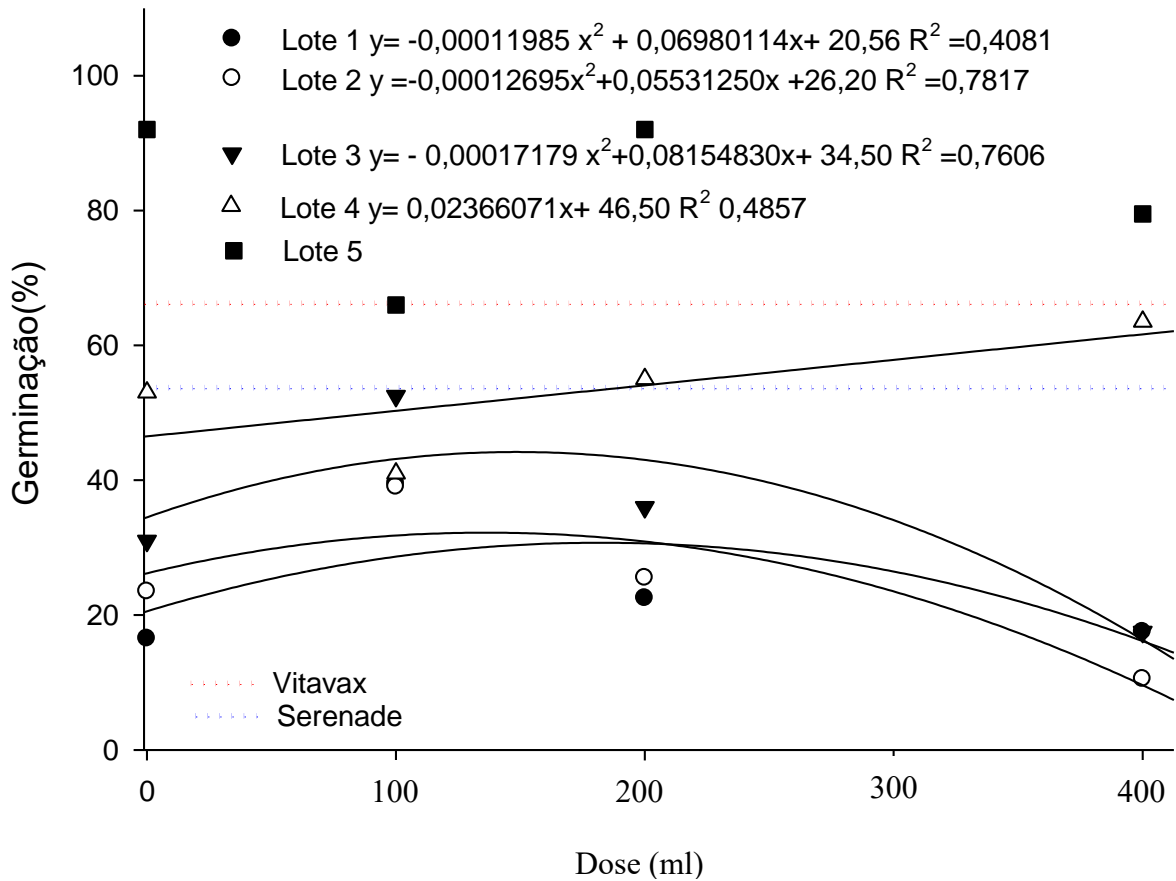
Figura 56- Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura após três dias ao tratamento para envelhecimento de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Fonte: Dados da própria autora

Os dados observados da germinação no tratamento para envelhecimento (com semeadura após quatro dias ao tratamento) do lote 4 ajustaram-se ao modelo linear positivo (com aumento das doses houve aumento da germinação) e ao modelo quadrático para os lotes 1, 2 e 3, em função das doses, apresentando o ponto máximo com a dose de 191, 118 e 137 ml para os lotes 1, 2 e 3, respectivamente (**Figura 57**).

Figura 57- Desdobramento das interações entre doses de FMT001 e lotes, com semeadura após quatro dias ao tratamento para envelhecimento de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico e químico



Fonte: Dados da própria autora

O comprimento de vagem (Comp. V.), a produção de grão por planta (PGP), a massa de 100 grãos (M100) e a emergência (EM) foram influenciados significativamente ($P < 0,01$) em função das doses e entre os lotes. O número de vagem por planta (NVP), altura de planta (AP) e a (EM) foram influenciados ($P < 0,05$, $P < 0,01$ e $P < 0,01$, respectivamente) pelo tratamento químico adicional das sementes (Fat. x Adi. Q). Houve interação significativa entre doses e lotes para o número de vagens por planta (NVP) e o número de grãos por planta (NGP) ($P < 0,05$) (Tabela 5).

Tabela 5- Resumo da análise de variância para comprimento de vagens (Comp.V), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), peso de grãos por planta (PGP), massa de 100 (M100), altura de planta (AP), umidade (U) e emergência (EM) de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*; lotes 1, 2, 3 e 4) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*; lote 5), safra 2015/2016, submetidos a tratamentos biológico (*Bacillus subtilis*) e químico (VitavaxThiram® 200 SC) em vasos

F.V	G.L	Quadrados médios			
		Comp.V(cm)	NVP ¹	NGP ¹	PGP(g)
Doses(D)	3	38,66**	21,44	6371,51	261,77**
Lotes(L)	4	319,61**	620,35	29930,14	817,86**
D x L	12	1,34 ^{ns}	20,99**	1289,58**	32,65 ^{ns}
Fat. x Adi. B	1	0,04 ^{ns}	6,56 ^{ns}	57,57 ^{ns}	0,60 ^{ns}
Fat. x Adi. Q	1	1,69 ^{ns}	26,00*	358,72 ^{ns}	17,04 ^{ns}
Resíduo	66	0,70	6,14	525,71	22,40
C.V(%)		25,52%	42,25%	34,21%	29,80%

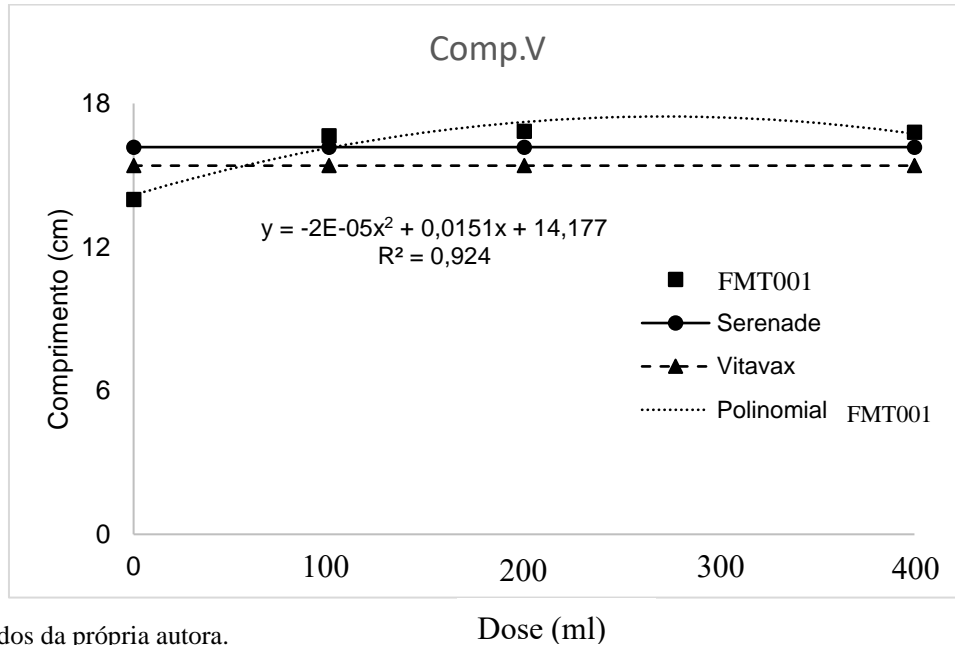
F.V	G.L	Quadrados médios			
		M100	AP	U	EM%
Doses(D)	3	13,61**	151,10	0,12	856,11**
Lotes(L)	4	55,63**	523,64	7,42	11970,70**
D x L	12	1,69 ^{ns}	30,37**	0,17*	68,35 ^{ns}
Fat. x Adi. B	1	0,10 ^{ns}	6,82 ^{ns}	0,11 ^{ns}	26,87 ^{ns}
Fat. x Adi. Q	1	0,04 ^{ns}	63,06**	0,07 ^{ns}	5582,68**
Resíduo	66	1,74	8,33	0,08	111,61
C.V(%)		9,90%	19,18%	5,56%	62,36%

C.V= coeficiente de variação; *5% e ** 1% significativo ao teste de F; ^{NS} não significativo ao teste de F; Adi.B = tratamento adicional com Serenade®; Adi.Q= tratamento adicional com VitavaxThiram®; ¹Interação entre doses e lotes.

Fonte: Dados da própria autora.

A inoculação com *Bacillus subtilis*, independente da dose empregada, resultou em incremento no comprimento de vagem em relação às plantas que não receberam o tratamento com o produto. A análise evidenciou um efeito quadrático para esta variável (Comprimento de vagens), onde até a dose de 100 ml houve incremento significativo no Comprimento de Vagens, a partir da qual os incrementos não foram expressivos (**Figura 58**). Este comportamento foi semelhante para a PGP (**Figura 59**).

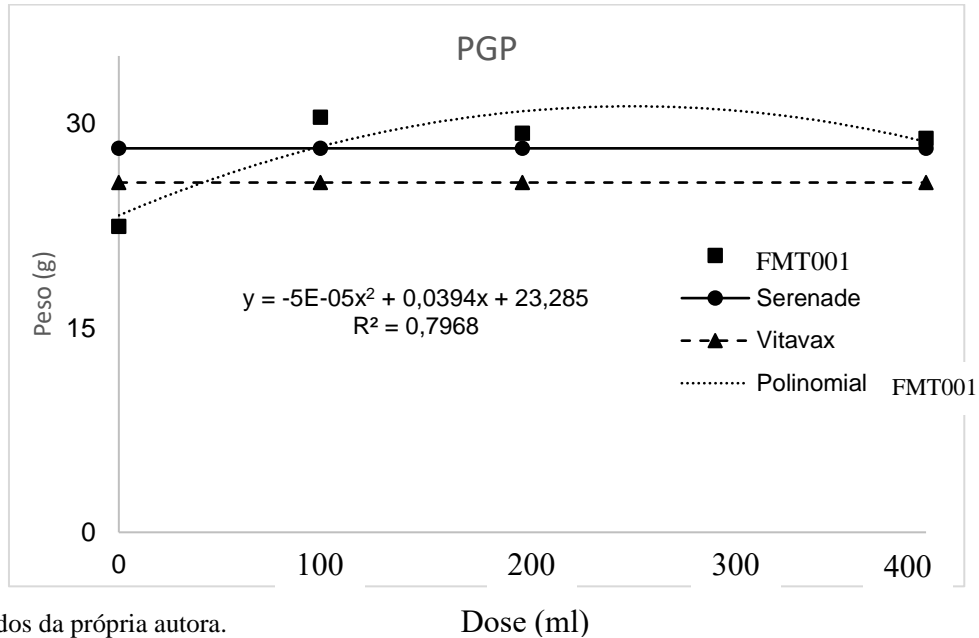
Figura 58- Comprimento de vagem de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico (*Bacillus subtilis*) e químico (VitavaxThiram® 200 SC) em vasos



Fonte: Dados da própria autora.

Estudos com outras espécies vegetais avaliando a inoculação por *Bacillus subtilis* também observaram efeito positivo. Mazzuchelli *et al.* (2014) observaram que a massa das espigas de milho foi maior no tratamento com *Bacillus subtilis* aplicado nas sementes, sendo 15,34% superior ao controle. Lima *et al.* (2011) constataram que a inoculação das sementes com *Bacillus subtilis* melhorou o desenvolvimento e aumentou a produtividade de grãos do milho.

Figura 59- Peso de grãos por planta de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico (*Bacillus subtilis*) e químico (VitavaxThiram® 200 SC) em vasos



Fonte: Dados da própria autora.

Para a massa de 100 grãos (M100) houve incremento significativo até a dose de 100 ml, a partir da qual os valores de massa começaram a decrescer, entretanto, apesar desse decréscimo, os valores estes se mantiveram superiores em relação aos obtidos na dose 0 (**Figura 60**). Ribeiro et al. (2014) verificaram que a massa de 100 grãos apresentou correlação negativa com o número de grãos por planta e com o número de grãos por vagem, portanto, o aumento do número de grãos por planta e do número de grãos por vagem implicará em redução da massa de 100 grãos. Este comportamento foi semelhante ao observado para a variável emergência (EM) (**Figura 61**)

Figura 60- Massa de 100 grãos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico (*Bacillus subtilis*) e químico (VitavaxThiram® 200 SC) em vasos

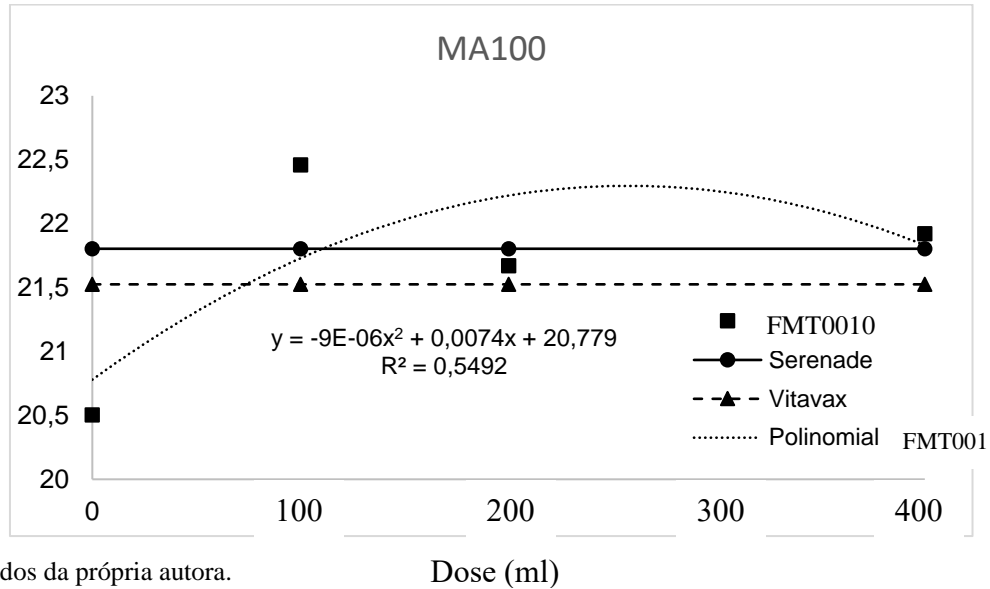
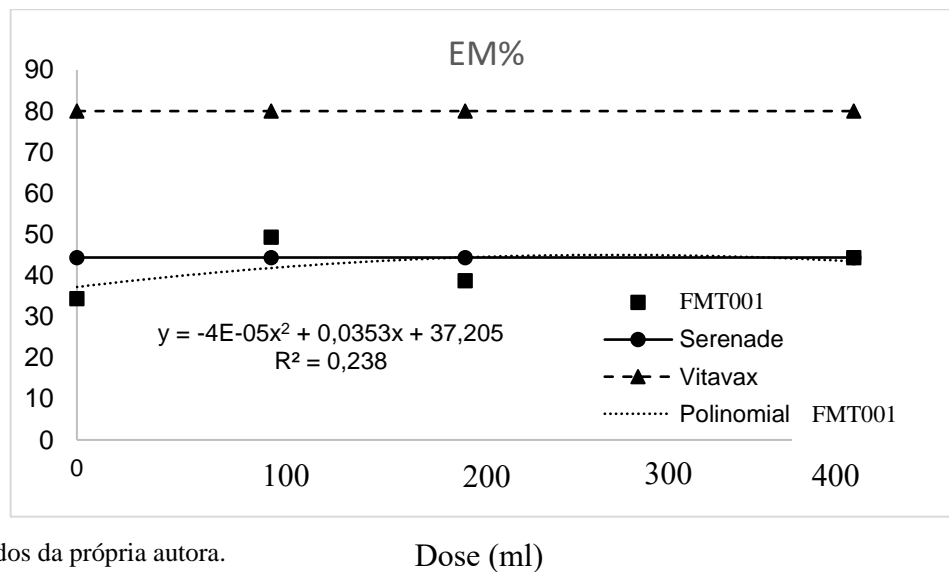


Figura 61- Emergência de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidos a tratamentos biológico (*Bacillus subtilis*) e químico (VitavaxThiram® 200 SC) em vasos



O Comprimento de vagem (Comp. V) e o peso de grãos por planta (PGP) do *Phaseolus vulgaris* lote 5 foi significativamente inferior aos demais lotes de *Vigna unguiculata*, enquanto a massa de 100 grãos (M100) e a emergência (EM) foram superiores (**Tabela 6**).

A M100 e a EM variaram significativamente entre os lotes da espécie. *Vigna unguiculata*, essas variações podem ser devidas a fatores como o manejo da cultura no campo (adubação, regime hídrico ao qual foi submetida), condições de armazenamento, época de colheita, entre outros. Gonçalves et al. (1997) observaram que, quando a temperatura superou os 30 °C, na floração das plantas de feijão, houve redução do número de vagens por planta, do número de grãos por vagem e da produtividade de grãos. Em trabalho conduzido por Maia et al. (2011), os autores constataram que o poder germinativo e a velocidade de emergência diminuíram com o tempo de armazenamento em ambientes com temperatura e umidade não controladas.

Tabela 6- Valores médios obtidos para comprimento de vagens (Comp.V), peso de grãos por planta (PGP), massa de 100 (M100) e emergência (EM) de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*; lotes 1, 2, 3 e 4) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*; lote 5), safra 2015/2016 em vasos

Lotes	Comp.V(cm)	PGP(g)	M100	EM %
1	17,50 ab	31,45 a	21,25 bc	23,43 c
2	18,77 a	33,17 a	21,56 b	26,56 bc
3	17,95 ab	30,61 a	20,07 c	35,93 b
4	17,99 ab	28,43 a	20,50 bc	32,81 bc
5	8,11 c	15,39 b	24,80 a	89, 84 a

Médias de mesmas letras nas colunas. Médias seguidas letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidades.

Fonte: Dados da própria autora

O NVP foi superior nos tratamentos fatoriais em relação às plantas submetidas ao tratamento químico com Vitavax-Thiram® (**Tabela 7**). Santos et al. (2012) ressaltaram que as características, número de vagens por planta e número de grãos são os componentes que mais contribuem para a produção de grãos no feijão-caupi, superando os componentes massa de 100 grãos e número de grãos por vagens. Em contrapartida, a porcentagem de emergência (EM) foi superior no tratamento com Vitavax-Thiram® (**Tabela 7**).

Na literatura é reportado que a emergência total pode ser influenciada pelo tratamento químico, e que o tratamento biológico é menos eficiente, já que os tratamentos químicos se

mostraram estatisticamente superior (MARRONI, 2007; MARRONI *et al.*, 2012). Ressalta-se ainda que o tratamento químico utilizando Vitavax-Thiram®, de modo geral, é bastante eficiente no controle de fungos que afetam as sementes e isto pode ter ocorrido de forma mais eficaz do que o tratamento biológico.

Tabela 7- Valores médios obtidos para comprimento de vagens (Comp.V), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), peso de grãos por planta (PGP), massa de 100 grãos (M100), altura de planta (AP), umidade (U) e emergência (EM) de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*; lotes 1, 2, 3 e 4) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*; lote 5), safra 2015/2016 submetidos a tratamentos biológico (*Bacillus subtilis*) e químico (VitavaxThiram® 200 SC) em vasos

Comp.V(cm)	NVP	GP	PGP(g)	Ma100(g)	AP (cm)	U (%)	EM (%)	
Fatoriais x Tratamento adicionais comercial biológico								
Fatorial	16,06 a	14,61a	136,66 a	27,81 a	21,63 a	33,46 a	11,83 a	41,71 a
Serenade	16,17 a	13,33 a	140,55 a	28,21 a	21,80 a	32,13 a	11,65 a	44,37 a
Fatoriais x Tratamento adicionais comercial químico								
Fatorial	16,06 a	14,61 a	136,66 a	27,81 a	21,63 a	33,46 a	11,83 a	41,71 b
Vitavax	15,40 a	12,00 b	126,60 a	25,69 a	21,52 a	29,40 a	11,96 a	80,00 a

Médias de mesmas letras nas colunas. Médias seguidas letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidades

Fonte: Dados da própria autora

No desdobramento da interação entre doses e lotes para número de vagem por planta (NVP) observa-se que dentre todas as doses do produto FMT001, o lote 5 foi o que apresentou o maior NVP, tal comportamento era esperado, uma vez que a espécie *Phaseolus vulgaris* tem como característica morfológica uma maior prolificidade em relação à espécie *Vigna unguiculata* (FERREIRA, 2008; PENHA FILHO *et al.*, 2017). Entretanto, na dose de 400 ml houve diferença significativa para NVP entre os tratamentos de *Vigna unguiculata*, de modo que o lote 1 apresentou a maior média em relação aos demais lotes da mesma espécie (**Tabela 8**).

Na análise de doses dentro de lotes, os valores de NVP obtidos no lote 5 ajustaram-se ao modelo quadrático, de modo que as plantas de feijoeiro comum produziram maior número de vagens quando inoculadas com o *Bacillus subtilis* em comparação com as não inoculadas (dose 0) (**Tabela 8**). Devido à associação benéfica que proporciona o aumento fisiológico de

metabólitos que desencadeiam a sensibilidade do sistema radicular as condições externas, proporcionando a facilitação da percepção e absorção de nutrientes (MANJULA; PODILE, 2005).

Tabela 8- Desdobramento da interação das doses de FMT001 e os lotes de sementes para o número de vagens por planta (NVP) de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*; lotes 1, 2, 3 e 4) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*; lote 5), safra 2015/2016 submetidos a tratamentos biológico (*Bacillus subtilis*)

Lotes	Doses <i>Bacillus subtilis</i>				Equação	R ²
	0	160	320	640		
1	11,3 b	12,0 b	13,0 b	15,5 b		ns
2	11,3 b	11,8 b	14,0 b	11,8 bc		ns
3	13,2 b	9,5 b	11,3 b	10,5 c		ns
4	11,5 b	13,5 b	10,8 b	10,5 c		ns
5	20,1 a	28,0 a	25,8 a	29,0 a	$-0,0000293 x^2 + 0,0306x + 21,05$	0,72

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidades;¹Ajuste quadrático.

Fonte: Dados da própria autora

No desdobramento da interação entre doses e lotes para número de grãos por planta (NGP), observa-se que dentre todas as doses do produto FMT001, o lote 5 foi o que apresentou os menores valores NGP. Verificou-se ainda, para esse mesmo lote, que a dose 0 apresentou menor valor para NGP. Na avaliação de doses dentro de lotes, observa-se que para os lotes 1, 2 e 3, as plantas responderam de tal maneira que os dados se ajustaram a modelos quadráticos (**Tabela 9**). Lanna Filho et al. (2010) afirmam que *Bacillus subtilis* é um promotor de crescimento de plantas, e inclusive tem potencialidade para o incremento da produtividade, bem como a redução de doenças.

Tabela 9- Desdobramento da interação das doses de FMT001 e os Lotes de sementes para o número de grãos por planta (NGP) de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*; lotes 1, 2, 3 e 4) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*; lote 5), safra 2015/2016 submetidos a tratamentos biológico (*Bacillus subtilis*)

Lotes	Doses				Equação	R ²
	0	160	320	640		
1 ¹	120,2 a	175,1 ab	179,5 a	187,1 a	-0,0003x ² + 0,2999x + 124,32	0,92
2 ²	121,7 a	165,5 ab	181,3 a	165,3 ab	-0,0004x ² + 0,3122x + 122,75	0,99
3 ³	130,5 a	197,8 a	178,8 a	135,2 b	-0,0006x ² + 0,352x + 137,40	0,82
4	137,5 a	148,0 a	129,3 b	134,1 b		ns
5	44,5 b	64,8 c	65,8 c	72,1 c		ns

Médias seguidas letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidades; ¹, ² e ³ Ajuste quadrático.

Fonte: Dados da própria autora

Para a altura de plantas (AP), a comparação entre os lotes demonstrou uma resposta contrária à que vinha ocorrendo, até então, para as outras variáveis. A AP foi superior no lote 5, o que demonstra mais uma característica morfológica da espécie que compõe este lote (*Phaseolus vulgaris*). Com relação às doses, houve efeito quadrático nos lotes 4 e 5, em ambos os casos foram detectados incrementos nas plantas que foram inoculadas, a partir da primeira dose (100 ml) (**Tabela 10**). Pelo fato de que *Bacillus subtilis* ser um promotor de crescimento (MANJULA; PODILE, 2005; ARAUJO, 2008), devido a sua ação na produção de hormônios que atuam em processos de desenvolvimento da planta. O maior desenvolvimento radicular favorece processos de absorção de nutrientes pela planta onde estará disponível maior superfície de contato e com isto a interceptação radicular pode ser incrementada.

Tabela 10- Desdobramento da interação das doses de FMT001 e os lotes de sementes para a altura de planta (AP) de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*; lotes 1, 2, 3 e 4) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*; lote 5), safra 2015/2016 submetidos a tratamentos biológico (*Bacillus subtilis*)

Lotes	Doses				Equação	R ²
	0	160	320	640		
1	29,1 ab	32,4 b	33,9 b	34,0 b		ns
2	27,3 b	31,4 b	30,4 b	29,8 b		ns
3	30,3 ab	31,9 b	31,3 b	29,9 b		ns
4 ¹	26,8 b	32,0 b	35,3 b	29,8 b	$-0,00006570 x^2 + 0,0471x + 26,586$	0,99
5 ²	33,8 a	49,0 a	44,5 a	47,0 a	$-0,00007169x^2 + 0,0626x + 35,68$	0,67

Médias seguidas letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidades, ¹ e ² Ajuste quadrático.

Fonte: Dados da própria autora

Entre as variáveis analisadas, de maneira geral, a umidade das sementes (U) foi a que apresentou as maiores variações entre os lotes. Na comparação entre todos os lotes, o lote 5 de *Phaseolus vulgaris* apresentou os maiores valores médios de umidade. Na comparação entre os lotes de *Vigna unguiculata*, dentre todas as doses, o lote 2 foi o que apresentou as maiores médias, porém, com efeito significativo apenas na dose de 200 ml, sendo esta estatisticamente igual à umidade obtida no lote 5 (*Phaseolus vulgaris*) (**Tabela 11**). Esta variação pode ser devida a fatores externos ou intrínsecos ao lote, tais como as condições de armazenamento, idade das sementes, a espécie, entre outros. Segundo Bragantini (2005), quando a umidade das sementes se mantém abaixo 13% o processo respiratório se mantém baixo, prolongando a manutenção da qualidade do produto armazenado, porém ao aumentar o teor de água o processo respiratório acelera e a deterioração se intensifica.

Tabela 11- Desdobramento da interação das doses de FMT001 e os Lotes de sementes para umidade (U) de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*; lotes 1, 2, 3 e 4) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*; lote 5), safra 2015/2016 submetidos a tratamentos biológico (*Bacillus subtilis*)

Lotes	Doses <i>Bacillus subtilis</i>				Equação	R ²
	0	160	320	640		

1	11,2 c	11,5 b	11,6 b	11,7 b		ns
2 ¹	12,1 b	11,9 b	12,3 a	11,8 b	$-0,00000247x^2 + 0,0013x + 11,99$	0,40
3	11,1 c	10,9 c	11,2 b	11,4 b		ns
4	11,7 bc	11,7 b	11,7 b	11,5 b		ns
5	13,2 a	12,9 a	12,9 a	12,7 a		ns

Médias seguidas letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidades; ¹Ajuste quadrático.

Fonte: Dados da própria autora

5 CONCLUSÕES

Os testes de vigor utilizados conseguiram detectar os efeitos dos tratamentos no desempenho das sementes.

Os tratamentos adicionais, químico e biológico, particularmente o químico, de modo geral, se mostra superior aos tratamentos com *Bacillus subtilis*, embora o lote 5 (tratado com *Bacillus subtilis*) em algumas situações foi superior ao tratamento químico, sendo ainda este superior ao tratamento biológico adicional, indicando que as respostas são dependentes do produto.

O *Bacillus subtilis* com o aumento das doses (limitado pelo tempo, lotes e o efeito quadrático das doses), mostrou resultados positivos para os testes de condutividade, umidade de envelhecimento, germinação, comprimento de raiz e plântula, teste frio e teste de envelhecimento, indicando que não prejudica o desempenho das sementes

A aplicação de *Bacillus subtilis* promoveu incrementos significativos para números de vagens por planta e número de grãos por planta.

O tratamento químico proporcionou aumento no número de vagem por planta e na emergência de plântulas.

A aplicação do *Bacillus subtilis* promoveu aumento no número de vagens por planta, porém, a dose ótima variou com o lote na espécie *Vigna unguiculata*, e para o *Phaseolus vulgaris*. a dose ótima foi de 400ml/50 kg⁻¹ de sementes, independentemente do tempo de tratamento antes da semeadura.

REFERÊNCIAS

- AIDAR, H. **Cultivo do feijoeiro comum**: características da cultura. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/index.htm>. Acesso em: 16 set. 2018.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SANTOS, A. A.; SOBRINHO, C. A.; BASTOS, E. A.; MELO, F. B.; VIANA, F. M. P.; Cultivo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). Teresina: Embrapa Meio-Norte, Embrapa Meio-Norte. 2002. 108 p. Sistemas de produção, 2. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/80707/1/sistemaproducao-2.PDF>. Acesso em: 09 abr. 2019.
- ANDRADE, R. R.; LIMA, N. R. S.; MENDONÇA, M. da C. Análise da qualidade fisiológica e sanitária das sementes de gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.). **Cadernos de Graduação**, Aracaju, v.1, n.17, p.135-146, 2013.
- ARAUJO, A. S. F. de; CARNEIRO, R. F. V.; BEZERRA, A. A. C.; ARAUJO, F. F. Coinoculação rizóbio e *Bacillus subtilis* em feijão-caupi e leucina: efeito sobre a nodulação, a fixação de N₂ e o crescimento de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 1, p. 182-185, 2009.
- ARAUJO, F. F. Inoculação de sementes com *Bacillus subtilis*, formulado com farinha de ostra e desenvolvimento de milho, soja e algodão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 456-462, 2008.
- ARAUJO, F. F.; GUABERTO, L. M.; SILVA, I. F. Bioprospecção de rizobactérias promotoras de crescimento em *Brachiaria brizantha*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 41, n. 3, p. 521-527, 2012.
- ARAÚJO, F. F.; HUNGRIA, M. Nodulação e rendimento de soja co-infectada com *Bacillus subtilis* e *Bradyrhizobium japonicum*/*Bradyrhizobium elkanii*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 9 p. 1633-1643, 1999.
- ARAÚJO, J. P. P. de; RIOS, G. P.; WATT, E. E.; NEVES, B. P. das; FAGERIA, N. K.; OLIVEIRA, I. P. de; GUIMARÃES, C. M.; SILVEIRA FILHO, A. **Cultura do caupi, vigna unguiculata (L.) walp**: descrição e recomendações técnicas de cultivo. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1984. 82 p.
- ARAÚJO, M. G. P.; LEITÃO, A. M.; MENDONÇA, M. S. Morfologia do fruto e da semente de Inajá. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 22, n. 2, p. 31-38, 2000
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS– AOSA. **Seed vigor testing handbook**. Wageningen: AOSA, 1983. 88 p. (Handbook on seed testing. Contribution, 32).
- BARROS, A. S. R.; DIAS, M. C. L. L.; CÍCERO, S. M.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de frio. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (ed.). **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. p. 5.1-5.15.

BARROSO, J. T. C.; FARIAS, J. E. C.; SOUZA, R. F. de; FREITAS JUNIOR, S. de PAIVA; COSTA, M. G. de S. Germinação e vigor de sementes crioulas de feijão-caupi. **Agrarian Academy**, Goiânia, v. 5, n. 9, p. 487-498, 2018.

BERTOLIN, D. C.; de SÁ, M. E.; MOREIRA, E. R. Parâmetros do teste de envelhecimento acelerado para determinação do vigor de sementes de feijão. **Revista de Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 104-112, 2011.

BINOTTI, F. F. S.; HAGA, K. I.; CARDOSO, E. D.; ALVES, C. Z.; DE SÁ M. E.; ARF O. Efeito do período de envelhecimento acelerado no teste de condutividade elétrica e na qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 247-254, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/asagr/v30n2/a14v30n2.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2019.

BRACCINI, A. L.; DAN, L. G. M.; PICCININ, G. G.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇANETO, B.; HENNING, A. A.; Uso de diferentes volumes de calda no tratamento de sementes de soja e seu efeito no potencial fisiológico durante o armazenamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 7., 2015, Florianópolis. **Anais [...]**. Londrina: Embrapa Soja, 2015. 3 p. CD-ROM.

BRAGANTINI, C. **Alguns aspectos do armazenamento de sementes e grãos de feijão**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 28 p. Documentos, 187. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/194008/1/doc187.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2019.

BRANDÃO, J. F. C.; BRANDÃO, I. J. Efeitos da rizobacterização na germinação de sementes e no crescimento de mudas de espécie nativa. In: SEMINÁRIO CIENTÍFICO-FACIG, 2.; JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA- FACIG, 1., 2016, Faculdade de Igarassu. **Anais [...]**. Igarassu: [s.n.], 2016. p. 1-5.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente- MMA. **O bioma cerrado**. Brasília, DF: MMA, 2015. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>. Acesso em: 8 mar. 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 395 p.

CAMPANHOLA, C.; BETTIOL, W. (ed.) **Métodos alternativos de controle fitossanitário**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. p. 79-96.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.

CHANWAY, C. P.; HYNES, R. K.; NELSON, L. M. Plant growth-promoting rhizobacteria: Effects on growth and nitrogen fixation of lentil (*Lens esculenta* moench) and pea (*Pisum sativum* L.). **Soil Biology and Biochemistry**, Kidlington, v. 21, n. 4, p. 511-517, 1989.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- Conab. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2015/16 sexto levantamento**. Brasília, DF: Conab, 2016. p. 1-118.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- Conab. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**: safra 2014/2015 n.8 - oitavo levantamento maio/2015. Brasília, DF: Conab, 2015. V. 2, p. 1-118..

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- Conab. **Observatório agrícola acompanhamento da safra brasileira de grãos**: safra 2017/18 - décimo segundo levantamento. Brasília, DF: Conab, 2018. V. 12, p. 1-148.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- Conab. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**: safra 2016/17- n. 6 - sexto levantamento março 2017. Brasília, DF: Conab, 2017. v. 4, p. 1-176. 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- Conab. **Acompanhamento de safra brasileira**: grãos, quarto levantamento, janeiro 2010. /Brasília, DF: Conab, 2010. 39 p.

CORRÊA, P. C.; AFONSO, JÚNIOR, P. C. Uso do teste de condutividade elétrica na avaliação dos danos provocados por diferentes taxas de secagem em sementes de feijão **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 1, n. 1, p. 21-26, 1999.

CORRÊA, B. O.; MOURA, A. B.; DENARDIN, N. D'; SOARES, V. N.; SCHÄFER, J. T.; LUDWIG, J. Influência da Microbiolização de Sementes de Feijão Sobre a Transmissão de *Colletotrichum lindemuthianum* (Saac e Magn.) **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 156-163, 2008.

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

DEBOUCK, D. Systematics and morphology. In: SCHOONHOVEN, A. van; VOYSESR, O. (ed.). **Common beans**: research for crop improvement. Cali: CAB International - CIAT,1993. p. 55-118.

DOURADO, W. S.; BELO, A. P.; MATOSO, A. O.; SILVA, H. D.; SILVA, G. D.; SOUZA, E. R.; SOUZA, E. R. B. de. Envelhecimento acelerado com soluções salinas para avaliação do vigor de sementes de feijão caupi. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 1274-1284, 2013. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2013b/CIENCIAS%20AGRARIAS/envelhecimento.pdf> Acesso em: 09 abr. 2019.

DUTRA, A. S.; FILHO, S. M.; TEÓFILO, E. M. Condutividade elétrica em sementes de feijão caupi. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, n. 2, p. 166-170, 2006. Disponível em: <https://www.cnpaf.embrapa.br> . Acesso em: 16 jul. 2018.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (org.). **Feijão irrigado**: tecnologia e produção. Piracicaba: Universidade de São Paulo- USP, 2005. V. 1, 174 p.

FERNANDES, F.; GEPTS, P.; LOPES, M. **Etapas olesanollo de la planta de frijol** (*Phaseolus vulgaris* L.) Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1986. 34 p.

- FERREIRA, C. M.; DEL PELOSO, M. J.; DE FARIA, L. C. **Cultivo do feijoeiro comum**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/Cultivodofejoeiro/mercad.htm>. Acesso em: 16 nov. 2018.
- FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, Q. R.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. S. R.; RODRIGUES, E. V. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84 p.
- FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, C. A. A. Melhoramento genético. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. (ed.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2005. p. 29-92.
- FERREIRA, A. G. **Caracterização morfológica, citogenética e palinologia de genótipos de feijão-vagem *Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae)**. 2008. 60 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008. Disponível em: <http://www.fcav.unesp.br/download/pgtrabs/gmp/m/3470.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2019.
- FROTA, K. M. G.; MENDONÇA, S.; SALDIVA, P. H. N.; CRUZ, R. J.; ARÊAS, J. A. G. Cholesterol-lowering properties of whole cowpea seed and its protein isolate in hamsters. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 73, n. 9, p. H235-H240, 2008.
- GONÇALVES, S. L.; WREGE, M. S.; CARAMORI, P. H.; MARIOT, E. J.; ABUCARUB NETO, M. Probabilidade de ocorrência de temperaturas superiores a 30°C no florescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L), cultivado na safra das águas no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 99-107, 1997.
- HALMER, P.; BEWLEY, J. D. A physiological perspective on seed vigour testing. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 12, n.2, p. 561-575, 1984.
- HAMPTON, J. G.; TEKRONY, D. M. **Handbook of vigour test methods**. Zurich: ISTA, 1995. 117 p.
- HENNING, A. A.; CATTELAN, A. J.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B.; COSTA, N. P. **Tratamento e inoculação de sementes de soja**. Londrina: Embrapa-CNPSO, 1994. 6 p. (Comunicado Técnico, 54).
- HENNING, A. A. **Patologia e tratamento de sementes: noções gerais**. Londrina: Embrapa-CNPSO, 2005. 52 p.
- HENNING, A. A.; FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LORINI, I. **Importância do tratamento de sementes de soja com fungicidas na safra 2010/2011, ano de La Niña**. Londrina: Empresa brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Soja, 2010. V. 20, p. 55-61. (Circular Técnica, 82). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/23533/1/CT-82.indd.pdf>. Acesso em: 6 set. 2017.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION- ISTA. **Handbook of vigour test methods**. Switzerland: Zurich, 1981. 72 p.

KROLOW, R. H.; MISTURA, C.; COELHO, R. W.; SIEWERDT, L.; ZONTA, E. P.; Efeito do fósforo e do potássio sobre desenvolvimento e a nodulação de três leguminosas anuais de estação fria. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 2224-2230, 2004.

KUPPER, K. C.; GIMENES-FERNANDES, N.; GOES, A. de. Controle biológico de *Colletotrichum acutatum*, agente causal da queda prematura dos frutos cítricos. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n. 3, p. 251-257, 2003.

KUSDRAS, J. F. Nodulação do feijoeiro e fixação biológica do nitrogênio em resposta à microbiolização das sementes e à aplicação de micronutrientes. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 4, n. 1, p. 81-96, 2003.

LANNA FILHO, R.; FERRO, H. M.; PINHO, R. C. de. Controle biológico mediado por *Bacillus subtilis*. **Revista Trópica**, Lavras, v. 4, n. 2, p. 12-20, 2010.

LAZZARETI, E.; BETTIOL, W. Tratamento de sementes de arroz, trigo, feijão e soja com um produto formulado a base de células e de metabólitos de *Bacillus subtilis*. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 54, n. 1-2, p. 89-96, 1997.

LEELASUPHAKUL, W. et al. Growth inhibitory properties of *Bacillus subtilis* strains and their metabolites against the green mold pathogen (*Penicillium digitatum* Sacc.) of citrus fruit: Postharvest. **Biology and Technology**, Amsterdam, v. 48, n. 1, p. 113-121, 2008.

LIMA, F. F. **Bacillus subtilis e níveis de nitrogênio sobre o desenvolvimento e a produtividade do milho**. 2010. 54 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2010. Disponível em: http://ufpi.br/arquivos_download/arquivos/ppga/files/dissertacao%20ferreira.pdf. Acesso em: 09 abr. 2019.

LIMA, F. F.; NUNES, L. A. P. L.; MARCIA, V. B.; FIGUEIREDO, M. V. B.; ARAÚJO, F. F.; LUCIANO, M.; LIMA, L. M.; ARAÚJO, A. S. F. *Bacillus subtilis* e adubação nitrogenada na produtividade do milho. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 4, p. 658-661, 2011.

MAIA, L. G. S.; SILVA, C. A.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Variabilidade genética associada à germinação e vigor de sementes de linhagens de feijoeiro comum. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 2, p. 361-367, 2011.

MACHADO, J. C.; WAQUIF, J. M.; SANTOS, J. P. J. W.; REICHENBACH, J. W. Tratamento de sementes no controle de fitopatógenos e pragas. Sementes: inovações tecnológicas no cenário nacional. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 232, p. 76-87, maio/jun. 2006.

MACHADO, J. C. **Patologia de sementes: fundamentos e aplicações**. Brasília, DF: Ministério da Educação, 1988. 107 p.

MANJULA, K.; PODILE, A. R. Increase in seedling emergence and dry weight of pigeon pea in the field with chitin-supplemented formulations of *Bacillus subtilis* AF 1. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, Dordrecht, v. 21, n. 6-7, p. 1057–1062, 2005.

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 1.1-1.2.

MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 72, n. 4, p. 363-374, 2015.

MARÉCHAL, R.; MASCHERPA, J. M.; STAINIER, F. Étude taxonomique d'un groupe complexe d'espèces de genres *Phaseolus* et *Vigna* (Papilionaceae) sur la base de données morphologiques et polliniques, traitées par l'analyse informatique. **Boissiera**, Geneve, v. 28, n. 2, p. 1-273, 1978.

MARRONI, I. V.; MOURA, A. B.; UENO, B. Chemical and biological treatments of castor bean seeds: effects on germination, emergence and associated microorganisms. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 273, 2012.

MARRONI, I. V. Efeito dos tratamentos químico e biológico de sementes de mamona sobre a germinação, emergência e produção de massa seca. In: SIMPÓSIO ESTADUAL DE AGROENERGIA, 1., 2007, Pelotas. **Anais [...]**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. CD-ROM.

MELO, I. S. de. Agentes microbianos de controle de fungos fitopatogênicos. In: MELO, I. S. de; AZEVEDO, J. L. (ed.). **Controle biológico**. Jaguariúna: Embrapa CNPMA, 1998. p. 17-67.

MERTZ, L. M.; HENNING, F. A.; ZIMMER, P. D. Bioprotetores e fungicidas no tratamento de sementes de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 13-18, 2009.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: Ed. da UFLA, 2006. 729 p.

MAZZUCHELLI, R. C. L. ; SOSSAI, B. F.; ARAUJO, F. F. Inoculação de *Bacillus subtilis* E Azospirillum brasilense na cultura do milho. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 10, n. 2, p.40-47, jul-dez. 2014. DOI: 10.5747/ca.2014.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das Plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. F. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. v. 2, p. 1-24.

ONGENA, M.; DUBY, F.; JOURDAN, E.; BEAUDRY, T.; JADIN, V.; DOMMES, J.; THONART, P. *Bacillus subtilis* M4 decreases plant susceptibility towards fungal pathogens by increasing host resistance associated with differential gene expression. **Applied Microbiology and Biotechnology**, Heidelberg, v. 67, n. 5, p. 692-698, 2005.

ONWULIRI, A. V.; OBU, A. J. Lipids and other constituents of *Vigna unguiculata* and *Phaseolus vulgaris* grown in northern Nigéria. **Food Chemistry**, Oxford, v. 78, n. 1, p. 1-7, 2002.

PADULOSI, S.; NG, N. Q. Origin taxonomy, and morphology of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. In: SINGH, B. B.; MOHAN RAJ, D. R.; DASHIELL, K. E.; JACKAI, L. E. N. (ed.). **Advances in cowpea research**. Ibadan: International Institute of Tropical Agriculture; Tsukuba: Japan International Research Center for Agricultural Sciences, 1997. p. 1-12.

PAULA JUNIOR, T. J. de; VIEIRA, R. F.; CHAGAS, J. M.; CARNEIRO, J. E. de S.; ARAÚJO, G. A. de A.; VENZON, M.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, Â. de F. B.; ANDRADE, M. J. de B. Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: PAULA JÚNIOR, T. J. de; VERZON, M. (coord.). **101 culturas**: manual de tecnologias agrícolas. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. p. 331-342.

PENHA FILHO, N. da; SOUSA, L. L.; SANTOS, T. M. dos; RODRIGUES, W. Á. D.; CAMARA, F. T. da; Estudo sobre a produtividade de feijão caupi “verde” consorciado com milho em função da colheita parcelada das vagens. **Agrarian Academy**, Goiânia, v. 4, n. 7, p. 246-254, 2017.

PERSELLO-CARTIEAUX, F.; NUSSAUME, L.; ROBAGLIA, C. Tales from the underground: Molecular plant-rhizobacteria interactions. **Plant Cell and Environment**, Chichester, v. 26, p.186–199, 2003.

PESKE, S. T.; LUCCA FILHO, O. A.; BARROS, A. C. S. A. Produção de sementes. In: PESKE, S. T. **Sementes**: fundamentos científicos e tecnológicos. 2 ed. Pelotas: Ed. Universitária/ UFPel, 2006. p.12-93.

RAGAZZO-SÁNCHEZ, J. A.; ROBLES-CABRERA, A.; LOMELÍ-GONZÁLEZ, L.; LUNASOLANO, G.; CALDERÓN-SANTOYO, M. Selección de cepas de *Bacillus* spp. productoras de antibióticos aisladas de frutos tropicales. **Revista Chapingo. Serie Horticultura**, Chapingo, v. 17, p. 5–11, 2011.

RODO, A. B.; PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Metodologia alternativa do teste de envelhecimento acelerado para sementes de cenoura. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 2, p. 289-292, 2000.

RODRÍGUEZ, H.; FRAGA, R. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. **Biotechnology Advances**, New York, v. 17, p. 319-339, 1999.

ROHRIG, B.; ZABOT, G. F.; MÁRQUEZ, L. A. Y.; BRUNETTO, A. E.; FIALHO, G. S. Efeito da microbiolização de sementes salvas na germinação e sanidade de feijão. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 21, ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 17, ENCONTRO DE INICIAÇÃO À DOCÊNCIA, 7, Universidade do Vale do Paraíba. **Anais [...]. [S.l]: [s.n.], 2017. p. 1-6.**

Disponível em:

http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2017/anais/arquivos/RE_0866_0505_01.pdf. Acesso em: 09 abr. 2019.

SAHARAN, B. S. Plant growth promoting rhizobacteria: a critical review. **Life Sciences and Medicine Research**. 2011. 30 p. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/4bd8/7791af3a7e8cb1cd165e22bd6b67b47c7aca.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2019.

RIBEIRO, N. D.; DOMINGUES, L. S.; ZEMOLIN A. E. M. Avaliação dos componentes da produtividade de grãos em feijão de grãos especiais. **Científica**, Jaboticabal, v. 42, n. 2, p. 178–186, 2014. Disponível em: <http://www.cientifica.org.br/index.php/cientifica/article/viewFile/503/318>. Acesso em: 09 abr. 2019.

SANTOS, I. B. dos; SILVA, F. G. da; VIANA, J. S.; SANTOS, C. G. G. dos; SILVA, J. A. T. da; SOBRAL, J. K. Desenvolvimento inicial de plântulas de feijão caupi: inoculação bacteriana x adubação mineral (NPK). **Ciência & Tecnologia**, Jaboticabal, v. 8, p.1-13, 2016. Disponível em: <http://www.citec.fatecjab.edu.br/index.php/files/article/view/684/pdf>. Acesso em: 09 abr. 2019.

SANTOS, A.; CECCON, G.; CORREA, A. M.; DURANTE, L., G., Y.; REGIS, J., A., V., B.; Análise genética e de desempenho de genótipos de feijão-caupi cultivados na transição do cerrado-pantanal. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 5, n. 4, p. 87-102, 2012.

SANTOS, J. B.; GAVILANES, M. L. Botânica. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. (ed.). **Feijão**. 2. ed. Viçosa: Ed. Da Universidade Federal de Viçosa, 2006. p. 41-65.

SELLSCHOP, J. P. F. Cowpeas. *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Field Crop Abstract**, Wallingford, v. 15, n. 4, p. 259-266, 1962.

SILVA JUNIOR, E. B.; RUMJANEK, N. G.; JARDIM, E. R.; LINHARES, R. A.; XAVIER, G. R. Adoção da tecnologia de inoculação do feijão-caupi por agricultores familiares do estado do rio de janeiro através de metodologia participativa. **Revista Expressa Extensão/UFPEl**, Pelotas, v. 14, p.104-109, 2009.

SILVA, V. N.; SILVA, L. E. S. F.; FIGUEIREDO, M. V. B. Coinoculação de sementes de caupi com *Bradyrhizobium* e *Paenibacillus* e sua eficiência na absorção de cálcio, ferro e fósforo pelas plantas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, p. 95-99, 2006.

SMARTT, J. **Grain legumes: evolution and genetic resources**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. 333 p.

TEKRONY, D. M. Accelerated ageing test. In: VAN DE VENTER, H. A. **Seed vigour testing seminar**. Copenhagen: ISTA, 1995. p. 53-72.

TORRES, S. B.; da SILVA, F. G.; GOMES, M. D. de A.; BENEDITO, C. P.; PEREIRA, F. E. C. B.; da SILVA, E. C. Diferenciação de lotes de quiabo pelo teste de envelhecimento acelerado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 12, p. 2103-2110, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v44n12/0103-8478-cr-44-12-02103.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2019.

TRENTIN, D.; BRANDLER, D.; WEBBER, S.; SCARIOT, M. A.; MILANESI, P. M. Sanidade, germinação e vigor de sementes de feijão crioulo submetida a tratamento químico e biológico. **Agrarian Academic Journal**, Imperatriz, v. 1, n. 3, p.16-25, 2018.

TSAVKELOVA, E. A.; KLIMOVA, S. Y.; CHERDYNTSEVA, T. A.; NETRUSOV, A. I. Microbial producers of plant growth stimulators and their practical use: a review. **Applied Biochemistry and Microbiology**, Moscow, v. 42, p. 117–126, 2006.

VERDCOURT, B. Studies in the leguminosae: papilionoideae for the 'Flora of tropical East Africa'. **Kew Bulletin**, London, v. 24, p. 507-569, 1970.

VIEIRA JÚNIOR, J. R. **Rizobactérias como agentes de controle biológico e promotores de crescimento de plantas**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2013. 15 p.

VIEIRA, R. D.; KRYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates. Cap.4, p. 4.1-4.26, 1999.

ZAADY, E.; PEREVOLOTSKY, A.; OKON, Y. Promotion of plant growth by inoculum with aggregated and single cell suspensions *Azospirillum brasilense* Cd. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 25, p. 819-823, 1993.