

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

DISSERTAÇÃO

**Calagem e biofungicida no manejo da hérnia das
crucíferas em couve-flor no município de Nova
Friburgo-RJ**

Carlos Antônio dos Santos

2017



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**CALAGEM E BIOFUNGICIDA NO MANEJO DA HÉRNIA DAS
CRUCÍFERAS EM COUVE-FLORES NO MUNICÍPIO DE NOVA
FRIBURGO-RJ**

CARLOS ANTÔNIO DOS SANTOS

Sob orientação da Professora
Dr^a Margarida Goréte Ferreira do Carmo

E co-orientação do professor
Dr. Nelson Moura Brasil do Amaral Sobrinho

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no curso de Pós-graduação em Fitotecnia da UFRRJ, área de concentração Produção Vegetal.

Seropédica, RJ
Fevereiro de 2017

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S141c Santos, Carlos Antonio dos, 1992-
Calagem e biofungicida no manejo da h ernia das
cruciferas em couve-flor no município de Nova Friburgo
RJ / Carlos Antonio dos Santos. - 2017.
75 f.

Orientadora: Margarida Goréte Ferreira do Carmo.
Coorientador: Nelson Moura Brasil do Amaral
Sobrinho.
Disserta o(Mestrado). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Fitotecnia, 2017.

1. Brassica oleracea var. botrytis. 2.
Plasmodiophora brassicae. 3. Rela o hospedeiro
parasito. 4. Calcário. 5. Trichoderma harzianum. I.
Ferreira do Carmo, Margarida Goréte, 1963-, orient.
II. Moura Brasil do Amaral Sobrinho, Nelson, 1956-,
coorient. III Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro. Fitotecnia. IV. Título.

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

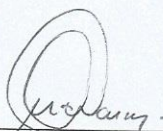
**CALAGEM E BIOFUNGICIDA NO MANEJO DA HÉRNIA DAS CRUCÍFERAS EM
COUVE-FLOR NO MUNICÍPIO DE NOVA FRIBURGO-RJ**

CARLOS ANTONIO DOS SANTOS

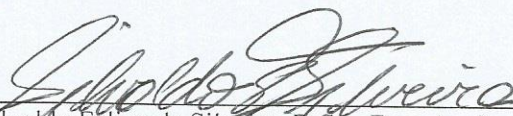
Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências,
no curso de Pós-graduação em Fitotecnia da UFRRJ, área de concentração Produção Vegetal.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 17/02/2017

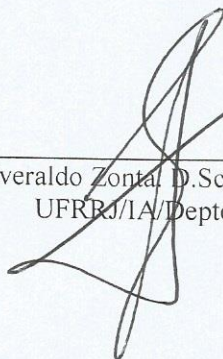
BANCA EXAMINADORA:



Prof^a Margarida Gerete Ferreira do Carmo. D.Sc., Eng^a Agrônoma
UFRRJ/IA/Depto. Fitotecnia (DF)
(Orientadora/ Presidente)



Prof^o Silvaldo Felipe da Silveira. D.Sc., Eng. Agrônomo
UENF



Prof^o Everaldo Zonta. D.Sc., Eng. Agrônomo
UFRRJ/IA/Depto. Solos

DEDICO,

Aos produtores de brássicas
da região Serrana do Rio de Janeiro.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida;

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e ao Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia em nome de todos os seus colaboradores;

À CAPES pela bolsa de mestrado concedida e às agências financiadoras do projeto: CNPq (Processo 487774/2013-2) e FAPERJ;

À minha orientadora, Margarida Goréte Ferreira do Carmo, pelos conselhos, profissionalismo e, sobretudo, pela paciência ao longo dos últimos anos; agradeço por me ensinar a enxergar de forma mais integrada, pois, como ela mesma diz, “não existe uma fórmula pronta”;

Ao meu co-orientador, Nelson Moura Brasil do Amaral Sobrinho, pelas contribuições ao trabalho e por possibilitar que todas essas experiências na região Serrana fossem iniciadas;

Ao amigo Evandro Costa por toda ajuda e suporte imensurável às atividades executadas neste projeto;

Aos amigos do Laboratório de Epidemiologia e Patologia de Sementes (LabEPS) pela convivência diária e pela ajuda de sempre: Aline, André, Caio, Cristiana, Danielle, Jéssica, Kaoany, Lígia, Louise, Paula, Maurílio, Marinete; e todos os demais que por aqui passaram;

Aos estagiários e colegas do Laboratório de Química e Poluição do Solo (LQPS) e ao Laboratório de Estudos das Relações Solo-Planta (LSP) do Departamento de Solos pelo suporte para a realização das análises;

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia da UFRRJ pelo apoio nos ensaios;

Aos meus amigos de Rural e colegas de curso por anos de aprendizado, convivência e crescimento;

A toda minha família pelo apoio que me ofertaram especialmente à minha mãe, Margarida Conceição dos Santos, simplesmente por tudo;

Ao produtor Aroldo e a sua família por permitir que realizássemos os ensaios em sua propriedade, agradeço pelos ensinamentos sobre a arte de se produzir couve-flor e pela troca de experiências;

A todos os produtores que colaboraram conosco para o amadurecimento de ideias sobre o manejo da hérnia das crucíferas e produção de brassicas;

Por fim, agradeço a nossa equipe e a todos que contribuíram para que essa experiência se consolidasse.

Muito obrigado!

RESUMO GERAL

SANTOS, Carlos Antônio dos. **Calagem e biofungicida no manejo da h ernia das crucíferas em couve-flor no município de Nova Friburgo-RJ**. 2017. 75p. Disserta o (Mestrado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2017.

A busca por estratégias eficientes na redu o das perdas causadas pela h ernia das crucíferas (*Plasmodiophora brassicae*) em couve-flor   essencial devido   importância econômica e social dessa cultura. Com isso, desenvolveu-se o presente estudo com o objetivo de avaliar, em condi es de campo e casa de vegeta o, o efeito de diferentes tratamentos no controle da doença, desenvolvimento das raízes e produ o de biomassa e inflorescências em couve-flor. O trabalho foi constituído de três ensaios realizados em área de produtor familiar no município de Nova Friburgo, RJ. No primeiro ensaio, avaliou-se o efeito residual de quatro doses de calcário calcinado (0; 1,0; 2,0 e 4,0 Mg.ha⁻¹), associado   aplica o de biofungicida a base de *Trichoderma harzianum*, em condi es de campo. No segundo, avaliou-se o efeito da calagem associada   aplica o de *T. harzianum* e ciazofamida, em casa de vegeta o. No terceiro, avaliou-se em campo duas formas de aplica o de calcário, na cova e   lanço, e o uso de gesso agrícola. O aumento das doses de calcário promoveu eleva o do pH e dos teores de Ca⁺² e redu o do teor de Al⁺³ tóxico no solo. Ainda, houve redu o do volume de raízes com hérnias e maior desenvolvimento radicular e produtividade em couve-flor. O uso de *T. harzianum* não foi eficaz no controle da doença e não favoreceu o desenvolvimento radicular das plantas, seja nas condi es de campo ou de casa de vegeta o. O fungicida ciazofamida reduziu o volume de raízes doentes, a severidade e a progressão da doença. Constatou-se no terceiro ensaio discreta redu o da severidade da doença com o uso de calcário combinado com gesso. Não houve efeito dos tratamentos sobre o sistema radicular, entretanto, calcário aplicado na cova e   lanço resultaram em maiores acúmulos de massa fresca de inflorescência e produtividade. A aplica o de calcário   lanço, na cova, e calcário combinado com gesso favoreceram o acúmulo de cálcio nas plantas. O uso de calcário na cova foi equivalente   sua aplica o   lanço quanto a melhorias dos atributos químicos do solo, redu o da severidade da doença, aumento da produtividade e acúmulo de nutrientes.

Palavras-chave: *Brassica oleracea* var. *botrytis*, *Plasmodiophora brassicae*, *Trichoderma harzianum*.

GERAL ABSTRACT

SANTOS, Carlos Antônio dos Santos. **Liming and biofungicide in the management of clubroot in cauliflower in the municipality of Nova Friburgo-RJ**. 2017. 75p. Dissertation (Master's Degree in Plant Science). Institute of Agronomy, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2017.

The search for efficient strategies to reduce the losses caused by clubroot (*Plasmodiophora brassicae*) in cauliflower is essential due to the economic and social importance of this culture. Thus, the present study was developed with the objective of evaluating the effect of different treatments in the control of the disease, root development, biomass and inflorescences production under field and greenhouse conditions. The study consisted of three trials carried out in a family farmer's area in the municipality of Nova Friburgo, RJ, Brazil. In the first trial, it was tested the residual effect of four doses of calcined limestone (0, 1.0, 2.0 and 4.0 Mg.ha⁻¹) associated to the application of *Trichoderma harzianum* biofungicide under field conditions. In the second trial, it was tested the effect of the liming associated to the application of *T. harzianum* and cyazofamid, under greenhouse conditions. In the third one, two ways of applying limestone were tested, in the planting pit, and applied by hand. The use of gypsum was evaluated in the field. The increase of the limestone doses promoted higher pH levels, and Ca⁺² contents, and reduction of the toxic Al⁺³ contents in the soil. There was also a reduction of root volume with galls, greater root development, and productivity in cauliflower. The use of *T. harzianum* was not effective to control the disease and did not favor the root development, either in field or in greenhouse conditions. The fungicide cyazofamid reduced the volume roots with galls, the severity, and the progression of the disease. The third trial revealed a discrete reduction in the severity of the disease when using limestone and gypsum combined. Although there was no effect of the treatments on the root system, limestone applied to the pit and by hand resulted in greater accumulations of fresh mass of inflorescence and productivity. The application of limestone by hand, in the pit, and combined with gypsum favored the accumulation of calcium in the plants. The application of limestone in the pit was equivalent to the hand application in terms of soil chemical attributes improvement, reduction of disease severity, and increase of productivity and accumulation of nutrients.

Keywords: *Brassica oleracea* var. *botrytis*, *Plasmodiophora brassicae*, *Trichoderma harzianum*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo de vida de *Plasmodiophora brassicae*: A) esporos de resistência; B) zoósporo primário, biflagelado; C) plasmódio primário em pelo radicular; D) zoosporângio aderido a pelo radicular; E) zoosporângio vazio; F e G) plasmódio secundário nas células corticais; H e J) esporos de resistência nas células corticais.6

CAPÍTULO I

Figura 2. Efeito da adição de doses crescentes de CaO (PRNT 125%) no pH do solo..... 24

Figura 3: Registros diários de temperatura (A), umidade relativa (B) (máxima, média e mínima) e precipitação (C) no período compreendido entre setembro a dezembro de 2015 em Nova Friburgo-RJ, 2015. Fonte: INMET 27

Figura 4: Valores de pH (A), teor de Al^{+3} (B), acidez potencial (H+Al) (C), teores de Ca (D) e Mg (E) e saturação de bases (F), na profundidade de 0-20 cm do solo, correspondentes aos efeitos residuais da aplicação de quatro doses de calcário calcinado e avaliados antes do transplante da couve-flor. Set/dez de 2015, Nova Friburgo, RJ..... 28

Figura 5: Volume total de raiz (A), de raízes sadias (B) e com galhas da hérnia das crucíferas, causada por *Plasmodiophora brassicae* (C), massa fresca de raiz total (D), de raízes sadias (E) e massa seca total de raiz (F) de plantas de couve-flor, cv. Barcelona, em função da aplicação de quatro doses de calcário calcinado em condições de campo. Set/Dez de 2015, Nova Friburgo-RJ. 30

Figura 6: Massa fresca (A), seca (B) e diâmetro (C) das inflorescências e produtividade (Mg/ha^{-1}) (D) de couve-flor, cv. Barcelona, em função da aplicação de quatro doses de calcário calcinado em condições de campo. Set/Dez de 2015, Nova Friburgo-RJ. 31

Figura 7: Registros diários de temperatura (A), umidade relativa (B) (máxima, média e mínima) obtidos no período compreendido entre agosto a outubro de 2016 durante condução de ensaio em casa de vegetação em Nova Friburgo-RJ, 2016. Fonte: INMET. 32

Figura 8: Progressão da hérnia das crucíferas, causada por *Plasmodiophora brassicae*, em plantas de couve-flor cv. Bola de Neve submetidas a três tratamentos, ciazofamida (1,5L/ha), *Trichoderma harzianum* (800mL/ha) e testemunha (água) em solo com e sem calagem (2,54 Mg de CaO/ha), em condições de casa de vegetação. Agosto a outubro de 2016, Nova Friburgo-RJ. 33

CAPÍTULO II

Figura 9: Temperatura (A), umidade relativa (B) (máxima, média e mínima) e precipitação (C) registrado no período de julho a dezembro de 2015, considerando o período de reação dos corretivos no solo e o período de cultivo de couve-flor em ensaio realizado em Nova Friburgo-RJ. Fonte: INMET..... 47

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

- Tabela 1. Atributos químicos iniciais e número de esporos de resistência de *Plasmodiophora brassicae* em solo utilizado para realização do ensaio.23
- Tabela 2. Volume e massa fresca de raiz, total, sadia e com galhas de hérnia das crucíferas, causada por *Plasmodiophora brassicae*, e acúmulo de massa seca em inflorescências de couve-flor, cultivar Barcelona, em função da aplicação, ou não, de biofungicida à base de *Trichoderma harzianum*, em condições de campo. Set/dez de 2015, Nova Friburgo-RJ.29
- Tabela 3. Efeito da realização ou não de calagem (2,54 Mg de CaO/ha) sobre os valores de pH e teores de cálcio, magnésio e alumínio trocáveis no solo, sob condições de casa de vegetação. Agosto a outubro de 2016, Nova Friburgo-RJ..... 32
- Tabela 4. Efeito da realização ou não da calagem (2,54 Mg de CaO/ha) sobre o volume de raízes total e sadia, da massa fresca de raiz total, porcentagem da massa fresca das raízes com galhas de hérnia das crucíferas, causada por *Plasmodiophora brassicae*, e massa seca total das raízes; além dos efeitos dos tratamentos, ciazofamida (1,5L/ha), *Trichoderma harzianum* (800mL/ha) e testemunha (água), sobre o volume, massa fresca, e respectivas porcentagens, de raízes com galhas e a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), em condições de casa de vegetação. Agosto a outubro de 2016, Nova Friburgo-RJ..... 34
- Tabela 5. Efeito da interação entre calagem (2,54 Mg de CaO/ha) e de tratamentos para controle da hérnia das crucíferas, causada por *Plasmodiophora brassicae*, ciazofamida (1,5L/ha), *Trichoderma harzianum* (800mL/ha) e testemunha (água), sobre a massa fresca de raízes sadias e severidade da doença aos 100 dias após o transplântio das mudas (DAT) em condições de casa vegetação. Agosto a outubro de 2016, Nova Friburgo-RJ..... 34

CAPÍTULO II

- Tabela 6. Efeito de calcário e de sua forma de aplicação e do uso do gesso agrícola sobre atributos de fertilidade do solo nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, avaliado 90 dias após a aplicação dos tratamentos. Nova Friburgo-RJ, 2015..... 49
- Tabela 7. Efeito de calcário e de sua forma de aplicação e do uso do gesso agrícola sobre os teores de boro extraível e micronutrientes biodisponíveis no solo a 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade, aos 90 dias após a aplicação. Nova Friburgo-RJ, 2015..... 51
- Tabela 8. Efeito de calcário e de sua forma de aplicação e do uso do gesso agrícola sobre a severidade da hérnia das crucíferas, volume e massa fresca de raízes (total, sadia e com hérnia) e porcentagem de raízes com hérnia, expressas pelo volume e massa, em plantas de couve-flor, cultivar Barcelona, em experimento realizado no período de setembro a dezembro de 2015. Nova Friburgo-RJ. 52
- Tabela 9. Efeito de calcário e de sua forma de aplicação e do uso do gesso agrícola sobre o acúmulo de biomassa em diferentes órgãos e planta, e produtividade em couve-flor, cultivar Barcelona, em experimento realizado no período de setembro a dezembro de 2015. Nova Friburgo-RJ..... 53
- Tabela 10. Efeito de calcário e de sua forma de aplicação e do uso do gesso agrícola sobre a concentração de nutrientes nas folhas, caule, e inflorescência e na biomassa total de plantas de couve-flor, cultivar Barcelona, em experimento realizado de setembro a dezembro de 2015 no município de Nova Friburgo-RJ. Seropédica, RJ, 2015. 55

Tabela 11. Efeito de calcário e de sua forma de aplicação e do uso do gesso agrícola sobre o acúmulo de nutrientes em folhas, caule, e inflorescência e na biomassa total de plantas de couve-flor, cultivar Barcelona, em experimento realizado de setembro a dezembro de 2015 no município de Nova Friburgo-RJ. Seropédica, RJ, 2015.59

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 A Cultura da Couve-Flor	3
2.2 Hérnia das Crucíferas	4
2.2.1 Importância e histórico da doença	4
2.2.2 O patógeno	5
2.2.3 Ciclo	5
2.2.4 Sintomas	7
2.2.5 Hospedeiros	7
2.2.6 Fatores que influenciam o desenvolvimento da doença	7
2.3 Manejo da Doença	8
2.3.1 Manejo preventivo	8
2.3.2 Formas de controle e redução da doença	8
2.3.3 Controle biológico	10
2.3.4 Correção da acidez do solo e manejo da adubação	10
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	12
CAPÍTULO I	
Calagem e biofungicida no controle da hérnia das crucíferas em couve-flor.....	18
RESUMO	19
4. INTRODUÇÃO.....	20
5. MATERIAL E MÉTODOS	22
5.1. Ensaio de campo	22
5.2. Ensaio em casa-de-vegetação	23
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
6.1. Ensaio de Campo	26
6.2 Ensaio em casa de vegetação.....	32
7. CONCLUSÕES	37
8. REFERÊNCIAS	38
CAPÍTULO II	
Calagem e gessagem no manejo da hérnia das crucíferas e no crescimento de couve-flor.....	41
RESUMO	42
9. INTRODUÇÃO.....	43
10. MATERIAL E MÉTODOS	45
11. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
12. CONCLUSÕES	61
13. REFERÊNCIAS	62
14. CONCLUSÕES GERAIS	65
ANEXOS	66

1. INTRODUÇÃO GERAL

A família *Brassicaceae* abrange um grande número de hortaliças como a couve-flor (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.), o repolho (*B. oleracea* var. *capitata*), brócolis (*B. oleracea* var. *italica*), a couve-manteiga (*B. oleracea* var. *acephala*) (MAY *et al.*, 2007; FILGUEIRA, 2008), couve-chinesa (*B. rapa* var. *pekinensis*) e colza (*B. napus*) (DIXON, 2009a). A couve-flor é amplamente cultivada na região centro-sul do Brasil, principalmente nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro (IBGE, 2006).

O município de Nova Friburgo, localizado na região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, possui uma diversificada atividade agrícola, com destaque para produção de hortaliças, flores e frutos, o que lhe confere papel relevante no provimento de hortaliças no Estado (MENDES & GUEDES, 2010). Segundo dados do IBGE, das 17.452 toneladas de couve-flor produzidas no Estado do Rio de Janeiro no ano de 2006, aproximadamente 8.894 toneladas foram provenientes do município de Nova Friburgo (IBGE, 2006). Ainda, o cultivo na região está fortemente relacionado à agricultura familiar e apresenta-se como uma atividade de grande importância econômica e social.

Um dos maiores desafios enfrentados, atualmente, pelos produtores de couve-flor em Nova Friburgo (BHERING *et al.*, 2017) assim como em várias outras regiões do mundo, é a doença hérnia das crucíferas, causada pelo protozoário *Plasmodiophora brassicae* Woronin (DIXON, 2009a). O patógeno é um parasita obrigatório, habitante do solo, e que infecta as raízes de várias espécies de brassicas cultivadas causando perdas de produção (NARISAWA *et al.*, 2005; NIWA *et al.*, 2008; PENG *et al.*, 2011). No Brasil, a doença ocorre principalmente nas regiões Sul e Sudeste e tem inviabilizado o cultivo de brassicas em diversas áreas (MARINGONI, 1997; REIS, 2009). O patógeno é capaz de formar esporos de resistência nas raízes infectadas que podem, posteriormente, permanecer viáveis por vários anos no solo (DIXON, 2009b), facilitando a disseminação da doença.

O sintoma típico da doença é a formação de galhas (hérnias) nas raízes reduzindo a área radicular e, conseqüentemente, a absorção de água e nutrientes, levando ao aparecimento de murchas, amarelecimento, subdesenvolvimento e até morte da planta (MARINGONI, 1997; KONG KAW WA, 2009; PENALBER, 2009).

Diferentemente de outros patossistemas, medidas de controle como uso de cultivares de couve-flor resistentes e aplicação de produtos químicos são de uso limitado (VIDAL, 2012). Por isso, há necessidade de se buscar estratégias eficientes de controle e que resultem em menor impacto ao homem e ao meio ambiente. As medidas profiláticas e de manejo dos solos e das culturas são essenciais para se amenizar as perdas causadas (DONALD & PORTER, 2009). No entanto, muitos estudos ainda são necessários para a adequação das estratégias às diferentes condições de cultivo e de sistemas de produção, como o apresentado na região Serrana do Rio de Janeiro.

Dentre as práticas culturais citadas como promissoras para o controle da doença está a aplicação de agentes de controle biológico por meio do uso de biofungicidas (PENG *et al.*, 2011). Isolados de algumas espécies do fungo *Trichoderma* spp., por exemplo, tem sido preconizados para o controle de uma série de doenças causadas por patógenos de solo, como: *Phytophthora* spp., *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii*, *Sclerotinia sclerotiorum* e *Fusarium* spp. (LOPES, 2009; POMELLA & RIBEIRO, 2009). Ainda, recomenda-se o uso de diferentes fontes de matéria orgânica que estimulem a atividade microbiana do solo (PENALBER, 2009), bem como a rotação de culturas (PENG *et al.* 2015).

No entanto, muitos trabalhos apontam que a eficiência de qualquer prática de controle da hérnia das crucíferas depende, primordialmente, da correção da acidez do solo e da oferta de cálcio às plantas (DONALD & PORTER, 2009). Sabe-se que a doença é mais severa em solos ácidos ($\text{pH} < 5,7$) (WEBSTER & DIXON, 1991) e que o pH alcalino e a disponibilidade de cálcio pode interferir na germinação dos esporos de resistência, na redução das infecções dos pelos radiculares e em diversas fases do ciclo do patógeno (WEBSTER & DIXON, 1991; DIXON & PAGE, 1998; NIWA *et al.*, 2008).

A calagem, apesar de ser uma recomendação básica no manejo da fertilidade do solo e controle da doença, é comumente negligenciada na região (BHERING, *et al.*, 2017). A couve-flor caracteriza-se por sua alta exigência em nutrientes como o cálcio, adaptando-se melhor em solos com pH entre 6,0 e 6,8 e com ausência de alumínio tóxico (MAY *et al.* 2007). Desta forma, estudos envolvendo a calagem são necessários para otimizar e incrementar sua utilização, visando-se ganhos em produtividade e redução das perdas causadas pela hérnia das crucíferas. Por outro lado, os produtores vêm utilizando produtos de ação fungicida para o controle da doença, mesmo desconhecendo a sua real eficácia. Em levantamentos feitos na região, constatou-se o uso de biofungicidas à base de *Trichoderma* e do fungicida ciazofamida, o único princípio ativo registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil (MAPA) para o controle da doença.

Diante do exposto, desenvolveu-se o presente trabalho tendo como objetivos:

- 1) Avaliar os efeitos de biofungicida à base de *Trichoderma harzianum* associado à calagem no desenvolvimento radicular, severidade da hérnia das crucíferas e produtividade em couve-flor, sob condições de campo;
- 2) Estudar o efeito da calagem, combinado ao uso de biofungicida à base de *T. harzianum* sobre o desenvolvimento radicular e progressão da doença em condições de casa de vegetação;
- 3) Avaliar, em condições de campo, o efeito da calagem, de sua forma de aplicação, e do uso de gesso agrícola sobre os atributos químicos do solo, severidade da doença, desenvolvimento radicular, acúmulo de biomassa, e teores e acúmulo de nutrientes nos diferentes órgãos das plantas de couve-flor.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A Cultura da Couve-Flor

A couve-flor (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* L.) pertencente à família *Brassicaceae* (*Cruciferae*), à qual também pertencem o repolho (*B. oleracea* var. *capitata*), o brócolis (*B. oleracea* var. *italica*), a couve-manteiga (*B. oleracea* var. *acephala*), a couve-tronchuda (*B. oleracea* var. *tronchuda*), a couve-de-bruxelas (*B. oleracea* var. *gemmifera*) e a couve-rábano (*B. oleracea* var. *gongylodes*). A espécie *Brassica oleracea* origina-se de região ao longo da Costa do Mediterrâneo, de onde se espalhou por toda a Europa. Entre as diversas hipóteses, acredita-se, como a mais provável, que espécies cultivadas sejam derivadas de uma espécie selvagem denominada *Brassica oleracea* var. *silvestris*, semelhante à couve-comum (*Brassica oleracea* var. *acephala*). As brassicas constituem a família botânica que abrange o maior número de culturas de hortaliças, ocupando lugar proeminente na olericultura do centro-sul do Brasil (MAY *et al.*, 2007; FILGUEIRA, 2008).

De acordo com dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), no ano de 2014 foram produzidas no mundo 24.175.040 toneladas de couve-flor e brócolis, em área de 1.382.463 ha e com rendimento médio de 17,48 Mg.ha⁻¹ (FAO, 2017). No Brasil, apesar da inexistência de dados atualizados, observa-se que, conforme dados do último censo agropecuário realizado em 2006, a produção nacional de couve-flor foi de 141.806 toneladas. Os cinco maiores produtores são os estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro. A produção da cultura no Rio de Janeiro no ano de 2006 foi de 17.452 toneladas distribuídas em mais de 1.082 unidades produtivas com destaque para o município de Nova Friburgo com produção de 8.894 toneladas (IBGE, 2006).

Dados recentes de abastecimento apontam que, dentre as hortaliças do subgrupo “folha, flor e haste” comercializado na CEASA-RJ – Unidade Grande Rio no ano de 2015, a couve-flor destacou-se com aproximadamente 25.546 toneladas comercializadas. A maior parte desta oferta foi oriunda do próprio Estado, com a representação de 99,6%, sendo que 84,1% deste total foram provenientes do município de Nova Friburgo-RJ (CEASA-RJ, 2015).

A couve-flor possui folhas alongadas, com limbo elíptico, raízes concentradas na profundidade de 20 cm em função do sistema de cultivo. A parte comestível é composta por uma inflorescência imatura (também conhecida como cabeça) inserida sobre um caule curto, podendo ter coloração branca, creme, amarela, e mais recentemente roxa e verde, conforme a cultivar (MAY *et al.*, 2007).

A couve-flor é, entre as brassicas, a espécie mais exigente em clima, sendo a temperatura fator determinante para estimular ou inibir o desenvolvimento das folhas e a diferenciação floral e conseqüentemente, ao tamanho da inflorescência. O estímulo à diferenciação floral ocorre quando a temperatura permanece baixa por um período que pode variar em função da cultivar (FERREIRA, 1983). A faixa ótima de temperatura para couve-flor é de 14 a 20 °C, e o cultivo em temperaturas acima de 25 °C pode provocar a não-formação da inflorescência ou a perda de sua compacidade. Temperaturas próximas a 0 °C causam injúrias por congelamento no ápice dos ramos, resultando também em não-formação da inflorescência (MAY *et al.*, 2007).

As cultivares tradicionais de couve-flor no Brasil foram provavelmente introduzidas da Europa no século XIX, na região Serrana Fluminense (Teresópolis-RJ). As populações de couve-flor dessa região, cultivadas no inverno, acabaram por ser conhecidas como Teresópolis (Teresópolis Gigante e Teresópolis Precoce). Ao longo do tempo foram feitas seleções locais além de introduções de novas cultivares melhoradas geneticamente e com adaptação ao cultivo em meia estação e no

período de verão, o que tem propiciado o cultivo de couve-flor durante praticamente todo o ano (MAY *et al.*, 2007). Atualmente, cultivares tradicionais de couve-flor vem sendo substituídas por cultivares híbridas que apresentam vantagens como melhor adaptação termoclimática, produtividade mais elevada, produto mais uniforme e plantas mais vigorosas, entre outras (ALMEIDA, 2004; MAY *et al.*, 2007). Como exemplos de cultivares de “meia estação” têm-se os híbridos Barcelona (Seminis[®]) e Sharon (Sakata[®]), sendo a primeira indicada para o plantio em julho-agosto e fevereiro-março, e a segunda, no fim da primavera/verão. Dentre as cultivares de inverno citam-se, por exemplo, a cultivar Bola de Neve Precoce, adaptada para condições de temperatura entre 16 e 18 °C (MAY *et al.*, 2007).

A couve-flor desenvolve-se melhor em solos argilosos, ricos em matéria orgânica e bem drenados. Apresenta pouca tolerância à acidez do solo, exigindo pH na faixa de 6,0 a 6,8. O nitrogênio e o potássio são os nutrientes que mais influenciam a produção da cultura, embora o cálcio, enxofre e magnésio também sejam requeridos em grande quantidade. A realização da calagem para correção da acidez e provimento de cálcio e magnésio, e uso de adubos que contenham enxofre na sua formulação também contribuem para a melhoria da cultura. Quanto aos micronutrientes, destacam-se o boro e o molibdênio, cuja deficiência pode provocar anomalias fisiológicas nas inflorescências e nas folhas, respectivamente. A cultura também responde bem à adubação orgânica (MAY *et al.*, 2007; FILGUEIRA, 2008; GUERRA *et al.*, 2013).

As brássicas estão sujeitas a várias doenças com destaque para podridão negra, (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*); podridão-mole (*Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*); mancha de alternaria (*Alternaria brassicae*); míldio (*Peronospora parasitica*) e hérnia das crucíferas, causada por *P. brassicae* (MAY *et al.*, 2007; FILGUEIRA, 2008). Esta última é a mais importante e limitante doença da cultura da couve-flor em diversas partes do mundo.

2.2 Hérnia das Crucíferas

2.2.1 Importância e histórico da doença

A hérnia das crucíferas, causada por *Plasmodiophora brassicae* Wor., é uma doença que vem proporcionando altas perdas de rendimento e qualidade em cultivos de *Brassica* em todo o mundo. Estas perdas são mais representativas em cultivos hortícolas de alto valor agregado, como couve-flor e brócolis, por exemplo, e em cultivos de oleaginosas como a colza (*B. napus*) (DIEDERICHSEN *et al.*, 2016).

A doença é citada em áreas cultivadas da Europa desde o século XIII e, naquela época, devido ao pouco conhecimento da ciência em microbiologia, sua causa era atribuída a diversos fatores como condições inadequadas do solo (DIXON, 2009a). O agente causal, *Plasmodiophora brassicae*, somente foi identificado em 1873 pelo biólogo russo M. S. Woronin após cinco anos de estudos da doença em São Petersburgo, possivelmente motivado pelas perdas apresentadas em cultivos de repolho da região (DIXON, 2009a).

A primeira constatação de *P. brassicae* no Brasil foi feita em 21 de novembro de 1934 em couve-manteiga localizada no Horto Florestal da Cantareira, em São Paulo. Na ocasião, o material foi examinado e constatou-se a presença de plasmódios e esporos do patógeno nas células da planta hospedeira (VIEGAS & TEIXEIRA, 1943). Posteriormente, novos relatos foram reportados por Café Filho & Reifschneider (1986) e Paz Lima *et al.* (2004).

Atualmente, a doença é de ocorrência generalizada em todo o mundo, principalmente em áreas temperadas e úmidas, além de áreas montanhosas em países tropicais, onde se cultivam *Brassica* spp. (DIXON, 2009a). No Brasil, as regiões com relatos de ocorrência e perdas pela doença são as regiões Sul e Sudeste, especialmente as regiões serranas do Estado do Paraná,

Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, em épocas de temperaturas amenas e alta umidade do solo (MARINGONI, 1997).

Crête (1981) relata altos níveis de incidência da doença (>10%) em áreas cultivadas com *B. oleracea* em diversos países como Austrália, Canadá e Alemanha. No Nepal, relatos frequentes de perdas em couve flor (40 a 100%) devido à hérnia das crucíferas vêm sendo feitos desde 2004. Estimativas obtidas em entrevistas com produtores na área de produção de Palung indicaram que a produção de couve-flor foi reduzida de aproximadamente 37 Mg.ha⁻¹ para 2 Mg.ha⁻¹ devido à introdução e disseminação da hérnia das crucíferas. Somente nesta pequena área, a perda econômica pela doença entre os anos de 2004 e 2005 foi estimada em mais de 1,4 milhão de dólares (TIMILA *et al.* 2008).

No Brasil, apesar da inexistência de dados quantitativos dos prejuízos causadas pela doença, existem relatos de perdas frequentes e inviabilização de áreas de cultivos devido a alta infestação do patógeno em solos como os da região metropolitana de Curitiba-PR (HASSE *et al.* 2007) e de Nova Friburgo, localizado na região Serrana do Estado do Rio de Janeiro (BHERING *et al.*, 2017). Para essa última região, a ocorrência da doença tem sido preocupante devido ao cultivo intensivo de couve-flor realizado na área há mais de 30 anos. Ainda, segundo relatos de produtores, a ocorrência da doença tem sido mais acentuada durante a safra de verão (BHERING *et al.*, 2017).

2.2.2 O patógeno

A doença é causada por *Plasmodiophora brassicae* Woronin, protozoário parasita obrigatório e habitante do solo que causa grandes perdas de produção a nível mundial (NARISAWA *et al.*, 2005; NIWA *et al.*, 2008; KAGEYAMA & ASANO, 2009; PENG *et al.*, 2011). *P. brassicae* pertence ao Reino *Protozoa* e supergrupo eucariótico *Rhizaria* (ARCHIBALD & KEELING, 2004; BURKI *et al.*, 2010). O seu enquadramento taxonômico tem sido tema de constantes debates com a sua inclusão em diversas classificações ao longo dos últimos anos (DONALD & PORTER, 2010). O gênero *Plasmodiophora*, assim como *Polymyxa* e *Spongospora* compreende a ordem dos *Plasmodiophoridae* (CAVALIER-SMITH & CHAO, 1997; BULMAN *et al.*, 2001). Estes têm sido considerados como um grupo monofilético com base em: (1) uma forma incomum de divisão nuclear chamado divisão cruciforme; (2) presença de zoósporos biflagelados, heterocônticos (3); presença de plasmódios multinucleados; (4) desenvolvimento de esporos de resistência e (5) parasitismo obrigatório intracelular (BRASELTON, 1995).

O patógeno tem a capacidade de formar esporos de resistência e sobreviver no solo onde podem permanecer viáveis na ausência de plantas hospedeiras compatíveis e também sob condições adversas de clima (DIXON, 2009b). Estudos demonstram que estes possuem meia-vida de pelo menos 3-6 anos, podendo ser detectados no solo por até 18 anos (WALLENHAMAR, 1999). O número de esporos de resistência pode aumentar rapidamente em regiões com cultivo contínuo de espécies hospedeiras (MURAKAMI *et al.*, 2004), fator este que vem provocando o aumento das perdas de produção e inviabilizado grandes áreas para cultivo de brassicas.

2.2.3 Ciclo

O ciclo de vida do patógeno pode ser dividido em três fases: sobrevivência no solo na forma de esporo de resistência; infecção de pelos radiculares e, infecção do córtex de raízes (AYERS, 1944; INGRAM & TOMMERUP, 1972; NAIKI, 1987) (Figura 1).

A germinação dos esporos de resistência, primeiro passo no seu ciclo (KAGEYAMA & ASANO, 2009), é estimulada por exsudados radiculares de plantas hospedeiras. A partir da germinação do esporo de resistência é liberado um zoósporo primário, biflagelado, que se

movimenta no filme de água no solo até se aderir ao pelo radicular mais próximo (AIST & WILLIAMS, 1971). Ao atingir a superfície do pelo radicular, o zoósporo primário encista e o patógeno penetra na célula hospedeira levando à formação do plasmódio primário. Este passa por divisões nucleares sucessivas até a clivagem e formação de zoosporângios, com cerca de 4 a 16 zoósporos secundários cada (INGRAM & TOMMERUP, 1972). Os zoósporos secundários penetram os tecidos corticais da raiz, num processo chamado de infecção cortical ou infecção secundária (KAGEYANA & ASANO, 2009). Dentro das células infectadas o patógeno forma plasmódios secundários que se proliferam e estão associados a hipertrofia celular (SCHWELM *et al.*, 2015). Os plasmódios secundários possuem, inicialmente, dois núcleos e, após uma série de divisões nucleares se tornam multinucleados, os chamados plasmódios multinucleados (GARBER & AIST, 1979a e 1979b; MITANI *et al.* 2003).

Os plasmódios provocam aumento de células anormal (hipertrofia) e divisão celular descontrolada (hiperplasia), levando ao desenvolvimento de galhas que obstruem a absorção de nutrientes e água (SCHWELM *et al.*, 2015). Este processo resulta na formação de galhas radiculares no interior das quais se formam os esporos de resistência (INGRAM & TOMMERUP, 1972). Durante estas clivagens complexas, o agente patogênico, além de produzir os esporos, pode ter aumentada a sua diversidade genética (KAGEYAMA & ASANO, 2009). Os esporos de resistência são liberados no solo durante o apodrecimento gradual das raízes.

Em estudo realizado por Malinowski *et al.* (2012) com plantas de *Arabidopsis thaliana* concluiu-se que, embora a formação de galhas seja um sintoma típico da doença e influencie no número de esporos produzidos, não é estritamente necessário para completar o ciclo de vida do patógeno.

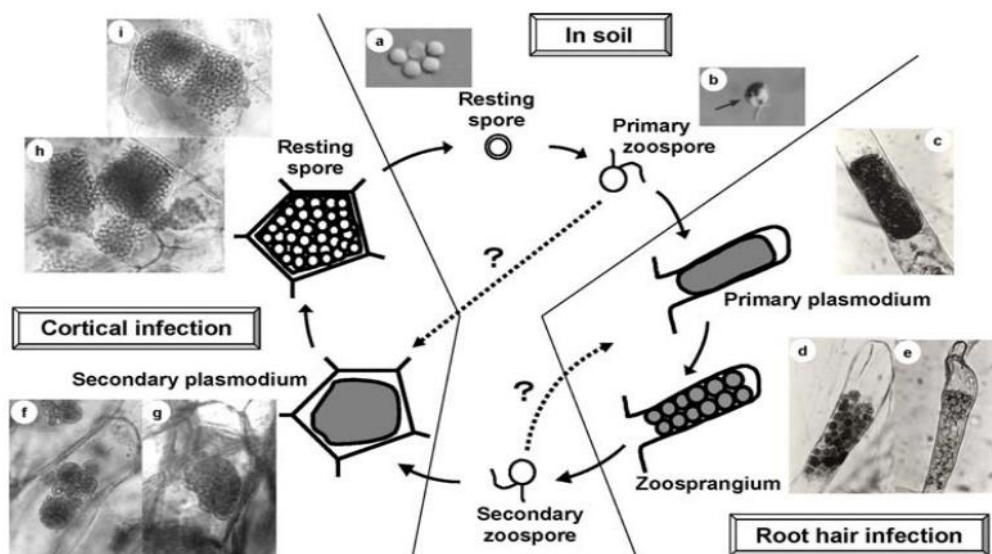


Figura 1: Ciclo de vida de *Plasmodiophora brassicae*: A) esporos de resistência; B) zoósporo primário, biflagelado; C) plasmódio primário em pelo radicular; D) zoosporângio aderido a pelo radicular; E) zoosporângio vazio; F e G) plasmódio secundário nas células corticais; H e J) esporos de resistência nas células corticais. Retirado de Kageyama & Asano (2009).

Os esporos de resistência são transportados de um ponto para outro dentro da área principalmente por arraste no escoamento superficial de água e transporte de solo contaminado. Entre áreas, a disseminação pode ocorrer por meio de mudas e solos contaminados via maquinário e implementos agrícolas (PENALBER, 2009).

2.2.4 Sintomas

Os sintomas da hérnia das crucíferas podem variar de acordo com a espécie hospedeira e severidade da doença. O sintoma típico é a formação de galhas no sistema radicular em decorrência da rápida e desordenada multiplicação das células, em tamanho e número. Estas galhas prejudicam a absorção de água e de nutrientes, provocando sintomas de deficiência de nutrientes, amarelecimento, subdesenvolvimento da planta e murcha das folhas, principalmente nos períodos mais quentes. Eventualmente, galhas radiculares são invadidas por parasitas secundários ou microrganismos saprófitos, causando a sua deterioração, desintegração e liberação de esporos de resistência no solo. Plantas severamente atacadas pela doença tendem a ter a sua produção reduzida ou inviabilizada (HOWARD *et al.*, 1994; MARINGONI, 1997; ITO *et al.*, 1999; CARRIJO & REGO, 2000; KONG KAW WA, 2009; PENALBER, 2009).

2.2.5 Hospedeiros

Todos os membros da família *Brassicaceae* são potenciais hospedeiros de *P.brassicae* e dentro destes, o patógeno é capaz de completar todos os estádios de seu ciclo de vida (DIXON, 2009a). Dentre as espécies de importância econômica destacam-se, por sua média a alta suscetibilidade, as culturas de couve-flor, brócolis, repolho, nabo e couve-chinesa (DONALD & PORTER, 2010). O patógeno *P. brassicae* também é capaz de infectar os pelos radiculares de algumas espécies das famílias *Poaceae*, *Rosaceae*, *Papaveraceae*, *Polygonaceae*, *Resedaceae* e *Fabaceae*, porém não completam o ciclo (WEBB, 1949; MACFARLANE, 1952).

2.2.6 Fatores que influenciam o desenvolvimento da doença

A umidade do solo é um importante fator para o desenvolvimento da doença. Solos úmidos e mal drenados favorecem o estabelecimento da doença, principalmente quando a umidade do solo excede a 70% da capacidade de campo (HORIUCH & HORRI, 1980) por favorecer a movimentação dos zoósporos biflagelados. A água livre é extremamente importante para a formação, liberação, e dispersão de zoósporos e pode influenciar o encistamento dos zoósporos primários e a adesão e penetração do patógeno nos pelos radiculares (LANGE & OLSON, 1983). Além da umidade do solo, a acidez e temperatura entre 12 e 27°C favorecem a germinação dos esporos de resistência (WELLMAN, 1930). Apesar de a temperatura ser reportada como um fator menos importante do que a umidade do solo nesse processo (DIXON, 2009b).

Os teores de cálcio e o pH do solo podem afetar tanto a germinação dos esporos de resistência do patógeno quanto a resistência das células hospedeiras à infecção. A doença é mais severa em solos com pH menor que 5,7, menos severa em solos com pH variando de 5,7 a 6,2 a severidade é reduzida ou inibida em solos com pH acima de pH 7,8. O pH alcalino reduz o número de infecções dos pelos radiculares e retarda a maturação dos plasmódios e zoosporângios (WEBSTER & DIXON (1991). Entretanto, outros fatores como a concentração de inoculo no solo também afeta a severidade da doença. Ruaro *et al.* (2010) citam que a elevação do pH foi positiva na redução da severidade da hérnia das crucíferas em solos com baixa a média quantidade de inóculo (1.2×10^7 a 2.5×10^7 esporos.mL⁻¹) mas, que em solos com quantidade elevada de inóculo (5×10^7 esporos.mL⁻¹), não houve redução da severidade com a elevação do pH de 6,2 até 7,3.

2.3 Manejo da Doença

2.3.1 Manejo preventivo

Uma vez introduzida na área, a hérnia das crucíferas é uma doença de difícil controle devido à capacidade do patógeno sobreviver no solo na forma de esporo de resistência. Desta forma, as medidas de caráter preventivo são as mais importantes. Dentre estas medidas destacam-se o uso de mudas saudáveis, cuidados com a qualidade da água de irrigação, com a movimentação do solo por maquinários e implementos e o plantio em áreas com boa drenagem (REIS, 2009). Caso o patógeno já esteja estabelecido, torna-se necessária a adoção de um conjunto de medidas visando minimizar as perdas. A efetividade destas ações dependerá de fatores relacionados ao ambiente como temperatura, disponibilidade de água, acidez do solo, teores de alguns nutrientes como cálcio e boro; microbiota do solo; fatores relacionados à virulência e quantidade de inóculo inicial; resistência do hospedeiro; além da época de plantio e duração do ciclo (DIXON, 2009b). Não existe, porém, uma forma de controle única e totalmente eficaz.

As bandejas, comumente reutilizadas na produção das mudas e trocáveis entre viveiros e propriedades, devem ser higienizadas previamente com hipoclorito (1000 ppm) (DONALD *et al.*, 2002). Segundo os autores, entre diversos produtos desinfetantes disponíveis na Austrália, como por exemplo, o peróxido de hidrogênio, ácido peroxiacético, cloreto de benzalcônio e hipoclorito de sódio, somente o hipoclorito de sódio (1000 ppm) foi eficaz contra *P. brassicae*. Outra prática importante é não deixar as bandejas com mudas em repouso em contato direto com o solo próximo às áreas de plantio para evitar contaminação precoce das mudas. O uso de substrato isento de contaminação também é essencial.

O arranquio das plantas e retirada das raízes por ocasião da colheita também é recomendado. O apodrecimento natural de raízes infectadas remanescentes no solo resulta na liberação de esporos de resistência que podem favorecer a ocorrência de infecções aos cultivos subsequentes de brassicas (DONALD & PORTER, 2009). Entretanto, do ponto de vista prático, esta atividade é considerada muito dispendiosa por alguns produtores.

A irrigação pode ser uma boa fonte de dispersão de esporos de *P. brassicae*. Em estudo controlado realizado por Donald (2005), foi observado que esporos de resistência permaneceram viáveis na água por 34 meses. O mesmo autor concluiu que a maior parte dos esporos se concentram nos sedimentos localizados na parte inferior dos reservatórios de água, e que o risco de contaminação poderá ser reduzido se o tubo de captação da água estiver localizado próximo da superfície.

Operações que envolvam movimentação do solo como aração e gradagem favorecem a dispersão dos esporos (REIS, 2009), principalmente em locais onde é feito o compartilhamento de máquinas e implementos. Recomenda-se a retirada de solo aderido às rodas e demais superfícies dos equipamentos com uso de água em alta pressão e, se possível, sanitização dos mesmos com solução de hipoclorito.

2.3.2 Formas de controle e redução da doença

O controle genético, apesar de ser uma estratégia de grande interesse em diversos fitopatossistemas, é limitado para a hérnia das crucíferas devido ao reduzido número de cultivares resistentes decorrentes da grande variabilidade genética do patógeno e a natureza da resistência, poligênica (ROCHERIEUX *et al.*, 2004; HIRAI, 2006; PIAO *et al.*, 2009). Em consulta recente ao catálogo das principais empresas que comercializam sementes de brassicas no Brasil (TopSeed, Sakata, Horticeres, Seminis, Hortec e Isla), encontrou-se apenas os híbridos de couve-chinesa Victory F1, Seijin F1, Kinjitsu F1 (TopSeed), Eikoo (Horticeres) e Natsume (Sakata) que são vendidos como resistentes ou moderadamente resistentes a *P. brassicae*.

A rotação e diversificação de cultivos com espécies não hospedeiras é uma prática muito importante na produção vegetal do ponto de vista fitossanitário. Autores como Peng *et al.* (2015) afirmam, porém, que apenas a rotação de cultivos não é suficiente para o manejo da hérnia das crucíferas. Entretanto, demonstraram que a maioria dos esporos de resistência de *P. brassicae* perdem a viabilidade ou são desintegrados após dois anos no solo e que, uma pausa no cultivo de canola por 2 a 4 anos pode atenuar o impacto causado pela doença e promover incrementos na produtividade, quando comparado ao cultivo contínuo. Ainda, algumas plantas são capazes de estimular a germinação de esporos de resistência de *P. brassicae* sem que sejam infectadas, sendo assim denominadas plantas armadilhas ou plantas iscas (VIDAL, 2012). Essas plantas estimulariam a germinação de parte dos esporos antes da implantação da cultura de interesse, no caso as brássicas. Como não conseguem completar o ciclo, há uma redução na quantidade de inóculo viável no solo (DONALD & PORTER, 2009).

Murakami *et al.* (2000a) obtiveram redução de 71% no número de estruturas de repouso em solo pré-cultivado com *Raphanus sativus* var. *longipinnatus*. As plantas tiveram os seus pelos capilares infectados, porém não desenvolveram sintomas, o que diminuiu a infecção no cultivo subsequente de couve-chinesa.

Existe uma série de limitações para o controle químico da hérnia das crucíferas. Felizmente, modificações na legislação governamental em nível de saúde humana e segurança ambiental levaram à restrição ou eliminação de princípios ativos de alto risco ambiental que eram utilizados no controle da doença, como o brometo de metila e cloreto de mercúrio (DONALD & PORTER, 2009).

Dentre os princípios ativos utilizados, o fungicida ciazofamida é o mais recente, com atividade específica contra oomicetos e *P. brassicae* (TAKESHI *et al.*, 2004). Mitani *et al.* (2003) citam-no como eficiente na inibição da germinação de esporos de resistência de *P. brassicae*, quando aplicado em pré-plantio.

O fungicida à base de ciazofamida (Ranman®) contém 400g i.a/L e está registrado no Ministério da Agricultura do Brasil para controle de *P. brassicae* em couve-flor, brócolis, couve-chinesa e repolho; míldios em alface, batata, cebola, melão, rosa, tomate e uva (AGROFIT, 2017). Segundo a bula do produto, a recomendação de uso para brassicas é aplicação preventiva com pulverização sobre as bandejas de mudas um dia antes do transplantio (2mL/bandeja), com a realização posterior em campo de mais 2 a 3 pulverizações, aos 7, 21 e 45 dias após o transplantio (1 a 2 L/ha).

A solarização pode ser útil para desinfestação de solos e substratos. Esta prática consiste na cobertura do solo em pré-plantio, preferencialmente úmido, com um plástico transparente durante o período de elevada radiação solar (GHINI, 2001). Kowata-Dresch & May-De Mio (2012) verificaram que a solarização isoladamente não proporcionou bom resultado no controle da hérnia, mas quando combinada com elevação do pH e aplicação de controle químico com flusulfamida, foi mais eficiente. Os principais entraves apresentados por esta prática são o custo, as dificuldades do uso do plástico e o tempo de solarização (DONALD & PORTER, 2009).

A utilização de compostos orgânicos pode ser interessante agronomicamente por contribuir para a sanidade do sistema radicular da planta, promovendo uma melhor estrutura do solo e aumentando sua atividade microbiana, que tem uma importante função na supressão da hérnia das crucíferas (MURAKAMI *et al.*, 2000b; PENALBER, 2009).

Em trabalho realizado por Penalber (2009) com a cultura do brócolis, os tratamentos com aplicação de compostos bioativos líquido e sólido, sob condições controladas, foram supressivos à hérnia das crucíferas, pois diminuíram o índice da doença entre 75 a 90%, quando comparados com a testemunha (NPK). Entretanto, em campo sob alta concentração do inóculo, os mesmos compostos não foram eficientes na supressão da doença.

A adição de compostos orgânicos no controle de doenças causadas por patógenos de solo são citadas para outros patossistemas. São exemplos de resultados positivos a aplicação de torta de mamona para controle de *Meloidogyne javanica* em cenoura (CRUZ *et al.*, 2012); de bokashi no cultivo de alface contra *M. incognita* (DIAS-ARIEIRA *et al.*, 2015) e de cama de aviário para controle de *Sclerotium rolfsii* em feijão (TOMAZELI *et al.*, 2011). O uso da cama de aviário fresca direto na cova, em cobertura, vem sendo utilizada com frequência na região Serrana do Rio em adubação de cobertura. Entretanto, acredita-se que o uso desse material nestas condições pode provocar o aumento da temperatura na acidez do solo, tornando as condições mais propícias para o desenvolvimento de *P. brassicae* (BHERING *et al.*, 2017).

2.3.3 Controle biológico

Entre os microrganismos mais frequentemente citados para o controle biológico de doenças está o fungo *Trichoderma* spp. que pode atuar inibindo fitopatógenos habitantes de solo por meio de mecanismos como antibiose (antibióticos, toxinas e enzimas que afetam o desenvolvimento de fungos), parasitismo e competição (BETTIOL *et al.*, 2012). Trabalhos realizados na Nova Zelândia por Cheah & Page (1997) e Cheah *et al.* (2000) envolvendo as culturas de couve-chinesa e couve-flor, respectivamente, demonstraram redução na severidade da hérnia das crucíferas por isolados de *Trichoderma harzianum*. Entretanto, não se observaram incrementos significativos de massa na parte aérea. Contrariamente, Peng *et al.* (2011) não encontraram resultados promissores no controle da hérnia ao testar *T. harzianum* (produto Root Shield) em plantas de canola por quatro semanas sob condições controladas.

Wang *et al.* (2012) selecionaram 63 actinobactérias isoladas da rizosfera de plantas de couve-chinesa. Os resultados indicaram que o isolado A316 de *Streptomyces griseoruber* possui potencial de uso como antagonista a *P. brassicae*, por ter apresentado taxa de controle de 73,69% em ensaio de casa-de-vegetação e de 65,91% em campo. Autores como Helaly *et al.* (2009) e Praveen & Tripathi (2009) atribuem a capacidade deste isolado de produzir substâncias antitumorais e antibacterianas.

O fungo endofítico *Heteroconium chaetospira* é outro exemplo de antagonista avaliado por Narisawa *et al.* (2005) que concluíram ser este um efetivo agente de controle da hérnia em couve-chinesa em condições de baixa a moderada umidade do solo e com densidade do patógeno de 10^5 esporos/grama de solo (ou menor). Entretanto, o antagonismo não foi efetivo quando a densidade do patógeno foi de 10^6 esporos/grama de solo.

Os autores Lahlali *et al.* (2012) concluíram que *Bacillus subtilis* (produto Serenade®) apresentou indícios de suprimir a hérnia via antibiose e indução de resistência em canola (LAHLALI *et al.* 2012). No entanto, é importante salientar que ainda não existem biofungicidas registrados para o controle de hérnia no Brasil (AGROFIT, 2017), apesar de relatos de uso do fungo *Trichoderma* spp. e também de *B. subtilis* em algumas regiões produtoras.

2.3.4 Correção da acidez do solo e manejo da adubação

A correção do pH do solo é um dos fatores mais tradicionais na tentativa de controle da hérnia das crucíferas. Segundo Webster & Dixon (1991), a doença é mais severa em pH menor que 5,7; em pH do solo entre 5,7 e 6,2, a severidade da doença é decrescente e acima de 7,8 o patógeno é completamente inibido. O pH alcalino reduz o número de infecções dos pelos radiculares e retarda a maturação dos plasmódios e zoosporângios (WEBSTER & DIXON (1991). Existem diversos relatos na literatura de que a elevação do pH do solo e o fornecimento de nutrientes como o cálcio e boro possuem relação inversa com a ocorrência da hérnia das crucíferas (WEBSTER & DIXON, 1991; MURAKAMI *et al.*, 2002;

NARISAWA *et al.*, 2005; NIWA *et al.*, 2007; NIWA *et al.* 2008; DONALD & PORTER, 2009; RUARO *et al.*, 2009).

Trabalhos como o de Niwa *et al.* (2008) indicam que a inibição da germinação de esporos de resistência de *P. brassicae* é a principal causa da supressão da doença sob condições de pH do solo neutro. Além do pH, o cálcio também afeta a germinação dos esporos de resistência, a motilidade dos zoósporos e a composição da flora microbiana em torno das raízes (DIXON & PAGE, 1998). Ainda, acredita-se que os efeitos do pH e do cálcio são muito semelhantes, apesar de serem fatores independentes e atuarem de forma complementar (DIXON, 2009b).

Alguns trabalhos mostram que o boro é importante no manejo da doença (DIXON 2009b), segundo Donald & Porter (2009), diferentemente do pH e do cálcio, o boro estaria relacionado tanto à fase primária quanto à secundária da infecção e estes efeitos ocorriam a nível intracelular. Sabe-se que o boro está relacionado a uma série de processos no crescimento da raiz, incluindo divisão e crescimento celular (DONALD & PORTER, 2009). Ruaro *et al.* (2009) testaram em vasos a influência do boro, do uso de fontes de nitrogênio e da variação do pH na ocorrência da hérnia em couve-chinesa. Os resultados obtidos por estes autores indicaram que o plantio em solo com pH maior que 6,5, associado à aplicação de boro na concentração de 10 a 30 mg.kg⁻¹ de solo e o uso do nitrato de cálcio como fonte de adubação nitrogenada, apresentam resultados positivos na redução da doença.

A calagem é a medida mais prática e econômica para elevação do pH do solo e fornecimento de cálcio e magnésio. Em adição, possui outros efeitos positivos como a neutralização do alumínio, aumento na disponibilidade de nutrientes e da atividade microbiana. Webster & Dixon (1991) sugerem que a aplicação de calcário não erradica *P. brassicae* diretamente, mas cria condições desfavoráveis ao processo de invasão, colonização das raízes, desenvolvimento dos sintomas e pode favorecer a expressão de resistência no hospedeiro. Entretanto, em algumas situações, somente a prática da calagem não suprime a doença (KOWATA-DRESCH & MAY-DE-MIO, 2012). Resultados contraditórios podem ser explicados por variações no tamanho e distribuição das partículas do corretivo, quantidade, umidade e textura do solo e devido a variações no período entre aplicação e plantio (DONALD & PORTER, 2009). Outro ponto importante é a concentração de inóculo no solo, uma vez que, em altas concentrações do patógeno é difícil obter resultados satisfatórios de controle (NARISAWA *et al.* 2005; RUARO *et al.*, 2010).

Apesar do baixo custo de aquisição e dos vários benefícios que a calagem proporciona, esta ainda é uma prática negligenciada em algumas regiões agrícolas brasileiras, em especial aquelas com produção com baixa tecnologia e pouca assistência técnica. Em levantamento recente realizado por Bhering *et al.* (2017) em 16 propriedades de couve-flor em Nova Friburgo-RJ, conclui-se que apenas metade dos produtores da região realizam a calagem. Ainda, foram observados que os maiores valores de severidade da hérnia e de acidez do solo estiveram associados ao menor acúmulo de biomassa nas plantas.

Além do calcário, o gesso agrícola (sulfato de cálcio) também pode ser uma possibilidade para o manejo da doença. Este, apesar de não alterar a acidez do solo, leva à precipitação do alumínio e fornece cálcio e enxofre em profundidade (FREIRE *et al.*, 2012). Não existem relatos sobre o uso de gesso agrícola na cultura de couve-flor.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROFIT – Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários do Ministério da Agricultura. 2017. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> Acesso em 14 de janeiro de 2017.
- AIST, J.R.; WILLIAMS, P. H. The cytology and kinetics of cabbage root hair penetration by *Plasmodiophora brassicae*. **Canadian Journal of Botany**, v. 49, n. 11, p. 2023-2034, 1971.
- ALMEIDA, K. **Comportamento de cultivares de couve-flor sob sistema de plantio direto e convencional em fase de conversão ao sistema orgânico**. 58f. (Dissertação de Mestrado). Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2004.
- ARCHIBALD, J. M.; KEELING, P.J. Actin and ubiquitin protein sequences support a cercozoan/foraminiferan ancestry for the plasmodiophorid plant pathogens. **Journal of Eukaryotic Microbiology**, v. 51, n. 1, p. 113-118, 2004.
- AYERS, G. W. Studies on the life history of the club root organism, *Plasmodiophora brassicae*. **Canadian Journal of Research**, v. 22, n. 4, p. 143-149, 1944.
- BETTIOL, W.; MORANDI, M.A.B., PINTO, Z.V.; PAULA JÚNIOR, T.J., CORREA, E.B., MOURA, A.B.; LUCON, C.M.M.; COSTA, J.C.B.; BEZERRA, J.L. Produtos comerciais à base de agentes de biocontrole de doenças de plantas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, **Documentos**, nº 88, 2012.
- BHERING, A.S.; CARMO, M.G.F.; MATOS, T.S.; LIMA, E.S.A.; AMARAL SOBRINHO, N.M.B. Soil factors related to the severity of Clubroot in Rio de Janeiro, Brazil. **Plant Disease**, 2017. Disponível em: <<http://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS-07-16-1024-SR>> Acesso em 17 de março de 2017.
- BRASELTON, J. P. Current status of the plasmodiophorids. **Critical Reviews in Microbiology**, v. 21, n. 4, p. 263-275, 1995.
- BULMAN, R. S.; KUHN, S. F.; MARSCHALL, J. W.; SCHNEPF, E. A phylogenetic analysis of the SSR rRNA from members of the *Plasmodiophorida* and *Phagomyxida*. **Protist**, v. 152, p. 43–51, 2001.
- BURKI, F.; KUDRYAVTSEV, A.; MATZ, M.V.; AGLYAMOVA, G.V.; BULMAN, S.; FIERS, M.; KEELING, P.J.; PAWLOWSKI, J. Evolution of *Rhizaria*: new insights from phylogenomic analysis of uncultivated protists. **Bmc Evol Biol**, v. 10, p. 377, 2010.
- CAFÉ FILHO, AC.; REIFSCHNEIDER, F.J.B. Ocorrência de *Plasmodiophora brassicae* no Distrito Federal. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.4, n.1, p.37-38, 1986.
- CARRIJO, I. V.; RÊGO, A. M. Doenças das brássicas. In: ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; COSTA, H. (Ed.). **Controle de doenças de plantas hortaliças**. Viçosa, MG: UFV, 2000. p. 335- 371.
- CAVALIER-SMITH, T.; CHAO, E. E-Y. Phylogeny and classification of *Phylum Cercozoa* (*Protozoa*). **Protist**, v. 154, p. 341-358, 2003.
- CEASA – CENTRAIS DE ABASTECIMENTO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Informativo de mercado anual 2015 – Unidade Grande Rio**. 2015. Disponível em: <http://www.ceasa.rj.gov.br/ceasa_portal/view/InformativoAnual2015.pdf> Acesso em 26 de fevereiro de 2017.

- CHEAH, L. H.; PAGE, B. B. C. *Trichoderma* spp. for potential biocontrol of clubroot of vegetable brassicas. In: **PROCEEDINGS OF THE NEW ZEALAND PLANT PROTECTION CONFERENCE**. NEW ZEALAND PLANT PROTECTION SOCIETY INC, 1997. p. 150-153.
- CHEAH, L. H.; VEERAKONE, S.; KENT, G. Biological control of clubroot on cauliflower with *Trichoderma* and *Streptomyces* spp. In: **PROCEEDINGS OF THE NEW ZEALAND PLANT PROTECTION CONFERENCE**. New Zealand Plant Protection Society; 1998, 2000. p. 18-21.
- CRÊTE, R. **Worldwide importance of clubroot**. Clubroot Newslett N°. 11, 1981, p 6-7.
- CRUZ, F.F.; BRUM, D.; SCHEELE, V.W.; SIGNORINI, C.B.; SOMAVILLA, L.; GOMES, C.B. Efeito residual de torta de mamona no manejo do nematoide das galhas (*Meloidogyne javanica*) em cenoura cv. Brasília após o cultivo de alface. In: IV Encontro de Iniciação Científica e Pós-graduação da Embrapa Clima Temperado. **Anais....** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2012.
- DIAS-ARIEIRA, C.R.; MATTEI, D.; PUERARI, H.H.; RIBEIRO, R.C.F. Use of organic amendments in the management of root-knot nematode in lettuce. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 4, p. 488-492, 2015.
- DIEDERICHSEN, E.; DIXON, G.R.; WALLENHAMMAR, A.C; FERNANDO, D.; BALESSENT, M.H. Special issue on clubroot and blackleg diseases of brassicas – Foreword. **Eur J Plant Pathol**, v. 145, p. 515-516, 2016.
- DIXON, G. R., PAGE, L. V. Calcium and nitrogen eliciting alterations to growth and reproduction of *Plasmodiophora brassicae* (clubroot). **Acta Horticulture**, v. 459, p. 343-349, 1998.
- DIXON, G. R. The occurrence and economic impact of *Plasmodiophora brassicae* and clubroot disease. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 28, n. 3, p. 194-202, 2009a.
- DIXON, G. R. *Plasmodiophora brassicae* in its environment. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 28, n. 3, p. 212-228, 2009b.
- DONALD, E.C. **The influence of abiotic factors and host plant physiology on the survival and pathology of *Plasmodiophora brassicae* of vegetable brassicas**. 215f. (Tese de Doutorado), University of Melbourne, 2005.
- DONALD, E. C.; LAWRENCE, J. M.; PORTER, J. Evaluation of a fluorescent staining technique as an indicator of pathogenicity of resting spores of *Plasmodiophora brassicae*. **Australasian Plant Pathology**, v. 31, n. 4, p. 373-379, 2002.
- DONALD, C.; PORTER, I. Integrated control of clubroot. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 28, n. 3, p. 289-303, 2009.
- DONALD, E. C.; PORTER, I. J. ***Plasmodiophora brassicae* Woronin – Clubroot**. Australasian Plant Pathology Society, Pathogen of the month – Novembro, 2010. Disponível em: <<http://www.appsnet.org/publications/potm/pdf/Nov10.pdf>> Acesso em 10 de dezembro de 2015.
- FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Cultivos**. 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>> Acesso em 26 de fevereiro de 2017.
- FERREIRA, F. A. Efeito do clima sobre as Brássicas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.9. p-12-14, 1983.

- FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 3ed., 2008. 421p.
- FREIRE, L.R.; CAMPOS, D.V.B.; ANJOS, L.H.C.; ZONTA, E.; PEREIRA, M.G.; BLOISE, R.M.; MOREIRA, G.N.C.; EIRA, P.A. Análise química de amostras de terra. In: FREIRE, L.R. (Org.) **Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro**. Seropédica, RJ: Editora Universidade Rural, 2013. p. 107-128.
- GABER, R. C.; AIST, J. R. The ultrastructure of mitosis in *Plasmodiophora brassicae* (*Plasmodiophorales*). **Journal of cell science**, v. 40, n. 1, p. 89-110, 1979a.
- GARBER, R. C.; AIST, J. R. The ultrastructure of meiosis in *Plasmodiophora brassicae* (*Plasmodiophorales*). **Canadian Journal of Botany**, v. 57, n. 22, p. 2509-2518, 1979b.
- GHINI, R. Solarização do solo. In: III Reunião itinerante de fitossanidade do Instituto Biológico. **Anais...** São Paulo: Instituto Biológico, 2000. p. 23-27.
- GUERRA, J.G.M.; LEAL, M.A.A., FERREIRA, M.B.C. Recomendações de adubos, corretivos e de manejo da matéria orgânica para as principais culturas do Estado do Rio de Janeiro: Brócolos, couve, couve-flor e repolho. In: FREIRE, L.R. (Org.). **Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro**. Seropédica, RJ: Editora Universidade Rural, 2013. p.107-128.
- HASSE, I; MIO, L.L.M.; LIMA NETO, V.C. Efeito do pré-plantio com plantas medicinais e aromáticas no controle de *Plasmodiophora brassicae*. **Summa phytopathologica**, v.33, n.1, 74-79. 2007.
- HELALY, S.; SCHNEIDER, K.; NACHTIQALL, J.; VIKINESWARY, S.; TAN, G.Y.; ZINECKER, H.; IMHOFF, J.F.; SUSSMUTH, R.D. FIEDLER, H.P. Gombapyrones, new alpha-pyrone metabolites produced by *Streptomyces griseoruber* Acta 3662. **J Antibiot**, v. 62, p.445–452, 2009.
- HIRAI, M. Genetic analysis of clubroot resistance in Brassica crops. **Breeding Science**, v. 56, n. 3, p. 223-229, 2006.
- HORIUCH, S. & HORI, M. A simple green house technique for obtaining levels of clubroot incidence. **Bull. Chugoku Natl. Agric. Exp. Stn.** v. 17, 33-35. 1980.
- HOWARD, R. J.; GARLAND, J. A.; SEAMAN, W. L. **Diseases and pests of vegetable crops in Canadá**. Ottawa: CPS e ESC, 1994. 554 p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário**. 2006. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/818#resultado>> Acesso em 26 de fevereiro de 2017.
- INGRAM, D. S.; TOMMERUP, I.C. The life history of *Plasmodiophora brassicae* Woron. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 180, n. 1058, p. 103-112, 1972.
- ITO, S.; YANAGI, C.; TANAKA, S.; KAMEYA-IWAKI, M.; KISHI, F. Identification of an in planta-induced mRNA of *Plasmodiophora brassicae*. **Journal of Phytopathology**, v. 147, n. 2, p. 79-82, 1999.
- KAGEYAMA, K. & ASANO, T. L. Life cycle of *Plasmodiophora brassicae*. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 28, n. 3, p. 203-211, 2009.
- KONG KAW WA, S. **Discovering clubroot resistance genes in Brassica vegetable crops**. 312f. (Tese de Doutorado), Melbourne: RMIT University, 2009.

KOWATA-DRESCH, L. S.; MAY-DE MIO, L. L. Clubroot management of highly infested soils. **Crop Protection**, v. 35, p. 47-52, 2012.

LAHLALI, R.; PENG, G.; GOSSEN, B. D.; MCGREGOR, L.; YU, F.Q.; HYNES, R. K.; HWANG, S.F.; MCDONALDD, M.R.; BOYETCHKO, S.M.. Evidence that the biofungicide Serenade (*Bacillus subtilis*) suppresses clubroot on canola via antibiosis and induced host resistance. **Phytopathology**, v. 103, n. 3, p. 245-254, 2013.

LANGE L.; OLSON, L.W. The fungal zoospore—Its structure and biological significance. In: BUCZACKI, S.T. (ed) **Zoosporic plant pathogens—a modern perspective**. Academic Press, New York, pp 1–42, 1983.

LOPES, R.B. A indústria no controle biológico: produção e comercialização de microrganismos no Brasil. In: BETTIOL, W.; MORANDI, M.A.B. (Orgs). **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**. Jaguariúna-SP: Embrapa Meio Ambiente, 2009, p. 15-28.

MACFARLANE, I. Factors affecting the survival of *Plasmodiophora brassicae* Wor. In the soil and its assessment by a host test. **Annals of Applied Biology**, v. 39, n. 2, p. 239-256, 1952.

MALINOWSKI, R.; SMITH, J.A.; FLEMING, A.J.; SCHOLE, J.D.; ROLFE, S.A. Gall formation in clubroot-infected *Arabidopsis* results from an increase in existing meristematic activities of the host but is not essential for the completion of the pathogen life cycle. **The Plant Journal**, v. 71, n. 2, p. 226-238, 2012.

MARINGONI, A. C. Doenças das crucíferas: brócolis, couve, couve chinesa, rabanete, repolho e rúcula. In: KIMATI, H.; AMORIN, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. **Manual de fitopatologia: volume 2: doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Ceres, 1997. p. 315-324.

MAY, A.; TIVELLI, S.; VARGAS, P.; SAMRA, A.G.; SACCONI, L.V.; PINHEIRO, M.Q. **A cultura da couve-flor**. Campinas: Instituto Agronômico, (Boletim Técnico), n. 200, 2007, 36p. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/publicacoes_online/pdf/Tecnico200.pdf> Acesso em 17 de novembro de 2016.

MENDES, F.C.; GUEDES, C.A.M. Agricultura familiar e desenvolvimento rural sustentável em Nova Friburgo-RJ. In: XI Seminario Internacional de la Red Iberoamericana de Investigadores sobre Globalización y Territorio (RII). **Anais....** Mendoza, Argentina, 2010. Disponível em: <http://institutocifot.com/seminario_rii/pdfs/grupo1/01.22-Coelho%20Mendes.pdf> Acesso em 28 de julho de 2016.

MITANI, S.; SUGIMOTO, K.; HAYASHI, H.; TAKII, Y.; OHSHIMA, T., MATSUO, N. Effects of cyazofamid against *Plasmodiophora brassicae* Woronin on Chinese cabbage. **Pest management science**, v. 59, n. 3, p. 287-293, 2003.

MURAKAMI, H.; TSUSHIMA, S.; AKIMOTO, T.; MURAKAMI, K.; GOTO, I.; SISHIDO, Y. Effects of growing leafy daikon (*Raphanus sativus*) on populations of *Plasmodiophora brassicae* (clubroot). **Plant Pathology**, v. 49, n. 5, p. 584-589, 2000a.

MURAKAMI, H.; TSUSHIMA, S., SHISHIDO, Y. Soil suppressiveness to clubroot disease of Chinese cabbage caused by *Plasmodiophora brassicae*. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 32, n. 11, p. 1637-1642, 2000b.

- MURAKAMI, H.; TSUSHIMA, S.; KUROYANAGI, Y.; SHISHIDO, Y. Reduction of resting spore density of *Plasmodiophora brassicae* and clubroot disease severity by liming. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 48, n. 5, p. 685-691, 2002.
- MURAKAMI, H.; TSUSHIMA, S.; AKIMOTO, T.; KUROYANAGI, Y.; SHISHIDO, Y. Quantitative studies on the relationship between plowing into soil of clubbed roots of preceding crops caused by *Plasmodiophora brassicae* and disease severity in succeeding crops. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 50, n. 8, p. 1307-1311, 2004.
- NAIKI, T. Life cycle and control of *Plasmodiophora brassicae*, causing clubroot disease of cruciferous plants. **Soil Microorganisms**, v. 29, p. 23-37, 1987.
- NARISAWA, K.; SHIMURA, M.; USUKU, F.; FUJUHARA, S.; HASHIBA, T. Effects of pathogen density, soil moisture, and soil pH on biological control of clubroot in Chinese cabbage by *Heteroconium chaetospira*. **Plant disease**, v. 89, n. 3, p. 285-290, 2005.
- NIWA, R.; KUMEI, T.; NOMURA, Y.; YOSHIDA, S.; OSAKI, M.; EZAWA, T. Increase in soil pH due Ca-rich organic matter application causes suppression of the clubroot disease of crucifers. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 39, n.3, p. 778-785, 2007.
- NIWA, R.; NOMURA, Y.; OSAKI, M.; EZAWA, T. Suppression of clubroot disease under neutral pH caused by inhibition of spore germination of *Plasmodiophora brassicae* in the rhizosphere. **Plant Pathology**, v. 57, p. 445-452, 2008.
- PAZ LIMA, M.; CAFÉ-FILHO, A.C.; NOGUEIRA, N.L.; ROSSI, M.L.; SCHUTA, L.R. First report of clubroot of *Eruca sativa* caused by *Plasmodiophora brassicae* in Brazil. **Plant disease**, St. Paul, v. 88, p.573, 2004.
- PENALBER, A.T.T. **Controle alternativo da hérnia das crucíferas causada por *Plasmodiophora brassicae* em brócolis através de compostos orgânicos**. 168f. Tese (Doutorado em Fitopatologia). Brasília: Universidade de Brasília, 2009.
- PENG, G.; MCGREGOR, L.; LAHLALI, R.; GOSSEN, B.D.; HWANG, S.F.; ADHIKARI, K.K.; STRELKOV, S.E.; McDONALD, M.R. Potential biological control of clubroot on canola and crucifer vegetable crops. **Plant Pathology**, v. 60, 566-574, 2011.
- PENG, G.; PAGEAU, D.; STRELKOV, S.E.; GOSSEN, B.D.; HWANG, S.F.; LAHLADI, R. A >2-year crop rotation reduces resting spores of *Plasmodiophora brassicae* in soil and the impact of clubroot on canola. **European Journal of Agronomy**, v. 70, p. 78-84, 2015.
- PIAO, Z; RAMCHIARY, N.; LIM, Y.P. Genetics of Clubroot Resistance in *Brassica* Species **Journal Plant of Growth Regulation**, v. 28, p. 252-264, 2009.
- POMELLA, A. W.V.; RIBEIRO, R.T.S. Controle biológico com *Trichoderma* em grandes culturas – uma visão empresarial. In: BETTIOL, W.; MORANDI, M.A.B. (Orgs). **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**. Jaguariúna-SP: Embrapa Meio Ambiente, 2009, p. 239-244.
- PRAVEEN, V.; TRIPATHI, C.K.M. Studies on the production of actinomycin-D by *Streptomyces griseoruber*—a novel source. **Lett Appl Microbiol**, v. 49, p. 450-455, 2009.
- REIS, A. Hérnia das crucíferas. Brasília: Embrapa Hortaliças, **Comunicado Técnico**, nº 72, 2009.
- ROCHERIEUX, J., GLORY, P., GIBOULOT, A., BOURY, S., BARBEYRON, G., THOMAS, G., MANZANARES-DAULEUX, M. J. Isolate-specific and broad-spectrum QTLs are involved in the control of clubroot in *Brassica oleracea*. **Theoretical Applied Genetics**, v. 108, p. 1555-1563, 2004.

- RUARO, L.; LIMA NETO, V.C.; RIBEIRO JÚNIOR, P.J. Influência do boro, de fontes de nitrogênio e do pH do solo no controle de hérnia das crucíferas causada por *Plasmodiophora brassicae*. **Tropical Plant Pathology**, vol. 34, n. 4, p. 231-238, 2009.
- RUARO, L., LIMA NETO, V.C.; MOTTA, A.C.V. Efeito do pH do solo em diferentes níveis de inóculo no controle de *Plasmodiophora brassicae*. **Summa Phytopathologica**, v.36, n.1, p.16-20, 2010.
- SCHWELM, A. *et al.* The *Plasmodiophora brassicae* genome reveals insights in its life cycle and ancestry of chitin synthases. **Scientific reports**, v. 5, p. 1-12, 2015.
- TAKEISHI, J.; CECÍLIO FILHO, A. B.; OLIVEIRA, P. R. Crescimento e acúmulo de nutrientes em couve-flor ‘Verona’. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 4, p. 1-10, 2009.
- TIMILA, R.D.; CORRELL, J.C.; DUWADI, V.R. Severe and widespread clubroot epidemics in Nepal. **Plant Disease**, v. 92, n. 2, p.317, 2008.
- TOMAZELI, V.N.; SANTOS, I.; MORALES, R.G.F. Resíduos orgânicos para o controle das doenças do feijoeiro causadas por *Sclerotium rolfsii*. **Ambiência**, v.7, n.1 p. 65 – 74, 2011.
- VIDAL, M. C. Métodos Tradicionais de Controle da Hérnia das Crucíferas. Brasília: Embrapa Hortaliças, **Documentos**, nº 135, 2012, 20 p.
- VIÉGAS, A. P.; TEIXEIRA, A. R. Alguns fungos do Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 3, n. 8, p. 223-245, 1943.
- WALLENHAMAR, A.C. Monitoring and control of *Plasmodiophora brassicae* in spring oil seed brassica crops. **Acta Universitatis Agriculturae Sueciae**, Agraria 183. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, p. 53, 1999.
- WANG, J. ; HUANG, Y.; LIN, S.; LIU, F.; SONG, Q.; PENG, Y.; ZHAO, L. A strain of *Streptomyces griseoruber* isolated from rhizospheric soil of Chinese cabbage as antagonist to *Plasmodiophora brassicae*. **Ann Microbiol**, v. 62, p. 247–253, 2012.
- WEBB, P. C. Zoosporangia, believed to be those of *Plasmodiophora brassicae*, in the root hairs of non-cruciferous plants. **Nature**, v. 163, p. 608, 1949.
- WEBSTER, M. A.; DIXON, G. R. Calcium, pH and inoculum concentration influencing colonization by *Plasmodiophora brassicae*. **Mycological Research**, v. 95, n. 1, p. 64-73, 1991.
- WELLMAN, F.L. **Clubroot of crucifers**. US Dept. of Agriculture, n. 181, 1930, 331p.

CAPÍTULO I

CALAGEM E BIOFUNGICIDA NO CONTROLE DA HÉRNIA DAS CRUCÍFERAS EM COUVE-FLOR

RESUMO

A h ernia das crucíferas   uma doença de difícil controle e limitante ao cultivo de couve-flor. Com isso, a busca por estratégias de controle eficientes e acessíveis aos produtores   necessária para se viabilizar a produção desta cultura em várias regiões. O objetivo do presente trabalho foi: avaliar o efeito da calagem e de biofungicida a base de *Trichoderma harzianum* no manejo da h ernia das crucíferas e na produção de couve-flor. Realizaram-se dois ensaios no município de Nova Friburgo, RJ, em área de produtor de couve-flor. No primeiro ensaio, realizado no período de setembro a dezembro de 2015 em condições de campo, avaliou-se o efeito residual de quatro doses de calcário calcinado, 0,0, 1,0, 2,0 e 4,0 Mg.ha⁻¹ associado   aplicação do biofungicida na cultivar Barcelona. Ao final do ciclo, avaliou-se nas raízes a severidade da doença, volume de raízes s drias (VRS), com h ernias (VRH) e total (VRT); a massa fresca de raiz s dia (MFRS), com h ernias (MFRH) e total (MFRT); a porcentagem de raízes com h ernia expressas em volume (PVRH) e massa fresca (PMFRH) e a massa seca total de raiz (MSTR). Nas inflorescências foram avaliadas as massas fresca, seca e o diâmetro longitudinal (MFI, MSI e DLI, respectivamente), além da produtividade. No segundo ensaio, realizado no período de julho a outubro de 2016 em casa de vegetação, testou-se o biofungicida combinado a calagem com cal virgem (2,54 Mg.ha⁻¹), utilizando-se a cultivar Bola de Neve. Como testemunhas, utilizaram-se ciazofamida e  gua. Avaliaram-se os atributos das raízes, conforme o ensaio anterior, além da progressão da doença com base na avaliação da severidade aos 30, 50, 70, 90 e 100 dias após o transplantio. Em ambos os ensaios, registraram-se os efeitos da calagem nos atributos químicos do solo. Em campo, o aumento das doses de calcário elevou o pH, os teores de Ca²⁺ e a saturação de bases e reduziu os teores de Mg²⁺, Al³⁺ tóxico e a acidez potencial no solo. Observaram-se incrementos no VRS, MFRS, MFRT, MSTR, MFI, MSI, DLI, produtividade e redução do VRH em resposta às doses do corretivo. O biofungicida reduziu o crescimento das raízes e a MFI. Em casa de vegetação, a calagem aumentou o pH, teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ e reduziu o Al³⁺ no solo. Na planta, incrementou o VRT, VRS, MFRS, MFRT, MSTR e reduziu a PMFRH e severidade da doença. O uso do biofungicida foi equiparável   testemunha e inferior ao ciazofamida. Conclui-se que o biofungicida não foi eficaz no controle da doença e não afetou positivamente o crescimento de couve-flor. A calagem aumentou o crescimento radicular e produtividade. O fungicida ciazofamida reduziu a severidade e progressão da doença e precisa ser avaliado em condições de campo e ciclo mais longo.

Palavras-chave: *Brassica oleracea* var *botrytis*, *Plasmodiophora brassicae*, *Trichoderma harzianum*.

4. INTRODUÇÃO

A couve-flor (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) pertence à família *Brassicaceae* que abrange grande número de espécies de hortaliças de importância econômica e social. É uma cultura exigente em frio para florescer e produzir. No entanto, graças ao melhoramento genético, o seu cultivo tem sido bem sucedido em regiões tropicais e em períodos de meia estação e verão em regiões de maiores altitudes (MAY *et al.*, 2007; FILGUEIRA, 2008).

Dados do último censo agropecuário mostram que a produção nacional de couve-flor gira em torno de 140.000 toneladas por ano e se distribui em mais de 14.000 unidades produtivas (IBGE, 2006). O seu cultivo é feito principalmente, nos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro (IBGE, 2006; MAY *et al.*, 2007; FILGUEIRA, 2008). No Estado do Rio de Janeiro, dentre as hortaliças comercializadas no ano de 2015 na CEASA-RJ – Unidade Grande Rio, a couve-flor se destacou com aproximadamente 25.546 toneladas comercializadas, sendo a maior parte proveniente do próprio estado (99,6%), enquanto que 84,1% foram oriundas exclusivamente do município de Nova Friburgo-RJ, localizado na região Serrana (CEASA-RJ, 2015).

O cultivo intensivo de couve-flor na região Serrana do Rio de Janeiro é feito há mais de 50 anos e tem levado ao agravamento de uma série de problemas. Entre estes, está a multiplicação e disseminação de inóculo de *Plasmodiophora brassicae* Woronin, agente causal da hérnia das crucíferas, doença causadora de importantes perdas de produção nos cultivos de *Brassica* spp. em todo o mundo (DIEDERICHSEN *et al.*, 2016).

O fitopatógeno *P. brassicae* é um protozoário habitante do solo, específico de *Brassica* spp. e de natureza biotrófica (NIWA *et al.*, 2008; PENG *et al.*, 2011). Apresenta ciclo de vida complexo e com duas fases: no solo, onde sobrevive na forma de esporos de resistência com meia-vida de pelo menos 3-6 anos (WALLENHAMAR, 1999); e infectando as raízes, onde causa hiperplasia e hipertrofia nas células que resultam na formação de galhas e redução do sistema radicular ativo, comprometendo a absorção de água e de nutrientes (MARINGONI, 1997).

O aumento do pH do solo pode desfavorecer a infecção dos pelos radiculares pelo patógeno, retardar a maturação dos plasmódios e zoosporângios (WEBSTER & DIXON, 1991) e inibir a germinação dos esporos na rizosfera (NIWA *et al.*, 2008). Já o aumento nos níveis de Ca^{2+} no solo pode afetar a germinação dos esporos, a motilidade dos zoósporos e alterar a composição da microflora benéfica na rizosfera (DIXON & PAGE, 1998). Acredita-se que o pH do solo e o Ca^{2+} contribuam de forma independente na redução da doença (DIXON, 2009). Entretanto, o efeito supressivo expresso por estes dois fatores é difícil de ser diferenciado (NIWA *et al.*, 2008).

O controle da doença é dificultado por não existirem no mercado brasileiro cultivares de couve-flor resistentes e pela pouca disponibilidade de produtos para seu controle – existe apenas um princípio ativo registrado no MAPA, o ciazofamida. Este fungicida possui registro recente e atua sobre a germinação dos esporos de resistência (AGROFIT, 2017). Entretanto, pouco se sabe sobre a sua eficácia acerca de diferentes condições de cultivo, especialmente a longo prazo. Pela natureza da doença, a busca por alternativas integradas e eficazes para o seu controle e que resultem em menor impacto ao meio ambiente devem ser priorizadas.

O controle biológico de fitopatógenos de solo com biofungicidas a base do fungo *Trichoderma* spp. vem sendo recomendada para uma série de doenças como: *Phytophthora* spp., *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii*, *Sclerotinia sclerotiorum* e *Fusarium* spp. (LOPES, 2009; POMELLA & RIBEIRO, 2009). Alguns isolados de espécies de *Trichoderma* atuam por meio de mecanismos como antibiose (antibióticos, toxinas e enzimas que afetam o desenvolvimento de fungos), parasitismo e competição por espaço e substrato (BETTIOL *et*

al., 2012). Pouco se sabe, porém, sobre o seu uso na cultura de couve-flor e na redução das perdas causadas pela hérnia.

A prática da calagem, por sua vez, pode ser uma aliada na redução dos danos causados pela doença (DONALD & PORTER, 2009) e no incremento de produtividade em couve-flor. Sabe-se que esta é uma cultura altamente exigente em fertilidade do solo e com baixa tolerância a acidez e níveis altos de Al^{+3} tóxico no solo (MAY *et al.*, 2007). Outros benefícios dessa prática seriam o aumento da atividade biológica no solo (CAMPOS *et al.*, 2013), que pode ser importante na supressão da doença (PENALBER, 2009). No entanto, estudos envolvendo os efeitos da calagem no crescimento radicular, na produtividade da couve-flor e na sua combinação com outras formas de controle da hérnia das crucíferas ainda são escassos na literatura. Observa-se hoje na região do presente estudo negligência quanto à correção da acidez do solo, além da busca por produtos de ação fungicida para controle da doença. Estes produtos vêm sendo utilizados mesmo sem comprovação de sua real eficácia.

O presente trabalho teve como objetivos: 1) avaliar o uso de biofungicida à base de *Trichoderma harzianum* associado à calagem no desenvolvimento radicular, severidade da hérnia das crucíferas e produtividade em couve-flor, sob condições de campo; 2) avaliar a calagem combinada com *T. harzianum* sobre o desenvolvimento radicular, severidade e progressão da doença em condições de casa de vegetação.

5. MATERIAL E MÉTODOS

Realizaram-se dois experimentos em propriedade familiar localizada na comunidade de Serra Velha, município de Nova Friburgo-RJ (-22° 28'42" S e -42 63' 61" W), sendo um em condições de campo, no período de setembro a dezembro de 2015, e outro em casa-de-vegetação, no período de julho a outubro de 2016. Os dados meteorológicos dos respectivos períodos foram coletados junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2016).

5.1. Ensaio de campo

O experimento foi realizado em área com histórico de cultivo de couve-flor e ocorrência de hérnia-das-crucíferas. Como tratamentos foram utilizados calagem, com quatro doses de calcário, associada à aplicação ou não de biofungicida à base de *Trichoderma harzianum*.

A calagem foi realizada com a aplicação à lanço, seguida de incorporação com enxada rotativa, de quatro doses de calcário agrícola calcinado 0; 1,0; 2,0 e 4,0 Mg.ha⁻¹, (PRNT 104,5%), em outubro de 2014, sendo cultivado 1 ciclo de couve-flor no período de dezembro de 2015 a março de 2016. Posteriormente, a área foi mantida em pousio por cinco meses até a instalação do presente ensaio em setembro de 2015.

Como biofungicida, utilizou-se produto comercial à base de *T. harzianum* (Cepa ESALQ – 1306; 2x10⁹ conídios viáveis/mL) aplicado em três ocasiões. A primeira e a segunda aplicação foram realizadas via rega nas bandejas de mudas (1 mL/500 ml de água) uma semana antes e na data do transplântio, respectivamente. A terceira aplicação foi realizada aos 20 dias após o transplântio (DAT) pulverizando-se o solo ao redor das plantas (800mL/1300 L de água/ha) com a utilização de um pulverizador costal.

Antes do transplântio, preparou-se o solo por meio de aração e gradagem seguido de aplicação do herbicida à base de oxifluorfem na dose de 1L/ha. Na ocasião do transplântio, foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0-20 cm para fins de avaliação da fertilidade (EMBRAPA, 1997) e para contagem de esporos de resistência de *P. brassicae* (0-20 cm) (MURAKAMI *et al.*, 2000, modificado). Utilizaram-se mudas da cultivar de meia estação Barcelona (Seminis[®]) com 30 dias. Efetuou-se o transplântio para covas de cerca de 20x20x15 cm, feitas manualmente com auxílio de enxada, observando-se o espaçamento de 0,60x0,60 m. Na adubação de plantio foram aplicados 35 kg.ha⁻¹ de N na forma de sulfato de amônio, 100 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato simples e 40 kg.ha⁻¹ de K₂O, na forma de cloreto de potássio.

Logo após o transplântio, e ao longo do ciclo da cultura, irrigou-se por aspersão. As irrigações foram feitas em turnos de três dias, em complementação às chuvas. Efetuaram-se duas adubações de cobertura, aos 20 e 85 DAT, com aplicação de 85 kg.ha⁻¹ de N (sulfato de amônio) e 74 kg.ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio), em ambas as aplicações. Aos 57 DAT aplicou-se 1.400 kg.ha⁻¹ de composto organomineral comercial (contendo 15% de carbono orgânico, 1% de N, relação C/N 18, pH 6,5), além de pulverização com ácido bórico (2 g L⁻¹). Para o controle de plantas daninhas também foram realizadas capinas manuais aos 50 e 80 dias após o transplântio das mudas (DAT).

Cada parcela continha 20 m² de área e 56 plantas. Como parcela útil, consideraram-se as 10 plantas centrais de cada parcela. A colheita foi realizada aos 104 DAT, quando as inflorescências estavam em ponto de colheita comercial, caracterizado por inflorescências totalmente desenvolvidas, com os botões florais ainda unidos (cabeça compacta e ainda firme) (MAY *et al.*, 2007). Coletaram-se inflorescências e raízes e o material obtido foi acondicionado em sacos plásticos e transportado até laboratório para processamento posterior.

Determinou-se a massa fresca e o diâmetro transversal de cada inflorescência e, em seguida, tomou-se ¼ de cada inflorescência que foram seccionadas e homogeneizadas e agrupadas por parcela. Desta amostra composta, retiraram-se amostras de 500 g que foram secas e posteriormente preparadas para as análises químicas. Com os dados de massa fresca estimou-se a produtividade ($Mg \cdot ha^{-1}$).

As raízes foram lavadas, fotografadas e em seguida avaliadas individualmente quanto à severidade da hérnia das crucíferas, com base em escala de notas composta por sete níveis: 0%; 8%; 20%; 42%; 68%; 87% e 95% de raízes com galhas. A escala utilizada foi elaborada em ensaios anteriores (dados não mostrados) respeitando-se a “Lei do estímulo de Weber e Fechner” (HORSFALL & BARRATT, 1945).

Determinou-se o volume das raízes, sadias e com galhas, medindo-se o deslocamento de água em proveta graduada (BHERING *et al.*, 2017). O volume total das raízes (VTR) foi determinado pelo somatório do volume das raízes sadias (VRS) e das raízes com hérnias (VRH). Procedimento similar foi realizado para obtenção da massa fresca de raiz sadia (MFRS), com hérnias (MFRH) e total (MFRT). Com base no volume e na massa fresca de raízes com hérnia e total, determinaram-se de forma indireta as porcentagens de raízes com hérnia expressas em volume (PVRH) e massa fresca (PMFRH), onde: $PVRH = (VRH/VTR) \times 100$ e $PMFRH = (MFRH/MFRT) \times 100$.

As amostras compostas de inflorescências e individuais de raízes foram secas em estufa por 70° C até peso constante para obtenção dos valores de massa seca de inflorescência e massa seca total de raiz.

Observou-se o delineamento de blocos ao acaso, em esquema fatorial 4x2 (quatro doses de calcário e aplicação ou não do biofungicida) e quatro repetições. Os dados referentes à fertilidade do solo, número de esporos de resistência, volume e massa fresca de raízes sadias, com hérnias e totais, severidade da doença, porcentagens de volume e massa de raízes com galhas, massa seca total de raiz, produtividade e atributos de inflorescências (diâmetro, massa fresca e seca) foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Adicionalmente, quando significativas, foi realizada análise de regressão linear simples ou quadrática em função das doses do corretivo. Utilizou-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

5.2. Ensaio em casa-de-vegetação

Neste ensaio, avaliou-se o efeito da calagem e do biofungicida sobre atributos de raiz e progressão da hérnia das crucíferas em couve-flor. Foram utilizados dois tratamentos comparadores (testemunhas), sendo: controle químico com aplicação do fungicida ciazofamida e água. O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada em área de produtor de couve-flor em Nova Friburgo-RJ.

Utilizaram-se vasos com capacidade para 8,0 L preenchidos com solo coletado na camada superficial (0-20 cm) das parcelas testemunhas do ensaio anterior (sem calagem e sem aplicação de biofungicida) e homogeneizado numa betoneira, total de 5 vasos por parcela experimental. A partir do solo homogeneizado, coletaram-se amostra para as análises químicas de fertilidade (EMBRAPA, 1997) e contagem do número de esporos de resistência de *P. brassicae* (MURAKAMI *et al.*, 2000, modificado) (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos químicos iniciais e número de esporos de resistência de *Plasmodiophora brassicae* em solo utilizado para realização do ensaio.

pH	Ca	Mg	Na	Al	H+Al	CTC	K	P	C	V	Fe	Cu	Zn	Mn	Ni	Esporos
(água)	cmol _c /dm ³						mg/dm ³		%		mg/kg					n° g.solo ⁻¹
4,9	4,8	1,4	0,04	0,5	12,8	19,6	236,0	56,0	1,64	25,0	94,0	5,8	6,8	26,0	3,3	4,5x10 ⁷

Posteriormente, com o objetivo de se determinar a quantidade de corretivo a ser aplicada nos tratamentos com calagem, foi feita uma curva de neutralização (Figura 2) através da incubação do solo com doses crescentes de cal virgem - CaO (PRNT 125%) até a estabilização do pH. O solo foi mantido com capacidade de campo de 70%. Foi obtida a equação $\text{pH}=5,532+0,3799(\text{dose})$ $R^2=94,46\%$, sendo os valores expressos em toneladas do corretivo por hectare (Figura 2). O pH proposto foi de 6,5, ideal para a cultura de couve-flor (MAY *et al.*, 2007), sendo alcançado com a dose equivalente a 2,54 Mg.ha⁻¹ de CaO PRNT 125%, considerando-se a profundidade de até 20 cm por hectare.

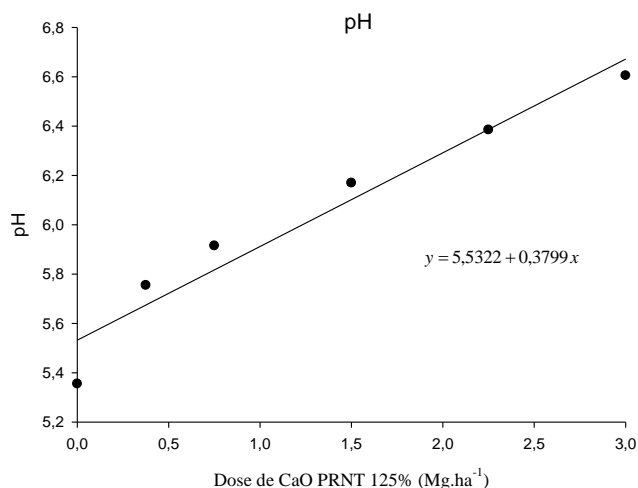


Figura 2. Efeito da adição de doses crescentes de CaO (PRNT 125%) no pH do solo.

Utilizaram-se como tratamentos, portanto, a aplicação ou não de CaO (2,54 Mg.ha⁻¹, equivalente a 8,83 g por vaso), combinado com a aplicação de três tratamentos: biofungicida à base de *T. harzianum*, ciazofamida e testemunha (água). Como biofungicida utilizou-se o mesmo produto do ensaio anterior e as aplicações foram realizadas nas mudas no dia do transplântio por meio de rega (1 mL/500 ml de água/bandeja) e aplicação no solo ao redor das plantas aos 7 e 17 DAT (800 mL/1080 L de água/ha). Como testemunhas, utilizaram-se dois tratamentos: fungicida à base de ciazofamida (400g/L), aplicado via rega (2 mL/500mL de água, por bandeja) e em duas aplicações adicionais nos vasos (1,5 L/1080 L de água/ha) nas mesmas ocasiões utilizadas do biofungicida; aplicação de apenas água nas mesmas épocas.

O corretivo foi aplicado ao solo e em seguida homogeneizado em betoneira e logo após, distribuído nos vasos. Procedimento similar foi realizado nos tratamentos sem adição do corretivo. Todos os vasos foram mantidos úmidos por 50 dias até a data do transplântio das mudas. Na ocasião do transplântio, coletaram-se novas amostras compostas de cada parcela para obtenção dos valores de pH, Ca⁺², Mg⁺², Al⁺³ e H+Al (EMBRAPA, 1997).

Transplantaram-se duas mudas por vaso, cultivar Bola de Neve, com 30 dias de idade, seguido de desbaste aos sete dias após o transplântio deixando-se uma muda por vaso, totalizando-se 120 plantas úteis. Na adubação de plantio, aplicaram-se sulfato de amônio (equivalente a 35 kg.ha⁻¹ de N), de superfosfato simples (100 kg.ha⁻¹ de P₂O₅) e cloreto de potássio (40 kg.ha⁻¹ de K₂O). Na adubação de cobertura, realizada aos 35 e 75 DAT, aplicaram-se sulfato de amônio (85 kg.ha⁻¹ de N) e cloreto de potássio (75 kg.ha⁻¹ de K₂O). Aos 75 DAT, aplicou-se ácido bórico (2 g L⁻¹), via pulverização foliar.

Realizaram-se coletas de uma planta por parcela aos 30, 50, 70, 90 e 100 DAT onde se avaliou a severidade da doença. As plantas tiveram suas raízes cuidadosamente lavadas e, posteriormente, avaliadas quanto à severidade com base na escala de notas composta por sete níveis: 0%; 8%; 20%; 42%; 68%; 87% e 95% de raízes com galhas. Com os dados de

severidade, obtidos ao longo das cinco avaliações, construíram-se as curvas da progressão da doença no tempo em função da aplicação dos tratamentos e calcularam-se os valores da Área Abaixo da Curva do Progresso da Doença (AACPD) (SHANER & FINNEY, 1977).

$$AACPD = \sum_{i=1}^n \left[\frac{(Y_{i+n1} + Y_i)}{2} \right] [X_{i+1} + X_i]$$

Onde, Y_i = severidade da hérnia das crucíferas naquela avaliação, X_i = tempo (dias) na avaliação *ith* e n = número total de avaliações.

Na última avaliação, realizada aos 100 DAT, avaliaram-se as raízes quanto à severidade doença (%), estimada com auxílio de escala de notas; volume e massa fresca de raízes sadias, com hérnia e total; porcentagens de raízes com hérnia, expressas em volume e massa fresca, conforme apresentado na descrição do ensaio anterior. As amostras individuais de raízes foram secas em estufa por 70° C até peso constante para obtenção dos valores de massa seca total de raiz.

Adotou-se o delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema fatorial 2x3 sendo, com e sem calagem, e três diferentes tratamentos, respectivamente. As parcelas experimentais foram compostas por cinco vasos contendo uma planta cada.

Os dados de pH, Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} trocáveis, AACPD, severidade aos 100 DAT, e os volumes e massas frescas de raízes sadias, com galhas e total, além da massa seca de raiz total, ambos obtidos 100 DAT, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Ensaio de Campo

Durante a condução do ensaio, registraram-se temperaturas médias de 15 a 20 °C, com picos de 32 °C, umidade relativa do ar média acima de 75% e precipitações leves e frequentes no início do ciclo e intensas no final (Figura 3).

Observou-se efeito significativo da dose de corretivo sobre o pH, acidez potencial (H+Al), teores de Al^{+3} , Ca^{+2} , Mg^{+2} e saturação de bases (V%) (Anexo A). Observaram-se incrementos significativos nos valores de pH em função das doses de calcário (Figura 4). O pH variou de 5,61 na dose de 0,0 $Mg.ha^{-1}$ a 6,17 na dose de 4 $Mg.ha^{-1}$. Outros acréscimos significativos foram observados nos teores de cálcio (3,70 a 6,30 $cmol/dm^3$) e também na saturação de bases (V%) (39,75 a 58,54%). O aumento do V (%) provavelmente esteve condicionado ao aumento dos teores de cálcio.

Os teores de Mg^{+2} e de Al^{+3} tóxico por sua vez, decresceram de forma significativa com o aumento das doses do corretivo (Figura 4). A redução do teor de Mg com o aumento das doses deve-se ao deslocamento do Mg por ação de massa do Ca^{+2} adicionado através da aplicação do calcário (CAMPOS *et al.*, 2013). Os teores de Al^{+3} decresceram de forma significativa com o aumento das doses, porém, no geral foram baixos, mesmo na dose de 0 $Mg.ha^{-1}$ (Figura 4). Os efeitos das doses nos valores de pH, acidez potencial (H+Al), teores de Ca, Mg e saturação de bases foram bem descritos por equações lineares simples (Figura 4), enquanto os teores de Al^{+3} foram melhor ajustados por equação quadrática.

A adição de doses crescentes de calcário melhorou significativamente os atributos do solo associados à acidez: pH, H+Al, Al^{+3} ; aumentou o teor de Ca^{+2} e a saturação de bases (V%) e reduziu os teores de Mg^{+2} . Este efeito persistiu mesmo com esta aplicação tendo sido feita 11 meses antes da implantação do presente ensaio, previamente ao ciclo anterior ao último ciclo da cultura na área. Segundo Sousa *et al.* (2007) a calagem pode apresentar efeito residual que persiste por vários cultivos com culturas anuais ou forrageiras e a durabilidade deste efeito depende da dose utilizada, podendo o manejo adequado do solo maximizar esse efeito. O valor de pH obtido (6,2) na dose de 4,0 $Mg.ha^{-1}$ de calcário está de acordo com o preconizado para a cultura (6,0 a 6,8), enquanto os teores de cálcio e de Al^{+3} tóxico, em ambas as doses, estiveram dentro da faixa apropriada (MAY *et al.*, 2007; FILGUEIRA, 2008; GUERRA *et al.*, 2013). Os teores de Mg^{+2} e a saturação de bases encontrada, por sua vez, podem ser considerados baixos para a cultura (FILGUEIRA, 2008; GUERRA *et al.*, 2013).

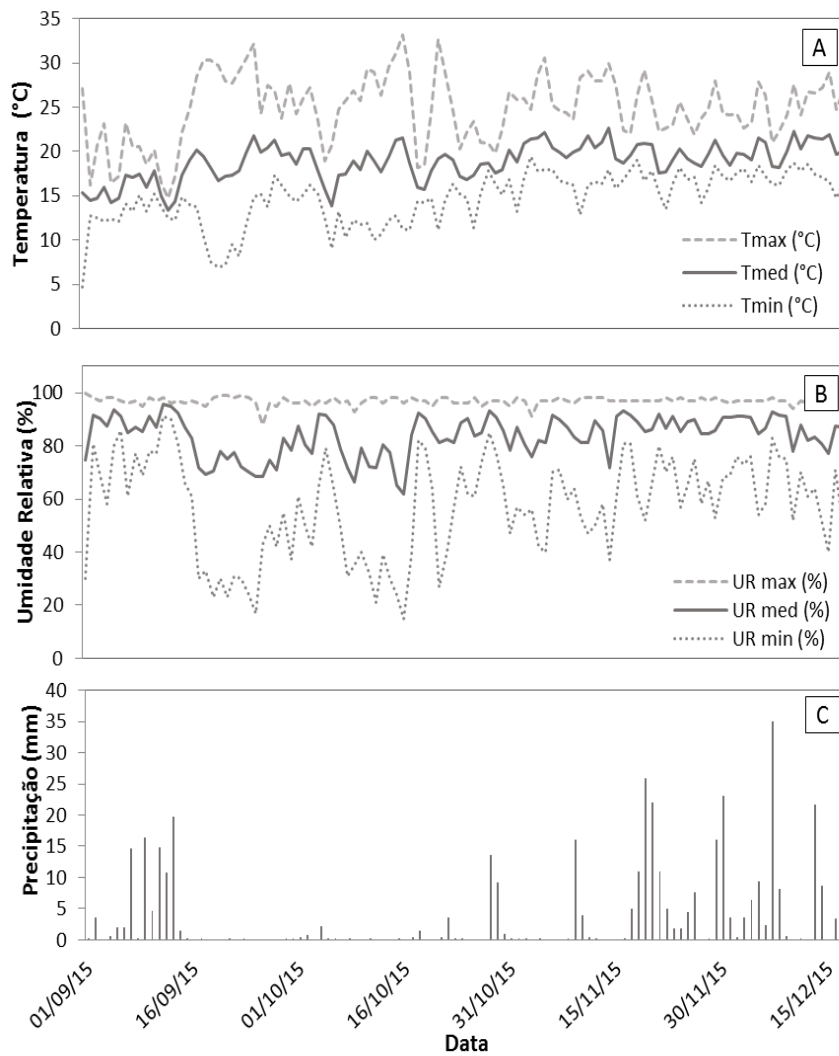


Figura 3: Registros diários de temperatura (A), umidade relativa (B) (máxima, média e mínima) e precipitação (C) no período compreendido entre setembro a dezembro de 2015 em Nova Friburgo-RJ, 2015. Fonte: INMET

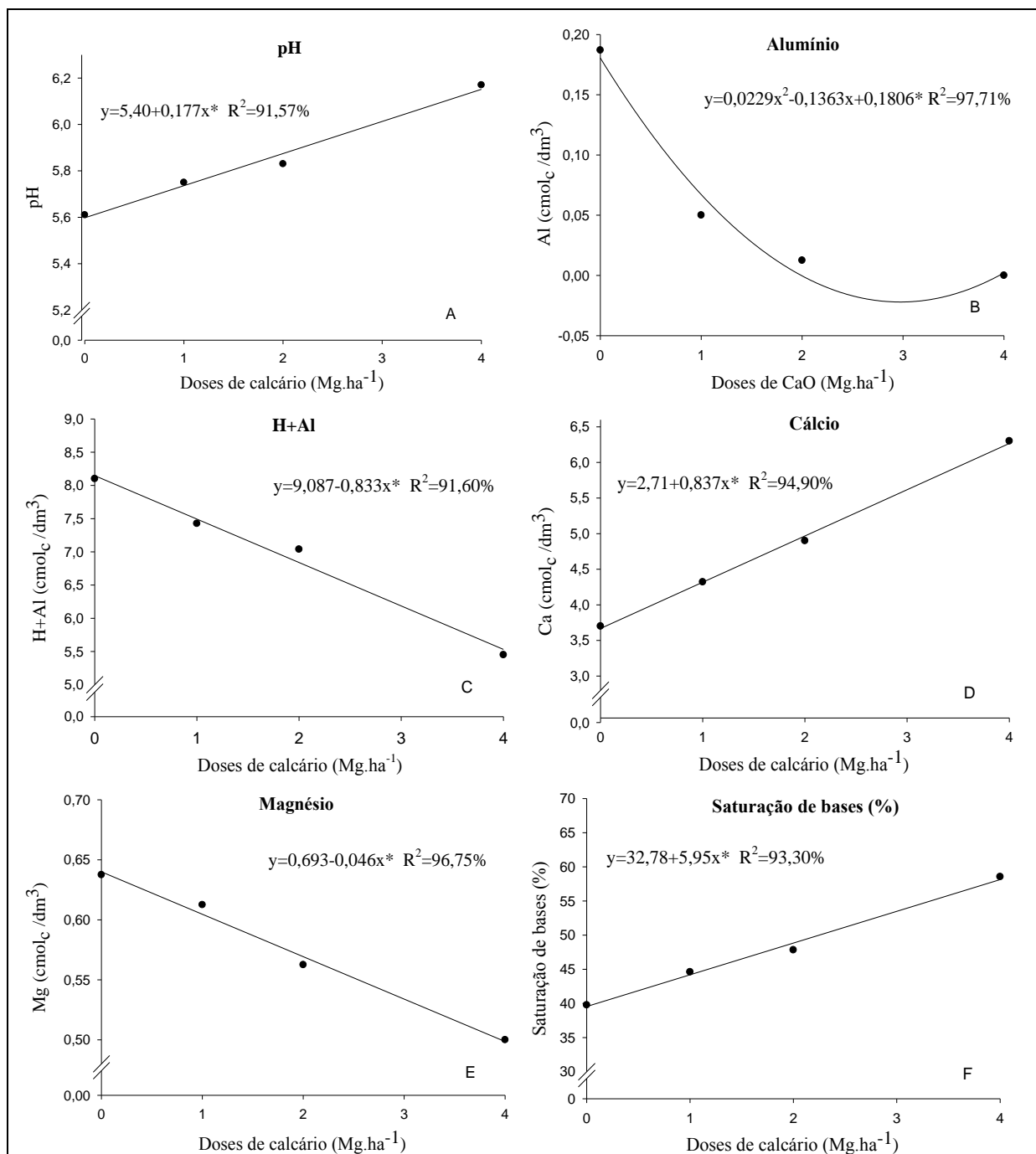


Figura 4: Valores de pH (A), teor de Al^{3+} (B), acidez potencial (H+Al) (C), teores de Ca (D) e Mg (E) e saturação de bases (F), na profundidade de 0-20 cm do solo, correspondentes aos efeitos residuais da aplicação de quatro doses de calcário calcinado e avaliados antes do transplântio da couve-flor. Set/dez de 2015, Nova Friburgo, RJ. *Significativo a 5% de probabilidade.

Esporos de resistência de *P. brassicae* foram observados em todas as parcelas em concentração que variou de 2,81 a $3,13 \times 10^7$ unidades $g.solo^{-1}$, porém sem diferirem significativamente em função dos tratamentos (Anexo A). Esta densidade de esporos, considerada de média a alta é propícia ao desenvolvimento da doença (PENALBER, 2009), devido, provavelmente, ao cultivo frequente de couve-flor na área há mais de 30 anos e ao último cultivo realizado há apenas cinco meses.

Observou-se desenvolvimento da h ernia das crucíferas em todas as parcelas, porém com efeito significativo, mas negativo, da aplica o de *Trichoderma* sobre o volume de raiz total, sadia e doente, massa fresca de raiz total e doente (Tabela 2). Efeitos da aplica o de doses de calcário no volume de raízes, total, sadias e com galhas, e na massa fresca de raiz, total, sadia e com galhas, também foram observados assim como intera o significativa entre *Trichoderma* x doses de calcário sobre o volume total de raízes (Figura 5). O efeito dos tratamentos sobre os valores de severidade, estimados com auxílio de escala de notas, não foi significativo (Anexo B).

Observaram-se, mais frequentemente, efeitos estatísticos significativos com a calagem do que com a aplica o de *T. harzianum*. O volume de raiz total, sadia e com galhas, assim como a massa fresca total de raiz e massa fresca de raiz com galhas foi significativamente menor nas plantas tratadas com o biofungicida do que nas não tratadas (Tabela 2) indicando efeito negativo do biofungicida sobre o crescimento radicular da couve-flor e também sobre a forma o de galhas. O menor crescimento das raízes, provavelmente, contribuiu para a redu o da frequência de galhas devido   redu o do volume de solo explorado e, assim, menor área de contato com esporos do patógeno no solo. Apesar do efeito significativo da intera o *Trichoderma* x dose de calcário sobre volume de raízes totais, com acréscimos no volume de raiz com o aumento das doses associado ao uso de *Trichoderma* (Figura 5A), este efeito, provavelmente, deve-se   eleva o do pH e neutraliza o de Al^{+3} que pode ter favorecido positivamente e significativamente o crescimento das raízes (BHERING *et al.*, 2017).

Tabela 2. Volume e massa fresca de raiz, total, sadia e com galhas de h ernia das crucíferas, causada por *Plasmodiophora brassicae*, e acúmulo de massa seca em inflorescências de couve-flor, cultivar Barcelona, em fun o da aplica o, ou não, de biofungicida   base de *Trichoderma harzianum*, em condi es de campo. Set/dez de 2015, Nova Friburgo-RJ.

Tratamentos	Volume de raiz (mL)			Massa fresca de raiz (g)		Massa Seca de inflorescência (g)
	Total	Sadia	Galhas ¹	Total	Galhas ¹	
Com <i>Trichoderma</i>	33,35 b	24,45 b	6,95 b	46,28 b	7,28 b	27,00 b
Sem <i>Trichoderma</i>	40,51 a	32,24 a	10,95 a	56,84 a	12,00 a	32,85 a
CV (%)	11,93	23,10	16,50	16,10	17,19	26,41

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). ¹-Dados transformados $\sqrt{x+1}$.

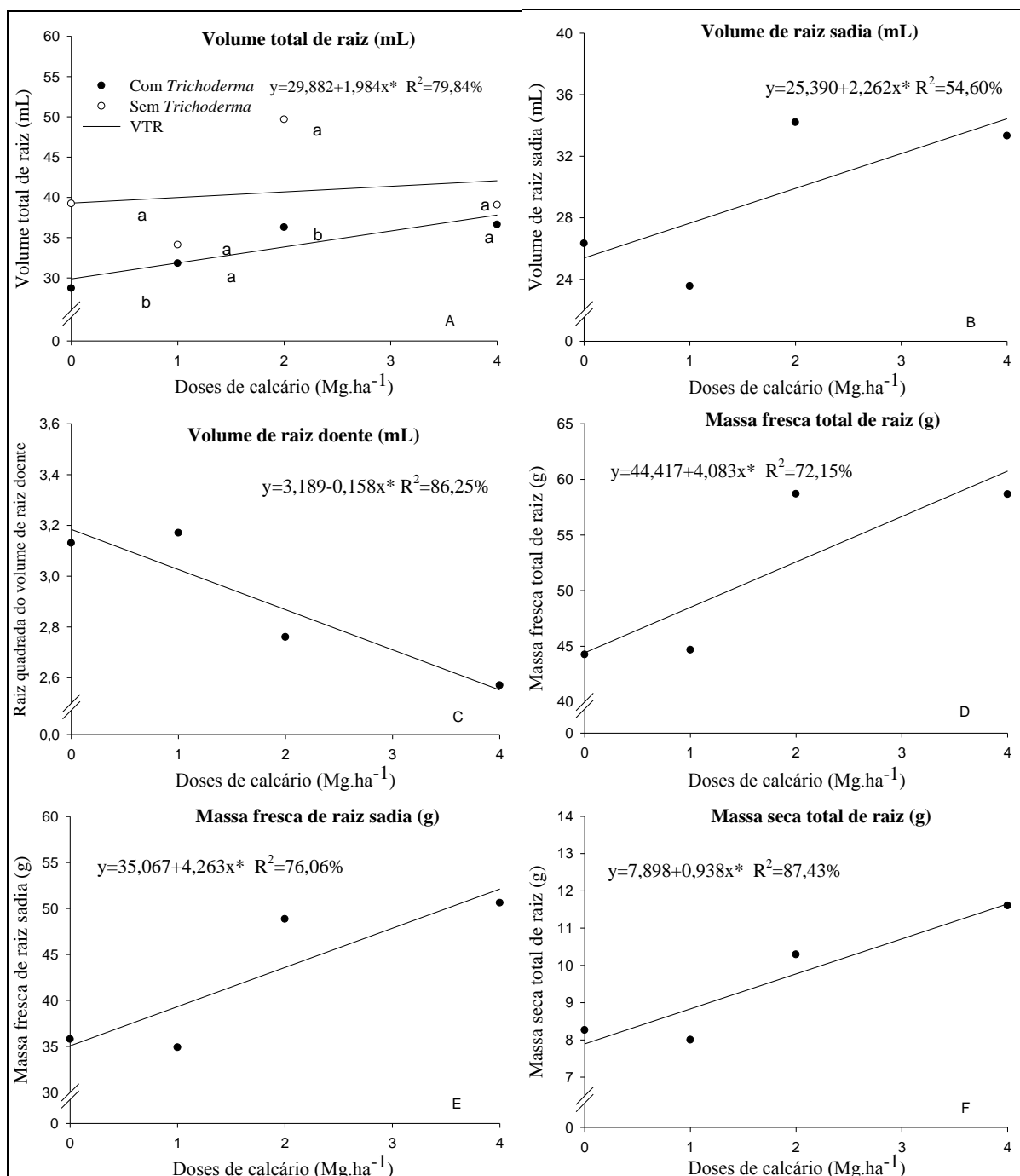


Figura 5: Volume total de raiz (A), de raízes sadias (B) e com galhas da hérnia das crucíferas, causada por *Plasmodiophora brassicae* (C), massa fresca de raiz total (D), de raízes sadias (E) e massa seca total de raiz (F) de plantas de couve-flor, cv. Barcelona, em função da aplicação de quatro doses de calcário calcinado em condições de campo. Set/Dez de 2015, Nova Friburgo-RJ. *Significativo a 5% de probabilidade. Doses seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si quanto o uso ou não de biofungicida a base de *T. harzianum*.

O efeito negativo do tratamento com biofungicida sobre o desenvolvimento radicular afetou o desenvolvimento das plantas e o acúmulo de massa seca das inflorescências (Tabela 2). Na Nova Zelândia, Cheah & Page (1997) e Cheah *et al.* (2000) apesar de observarem redução da severidade da hérnia em couve-chinesa e couve-flor, respectivamente, com aplicação de isolados de *Trichoderma harzianum*, não obtiveram incrementos significativos no acúmulo de massa na parte aérea das plantas.

O aumento na dose de calcário proporcionou incrementos crescentes e significativos dos volumes e massa fresca de raízes total, sadia e da massa seca total das raízes, além de redução do volume de raízes com hérnia (Figura 5). O aumento das doses também afetou de forma positiva e, significativamente, o desenvolvimento das inflorescências, expressa tanto em acúmulo de massa fresca e seca como pelo diâmetro médio (Figura 6). Este efeito, provavelmente, deve-se à elevação do pH, neutralização do Al^{+3} e aumento da disponibilidade de Ca^{+2} no solo (Figura 4) como ao favorecimento do desenvolvimento das raízes (total e sadias) e redução das raízes com galhas (Figura 5). Este resultado proporcionou ganhos significativos em produtividade da ordem de 20%, 46,8% e 37,8% com as doses de 1, 2 e 4 Mg/ha de calcário, respectivamente (Figura 6). Tais resultados corroboram aos obtidos por Penalber (2009) que observou redução no índice da doença e incrementos na massa fresca em brócolis ao elevar o pH do solo com o uso $4,0\text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de calcário dolomítico.

Os diâmetros e as massas frescas das inflorescências bem como a produtividade foram inferiores aos observados por Moraes Junior *et al.* (2012) com seis cultivares de couve-flor de verão, nas condições de Ipameri-GO, e compatíveis com a relatada por Torres *et al.* (2015) para a cultivar Sharon, cultivada nas condições de outono-inverno em Uberaba-MG. Deve-se considerar, porém que no presente ensaio registraram-se condições climáticas adversas à cultura, tais como longo período de estiagem e temperaturas com picos de 32°C , além de precipitações intensas na fase final do ciclo, obrigando a uma colheita relativamente precoce da cultura (Figura 3).

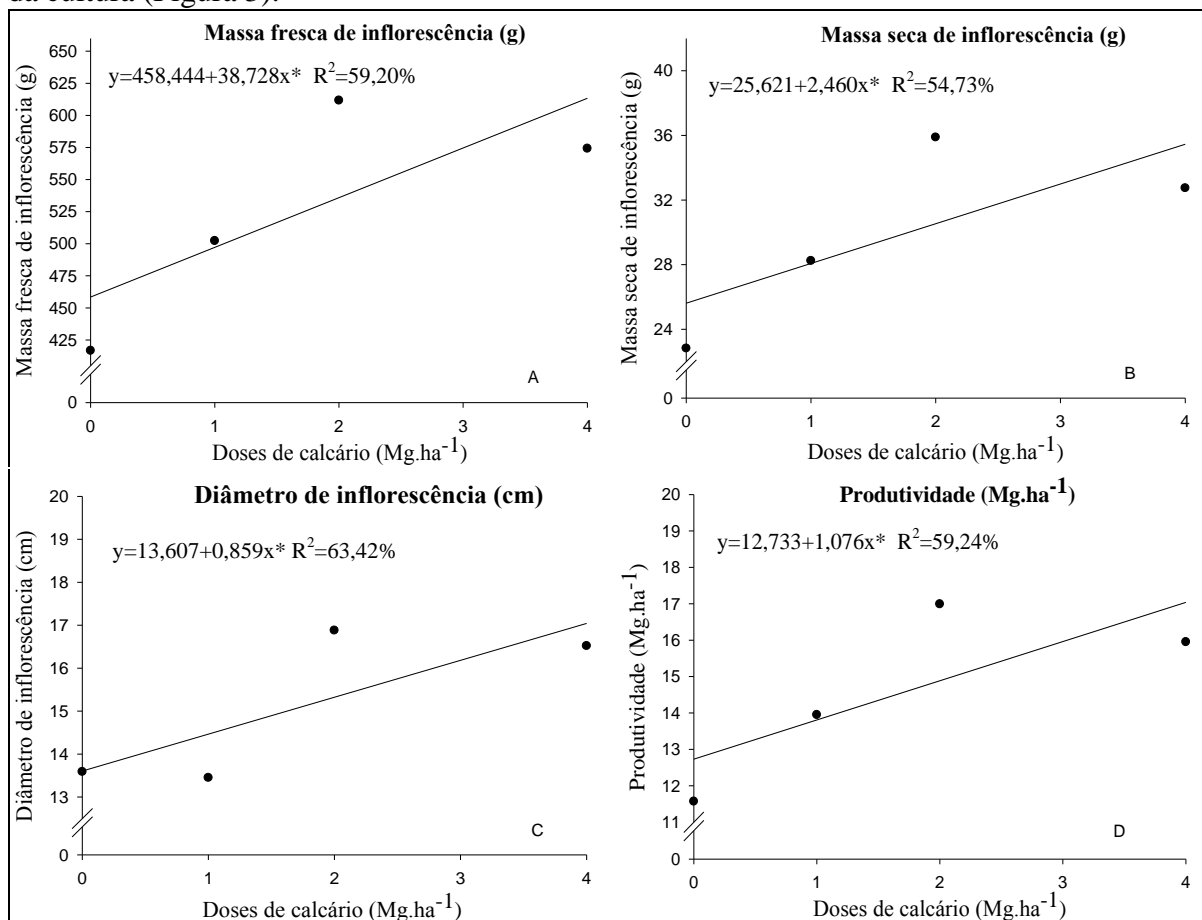


Figura 6: Massa fresca (A), seca (B) e diâmetro (C) das inflorescências e produtividade (Mg·ha⁻¹) (D) de couve-flor, cv. Barcelona, em função da aplicação de quatro doses de calcário calcinado em condições de campo. Set/Dez de 2015, Nova Friburgo-RJ. *Significativo a 5% de probabilidade.

6.2 Ensaio em casa de vegetação

Observou-se efeito significativo da calagem sobre o valor de pH e níveis de Ca^{+2} , Mg^{+2} e Al^{+3} no solo coletado na ocasião do transplântio (Tabela 3). Entretanto, apesar de diferir estatisticamente (Tabela 3), o valor de pH obtido no tratamento com calcário é baixo e situou-se abaixo do valor preconizado para a cultura (MAY *et al.*, 2007). Este resultado deve-se, provavelmente, ao elevado poder tampão do solo utilizado. Já os teores de $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$, em ambos os casos, se situaram dentro da faixa citada como adequada para a cultura que é de $3 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$ (GUERRA *et al.*, 2013). Da mesma forma, os teores de Al^{3+} , apesar de neutralizado com a calagem, foram considerados como baixos, pois só se recomenda correção quando os valores são superiores a $0,3 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$ (FREIRE *et al.*, 2013).

Tabela 3. Efeito da realização ou não de calagem (2,54 Mg de CaO/ha) sobre os valores de pH e teores de cálcio, magnésio e alumínio trocáveis no solo, sob condições de casa de vegetação. Agosto a outubro de 2016, Nova Friburgo-RJ.

Tratamentos	pH	Ca	Mg	Al ¹
	(água)	$\text{cmol}_c / \text{dm}^3$	$\text{cmol}_c / \text{dm}^3$	$\text{cmol}_c / \text{dm}^3$
Com calagem	5,43 a	5,54 a	3,38 a	0,08 a
Sem calagem	5,10 b	4,31 b	2,18 b	0,27 b
CV%	1,92	7,24	25,37	4,69

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

¹-Dados transformados por $\sqrt{\text{por } x+1}$.

Até a data da última coleta, aos 100 DAT, as plantas de couve-flor ainda não haviam emitido inflorescência e, com isso, os dados de produtividade não puderam ser obtidos. Este resultado deve-se, provavelmente, à alta exigência de frio da cultivar utilizada aquém das registradas (Figura 7).

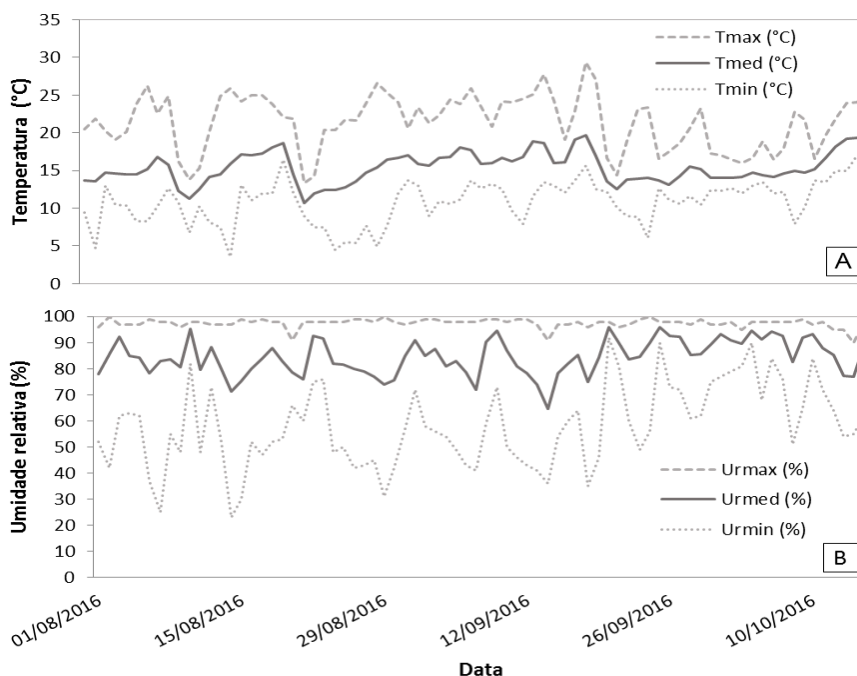


Figura 7: Registros diários de temperatura (A), umidade relativa (B) (máxima, média e mínima) obtidos no período compreendido entre agosto a outubro de 2016 durante condução de ensaio em casa de vegetação em Nova Friburgo-RJ, 2016. Fonte: INMET.

Sintomas da doença foram observados em todos os tratamentos aos 50 DAT, porém, com menor severidade no tratamento à base de ciazofamida, que se manteve abaixo de 13% ao longo das três avaliações seguintes (Figura 8). Esta menor severidade ao longo do tempo resultou em valor significativamente menor de AACPD comparado aos demais tratamentos (Tabela 4). O tratamento com *T. harzianum* não afetou o desenvolvimento da doença e apresentou valores de severidade semelhante aos da testemunha durante todo o ensaio e, conseqüentemente, valores de AACPD estatisticamente iguais (Figura 8, Tabela 4). Comparado à testemunha, o tratamento com *T. harzianum* também não afetou o desenvolvimento das raízes, totais e com galhas, nem a porcentagem de volume e de massa fresca de raízes com galhas (Tabela 4). O tratamento com ciazofamida, por sua vez, proporcionou menores valores e porcentagens de massa e volume de galhas, comparado aos dois demais tratamentos (Tabela 4).

A calagem, por mais que o pH alcançado tenha sido abaixo do preconizado para a cultura, proporcionou aumentos significativos do volume de raiz total e sadia, das massas fresca e seca total de raiz, além de redução da massa fresca de galhas, expressa em porcentagem (Tabela 4). Entretanto, não afetou a progressão da doença (AACPD) avaliada ao longo das cinco avaliações. Apesar de não terem sido observados diferenças entre os tratamentos com e sem calagem quanto aos valores de AACPD, deve ser mencionado aumento de severidade na quinta avaliação, aos 100 dias após o transplântio, nas parcelas sem calagem comparada às com calagem, em todos os tratamentos (Figura 8).

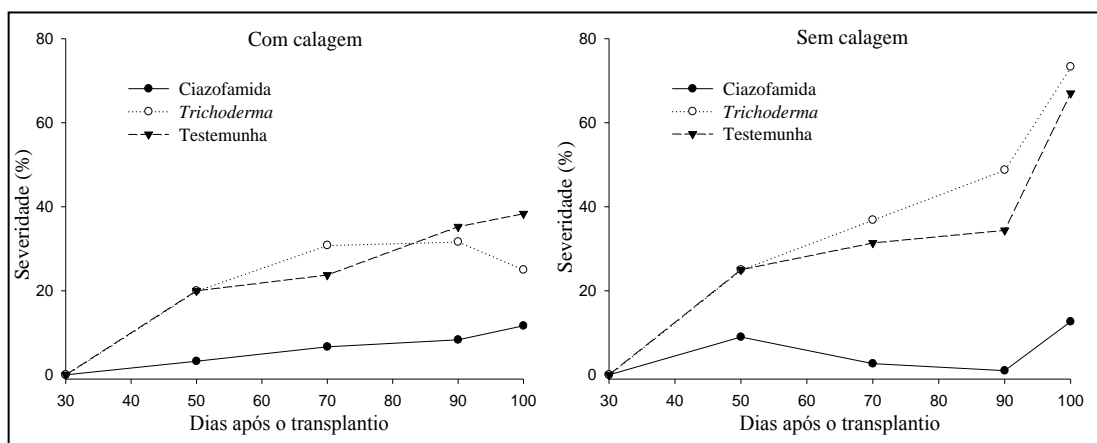


Figura 8: Progressão da h ernia das crucíferas, causada por *Plasmodiophora brassicae*, em plantas de couve-flor cv. Bola de Neve submetidas a três tratamentos, ciazofamida (1,5L/ha), *Trichoderma harzianum* (800mL/ha) e testemunha ( gua) em solo com e sem calagem (2,54 Mg de CaO/ha), em condi es de casa de vegeta o. Agosto a outubro de 2016, Nova Friburgo-RJ.

Tabela 4. Efeito da realização ou não da calagem (2,54 Mg de CaO/ha) sobre o volume de raízes total e sadia, da massa fresca de raiz total, porcentagem da massa fresca das raízes com galhas de hérnia das crucíferas, causada por *Plasmodiophora brassicae*, e massa seca total das raízes; além dos efeitos dos tratamentos, ciazofamida (1,5L/ha), *Trichoderma harzianum* (800mL/ha) e testemunha (água), sobre o volume, massa fresca, e respectivas porcentagens, de raízes com galhas e a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), em condições de casa de vegetação. Agosto a outubro de 2016, Nova Friburgo-RJ.

Tratamentos	Volume de raiz (mL)		Massa fresca de raiz total (g)	Massa de galhas (%) ¹	Massa seca de raiz (g) ¹
	Total	Sadia ¹			
Com calagem	41,00 a	26,44 a	41,76 a	27,47 b	4,77 a
Sem calagem	27,16 b	12,41 b	21,99 b	50,75 a	2,44 b
CV (%)	26,58	16,11	25,77	18,55	22,97

Tratamentos	Volume de galhas (mL) ¹	Volume de galhas (%) ¹	Massa fresca de galhas (g) ¹	Massa de galhas (%) ¹	AACPD ¹
Ciazofamida	9,25 b	26,74 b	5,60 b	17,80 b	294,43 b
<i>T. harzianum</i>	15,75 ab	51,76 a	13,73 a	52,93 a	1809,84 a
Testemunha	18,20 a	48,62 a	13,87 a	46,60 a	1588,34 a
CV (%)	25,77	21,47	22,97	18,19	33,63

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). ¹-Dados transformados $\sqrt{x+1}$.

Houve efeito significativo da interação entre calagem e tratamentos sobre as variáveis massa fresca de raiz sadia e severidade da doença avaliada aos 100 DAT (Tabela 5). A calagem favoreceu significativamente a formação de raízes sadias e a redução da severidade final da doença, avaliada aos 100 DAT comparada à sua não realização (Tabela 5).

Tabela 5. Efeito da interação entre calagem (2,54 Mg de CaO/ha) e de tratamentos para controle da hérnia das crucíferas, causada por *Plasmodiophora brassicae*, ciazofamida (1,5L/ha), *Trichoderma harzianum* (800mL/ha) e testemunha (água), sobre a massa fresca de raízes sadias e severidade da doença aos 100 dias após o transplante das mudas(DAT) em condições de casa de vegetação. Agosto a outubro de 2016, Nova Friburgo-RJ.

Tratamentos	Massa fresca de raiz sadia (g) ¹			Severidade aos 100 DAT (%) ¹		
	Com calagem	Sem calagem	Média	Com calagem	Sem calagem	Média
Ciazofamida	36,27 Aa	17,29 Ba	26,78 a	11,66 Ab	12,66 Ab	12,16 b
<i>T. harzianum</i>	31,85 Aa	3,49 Bab	17,67 ab	25,00 Aab	73,33 Ba	49,16 a
Testemunha	22,7 Aa	13,25 Bb	17,97 b	38,33 Aa	67,00 Ba	52,66 a
Média	30,27 A	11,34 B		25,00 B	51,00 A	
CV(%)		18,55			23,00	

*Para cada variável, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). ¹-Dados transformados $\sqrt{x+1}$.

O efeito dos tratamentos na massa fresca de raiz sadia somente foi observado nas parcelas sem calagem, com maior massa média no tratamento com ciazofamida comparado aos demais (Tabela 5). Já o efeito dos tratamentos sobre a severidade da doença avaliada ao 100 DAT foi, significativamente, mais acentuado nas parcelas sem calagem, com maior desenvolvimento da doença (Tabela 5 e Figura 8), sendo o destaque positivo para o tratamento com ciazofamida, com menor severidade. O tratamento com *T. harzianum*, de

forma geral, não diferiu da testemunha, seja quanto ao desenvolvimento das raízes e a progressão (AACPD) e severidade final da doença (Tabelas 4 e 5). A progressão da doença, expressa pelos valores de AACPD, foi significativamente inferior no tratamento com ciazofamida comparado a *T. harzianum* e testemunha, que não diferiram entre si (Tabela 4).

Estas informações relativas à severidade da doença e desenvolvimento das raízes, especialmente a massa fresca de raízes sadias, permitem inferir que o uso do produto à base de *T. harzianum* testado, nas condições avaliadas, não auxiliou no controle da hérnia das crucíferas em couve-flor. Entretanto, o produto químico à base de ciazofamida reduziu a severidade da doença, apesar de aparente tendência de elevação da severidade na última avaliação. Destaque, porém, para o efeito da calagem combinado ao uso de ciazofamida, tanto por reduzir a intensidade da doença como por apresentar maior massa de raízes sadias.

O efeito ocasionado pela calagem decorre, provavelmente, tanto por sua ação benéfica na neutralização de Al^{+3} (SOUSA *et al.*, 2007), e assim menor inibição do desenvolvimento das raízes, como pelo efeito positivo da elevação do pH e dos níveis de Ca na redução da germinação dos esporos de *P. brassicae* e infecção das raízes pelo patógeno (WEBSTER & DIXON, 1991; NIWA *et al.*, 2007; NIWA *et al.*, 2008). Ou seja, a calagem além de reduzir as infecções, favorece o desenvolvimento radicular e melhora a nutrição da planta, o que pode compensar as perdas causadas pela doença.

No presente trabalho, nas condições utilizadas, não houve efeito positivo da aplicação de biocontrole com produto à base de *T. harzianum*. Este resultado contraria os de Yu *et al.* (2015) que relatam efeitos positivos do biocontrole da hérnia com *T. harzianum*, isolado T4, devido à inibição da germinação dos esporos de *P. brassicae*, e regulação da comunidade microbiana da rizosfera em *Brassica chinensis*. Enquanto outros autores citam redução da severidade da doença com a utilização de isolados de *T. harzianum* em couve-chinesa (CHEAH & PAGE, 1997) e couve-flor (CHEAH *et al.* 2000).

Os resultados aqui obtidos com falha no controle biológico da doença não são incomuns e decorrem, provavelmente, das diferentes condições de ambiente, microflora habitual do solo, densidade e viabilidade dos esporos do patógeno no solo, entre outros. Sabe-se que sob alto potencial de inóculo, a eficiência de práticas de manejo da hérnia das crucíferas pode ser comprometida (PENALBER, 2009). Assim como no presente ensaio, relatos de falha no controle da doença com *T. harzianum* e efeito positivo de produto à base de ciazofomida no controle da hérnia é apresentado por Peng *et al.* (2011) em canola, no Canadá. Entretanto, os mesmos autores encontraram efeitos promissores ao se utilizar outros microrganismos antagonistas como *Bacillus subtilis* e *Gliocladium catenulatum*.

Divergências quanto a resultados de controle biológico são comuns e devem-se aos diferentes fatores mencionados e, principalmente, por diferenças entre as condições de ambiente. Tanto o antagonista como o patógeno podem afetar e serem afetados pelo ambiente devendo os antagonistas ser ativos e adaptados a uma faixa climática e edáfica no mínimo igual ou preferencialmente mais larga que a adequada ao fitopatógeno (NARISAWA *et al.*, 2005; BLUM, 2006). Além disso, os mecanismos de ação dos microrganismos são específicos e podem variar conforme a cultura, interferência de outros microrganismos, substrato, temperatura e umidade (MACHADO *et al.*, 2012).

É importante ressaltar, porém, que na região do presente estudo, produtos comerciais a base de *Trichoderma* spp. já vem sendo usados sem comprovação de sua eficácia. Enquanto a calagem, que tem efeito positivo não só sobre a redução da doença como na melhoria do desenvolvimento da planta é negligenciada. A correção da acidez do solo com a calagem, além dos benefícios anteriormente mencionados, também pode ser interessante por aumentar a atividade biológica no solo (SOUSA *et al.*, 2007; CAMPOS *et al.*, 2013) e por consequência, favorecer a ocorrência de possíveis antagonistas naturais (PENALBER, 2009). Adicionalmente, o aumento na quantidade de cálcio no solo afeta negativamente a germinação

dos esporos de resistência, motilidade dos zoósporos primários, resistência da planta à infecção primária bem como mudanças na microflora associada à rizosfera (DIXON, 2014).

A dificuldade com o controle biológico da hérnia das crucíferas pode estar relacionada às características do patógeno e do ciclo da doença como o reduzido período de exposição desses aos agentes antagonistas presentes no solo. O período vulnerável do patógeno compreende apenas o curto período que vai da germinação dos esporos de resistência até a infecção dos pelos radiculares. Segundo Blum (2006), quanto mais interno na planta estiver o patógeno durante o processo de colonização, menos vulnerável será este à ação de possíveis antagonistas. Em adição, muitos dos microrganismos comuns encontrados na rizosfera e córtex radicular da maioria dos vegetais cultivados não possuem associação com raízes de *Brassica* spp. (USUKO & NARISAWA, 2007). Esta característica pode limitar o uso de tradicionais microrganismos colonizadores de rizosfera com potencial para o manejo da hérnia (GOSSEN *et al.*, 2013).

O controle químico, por sua vez, por não estar sujeito a estas interações, tende a apresentar resultados mais estáveis. Entretanto, o uso dos mesmos princípios ativos no controle de fitopatógenos é preocupante e pode não ser eficiente por longo prazo. Segundo Vale *et al.* (2004) o uso de defensivos agrícolas, podem atingir organismos não-alvo, além de favorecer o surgimento de fitopatógenos resistentes aos princípios-ativos utilizados, devido à pressão de seleção. No controle da hérnia das crucíferas no Brasil esta situação torna-se ainda mais crítica devido à disponibilidade de apenas um princípio ativo, o ciazofamida (AGROFIT, 2017), conforme anteriormente mencionado.

Assim, sugere-se o uso do manejo integrado da doença com vista à utilização de outras medidas de controle, de caráter preventivo como mudas de qualidade, rotação de culturas, além da correção da acidez do solo e fornecimento de cálcio que são a curto prazo, as medidas e passíveis de serem recomendadas aos produtores. Ainda, a calagem é fundamental para a couve-flor por ser esta cultura altamente exigente em fertilidade e melhor adaptada a solos com pH variando de 6,0 a 6,8, e sendo intolerante à fitoxidez de Al^{3+} (MAY *et al.*, 2007). No presente trabalho mostrou-se ainda benéfica por reduzir a ocorrência de *P.brassicae* e favorecer o desenvolvimento radicular, compensando as perdas causadas pela doença.

7. CONCLUSÕES

- 1) O biofungicida à base de *T. harzianum* não foi eficaz no controle da hérnia das crucíferas e não afetou positivamente o desenvolvimento radicular de plantas de couve-flor, seja nas condições de campo ou de casa de vegetação;
- 2) A calagem, embora não tenha elevado o pH do solo ao ótimo para a cultura, incrementou o volume e massa de raízes sadias e reduziu do volume de raiz com galhas, com ganhos no acúmulo de massa fresca e diâmetro das inflorescências e, conseqüentemente, da produtividade de couve-flor;
- 3) O efeito da calagem no manejo da hérnia deve-se tanto à redução da severidade da doença como ao favorecimento do sistema radicular da planta, compensando perdas de raízes ativas pela doença.
- 4) O fungicida ciazofamida reduziu a severidade da hérnia das crucíferas, pelo menos até 90 dias após o transplântio e precisa ser avaliado em ensaios de campo e ciclos mais longos.

8. REFERÊNCIAS

- AGROFIT – Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários do Ministério da Agricultura. 2017. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> Acesso em 14 de janeiro de 2017.
- BETTIOL, W.; MORANDI, M.A.B., PINTO, Z.V.; PAULA JÚNIOR, T.J., CORREA, E.B., MOURA, A.B.; LUCON, C.M.M.; COSTA, J.C.B.; BEZERRA, J.L. Produtos comerciais à base de agentes de biocontrole de doenças de plantas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, **Documentos**, nº 88, 2012.
- BHERING, A.S.; CARMO, M.G.F.; MATOS, T.S.; LIMA, E.S.A.; AMARAL SOBRINHO, N.M.B. Soil factors related to the severity of Clubroot in Rio de Janeiro, Brazil. **Plant Disease**, 2017. Disponível em: <<http://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS-07-16-1024-SR>> Acesso em 17 de março de 2017.
- BLUM, L.E.B. Controle biológico de fitopatógenos. In: BLUM, L.E.B. **Fitopatologia: O estudo das doenças de plantas**. Brasília: Otimismo, 1º Ed, 2006. p. 196-205.
- CAMPOS, D.V.B.; FREIRE, L.R.; ZONTA, E.; EIRA, P.A.; DUQUE, F.F., DE-POLLI, H.; SOUTO, S.M.; SANTOS, G.A.; ANJOS, L.H.C.A. Adubos e corretivos. In: FREIRE, L.R. (Org.). **Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro**. Seropédica, RJ: Editora Universidade Rural, 2013. p. 107-128.
- CEASA – CENTRAIS DE ABASTECIMENTO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Informativo de mercado anual 2015 – Unidade Grande Rio**. 2015. Disponível em: <http://www.ceasa.rj.gov.br/ceasa_portal/view/InformativoAnual2015.pdf> Acesso em 26 de fevereiro de 2017.
- CHEAH, L. H.; PAGE, B. B. C. *Trichoderma* spp. for potential biocontrol of clubroot of vegetable brassicas. In: **PROCEEDINGS OF THE NEW ZEALAND PLANT PROTECTION CONFERENCE**. NEW ZEALAND PLANT PROTECTION SOCIETY INC, 1997. p. 150-153.
- CHEAH, L. H.; VEERAKONE, S.; KENT, G. Biological control of clubroot on cauliflower with *Trichoderma* and *Streptomyces* spp. In: **PROCEEDINGS OF THE NEW ZEALAND PLANT PROTECTION CONFERENCE**. New Zealand Plant Protection Society; 1998, 2000. p. 18-21.
- DIEDERICHSEN, E.; DIXON, G.R.; WALLENHAMMAR, A.C; FERNANDO, D.; BALESSENT, M.H. Special issue on clubroot and blackleg diseases of brassicas – Foreword. **Eur J Plant Pathol**, v. 145, p. 515–516, 2016.
- DIXON, G. R.; PAGE, L. V. Calcium and nitrogen eliciting alterations to growth and reproduction of *Plasmodiophora brassicae* (clubroot). *Acta Horticulture*, v. 459, p. 343-349, 1998.
- DIXON, G. R. *Plasmodiophora brassicae* in its environment. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 28, n. 3, p. 212-228, 2009.
- DIXON, G.R. Clubroot (*Plasmodiophora brassicae* Woronin) – an agricultural and biological challenge worldwide. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 36, p. 5-18, 2014.
- DONALD, C.; PORTER, I. Integrated control of clubroot. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 28, n. 3, p. 289-303, 2009.

EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro:EMBRAPA-CNPS, 1997. 212p.

FERREIRA, D.F. Sistema de análises de variância para dados balanceados. Lavras: UFLA, 2000. (SISVAR 4. 1. pacote computacional).

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 3ed., 2008. 421p.

FREIRE, L.R. *et al.* Análise química de amostras de terra. In: FREIRE, L.R. (Org.) **Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro**. Seropédica, RJ: Editora Universidade Rural, 2013. p. 107-128.

GOSSEN, B.D.; MCDONALD, M.R.; HWANG, S.F.; STRELKOV, S.E; PENG, G. A comparison of clubroot development and management on canola and Brassica vegetables. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 35, n.2, p. 175-191, 2013.

GUERRA, J.G.M.; LEAL, M.A.A., FERREIRA, M.B.C. Recomendações de adubos, corretivos e de manejo da matéria orgânica para as principais culturas do Estado do Rio de Janeiro: Brócolos, couve, couve-flor e repolho. In: FREIRE, L.R. (Org.). **Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro**. Seropédica, RJ: Editora Universidade Rural, 2013. p.107-128.

HORSFALL, J.G.; BARRAT, R.W. An improved grading system for measuring plant diseases. **Phytopathology**, v.35, p.655, 1945.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário**. 2006. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/818#resultado>>. Acesso em 26 de fevereiro de 2017.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Estações automáticas. 2016. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>> Acesso em 25 de novembro de 2016.

LOPES, R.B. A indústria no controle biológico: produção e comercialização de microrganismos no Brasil. In: BETTIOL, W.; MORANDI, M.A.B. (Orgs). **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**. Jaguariúna-SP: Embrapa Meio Ambiente, 2009, p. 15-28.

MACHADO, D.F.M.; PARZIANELLO, F.R.; SILVA, A.C.F.; ANTONIOLLI, Z.I. *Trichoderma* no Brasil: o fungo e o bioagente. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 35, n.1, 274-288, 2012.

MARINGONI, A. C. Doenças das crucíferas: brócolis, couve, couve chinesa, rabanete, repolho e rúcula. In: KIMATI, H.; AMORIN, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. **Manual de fitopatologia: volume 2: doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Ceres, 1997. p. 315-324.

MAY, A.; TIVELLI, S.; VARGAS, P.; SAMRA, A.G.; SACCONI, L.V.; PINHEIRO, M.Q. **A cultura da couve-flor**. Campinas: Instituto Agrônomo, (Boletim Técnico), n. 200, 2007, 36p. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/publicacoes_online/pdf/Tecnico200.pdf > Acesso em 17 de novembro de 2016.

MORAIS JUNIOR, P.O.; CARDOSO, A.F.; LEÃO, E.F.; PEIXOTO, N. Desempenho de cultivares de couve-flor de verão em Ipameri. **Ciência Rural**, v. 42, p. 1923-1928, 2012.

- MURAKAMI, H.; TSUSHIMA, S.; AKIMOTO, T.; MURAKAMI, K.; GOTO, I.; SISHIDO, Y. Effects of growing leafy daikon (*Raphanus sativus*) on populations of *Plasmodiophora brassicae* (clubroot). **Plant Pathology**, v. 49, n. 5, p. 584-589, 2000.
- NARISAWA, K.; SHIMURA, M.; USUKU, F.; FUJUHARA, S.; HASHIBA, T. Effects of pathogen density, soil moisture, and soil pH on biological control of clubroot in Chinese cabbage by *Heteroconium chaetospora*. **Plant disease**, v. 89, n. 3, p. 285-290, 2005.
- NIWA, R.; KUMEI, T.; NOMURA, Y.; YOSHIDA, S.; OSAKI, M.; EZAWA, T. Increase in soil pH due Ca-rich organic matter application causes suppression of the clubroot disease of crucifers. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 39, n.3, p. 778-785, 2007.
- NIWA, R.; NOMURA, Y.; OSAKI, M.; EZAWA, T. Suppression of clubroot disease under neutral pH caused by inhibition of spore germination of *Plasmodiophora brassicae* in the rhizosphere. **Plant Pathology**, v. 57, p. 445-452, 2008.
- PENALBER, A.T.T. **Controle alternativo da hérnia das crucíferas causada por *Plasmodiophora brassicae* em brócolis através de compostos orgânicos**. 168f. Tese (Doutorado em Fitopatologia). Brasília: Universidade de Brasília, 2009.
- PENG, G.; MCGREGOR, L.; LAHLALI, R.; GOSSEN, B.D.; HWANG, S.F.; ADHIKARI, K.K.; STRELKOV, S.E.; McDONALD, M.R. Potential biological control of clubroot on canola and crucifer vegetable crops. **Plant Pathology**, v. 60, 566-574, 2011.
- POMELLA, A. W.V.; RIBEIRO, R.T.S. Controle biológico com *Trichoderma* em grandes culturas – uma visão empresarial. In: BETTIOL, W.; MORANDI, M.A.B. (Orgs). **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**. Jaguariúna-SP: Embrapa Meio Ambiente, 2009, p. 239-244.
- SHANER, G.; FINNEY, R.E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. **Phytopathology**, v. 70, p. 1183-1186, 1977.
- SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L (Ed). **Fertilidade do solo**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2007. p. 205-274.
- TORRES, J.L.R.; ARAÚJO, A.S.; BARRETO, A.C.; SILVA NETO, O.F.; SILVA, V.R.; VIEIRA, D.M.S. Desenvolvimento e produtividade de couve-flor e repolho influenciados por tipos de cobertura do solo. **Horticultura Brasileira**, v. 33, p. 510-514. 2015.
- USUKI, F. & NARISAWA, K. A mutualistic symbiosis between a dark septate endophytic fungus, *Heteroconium chaetospora*, and a non-mycorrhizal plant, Chinese cabbage. **Mycologia**, v. 99, p. 175-184, 2007.
- VALE, F. R. B; JESUS JUNIOR, W. C.; ZAMBOLIM, L. **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**. Belo Horizonte: Perfil, v.1, 2004. 532p.
- WALLENHAMAR, A.C. Monitoring and control of *Plasmodiophora brassicae* in spring oil seed brassica crops. **Acta Universitatis Agriculturae Sueciae**, Agraria 183. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, p. 53, 1999.
- WEBSTER, M. A. & DIXON, G. R. Calcium, pH and inoculum concentration influencing colonization by *Plasmodiophora brassicae*. **Mycological Research**, v. 95, n. 1, p. 64-73, 1991.
- YU, X.X; ZHAO, Y.T.; CHENGA, J.; WANGA, W. Biocontrol effect of *Trichoderma harzianum* T4 on brassica clubroot and analysis of rhizosphere microbial communities based on T-RFLP. **Biocontrol Science and Technology**, v. 25, n.12, p. 1493-1505, 2015.

CAPÍTULO II

CALAGEM E GESSAGEM NO MANEJO DA HÉRNIA DAS CRUCÍFERAS E NO CRESCIMENTO DE COUVE-FLOR

RESUMO

O município de Nova Friburgo, RJ, é considerado um dos principais produtores de couve-flor do Brasil. Apesar desta ser uma cultura exigente em pH, com ideal entre 6,0 e 6,8, o seu cultivo na região é feito, predominantemente, em solos declivosos e ácidos, que tem favorecido perdas de solo por erosão e a disseminação da hérnia das crucíferas (*Plasmodiophora brassicae*), maior desafio a ser superado na região. A aplicação de calcário na forma tradicional, à lanço seguido de incorporação, é preocupante por favorecer os processos erosivos. Assim, o presente trabalho teve como objetivos: avaliar formas de aplicação de corretivo associado ao uso de gesso agrícola na melhoria dos atributos químicos do solo, na redução das perdas pela hérnia das crucíferas, e efeitos sobre o crescimento e acúmulo de nutrientes pelas plantas de couve-flor. O ensaio foi realizado no período de setembro a dezembro de 2015 com a cultivar Barcelona. Utilizaram-se os seguintes tratamentos: calcário calcinado aplicado na cova ($4,0 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$); calcário aplicado à lanço ($4,0 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$); gesso agrícola aplicado à lanço ($1,0 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$); gesso e calcário aplicados à lanço ($1,0$ e $3,0 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, respectivamente) e testemunha. A aplicação dos corretivos foi realizada três meses antes do transplântio quando foi feita a análise de fertilidade de todas as parcelas. Ao final do ciclo, quantificou-se a severidade da doença, volume e massa fresca de raiz sadia, com hérnias e total; porcentagens de raízes com hérnia expressas em volume (PVRH) e massa fresca (PMFRH), além da massa seca total de raiz. Quantificou-se, ainda, a massa fresca e seca das folhas, do caule e inflorescências, além do diâmetro de inflorescências, produtividade e teores e acúmulos de nutrientes na planta e nos seus diferentes órgãos. A aplicação do calcário à lanço, na cova, e combinado com gesso agrícola, proporcionaram aumento de pH, teores de Ca^{+2} , saturação de bases e redução do Al^{3+} tóxico e da acidez potencial no solo. Não se observou efeito significativo dos tratamentos sobre o desenvolvimento radicular, porém, estes expressaram tendência na redução da severidade da doença e da PMFRH. O calcário, aplicado na cova e à lanço, proporcionou valores significativamente maiores de massa fresca das inflorescências, massa seca das plantas e produtividade. Os valores acumulados de Ca^{+2} nas folhas, inflorescências e planta inteira foram superiores nos tratamentos com o uso de calcário. Conclui-se que, dada às limitações para se aplicar e incorporar o calcário a lanço na região, pode-se recomendar a sua aplicação na cova por proporcionar resultados similares ao obtido com a aplicação tradicional à lanço.

Palavras-chave: *Brassica oleracea* var. *botrytis*, *Plasmodiophora brassicae*; calcário.

9. INTRODUÇÃO

O município de Nova Friburgo, RJ, se destaca como um dos maiores produtores de couve-flor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) do Brasil, tendo produzido, conforme dados do último censo agropecuário, mais de 8.894 toneladas no ano de 2006 (IBGE, 2006). O cultivo de couve-flor na região é realizado primordialmente em áreas de agricultores familiares, em solos ácidos, declivosos, preparados de forma convencional, a favor da pendente, e com o uso de máquinas e implementos comunitários (GRISEL & ASSIS, 2015, BHERING *et al.*, 2017).

O cultivo regular e intensivo da cultura, associado às características acima, contribuíram para a disseminação da doença hérnia das crucíferas, causada pelo protozoário habitante de solo, *Plasmodiophora brassicae* Woronin (BHERING *et al.*, 2017). O patógeno é um parasita biotrófico específico de espécies da família *Brassicaceae*, e limitante ao cultivo destas espécies em várias regiões do Brasil e do mundo (DIXON, 2009a). Na ausência de hospedeiras, passa parte do ciclo no solo onde sobrevive por vários anos na forma de esporos de resistência (DIXON, 2009b).

Os sintomas típicos da doença são galhas formadas nas raízes em consequência da hiperplasia celular e hipertrofia radicular, que comprometem a absorção de água e nutrientes pelas plantas e, conseqüentemente, o seu desenvolvimento e potencial produtivo (DIXON, 2009a; MARINGONI, 1997). A doença é favorecida por solos ácidos e úmidos, temperaturas > 22,5°C (DIXON, 2009b) e alta densidade de esporos no solo, > 10⁸ unidades g.solo⁻¹ (PENALBER, 2009).

Diferente de várias outras doenças causadas por patógenos de solo, para as quais a resistência genética é a principal estratégia de controle, no caso da hérnia das crucíferas esta medida é extremamente limitada (VIDAL, 2012). O controle químico também é difícil pela disponibilidade de apenas um fungicida registrado para a cultura no país, o ciazofamida, que atua sobre a germinação dos esporos (AGROFIT, 2017).

Sabe-se que o pH e os teores de cálcio no solo afetam diretamente o desenvolvimento da doença (NARISAWA *et al.*, 2005; NIWA *et al.*, 2007; DONALD & PORTER, 2009; RUARO *et al.*, 2009) sendo estes efeitos independentes e o do pH preponderante em relação ao do Ca⁺² (DIXON, 2009b). De forma geral, a doença é mais severa em cultivos em solos com pH < 5,7, decresce em condições de pH entre 5,7 e 6,2, e é praticamente inibida sob condições de pH ≥ 7,8 (WEBSTER & DIXON, 1991). A aplicação de calcário cria condições desfavoráveis ao processo de invasão e colonização das raízes e aumenta a expressão de resistência do hospedeiro que, conseqüentemente, pode reduzir os sintomas da doença (WEBSTER & DIXON, 1991).

Apesar dos benéficos, o uso exclusivo da calagem pode não ser suficiente para suprimir a doença (KOWATA-DRESCH & MAY-DE-MIO, 2012). Resultados insatisfatórios são explicados por variações no tamanho distribuição das partículas do corretivo, quantidade aplicada e período de reação no solo, por exemplo (DONALD & PORTER, 2009). Outro ponto considerável é a alta concentração de esporos no solo que pode comprometer a eficiência da calagem e demais práticas de controle utilizadas (NARISAWA *et al.*, 2005; PENALBER, 2009; RUARO *et al.*, 2010; GOSEN *et al.*, 2013).

A correção da acidez do solo, além de poder contribuir para a redução das perdas pela hérnia (DONALD & PORTER, 2009) é essencial para o bom desenvolvimento da cultura, visto ser esta pouco tolerante ao alumínio tóxico (Al⁺³) e exigente em solos com pH entre 6,0 e 6,8 (MAY *et al.*, 2007). No entanto, a aplicação de calcário à lanço seguido de incorporação pode ser uma prática danosa nas condições de declive acentuado por favorecer os processos

erosivos. Estudos prévios na região indicaram que alguns produtores vêm aplicando calcário nas covas de plantio. Entretanto, pouco se sabe sobre a influência desta forma de aplicação nas condições químicas do solo e de seus efeitos sobre o desenvolvimento da cultura e da doença.

O calcário, composto por carbonato de cálcio ou de magnésio, é utilizado para neutralização da acidez do solo, redução dos teores Al^{+3} tóxico, bem como para fornecimento de Ca e/ou, Mg. Enquanto que o gesso agrícola, sulfato de cálcio diidratado ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) obtido como um subproduto industrial, tem sido recomendado para melhoria do ambiente radicular, abaixo da camada corrigida pela calagem usual (SOUSA *et al.*, 2007). Este é um sal neutro e mais solúvel em água e, em determinadas condições, o Ca^{+2} poderia não só deslocar e mobilizar o Al^{+3} para camadas abaixo da zona de aplicação (LOPES & GUILHERME, 2007) como também ter a sua disponibilidade aumentada em profundidade, o que favoreceria o crescimento das raízes e o uso mais eficiente da água e dos nutrientes disponíveis no solo (SOUSA *et al.*, 2007).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivos avaliar em condições de campo o efeito da calagem realizada em diferentes formas e do uso de gesso agrícola sobre os atributos químicos do solo, severidade da hérnia das crucíferas e desenvolvimento do sistema radicular de plantas de couve-flor, bem como sobre acúmulo de biomassa, teores e acúmulo de nutrientes nas plantas.

10. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no período de setembro a dezembro de 2015 em condições de campo na comunidade de Serra Velha, localizada no município de Nova Friburgo-RJ (-22° 28'42" S e -42 63' 61" W), em propriedade de agricultor familiar e com histórico de ocorrência da hérnia das crucíferas. A área utilizada localizava-se abaixo de área de cultivo de couve-flor no ano anterior e estava sob pousio há cinco meses, após cultivo de cebolinha (*Allium fistulosum*). Os dados meteorológicos registrados durante este período foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Com base nos dados de análise de fertilidade e com os resultados de Bhering *et al.* (2017) dimensionaram-se os seguintes tratamentos com aplicação de calcário e gesso agrícola, sendo: 1) calcário aplicado à lanço na dose de 4,0 Mg. ha⁻¹; 2) calcário aplicado nas covas de plantio, dose de 4,0 Mg.ha⁻¹; 3) calcário e gesso agrícola, aplicados à lanço, nas doses de 3,0 e 1,0 Mg.ha⁻¹, respectivamente; 4) gesso agrícola aplicado à lanço na dose de 1,0 Mg.ha⁻¹; e 5) testemunha. Utilizou-se calcário agrícola calcinado (PRNT 104,5%). A aplicação dos tratamentos foi realizada três meses antes do transplântio. A incorporação do calcário e/ou gesso aplicados à lanço (tratamentos 1, 3 e 4) foi feita com enxada rotativa. No tratamento 2, a incorporação do calcário aplicado na projeção das covas foi feita manualmente com enxadas. Adotou-se o delineamento de blocos ao acaso com cinco tratamentos e quatro repetições totalizando 20 parcelas de 13,5 m² com 40 plantas cada. As 12 plantas centrais constituíram a parcela útil que foi utilizada para fins de quantificação.

Na semana anterior ao transplântio, coletaram-se amostras de terra de cada uma das 20 parcelas, nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, para análise química de fertilidade (EMBRAPA, 1997) e determinação dos teores de boro extraível (ABREU *et al.*, 1994), de micronutrientes biodisponíveis (URE *et al.*, 1993) e para contagem de esporos de resistência de *P. brassicae* (0-20 cm) (MURAKAMI *et al.*, 2000, modificado). Para a contagem dos esporos, homogeneizou-se 1,0 grama de solo em 50 mL de água destilada, agitou-se por 5,0 minutos e, em seguida, adicionou-se NaOH a 1,0 M e agitou-se por mais 5,0 minutos visando o ajuste de pH para 10. Peneirou-se a suspensão em três camadas de tecido musseline e, em seguida, submeteu-se a amostra a três ciclos de centrifugação, por 10 minutos a 2000 rpm, descartando o sobrenadante e ressuspendendo em 50 mL de água. Ao final da última, tomaram-se 400 µL da suspensão a qual foi adicionado 90µL de azul de algodão. A partir desta amostra, efetuaram-se três contagens sob microscópio óptico, objetiva de 100x, com auxílio de câmara de Neubauer. Calculou-se a média das leituras e o resultado foi expresso em número de esporos por grama de solo.

Antes do transplântio foi realizada a aplicação do herbicida à base de oxifluorfem na dose de 1L/ha. Para o controle de plantas daninhas também foram realizadas, adicionalmente, capinas manuais aos 50 e 80 dias após o transplântio (DAT).

Utilizaram-se mudas da cultivar Barcelona (Seminis), de meia estação, produzidas em bandejas de 200 células preenchidas com substrato comercial para hortaliças e mantidas em casa de vegetação por 30 dias. Efetuou-se o transplântio para covas de cerca de 20x20x15 cm e observando-se o espaçamento de 0,60x0,60 m, feitas manualmente com auxílio de enxadas, e adubadas com sulfato de amônio (35 kg.ha⁻¹ de N), superfosfato simples (100 kg.ha⁻¹ de P₂O₅) e cloreto de potássio (40 kg.ha⁻¹ de K₂O). Logo após o transplântio, e ao longo do ciclo da cultura, irrigou-se por aspersão. As irrigações foram feitas em turnos de três dias, em complementação às chuvas.

Efetuaram-se duas adubações de cobertura, aos 20 e 85 DAT, com aplicação de sulfato de amônio (85 kg.ha⁻¹ de N, em ambas as aplicações) e cloreto de potássio (75 kg.ha⁻¹ de K₂O). Aos 57 DAT aplicou-se 1400 kg.ha⁻¹ de composto orgânico comercial (15% de carbono orgânico, 1% de N, relação C/N 18, pH 6,5), além de pulverização com ácido bórico (2 g L⁻¹).

Avaliaram-se as plantas aos 100 e 106 DAT quando a maior parte das inflorescências estava em ponto de colheita comercial, caracterizado por inflorescências totalmente desenvolvidas, com os botões florais ainda unidos (cabeça compacta e ainda firme) (May et al., 2007). As plantas foram arrancadas inteiras, separadas em raiz e parte aérea, acondicionadas em sacos plásticos e transportadas até a UFRRJ. Inicialmente, determinou-se a massa fresca e o diâmetro longitudinal de cada inflorescência. Em seguida, seccionaram-se as inflorescências e tomou-se $\frac{1}{4}$ de cada para composição de uma amostra composta por parcela. Com os dados de massa fresca das inflorescências foram estimados os valores de produtividade ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$).

Determinou-se, ainda, a massa fresca dos caules e das folhas de cada planta e observou-se o mesmo procedimento acima descrito para composição de amostras compostas de 500 g de folha e de 500 g de caule por parcela.

As raízes foram lavadas, fotografadas e em seguida avaliadas individualmente quanto à severidade da hérnia das crucíferas, com base em escala de notas composta por sete níveis: 0%; 8%; 20%; 42%; 68%; 87% e 95% de raízes com galhas. A escala utilizada foi elaborada em ensaios anteriores (dados não mostrados) respeitando-se a “Lei do estímulo de Weber e Fechner” (HORSFALL & BARRATT, 1945).

Determinaram-se o volume das raízes, sadias e com galhas, medindo-se o deslocamento de água em proveta graduada (BHERING *et al.*, 2017). O volume total das raízes (VTR) foi determinado pelo somatório do volume das raízes sadias (VRS) e das raízes com hérnias (VRH). Procedimento similar foi realizado para obtenção da massa fresca de raiz sadia (MFRS), com hérnias (MFRH) e total (MFRT). Com base no volume e na massa fresca de raízes com hérnia e total, determinaram-se de forma indireta as porcentagens de raízes com hérnia expressas em volume (PVRH) e massa fresca (PMFRH), onde: $\text{PVRH} = (\text{VRH}/\text{VTR}) \times 100$ e $\text{PMFRH} = (\text{MFRH}/\text{MFRT}) \times 100$.

Para determinação da massa seca, secaram-se as amostras de 500 g das inflorescências, folhas e caules, assim como as raízes (total) em estufa de circulação forçada a 70°C até peso constante. Após pesadas, as respectivas amostras foram moídas e preparadas para as análises químicas visando a determinação de macro e micronutrientes no Laboratório de Química e Poluição do Solo da UFRRJ. Para tanto, tomaram-se alíquotas de 1g dos respectivos órgãos de cada parcela e submetem-se ao processo de digestão aberta em blocos digestores utilizando-se ácido nítrico conforme método SW-846 3051A (USEPA, 2007). Os extratos obtidos foram avolumados para 50 ml com água destilada em tubos de ensaio, submetidos à filtração lenta e armazenados em frascos de polietileno e analisados. Determinaram-se os teores totais de Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, Ni e Al em aparelho de espectrometria de absorção atômica (Agilent Technologies, modelo Variam SpectrAA 55B), os de K por espectrometria de emissão de chama e os de P por colorimetria de metavanadato (MALAVOLTA *et al.*, 1997). Tendo como base os teores encontrados nas raízes, caules, folhas e inflorescências e massa seca, calcularam-se os valores acumulados nos respectivos órgãos e na planta inteira.

Os dados obtidos no ensaio foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Utilizou-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

11. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ciclo da cultura coincidiu com período de elevação de temperatura e frequentes precipitações, especialmente na fase final do ciclo (Figura 9). Optou-se assim pela colheita aos 100 e 106 DAT, tão logo as inflorescências atingiram diâmetro compatível com os padrões aceitos pelo comércio. As condições observadas no final do ciclo (temperaturas de 15 a 30°C, umidade relativa superior a 80% e alta precipitação) favorecem o apodrecimento das inflorescências e reduzem a sua qualidade comercial. As plantas atingiram o ponto de colheita cerca de 96 dias após o transplântio, em desconformidade com a descrição da cultivar, que apresenta ciclo de 110-120 dias e também com características de inflorescências inferiores aos diâmetros médios de 20 a 25cm e massa fresca de 1,5 a 2kg (MAY *et al.*, 2007).

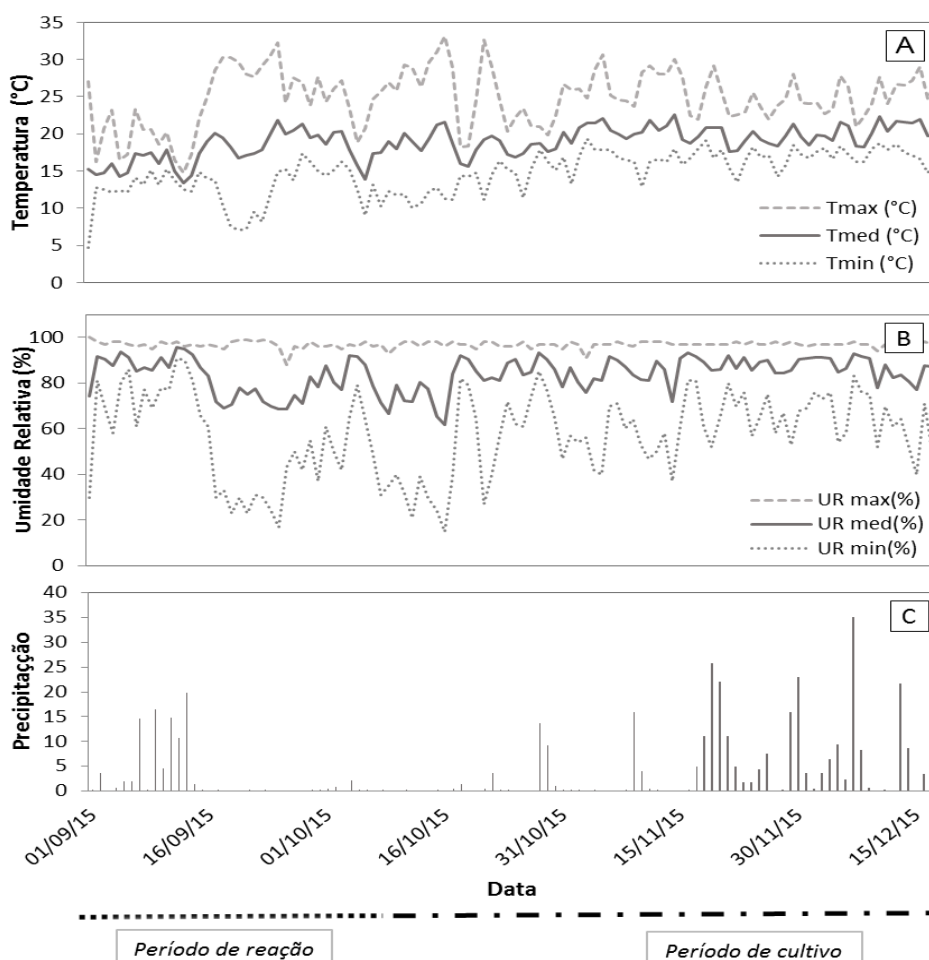


Figura 9: Temperatura (A), umidade relativa (B) (máxima, média e mínima) e precipitação (C) registrado no período de julho a dezembro de 2015, considerando o período de reação dos corretivos no solo e o período de cultivo de couve-flor em ensaio realizado em Nova Friburgo-RJ. Fonte: INMET

Observou-se efeito significativo dos tratamentos sobre os seguintes atributos químicos de solo: pH, Ca^{+2} , Al^{+3} , H+Al , K^{+} , e V% (saturação de bases) na profundidade de 0-20 cm; e para pH, Ca^{+2} , Al^{+3} , CTC e V% na profundidade de 20-40cm (Tabela 6).

Os tratamentos com calcário, aplicados à lanço, na cova e à lanço combinado com gesso, proporcionaram elevação do pH e redução dos teores de Al^{+3} no solo em ambas as profundidades. A aplicação apenas de gesso agrícola não afetou significativamente o teor de Al^{+3} comparado à testemunha (Tabela 6). Observou-se resultado similar para acidez potencial

(H+Al) na camada superficial (0-20 cm), com menor média no tratamento com aplicação de calcário à lanço. Entretanto, apesar dos tratamentos com calcário terem proporcionado elevação do pH, este, de uma forma geral, situou-se em todos os tratamentos abaixo do ideal para a cultura (MAY *et al.*, 2007).

Os baixos valores de pH mesmo nos tratamentos com calcário podem estar relacionados principalmente ao poder tampão do solo (SOUSA *et al.*, 2007). Isso ocorre, pois, o teor de matéria orgânica é alto e o intervalo de três meses adotado entre a aplicação e o transplântio, conciliado a ocorrência de precipitações frequentes neste período (Figura 9) é considerado suficiente para reação dos corretivos de solo. Este resultado está de acordo com os relatos de Bhering *et al.*, (2017) que apontam dificuldade de elevação do pH em solos da região a níveis sugeridos na literatura para controle da hérnia em função do poder tampão do solo.

Os maiores teores de cálcio e saturação de bases, em ambas as profundidades, foram observados nos tratamentos com calcário aplicado à lanço, seguido de calcário combinado com gesso e de calcário aplicado na cova (Tabela 6). O gesso aplicado isoladamente promoveu ligeiro incremento nos teores de Ca^{+2} e saturação de bases na profundidade de 20 a 40 cm, porém, não diferiu significativamente da testemunha. Adicionalmente, a aplicação de calcário combinado com gesso proporcionou elevação significativa da CTC na camada subsuperficial (20-40 cm) (Tabela 6). Este resultado deve-se, provavelmente, à dissolução do gesso aplicado no solo e mobilização do Ca^{+2} para camadas inferiores (SOUSA *et al.*, 2007). Os diferentes tratamentos com calcário e gesso estiveram, quanto aos teores de cálcio, próximos a faixa ideal a cultura (GUERRA *et al.*, 2013).

Com exceção do K, cujos teores foram reduzidos na camada superficial em todos os tratamentos comparado à testemunha, especialmente naqueles com aplicação de calcário à lanço, outros atributos do solo como teores de P e Mg e de matéria orgânica não variaram significativamente em função dos tratamentos, em nenhuma das duas profundidades avaliadas (Tabela 6).

Tabela 6. Efeito de calcário e de sua forma de aplicação e do uso do gesso agrícola sobre atributos de fertilidade do solo nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, avaliado 90 dias após a aplicação dos tratamentos. Nova Friburgo-RJ, 2015.

Profundidade: 0-20 cm											
Tratamentos	pH	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	Al ⁺³	H+Al	T	K ⁺	P	MO	V
	(água)	cmol _c /dm ³					mg/dm ³		g/dm ³	%	
Testemunha	5,02 b	2,07 b	0,37 a	0,035 a	0,92 a	10,35 a	13,41 a	226,00 a	34,50 a	43,85 a	22,39 b
Calcário na cova	5,47 a	4,68 a	0,37	0,037	0,32 bc	8,31 ab	13,89	187,00 b	36,12	44,84	39,82 a
Calcário a lanço	5,66 a	5,47 a	0,30	0,043	0,12 c	7,17 b	13,51	205,37 ab	36,25	44,04	46,80 a
Calcário + gesso	5,40 ab	5,00 a	0,36	0,038	0,36 bc	8,75 ab	14,60	178,25 b	38,12	46,67	40,69 a
Gesso agrícola	5,03 b	2,86 b	0,37	0,038	0,86 ab	10,22 a	14,04	212,25 ab	40,87	44,84	27,13 b
CV(%)	4,89	25,64	25,13	25,78	12,50	15,91	9,37	12,63	24,17	10,80	20,10
Profundidade: 20-40 cm											
Tratamentos	pH	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	Al ⁺³	H+Al	T	K ⁺	P	MO	V
	(água)	cmol _c /dm ³					mg/dm ³		g/dm ³	%	
Testemunha	4,93 b	1,67 b	0,28 a	0,023 a	1,02 a	10,73 a	13,00 b	109,62 a	32,37 a	40,57 a	17,05 b
Calcário na cova	5,15 ab	2,90 ab	0,30	0,023	0,63 ab	10,60	14,06 ab	94,37	32,75	41,84	24,56 ab
Calcário a lanço	5,26 a	3,23 a	0,28	0,025	0,53 b	9,95	13,78 ab	112,17	33,75	40,92	27,43 ab
Calcário + gesso	5,08 ab	3,50 a	0,36	0,033	0,66 ab	10,70	14,85 a	102,37	33,75	43,83	28,26 a
Gesso agrícola	4,91 b	2,21 ab	0,35	0,031	1,06 a	11,53	14,42 ab	113,12	37,37	43,29	19,69 ab
CV(%)	4,62	36,82	40,13	33,24	11,59	10,50	7,87	35,62	36,85	10,32	30,92

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). ¹-Dados transformados $\sqrt{x+1}$. **pH**: em água; **Ca**: cálcio trocável; **Mg**: magnésio trocável; **Na**: sódio trocável; **Al**: alumínio trocável; **H+Al**: acidez potencial; **T**: CTC a pH=7,0; **B**: **K**: potássio trocável; **P**: fósforo assimilável; **MO**: matéria orgânica; **V**: saturação de bases.

De forma geral, teores de P ($>30 \text{ mg.dm}^{-3}$) e K ($>135 \text{ mg.dm}^{-3}$) são classificados como suficientes para a couve-flor (GUERRA *et al.*, 2013) e estes não foram limitantes ao desenvolvimento da cultura. Os teores de Ca+Mg, por sua vez, estiveram na testemunha abaixo do preconizado para a cultura, que requer valores na faixa de $3 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ (GUERRA *et al.*, 2013). No entanto, em condições de cultivo quando os teores de Mg são inferiores a $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, conforme observado em todos os tratamentos, é recomendada a aplicação de calcário dolomítico para suprir esta carência (GUERRA *et al.*, 2013). Outro ponto que deve ser considerado nos baixos valores de Mg é a competição entre Ca/Mg por sítios de troca (SOUSA *et al.*, 2007). Sintomas de clorose internerval, característicos de deficiência de Mg, foram observados esporadicamente e aleatoriamente em algumas plantas ao final do ciclo.

Observou-se efeito dos tratamentos sobre os valores biodisponíveis de Fe e de Zn na camada de 0-20 cm de solo e nenhum efeito sobre os níveis de B, Cu, Mn e Ni em nenhuma das duas camadas. Os maiores valores de Fe e Zn foram notados no tratamento com gesso agrícola (Tabela 7). O enriquecimento de Fe e Zn no tratamento com gesso pode estar relacionado à presença destes micronutrientes no produto (SOUSA *et al.*, 2007), enquanto que a diminuição do Fe nos tratamentos com calcário na cova e à lanço, sem adição de gesso, pode ser justificada pela disponibilidade deste elemento ser reduzida com o aumento no pH do solo (SOUSA *et al.*, 2007).

Esporos de resistência de *P. brassicae* foram detectados em todas as parcelas mas não houve efeito dos tratamentos sobre o número destes por parcela (Anexo H). De forma geral, pode-se afirmar que a quantidade de esporos de resistência do patógeno no solo nas diferentes parcelas foi médio ($1,90 \times 10^7$ a $2,33 \times 10^7$ esporos g.solo^{-1}) comparado aos padrões de Penalber (2009). Esta autora afirma que valores superiores a 10^8 esporos g.solo^{-1} são considerado altos e muito favoráveis ao desenvolvimento da doença, o que dificulta as práticas de controle. Ou seja, o solo da área utilizada continha moderado potencial de inóculo do patógeno e, portanto, moderada propensão à ocorrência da hémria das crucíferas. No entanto, a incidência e severidade da doença neste ensaio foi baixa, apesar das condições de umidade (frequentes precipitações) e temperaturas (Figura 9) com médias próximas a $22,5^\circ\text{C}$, consideradas favoráveis ao desenvolvimento das doença (DIXON, 2009b).

A severidade da doença, estimada via escala diagramática, foi inferior em todos os tratamentos (0,65 a 3,38% das raízes com galhas) quando comparados à testemunha que apresentou média de 9,49% das raízes lesionadas (Tabela 8). Destaque para a aplicação de calcário combinado com gesso com apenas 0,65% de raízes com galhas.

Tabela 7. Efeito de calcário e de sua forma de aplicação e do uso do gesso agrícola sobre os teores de boro extraível e micronutrientes biodisponíveis no solo a 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade, aos 90 dias após a aplicação. Nova Friburgo-RJ, 2015.

Profundidade: 0-20 cm						
Tratamentos	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Ni ¹
	mg/dm ³	mg/Kg				
Testemunha	0,47 a	0,512 a	11,30 ab	17,85 a	6,04 b	0,43 a
Calcário na cova	0,47	0,400	9,75 b	18,08	6,21 b	0,73
Calcário a lanço	0,55	0,387	10,50 ab	19,03	4,82 b	0,400
Gesso + calcário	0,50	0,400	11,47 ab	19,13	5,82 b	0,38
Gesso agrícola	0,42	0,525	12,61 a	19,51	8,92 a	0,00
CV(%)	13,96	17,85	9,01	8,04	14,69	23,51
Profundidade: 20-40 cm						
Tratamentos	B	Cu ¹	Fe	Mn	Zn	Ni ¹
	mg/dm ³	mg/Kg				
Testemunha	0,40 a	0,48 a	9,03a	17,08 a	6,03 a	0,45a
Calcário na cova	0,35	0,33	11,12	14,90	4,91	0,26
Calcário a lanço	0,40	0,66	9,30	17,31	6,12	0,15
Gesso + calcário	0,45	0,38	10,86	15,13	4,88	0,00
Gesso agrícola	0,37	0,48	8,23	16,15	5,85	0,48
CV(%)	25,94	7,51	15,66	12,91	18,87	14,94

*Em cada profundidade, médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). ¹-Dados transformados $\sqrt{x+1}$. **B**: boro extraível; **Cu**: cobre biodisponível; **Fe**: ferro biodisponível; **Mn**: manganês biodisponível; **Zn**: zinco biodisponível; **Ni**: níquel biodisponível.

De uma maneira geral, a severidade baixa pode estar relacionada à baixa viabilidade dos esporos de resistência devido ao longo período sem cultivo de *Brassica* spp. na área (mais de cinco anos). Estudos demonstram que os esporos de *P. brassicae* possuem uma meia-vida de pelo menos 3-6 anos, podendo ser detectados no solo por até 18 anos (WALLENHAMAR, 1999).

Tabela 8. Efeito de calcário e de sua forma de aplicação e do uso do gesso agrícola de calcário sobre a severidade da hérnia das crucíferas, volume e massa fresca de raízes (total, sadia e com hérnia) e porcentagem de raízes com hérnia, expressas pelo volume e massa, em plantas de couve-flor, cultivar Barcelona, em experimento realizado no período de setembro a dezembro de 2015. Nova Friburgo-RJ.

Tratamentos	Severidade (Escala) ¹	Volume de raiz (mL)			Volume de raiz doente (%) ¹	Massa fresca de raiz (g)			Massa de raiz doente (%) ¹
		Total	Sadia	Doente ¹		Total	Sadia	Doente ¹	
Testemunha	9,49 a	32,04 a	29,93 a	2,10 a	8,64 a	35,51 a	33,56 a	1,95 a	7,07 a
Calcário na cova	3,38 ab	35,98	34,75	1,23	3,43	40,72	39,32	1,39	2,22 ab
Calcário a lanço	2,26 ab	35,17	34,33	0,84	2,10	42,45	41,88	0,56	1,07 b
Calcário + gesso	0,65 b	32,97	32,47	0,50	1,27	37,39	37,1	0,29	0,56 b
Gesso agrícola	2,28 ab	28,12	27,13	0,99	2,72	31,2	30,61	0,58	1,26 b
CV(%)	39,3	14,54	14,42	27,53	42,76	16,35	16,04	22,56	33,75

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). ¹-Dados transformados $\sqrt{\text{por } x+1}$.

Ao longo do ciclo, acredita-se, que outros fatores como os altos teores de Al^{3+} na área podem ter proporcionado um impedimento químico ao desenvolvimento das raízes, somando-se ao impedimento biológico provocado pela hérnia. A couve-flor é uma cultura considerada pouco tolerante ao Al^{3+} (MAY *et al.*, 2007) e, de uma forma geral, é relatado que os teores deste elemento são considerados altos quando superiores a $0,3 \text{ cmol/dm}^3$ (FREIRE *et al.*, 2013). Com isso, apenas os tratamentos com calcário aplicado a lanço e na cova conseguiram reduzir o teor Al^{3+} na camada superficial para próximo a este valor.

Não se observou efeito significativo dos tratamentos sobre os volumes e massas de raízes totais, sadias ou com hérnia, nem sobre a porcentagem de raízes com hérnia, calculada com base no volume das raízes (Tabela 8), embora se tenha observado uma redução no volume e massa de raízes total e sadias nos tratamentos testemunha e naqueles com aplicação de gesso agrícola comparado aos demais. No entanto, quando a relação entre raízes doentes e total foi calculada com base na massa fresca das raízes, observou-se efeito significativo e redução significativa da porcentagem de raízes com hérnia em todos os tratamentos comparados à testemunha.

De forma geral, as relações entre volume e massa de raiz doente com o total estão compatíveis com os resultados obtidos por meio da escala de notas (Tabela 8). Acredita-se que a não detecção de diferenças entre os tratamentos quanto aos volumes e massas de raízes deve-se às dificuldades nas coletas das raízes sem lhes causar danos ou avarias. Existem dificuldades para se quantificar a hérnia das crucíferas e inexistente uma metodologia e/ou escala padrão. A introdução da metodologia de avaliação baseada no volume de raízes foi proposta por Bhering *et al.* (2017) com bons resultados.

A melhoria nas condições químicas do solo, como o aumento no pH, Ca^{+2} , V% e diminuição do Al^{+3} e H+Al (Tabela 6) pelos tratamentos resultou em efeito significativo sobre o acúmulo de biomassa nas folhas, caule, inflorescência e soma destes (Tabela 9). Comparativamente à testemunha, observou-se maior acúmulo de biomassa nas folhas das plantas dos tratamentos com calcário aplicado à lanço ou na cova e com gesso agrícola e maior acúmulo no caule das plantas dos tratamentos com calcário aplicado à lanço, na cova ou associado ao gesso (Tabela 9).

O acúmulo de massa fresca nas inflorescências foi significativamente maior nos tratamentos com calcário aplicado na cova (440,97 g) e à lanço (427,32 g), seguido pelos tratamentos com gesso agrícola (380,95 g) e calcário mais gesso (355,02 g), comparado à testemunha (326,02 g). Os dois tratamentos com gesso, não diferiram significativamente da testemunha (Tabela 9). Consequentemente, obtiveram-se os mesmos resultados para a produtividade com destaque para os tratamentos com calcário aplicado na cova e à lanço, com 12,24 e 11,86 $Mg \cdot ha^{-1}$ respectivamente, enquanto na testemunha a produtividade foi de 9,03 Mg/ha , ou seja, um ganho de aproximadamente 35% e 31%, respectivamente.

Tabela 9. Efeito de calcário e de sua forma de aplicação e do uso do gesso agrícola sobre o acúmulo de biomassa e produtividade em couve-flor, cultivar Barcelona, em experimento realizado no período de setembro a dezembro de 2015. Nova Friburgo-RJ.

Tratamentos	Massa fresca (g)				Massa seca planta (g)	Produtividade ($Mg \cdot ha^{-1}$)
	Folha	Caule	Inflorescência	Planta		
Testemunha	467,07 b	91,70 b	326,02 b	892,39 b	61,85 b	9,03 b
Calcário na cova	658,98 a	112,53 a	440,97 a	1222,07 a	87,92 a	12,24 a
Calcário a lanço	649,93 a	125,26 a	427,32 a	1211,00 a	85,47 a	11,86 a
Calcário + gesso	594,28 ab	113,65 a	355,02 ab	1072,05 ab	78,54 ab	9,86 ab
Gesso agrícola	653,60 a	109,69 ab	380,95 ab	1153,74 a	83,73 ab	10,58 ab
CV(%)	13,09	7,29	13,73	9,98	13,04	13,73

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

O diâmetro médio das inflorescências variou entre 13,63 e 14,46 cm e não diferiu significativamente em função dos tratamentos. Os valores obtidos para massa fresca, diâmetro médio de inflorescência e para produtividade são inferiores aos relatados por Moraes Junior *et al.* (2012) para seis cultivares de couve-flor de verão nas condições de Ipameri-GO (1,34 a 1,71 kg; 18,60 a 21,91cm; 26,81 a 34,17 Mg.ha⁻¹, respectivamente), porém, superiores ao relatado para a cultivar Sharon por Torres *et al.* (2015) (5,3 a 8,2 Mg.ha⁻¹), apesar destes terem obtidos maiores valores de massa fresca de inflorescência (0,8 a 1,2 kg). A menor massa e diâmetro das inflorescências encontrados neste trabalho deve-se a dois fatores principais: a) adensamento do plantio, comumente utilizado em Nova Friburgo e, b) colheita precoce. No presente trabalho, utilizou-se o espaçamento de 0,6x0,6m, enquanto na literatura e nos dois trabalhos mencionados o espaçamento varia de 0,8 a 1,0 entre linhas e 0,4 a 0,5 entre plantas (MAY *et al.*, 2007; MORAIS JUNIOR *et al.*, 2012; TORRES *et al.*, 2015). O adensamento usado na região é praticado visando ganhos em produtividade e obtenção de inflorescências compatíveis com as novas demandas do mercado. Por outro lado, a antecipação da colheita, motivada pelas fortes precipitações na fase final do ciclo (Figura 9), interrompeu precocemente o crescimento e ganho de massa das plantas e das inflorescências.

Apesar de individualmente não terem sido detectadas diferenças entre os tratamentos quanto à massa seca das inflorescências, folhas, caules e raiz, observou-se efeito dos tratamentos sobre o total acumulado nas plantas com maior acúmulo de biomassa nas plantas dos tratamentos com calcário aplicado na cova (87,92 g) e à lanço (85,47 g), seguido das plantas do tratamento com gesso e com calcário + gesso (83,73 e 78,54 g, respectivamente), sendo os dois primeiros significativamente maiores que os valores registrados na testemunha (61,85 g) (Tabela 9).

Não se observou efeito significativo dos tratamentos sobre a concentração de macro (Mg, P, K) e micronutrientes (Cu, Fe, Ni) nos diferentes órgãos das plantas, exceto de Ca, Mn e Zn nas folhas (Tabela 10). A concentração de Ca foi significativamente maior nas folhas das plantas de todos os tratamentos quando comparados à testemunha, em especial, nos tratamentos com calcário aplicado à lanço, sozinho ou associado ao gesso e, de forma geral, com resultado inverso para a concentração de Mn e Zn (menores teores nos tratamentos com calcário aplicado à lanço e na cova ou combinado com gesso. O gesso, isoladamente, foi equiparável a testemunha em ambas as variáveis. Este resultado está diretamente relacionado ao maior aporte de Ca nos tratamentos com calcário e elevação do pH e conseqüente redução da disponibilidade de Mn, Zn, Cu e Fe na solução do solo e nos sítios de troca catiônica (ABREU *et al.*, 2007).

As maiores concentrações de K foram observadas no caule (Tabela 10), enquanto que para cálcio, os maiores teores foram encontrados nas folhas e os menores nas inflorescências, colaborando com o descrito por May *et al.* (2007). Segundo Trani *et al.* (1996) os teores de macronutrientes obtidos pela análise foliar em couve-flor devem estar na seguinte faixa para serem considerados adequados, N = 40-60, P = 4-8, K = 25-50, Ca = 20-35 e Mg = 2,5-5, expressos em g.kg⁻¹. Dessa forma, pode se observar no presente ensaio que os teores de P obtidos nas folhas foram superiores ao adequado, enquanto que os de K e Mg foram levemente inferiores, especialmente nos tratamentos com calcário. Todos os tratamentos, com exceção da testemunha, apresentaram teores foliares de Ca adequados (Tabela 9).

Os teores de micronutrientes nas folhas são considerados por Trani *et al.* (1996) como adequados quando estes estão na seguinte faixa: Boro (B) = 30-80, Cobre (Cu) = 4-15, Ferro (Fe) = 30-200, Manganês (Mn) = 25-250, Molibdênio (Mo) = 0,5-0,8 e Zinco (Zn) = 20-250, expressos em mg.kg⁻¹. Com isso, consideram-se os teores de Mn e Zn como adequados, enquanto os de Cu em todos os tratamentos estiveram abaixo do ideal preconizado, enquanto os de Fe estiveram acima. Os teores de B e Mo não foram avaliados.

Tabela 10. Efeito de calcário e de sua forma de aplicação e do uso do gesso agrícola sobre a concentração de nutrientes nas folhas, caule, e inflorescência e na biomassa total de plantas de couve-flor, cultivar Barcelona, em experimento realizado de setembro a dezembro de 2015 no município de Nova Friburgo-RJ. Seropédica, RJ, 2015.

Tratamentos	Folha									
	Ca	Mg	P	K	Cu	Fe ¹	Mn	Zn	Ni ¹	Al
	g/kg				mg/kg					
Testemunha	19,54 b	2,65 a	14,63 a	25,21 a	3,68 a	1378,91 a	47,46 a	38,19 a	1,61 a	
Cal na cova	22,94 ab	2,13	13,19	24,78	3,53	1069,26	33,08 b	24,66 b	1,67	
Cal a lanço	25,11 a	2,26	13,77	23,32	3,67	823,62	34,37 b	27,67 b	1,55	NA
Cal + gesso	25,28 a	2,20	14,63	21,97	3,96	926,53	37,46 ab	32,68 ab	1,85	
Gesso agrícola	21,92 ab	2,76	14,93	26,25	3,83	1170,68	46,67 a	37,25 a	1,52	
CV(%)	9,35	17,64	13,94	22,42	11,59	18,81	13,35	12,75	11,42	
Tratamentos	Inflorescência									
	Ca	Mg	P	K	Cu	Fe ¹	Mn	Zn	Ni ¹	Al
	g/kg				mg/kg					
Testemunha	3,02 a	2,34 a	30,85	46,94 a	3,80 a	271,15 a	27,09 a	38,76 a	1,00 a	
Cal na cova	3,18	2,36	35,77	48,68	4,00	197,15	24,87	37,43	0,88	
Cal a lanço	3,46	2,38	35,91	49,26	4,07	191,57	24,34	36,36	0,54	NA
Cal + gesso	3,04	2,26	33,39	45,37	3,90	181,36	24,32	36,85	0,93	
Gesso agrícola	2,40	2,36	32,89	44,5	3,48	157,90	24,78	37,32	0,57	
CV(%)	18,55	10,70	8,04	5,34	9,49	18,92	9,22	11,68	20,65	
Tratamentos	Caule									
	Ca	Mg	P	K	Cu	Fe ¹	Mn	Zn	Ni ¹	Al
	g/kg				mg/kg					
Testemunha	7,01 a	4,05 a	18,81 a	59,08 a	4,85 a	633,08 a	23,18 a	63,84 a	0,68 a	
Cal na cova	8,95	4,63	23,08	68,09	5,63	623,26	19,03	48,74	0,81	
Cal a lanço	7,80	3,83	22,73	65,49	5,50	556,17	18,28	44,85	1,13	NA
Cal + gesso	7,82	3,96	21,24	63,74	6,07	546,83	19,25	61,51	1,27	
Gesso agrícola	7,35	4,34	20,39	65,56	5,36	742,45	24,52	71,14	0,91	
CV(%)	14,44	10,78	16,82	11,26	13,53	18,89	19,93	21,28	9,87	

Continua...

...Continuação da Tabela 10

Tratamentos	Raiz									
	Ca	Mg	P	K	Cu	Fe	Mn	Zn	Ni	Al
	g/kg				mg/kg					
Testemunha	4,98 a	3,07 a	10,11 a	32,65 a	19,72 a	11788,53 a	52,69 a	61,71 a	24,58 a	12680,50 a
Cal na cova	4,94	2,59	10,42	31,39	19,88	14110,1	50,76	53,71	23,22	14796,36
Cal a lanço	5,88	3,01	11,31	32,98	20,28	13144,12	53,01	57,79	22,91	14161,16
Cal + gesso	5,75	3,05	10,70	32,61	20,04	13099,7	50,30	60,23	25,02	13982,08
Gesso agrícola	5,48	3,52	10,03	33,86	18,33	10493,18	53,23	64,88	21,74	11517,37
CV(%)	14,87	23,94	11,04	11,15	13,53	26,32	12,00	12,04	14,70	27,48

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey(p<0,05).

Apesar da não diferença entre os tratamentos quanto aos teores da maioria dos nutrientes avaliados, observou-se diferenças quanto ao acúmulo de alguns destes na planta inteira (Ca, P e Cu), na folha (Ca), na inflorescência (Ca, Mg e P) e no caule (Mg) (Tabela 11). O acúmulo de cálcio nas inflorescências variou de 0,032 a 0,052 g.planta⁻¹ e, assim como nas folhas e na planta inteira, o seu acúmulo foi significativamente maior nas plantas dos tratamentos com calcário (aplicado a lanço, na cova, e combinado com gesso), seguido pelo gesso agrícola (Tabela 11). Os valores acumulados nas inflorescências foram inferiores aos 0,06 g.planta⁻¹ totais obtidos por Castoldi *et al.* (2009) ao utilizar a cultivar Verona, o que pode estar relacionado as diferenças de massas de plantas inerentes a estas cultivares. Já os valores de P acumulados na planta inteira e nas inflorescências foram significativamente maiores em todos os tratamentos comparados à testemunha, mas principalmente nos tratamentos com calcário aplicado à lanço e na cova) (Tabela 11). Os maiores acúmulos de P se deram nas folhas, seguido das inflorescências, caule e raízes, corroborando com os percentuais de partições deste elemento observados por Takeishi *et al.* (2009) para a cv. Verona.

O acúmulo de Mg nas folhas, onde mais se acumula, não variou em função dos tratamentos. Esta variação foi observada apenas nas inflorescências e no caule, mas de forma errática e com tendência de maiores acúmulos nas plantas do tratamento com calcário aplicado na cova (Tabela 11). Maiores acúmulos de Cu foram observados na planta inteira dos tratamentos com calcário aplicado na cova ou combinado com gesso.

De uma forma geral, observou-se que a dinâmica de acúmulo de nutrientes foi mais influenciada pelos tratamentos com calcário. Segundo Meurer *et al.* (2007) a alteração do pH do solo altera a disponibilidade dos elementos essenciais às plantas e também a solubilização de elementos que podem ter efeito tóxico sobre estas. O cálcio, além das já citadas relações com a hérnia das crucíferas, situa-se, do ponto de vista dos cultivos, como um elemento essencial para o crescimento de meristemas e, particularmente, para o crescimento e funcionamento apropriado dos ápices caulinares, impedindo danos a membranas celulares e desempenhando papel importante no desenvolvimento vegetal e regulação metabólica (DECHEN & NACHTIGALL, 2007).

Em estudo realizado por Bhering *et al.* (2017) na mesma região do presente ensaio, foi constatado que a prática da calagem é realizada em apenas 50-60% das propriedades. Neste mesmo trabalho observou-se que a produção de biomassa total de couve-flor se correlacionou positivamente com atributos do solo como pH e teores de bases trocáveis (Ca²⁺ e Mg²⁺) mais altos, e inversamente com Al³⁺ trocável. Ainda, nas áreas de menor pH e maior severidade da doença foram observados os menores acúmulos de nutrientes nas plantas.

Nas condições deste estudo, apesar do pH do solo ter se situado abaixo do preconizado para a cultura (MAY *et al.*, 2007), o uso de calcário aplicado à lanço e na cova, dentre os demais tratamentos, proporcionou as melhores condições de solo quanto à acidez e disponibilidade de nutrientes. Estes fatores refletiram em maior acúmulo de biomassa e de Ca e P, ocasionando assim maior massa fresca das inflorescências e produtividade, além de tendência na redução dos sintomas da hérnia, quando comparados à testemunha. Deve-se considerar, porém, que o período de reação dos corretivos no solo é importante para obtenção de resultados satisfatórios.

Nas condições da região estudada, com predomínio de solos ácidos, altos teores de Al³⁺ tóxico, aliados a alta exigência em fertilidade apresentada pela couve-flor e aos problemas relativos à hérnia das crucíferas, observa-se que a calagem é imprescindível para o manejo da cultura, apesar de negligenciada. Entretanto, devido ao relevo altamente acentuado da região e ao potencial erosivo da aplicação de calcário seguido de incorporação, a favor da pendente, o seu uso torna-se preocupante, o que pode ser atenuado com a aplicação prévia nas covas de plantio, conforme mostrado no presente trabalho. Nestas condições, outro ponto que também

pode ser considerado é a utilização de corretivos mais reativos no solo com a cal virgem ou cal hidratada, por exemplo.

A correção da acidez do solo na região, assim como o incremento nos teores de cálcio, deve ser incentivada na região por reduzir os danos causados pela hémia das crucíferas e proporcionar ganhos significativos no crescimento e produtividade na couve-flor.

Tabela 11. Efeito de calcário e de sua forma de aplicação e do uso do gesso agrícola e do uso do gesso agrícola sobre o acúmulo de nutrientes em folhas, caule, e inflorescência e na biomassa total de plantas de couve-flor, cultivar Barcelona, em experimento realizado de setembro a dezembro de 2015 no município de Nova Friburgo-RJ. Seropédica, RJ, 2015.

Tratamentos	Planta									
	Ca	Mg	P	K	Cu	Fe ¹	Mn	Zn	Ni	Al
	g/planta				mg/planta					
Testemunha	0,84 b	0,17 a	1,07 b	2,01 a	0,35 b	148,15 a	2,60 a	2,69 a	0,25 a	
Calcário na cova	1,42 a	0,20	1,55 a	2,82	0,48 a	193,75	2,80	2,82	0,32	
Calcário a lanço	1,52 a	0,21	1,54 a	2,73	0,48 ab	162,90	2,84	2,88	0,29	NA
Calcário + gesso	1,40 a	0,19	1,39 ab	2,43	0,47 a	182,69	2,78	3,07	0,36	
Gesso agrícola	1,25 ab	0,24	1,50 a	2,77	0,46 ab	172,02	3,46	3,55	0,30	
CV(%)	17,35	14,58	12,28	16,07	11,93	17,40	14,12	13,96	17,43	
Tratamentos	Folha									
	Ca	Mg	P	K	Cu	Fe ¹	Mn	Zn	Ni ¹	Al
	g/planta				mg/planta					
Testemunha	0,73 b	0,10 a	0,55 a	0,93 a	0,14 a	51,09 a	1,78 a	1,45 a	0,060 a	
Calcário na cova	1,26 a	0,11	0,72	1,29	0,19	59,31	1,80	1,35	0,090	
Calcário a lanço	1,36 a	0,12	0,76	1,27	0,20	44,76	1,91	1,54	0,087	NA
Calcário + gesso	1,26 a	0,12	0,73	1,12	0,20	46,65	1,86	1,61	0,092	
Gesso agrícola	1,11 ab	0,14	0,78	1,33	0,19	64,92	2,42	1,90	0,077	
CV(%)	19,09	20,44	17,13	25,52	19,26	23,59	18,76	18,39	19,74	
Tratamentos	Inflorescência									
	Ca	Mg	P	K	Cu	Fe ¹	Mn	Zn	Ni ¹	Al
	g/planta				mg/planta					
Testemunha	0,032 b	0,025 b	0,34 b	0,512 a	0,042 a	3,03 a	0,30 a	0,42 a	0,012 a	
Calcário na cova	0,052 a	0,040 a	0,58 a	0,772	0,065	3,25	0,40	0,60	0,015	
Calcário a lanço	0,052 a	0,036 ab	0,53 a	0,742	0,061	2,86	0,36	0,55	0,013	NA
Calcário + gesso	0,039 ab	0,025 b	0,43 ab	0,590	0,050	2,32	0,31	0,47	0,013	
Gesso agrícola	0,038 ab	0,035 ab	0,50 ab	0,677	0,052	2,34	0,38	0,56	0,008	
CV(%)	23,47	19,76	17,43	19,12	20,24	15,51	19,41	20,61	0,60	

Continua...

Continuação da Tabela 11.

Caule										
Tratamentos	Ca	Mg	P	K	Cu	Fe ¹	Mn	Zn	Ni ¹	Al
	g/planta				mg/planta					
Testemunha	0,038 a	0,020 c	0,102 a	0,32 a	0,027 a	3,44 a	0,130 a	0,36 a	0,005 a	
Calcário na cova	0,057	0,030 a	0,147	0,43	0,035	4,06	0,125	0,34	0,005	
Calcário a lanço	0,051	0,027 ab	0,147	0,43	0,035	3,69	0,120	0,29	0,005	NA
Calcário + gesso	0,0506	0,022 bc	0,140	0,43	0,040	3,76	0,125	0,41	0,001	
Gesso agrícola	0,048	0,030 a	0,135	0,44	0,035	4,77	0,162	0,48	0,005	
CV(%)	16,23	11,64	18,20	17,30	21,17	17,98	19,94	23,82	0,125	
Raiz										
Tratamentos	Ca	Mg	P	K	Cu	Fe ¹	Mn	Zn	Ni	Al ¹
	g/planta				mg/planta					
Testemunha	0,037 a	0,022 a	0,077 a	0,24 a	0,147 a	90,57 a	0,39 a	0,45 a	0,185 a	98,11 a
Calcário na cova	0,050	0,025	0,102	0,31	0,185	127,15	0,47	0,51	0,215	134,93
Calcário a lanço	0,050	0,022	0,097	0,28	0,172	111,58	0,44	0,48	0,195	119,60
Calcário + gesso	0,052	0,025	0,097	0,29	0,187	130,26	0,48	0,56	0,242	138,65
Gesso agrícola	0,052	0,032	0,0950	0,32	0,172	100,06	0,49	0,60	0,207	108,22
CV(%)	18,54	25,06	19,90	20,60	22,37	19,12	17,87	14,54	25,45	19,27

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey(p<0,05). NA- Não avaliado.

12. CONCLUSÕES

- 1 Dada às limitações para se aplicar e incorporar o calcário a lanço na região, pode-se recomendar a sua aplicação na cova por proporcionar resultados similares ao obtido com a aplicação à lanço seguido de incorporação;
- 2 A severidade da doença foi baixa e os tratamentos proporcionaram tendência na redução da mesma, em especial, calcário combinado com gesso;
- 3 O desenvolvimento do sistema radicular não foi influenciado pelos tratamentos;
- 4 A aplicação de calcário à lanço e na cova proporcionaram os maiores acúmulos de massa fresca nas inflorescências e maiores produtividade, mesmo o pH do solo estando abaixo do ótimo para a cultura;
- 5 Todos os tratamentos promoveram maior acúmulo de massa seca na planta inteira, em relação à testemunha;
- 6 Os tratamentos calcário, aplicado à lanço e na cova, e combinado com gesso proporcionaram maior acúmulo de cálcio nas plantas.

13. REFERÊNCIAS

- ABREU, C.A.; ABREU, M.F.; RAIJ, B. V.; BATAGLIA, O.C. Extraction of boron from soil by microwave heating for ICPAES determination. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, v. 25, p. 3321- 3333, 1994.
- ABREU, C.A.; LOPES, A.S.; SANTOS, G.C.G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L (Eds). **Fertilidade do solo**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2007. p. 645-736.
- AGROFIT – Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários do Ministério da Agricultura. 2017. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>Acesso em 14 de janeiro de 2017.
- BHERING, A.S.; CARMO, M.G.F.; MATOS, T.S.; LIMA, E.S.A.; AMARAL SOBRINHO, N.M.B. Soil factors related to the severity of Clubroot in Rio de Janeiro, Brazil. **Plant Disease**, 2017. Disponível em: <<http://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS-07-16-1024-SR>>Acesso em 17 de março de 2017.
- CASTOLDI, R.; CHARLO, H.C.O.; VARGAS, P.F.; BRAZ, L.T. Crescimento, acúmulo de nutrientes e produtividade da cultura da couve-flor. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. 438-446, 2009.
- DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L (Eds). **Fertilidade do solo**. Viçosa-MG : Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2007. p. 91-132.
- DIXON, G. R. The occurrence and economic impact of *Plasmodiophora brassicae* and clubroot disease. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 28, n. 3, p. 194-202, 2009a.
- DIXON, G. R. *Plasmodiophora brassicae* in its environment. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 28, n. 3, p. 212-228, 2009b.
- EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro:EMBRAPA-CNPS, 1997. 212p.
- FERREIRA, D.F. Sistema de análises de variância para dados balanceados. Lavras: UFLA, 2000. (SISVAR 4. 1. pacote computacional).
- FREIRE, L.R.; CAMPOS, D.V.B.; ANJOS, L.H.C.; ZONTA, E.; PEREIRA, M.G.; BLOISE, R.M.; MOREIRA, G.N.C.; EIRA, P.A. Análise química de amostras de terra. In: FREIRE, L.R. (Org.) **Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro**. Seropédica, RJ: Editora Universidade Rural, 2013. p. 107-128.
- GOSSEN, B. D., KASINATHAN, H., CAO, T., MANOLII, V. P., STRELKOV, S. E., HWANG, S. F., & MCDONALD, M. R. Interaction of pH and temperature affect infection and symptom development of *Plasmodiophora brassicae* in canola. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 35, n. 3, p. 294-303, 2013.
- GRISEL, P.N. & ASSIS, R.N. **Dinâmica agrária da Região Sudoeste do município de Nova Friburgo e os atuais desafios de sua produção hortícola familiar**. Documentos n° 299, Embrapa Agrobiologia, Seropédica-RJ, 2015.

GUERRA, J.G.M.; LEAL, M.A.A., FERREIRA, M.B.C. Recomendações de adubos, corretivos e de manejo da matéria orgânica para as principais culturas do Estado do Rio de Janeiro: Brócolos, couve, couve-flor e repolho. In: FREIRE, L.R. (Org.). **Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro**. Seropédica, RJ: Editora Universidade Rural, 2013. p.107-128.

HORSFALL, J.G.; BARRAT, R.W. An improved grading system for measuring plant diseases. **Phytopathology**, v.35, p.655, 1945.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário**. 2006. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/818#resultado>> Acesso em 26 de fevereiro de 2017.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Estações automáticas**. 2016. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>> Acesso em 05 de janeiro de 2016.

KOWATA-DRESCH, L. S.; MAY-DE MIO, L. L. Clubroot management of highly infested soils. **Crop Protection**, v. 35, p. 47-52, 2012.

LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L (Eds). **Fertilidade do solo**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2007. p. 2-64.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MARINGONI, A. C. Doenças das crucíferas: brócolis, couve, couve chinesa, rabanete, repolho e rúcula. In: KIMATI, H.; AMORIN, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. **Manual de fitopatologia: volume 2: doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Ceres, 1997. p. 315-324.

MAY, A.; TIVELLI, S.; VARGAS, P.; SAMRA, A.G.; SACCONI, L.V.; PINHEIRO, M.Q. **A cultura da couve-flor**. Campinas: Instituto Agrônomo, (Boletim Técnico), n. 200, 2007, 36p. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/publicacoes_online/pdf/Tecnico200.pdf> Acesso em 17 de novembro de 2016.

MEURER, E.J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L (Eds). **Fertilidade do solo**. Viçosa-MG :Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2007. p. 65-90.

MORAIS JUNIOR, P.O.; CARDOSO, A.F.; LEÃO, E.F.; PEIXOTO, N. Desempenho de cultivares de couve-flor de verão em Ipameri. **Ciência Rural**, v. 42, p. 1923-1928, 2012.

MURAKAMI, H.; TSUSHIMA, S.; AKIMOTO, T.; MURAKAMI, K.; GOTO, I.; SISHIDO, Y. Effects of growing leafy daikon (*Raphanus sativus*) on populations of *Plasmodiophora brassicae* (clubroot). **Plant Pathology**, v. 49, n. 5, p. 584-589, 2000.

NARISAWA, K.; SHIMURA, M.; USUKU, F.; FUJUHARA, S.; HASHIBA, T. Effects of pathogen density, soil moisture, and soil pH on biological control of clubroot in Chinese cabbage by *Heteroconium chaetospora*. **Plant disease**, v. 89, n. 3, p. 285-290, 2005.

- NIWA, R.; KUMEI, T.; NOMURA, Y.; YOSHIDA, S.; OSAKI, M.; EZAWA, T. Increase in soil pH due Ca-rich organic matter application causes suppression of the clubroot disease of crucifers. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 39, n.3, p. 778-785, 2007.
- PENALBER, A.T.T. **Controle alternativo da hérnia das crucíferas causada por *Plasmodiophora brassicae* em brócolis através de compostos orgânicos**. 168f. Tese (Doutorado em Fitopatologia). Brasília: Universidade de Brasília, 2009.
- RUARO, L.; LIMA NETO, V.C.; RIBEIRO JÚNIOR, P.J. Influência do boro, de fontes de nitrogênio e do pH do solo no controle de hérnia das crucíferas causada por *Plasmodiophora brassicae*. **Tropical Plant Pathology**, vol. 34, n. 4, p. 231-238, 2009.
- RUARO, L., LIMA NETO, V.C.; MOTTA, A.C.V. Efeito do pH do solo em diferentes níveis de inóculo no controle de *Plasmodiophora brassicae*. **Summa Phytopathologica**, v.36, n.1, p.16-20, 2010.
- SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L (Ed). **Fertilidade do solo**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2007. p. 205-274.
- TAKEISHI, J.; CECÍLIO FILHO, A. B.; OLIVEIRA, P. R. Crescimento e acúmulo de nutrientes em couve-flor ‘Verona’. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 4, p. 1-10, 2009.
- TORRES, J.L.R.; ARAÚJO, A.S.; BARRETO, A.C.; SILVA NETO, O.F.; SILVA, V.R.; VIEIRA, D.M.S. Desenvolvimento e produtividade de couve-flor e repolho influenciados por tipos de cobertura do solo. **Horticultura Brasileira**, v. 33, p. 510-514. 2015.
- TRANI, P.E. *et al.* Hortaliças. In: RAIJ, B. van. *et al.* (Ed). **Recomendações de calagem e adubação para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo/ Fundação IAC, 1996. p.175. (Boletim técnico, 100).
- USEPA - United States Environmental Protection Agency. Microwave assisted acid digestion of sediments sludge, soils, and oils. EPA SW 846 3051a. 30p, 2007. Disponível em:<<http://www.epa.gov/epawaste/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3051a.pdf>> Acesso em 20 de abril de 2016.
- URE, A. M.; QUEUVALIER, P.H.; MUNTAU, H.; GRIEPINK, B. Speciation of heavy metals in soils and sediments. An account of the improvement and harmonization of extraction techniques undertaken under the auspices of the BCR of the Commission of the European Communities. **International Journal of Environmental Chemistry**, v. 51, p. 135-151. 1993.
- VIDAL, M. C. Métodos Tradicionais de Controle da Hérnia das Crucíferas. Brasília: Embrapa Hortaliças, **Documentos**, nº 135, 2012, 20 p.
- WALLENHAMAR, A.C. Monitoring and control of *Plasmodiophora brassicae* in spring oil seed brassica crops. **Acta Universitatis Agriculturae Sueciae**, Agraria 183. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, p. 53, 1999.
- WEBSTER, M. A. & DIXON, G. R. Calcium, pH and inoculum concentration influencing colonization by *Plasmodiophora brassicae*. **Mycological Research**, v. 95, n. 1, p. 64-73, 1991.

14. CONCLUSÕES GERAIS

- 1) O biofungicida não foi eficaz no controle da hérnia das crucíferas e não trouxe incrementos significativos em couve-flor;
- 2) A calagem proporcionou maior crescimento radicular e produtividade em couve-flor e reduziu o volume de raízes com hérnias;
- 3) A aplicação de calcário na cova foi equivalente a aplicação à lanço seguida de incorporação e trouxeram incrementos relevantes na massa fresca das inflorescências e produtividade;
- 4) A prática da calagem deve ser incentivada na região.

ANEXOS

ANEXO A. Análise de variância dos atributos de fertilidade do solo e número de esporos de resistência de *Plasmodiophora brassicae* na profundidade de 0-20 cm, em função da aplicação de quatro doses de calcário calcinado e, aplicação ou não de biofungicida à base de *Trichoderma harzianum*, em experimento realizado em condições de campo. Setembro a dezembro de 2015, Nova Friburgo-RJ.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio											
		pH (água)	Ca	Mg	Na	Al ¹	H+Al	T	K	P	MO	V	Nº de esporos g.solo ⁻¹
		cmol _c /dm ³								g/dm ³	%		
Dose (D)	3	0,458*	9,854*	0,029*	0,00005 ^{ns}	0,0133*	10,118*	0,156 ^{ns}	2629,83 ^{ns}	149,45 ^{ns}	6,429 ^{ns}	507,47*	1,39x10 ¹³ ^{ns}
Tratamento (T)	1	0,020 ^{ns}	0,845 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,0015 ^{ns}	0,0011 ^{ns}	0,262 ^{ns}	0,049 ^{ns}	3612,50 ^{ns}	242,00 ^{ns}	1,800 ^{ns}	17,40 ^{ns}	1,58x10 ¹³ ^{ns}
Interação DxT	3	0,020 ^{ns}	0,601 ^{ns}	0,0028 ^{ns}	0,00005 ^{ns}	0,00019 ^{ns}	0,442 ^{ns}	0,615 ^{ns}	3416,50 ^{ns}	400,66 ^{ns}	0,325 ^{ns}	24,63 ^{ns}	1,68x10 ¹⁴ ^{ns}
Bloco	3	0,053 ^{ns}	0,120 ^{ns}	0,026 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	0,00072 ^{ns}	0,088 ^{ns}	0,535 ^{ns}	26529,83 ^{ns}	3164,04*	13,26 ^{ns}	13,74 ^{ns}	1,37x10 ¹⁴ ^{ns}
Resíduos	21	0,046	0,25	0,0047	0,00009	0,00086	0,488	0,275	2963,35	276,63	4,963	19,13	9,01x10 ¹³
CV(%)		3,69	10,42	11,88	16,95	2,85	9,98	3,92	15,01	20,27	6,26	9,17	31,96

^{ns} – Não significativo; * Significativo a 5%; ¹ - Dados transformados por $\sqrt{\text{por } x+1}$. **pH:** em água; **Ca:** cálcio trocável; **Mg:** magnésio trocável; **Na:** sódio trocável; **Al:** alumínio trocável; **H+Al:** acidez potencial; **T:** CTC a pH=7,0; **B:** boro extraível; **K:** potássio trocável; **P:** fósforo assimilável; **MO:** matéria orgânica; **V:** saturação de bases.

ANEXO B. Análise de variância de atributos de raiz, volume e massa fresca de raízes total, sadias e com galhas de hérnia das crucíferas, causada por *Plasmodiophora brassicae*, porcentagem do volume e da massa de raízes com galhas, massa seca total de raiz e severidade da doença em plantas de couve-flor, híbrido Barcelona, em função da aplicação de quatro doses de calcário calcinado e aplicação ou não de biofungicida à base de *Trichoderma harzianum*, em experimento realizado em condições de campo. Setembro a dezembro de 2015, Nova Friburgo-RJ.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio									
		Volume de raiz (mL)			Volume de raiz doente (%) ¹	Massa fresca de raiz (g)			Massa de raiz doente (%) ¹	Massa seca de raiz (g)	Severidade (Escala) ¹
		Total	Sadia	Doente ¹		Total	Sadia	Doente ¹			
Dose (D)	3	165,10*	218,82*	0,67*	3,52 ^{ns}	539,23*	557,56*	0,33 ^{ns}	3,57 ^{ns}	23,50*	4,15 ^{ns}
Tratamento (T)	1	410,12*	268,54*	3,94*	2,08 ^{ns}	893,27*	352,58 ^{ns}	5,26*	3,54 ^{ns}	1,51 ^{ns}	3,21 ^{ns}
Interação (TxD)	3	64,01*	51,45 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,24 ^{ns}	86,01 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,18 ^{ns}	1,49 ^{ns}	0,20 ^{ns}
Bloco	3	48,96 ^{ns}	130,89 ^{ns}	1,10*	4,42 ^{ns}	68,01 ^{ns}	121,27 ^{ns}	1,32*	4,53 ^{ns}	6,91 ^{ns}	4,45*
Resíduo	21	19,4	45,98	0,23	1,57	68,87	107,9	0,26	1,61	2,84	1,36
CV (%)		11,93	23,10	16,50	25,62	16,10	24,43	17,19	30,04	17,69	24,59

ns – Não significativo; * Significativo a 5%; ¹- Dados transformados por $\sqrt{x+1}$.

ANEXO C. Análise de variância da massa fresca, seca e diâmetro das inflorescências e da produtividade de couve-flor, cv. Barcelona, em função da aplicação de quatro doses de calcário calcinado, da aplicação de biofungicida à base de *Trichoderma harzianum*, e da interação entre estes, em experimento realizado em condições de campo. Setembro a dezembro de 2015, Nova Friburgo-RJ.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		Inflorescências			Produtividade (Mg.ha ⁻¹)
		Massa Fresca (g)	Massa Seca (g)	Diâmetro (cm)	
Dose (D)	3	59115,66*	258,00*	27,16*	45,64*
Tratamento (T)	1	501,41 ^{ns}	274,07*	5,44 ^{ns}	0,39 ^{ns}
Interação (TxD)	3	18220,02 ^{ns}	27,67 ^{ns}	0,77 ^{ns}	14,06 ^{ns}
Bloco	3	23981,81 ^{ns}	168,34 ^{ns}	9,62 ^{ns}	18,52 ^{ns}
Resíduo	21	15196,43	62,93	4,25	11,72
CV (%)		23,43	26,41	13,63	23,43

ns – Não significativo; * Significativo a 5%; ¹- Dados transformados por $\sqrt{\text{por } x+1}$.

ANEXO D. Análise de variância dos valores de pH e dos teores de cálcio, magnésio e alumínio em função da realização da calagem (2,54 Mg.ha⁻¹ de CaO) ou não, e de três tratamentos para controle da doença (biofungicida a base de *Trichoderma harzianum*, ciazofamida e testemunha) e da interação entre estes em experimento realizado em casa de vegetação. Agosto a outubro de 2016, Nova Friburgo-RJ.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		pH	Ca	Mg	Al ¹
		(água)	cmol _c /dm ³		
Calagem (C)	1	0,633*	9,00*	8,46*	0,047*
Tratamentos (T)	2	0,020 ^{ns}	0,031 ^{ns}	0,021 ^{ns}	0,0022 ^{ns}
Interação (CxT)	2	0,008 ^{ns}	0,26 ^{ns}	1,52 ^{ns}	0,0020 ^{ns}
Bloco	3	0,008 ^{ns}	1,31 ^{ns}	1,30 ^{ns}	0,0015
Resíduo	15	0,010	0,12	0,49	0,0025
CV (%)		1,92	7,24	25,37	4,69

ns – Não significativo; * Significativo a 5%; ¹- Dados transformados por $\sqrt{\text{por } x+1}$.

ANEXO E. Análise de variância de atributos de raiz, volume e massa fresca de raízes total, sadias e com galhas de hérnia das crucíferas, causada por *Plasmodiophora brassicae*, porcentagem do volume e da massa de raízes com galhas, massa seca total de raiz, severidade avaliada aos 100 dias após o transplante e área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), em plantas de couve-flor cv. Bola de Neve, em função da realização da calagem (2,54 Mg.ha⁻¹ de CaO) ou não, e três tratamentos para controle da doença (biofungicida a base de *Trichoderma harzianum*, ciazofamida e testemunha) e da interação em experimento realizado em casa de vegetação. Agosto a outubro de 2016, Nova Friburgo-RJ.

Fonte de variação	GL	Volume de raiz (mL)			Volume de raiz doente (%) ¹	Massa fresca de raiz (g)			Massa de raiz doente (%) ¹	Massa seca de raiz total (g) ¹	Severidade aos 100 DAT ¹	AACPD ¹
		Total	Sadia ¹	Doente ¹		Total	Sadia ¹	Doente ¹				
Calagem (C)	1	1149,12*	15,635*	0,066 ^{ns}	6,36 ^{ns}	2347,09*	29,065*	0,048 ^{ns}	19,21*	1,842*	4056,00*	14,578 ^{ns}
Tratamentos (T)	2	112,52 ^{ns}	1,906 ^{ns}	3,52*	11,85*	1,930 ^{ns}	3,482*	4,606*	21,82*	0,046 ^{ns}	4028,40*	1615,59*
Interação (CxT)	2	217,52 ^{ns}	1,879 ^{ns}	0,23 ^{ns}	1,32 ^{ns}	299,77 ^{ns}	3,104*	0,246 ^{ns}	2,49 ^{ns}	0,156 ^{ns}	1130,85*	22,219 ^{ns}
Bloco	3	146,17 ^{ns}	0,462 ^{ns}	1,87 ^{ns}	4,39	129,47 ^{ns}	0,178 ^{ns}	1,267 ^{ns}	2,50 ^{ns}	0,274 ^{ns}	118,41 ^{ns}	38,478 ^{ns}
Resíduo	15	82,05	0,552	0,94	1,85	83,58	0,674	0,587	1,19	0,1153	76,36	116,075
CV (%)		26,58	16,11	25,77	21,47	28,68	18,55	22,97	18,19	16,18	23,00	33,63

ns – Não significativo; * Significativo a 5%; ¹ - Dados transformados por $\sqrt{x+1}$.

ANEXO F. Análise de variância para atributos de fertilidade do solo nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm em experimento realizado de setembro a dezembro de 2015 no município de Nova Friburgo-RJ. Seropédica, RJ, 2015.

Profundidade: 0-20 cm												
Fonte de variação	GL	Quadrado médio										
		pH	Ca	Mg	Na	Al ¹	H+Al	T	K	P	MO	V
		(água)	cmol _c /dm ³					mg/dm ³			g/dm ³	%
Tratamentos	4	0,629*	17,291*	0,0085 ^{ns}	0,00008 ^{ns}	0,162*	14,363*	1,806 ^{ns}	2962,525*	47,412 ^{ns}	9,952 ^{ns}	830,15*
Bloco	7	0,461*	5,860*	0,1053*	0,0003*	0,0793*	8,743*	3,011 ^{ns}	22611,796*	1798,425*	51,222*	486,27*
Resíduos	28	0,067	1,062	0,008	0,0001	0,023	2,032	1,694	649,296	80,755	23,47	50,576
CV(%)		4,89	25,64	25,13	25,78	12,50	15,91	9,37	12,63	24,17	10,80	20,10
Profundidade: 20-40 cm												
Fonte de variação	GL	Quadrado médio										
		pH	Ca	Mg	Na	Al ¹	H+Al	T	K	P	MO	V
		(água)	cmol _c /dm ³					mg/dm ³			g/dm ³	%
Tratamentos	4	0,172*	4,514*	0,010 ^{ns}	0,00017 ^{ns}	0,0651*	2,550 ^{ns}	3,900*	504,250 ^{ns}	31,437 ^{ns}	16,395 ^{ns}	190,762*
Bloco	7	0,131*	2,790*	0,083*	0,00004 ^{ns}	0,0686*	7,501*	7,113*	5565,110*	1171,942*	48,260*	232,194*
Resíduos	28	0,054	0,991	0,016	0,00008	0,0235	1,263	1,218	1435,95	156,951	18,87	53,346
CV(%)		4,62	36,82	40,13	33,24	11,59	10,50	7,87	35,62	36,85	10,32	30,92

ns – Não significativo; * Significativo a 5%; ¹- Dados transformados por $\sqrt{x+1}$. **pH:** (água); **Ca:** cálcio trocável; **Mg:** magnésio trocável; **Na:** sódio trocável; **Al:** alumínio trocável; **H+Al:** acidez potencial; **T:** CTC a pH=7,0; **K:** potássio trocável; **P:** fósforo assimilável; **MO:** matéria orgânica; **V:** saturação de bases.

ANEXO G. Análise de variância para os teores de boro extraível e micronutrientes biodisponíveis no solo após aplicação dos tratamentos e incubação por 90 dias, avaliado nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, Nova Friburgo-RJ, 2015.

Quadrados médios													
Profundidade: 0-20 cm								Profundidade: 20-40 cm					
Fonte de variação	GL	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Ni ¹	B	Cu ¹	Fe	Mn	Zn	Ni ¹
		mg/dm ³	mg/Kg						mg/dm ³	mg/Kg			
Tratamento	4	0,0082 ^{ns}	0,0183 ^{ns}	4,647*	2,060 ^{ns}	6,454*	0,0402 ^{ns}	0,0055 ^{ns}	0,0094 ^{ns}	6,119 ^{ns}	4,812 ^{ns}	1,502 ^{ns}	0,0291 ^{ns}
Bloco	3	0,012 ^{ns}	0,0101 ^{ns}	1,653 ^{ns}	0,236 ^{ns}	0,921 ^{ns}	0,0455 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	0,0048 ^{ns}	3,908 ^{ns}	0,643 ^{ns}	0,903 ^{ns}	0,027 ^{ns}
Resíduos	12	0,0045	0,006	1,004	2,268	0,839	0,074	0,0105	0,0082	2,313	4,326	1,102	0,027
CV(%)		13,96	17,85	9,01	8,04	14,69	23,51	25,94	7,51	15,66	12,91	18,87	14,94

ns – Não significativo; * Significativo a 5%; ¹- Dados transformados por $\sqrt{x+1}$. **B**: boro extraível; **Cu**: cobre biodisponível; **Fe**: ferro biodisponível; **Mn**: manganês biodisponível; **Zn**: zinco biodisponível; **Ni**: níquel biodisponível.

ANEXO H. Análise de variância para severidade da hérnia das crucíferas, volume e massa fresca de raízes (total, sadia e com hérnias) e porcentagem de raízes com hérnia, expressas pelo volume e massa, em plantas de couve-flor, cultivar Barcelona, e número de esporos de *Plasmodiophora brassicae*, em experimento realizado de setembro a dezembro de 2015 no município de Nova Friburgo-RJ.

Quadrado médio											
Fonte de variação	GL	Severidade (Escala) ¹	Volume de raiz (mL)			Volume de raiz doente (%) ¹	Massa fresca de raiz (g)			Massa de raiz doente (%) ¹	Esporos g. solo ⁻¹
			Total	Sadia	Doente ¹		Total	Sadia	Doente ¹		
Tratamento	4	1,90*	38,21 ^{ns}	40,75 ^{ns}	0,15 ^{ns}	1,40 ^{ns}	78,50 ^{ns}	80,56 ^{ns}	0,22 ^{ns}	1,508*	1,29x10 ¹³ ^{ns}
Bloco	3	0,0170 ^{ns}	23,59 ^{ns}	28,12 ^{ns}	0,057 ^{ns}	0,053 ^{ns}	26,22 ^{ns}	33,62 ^{ns}	0,066 ^{ns}	0,015 ^{ns}	3,49x10 ¹³ ^{ns}
Resíduo	12	0,59	22,8	20,93	0,152	0,071	37,51	34,26	0,097	0,334	1,22x10 ¹³
CV (%)		39,29	14,54	14,42	27,53	42,76	16,35	16,04	22,56	33,75	16,18

ns – Não significativo; * Significativo a 5%; ¹- Dados transformados por $\sqrt{x+1}$.

ANEXO I. Análise de variância para acúmulo de biomassa em diferentes órgãos e planta, diâmetro de inflorescências e produtividade em couve-flor, cultivar Barcelona, em experimento realizado no período de setembro a dezembro de 2015 no município de Nova Friburgo-RJ.

Fonte de variação	GL	Massa fresca (g)				Massa seca (g)					Diâmetro (cm)	Produtividade (Mg.ha ⁻¹)
		Folha	Caule	Inflorescência	Planta	Folha	Caule	Inflorescência	Raiz	Planta		
Tratamento	4	26434,41*	585,93*	9311,72*	73469,31*	214,39 ^{ns}	0,953 ^{ns}	18,84 ^{ns}	3,26 ^{ns}	436,64*	1,63 ^{ns}	7,16*
Bloco	3	32340,34*	921,65*	2900,87 ^{ns}	62630,15*	172,66 ^{ns}	2,003 ^{ns}	5,23 ^{ns}	0,39 ^{ns}	206,87*	0,57 ^{ns}	2,23 ^{ns}
Resíduo	12	6266,87	64,88	2807,61	12269,23	68,99	1,131	6,64	2,05	107,49	0,98	2,16
CV(%)		13,09	7,29	13,73	9,98	16,59	16,47	18,24	16,25	13,04	7,08	13,73

ns – Não significativo; * Significativo a 5%;

ANEXO J. Análise de variância para concentração de macronutrientes, micronutrientes e alumínio em diferentes órgãos de couve-flor, híbrido Barcelona, em experimento realizado de setembro a dezembro de 2015 no município de Nova Friburgo-RJ. Seropédica, RJ, 2016.

		Quadrados médios									
Fontes de variação	GL	Folha									
		Ca	Mg	P	K	Cu	Fe ¹	Mn	Zn	Ni ²	Al
		g/kg					mg/kg				
Tratamento	4	22,77*	0,34 ^{ns}	2,099 ^{ns}	9,33 ^{ns}	0,189 ^{ns}	47,56 ^{ns}	185,86*	139,078*	0,0075 ^{ns}	NA
Bloco	3	51,51*	0,073 ^{ns}	3,49 ^{ns}	45,38 ^{ns}	0,582 ^{ns}	23,04 ^{ns}	57,039 ^{ns}	53,783 ^{ns}	0,050 ^{ns}	NA
Resíduo	12	4,61	0,17	3,93	29,36	0,1899	36,80	28,26	16,748	0,034	NA
CV(%)		9,35	17,64	13,94	22,42	11,59	18,81	13,35	12,75	11,42	-
		Inflorescência									
Fonte de variação	GL	Ca	Mg	P	K	Cu	Fe ¹	Mn	Zn	Ni ²	Al
		g/kg					mg/kg				
		Tratamento	4	0,58 ^{ns}	0,060 ^{ns}	18,015 ^{ns}	13,38 ^{ns}	0,208 ^{ns}	7,69 ^{ns}	5,43 ^{ns}	3,44 ^{ns}
Bloco	3	0,93 ^{ns}	0,560 ^{ns}	15,36 ^{ns}	19,40 ^{ns}	0,118 ^{ns}	1,61 ^{ns}	11,05 ^{ns}	54,63*	0,010 ^{ns}	NA
Resíduo	12	0,311	0,0627	7,36	7,29	0,133	6,93	5,34	19,018	0,074	NA
CV(%)		18,55	10,70	8,04	5,77	9,49	18,92	9,22	11,68	20,65	-
		Caule									
Fonte de variação	GL	Ca	Mg	P	K	Cu	Fe ¹	Mn	Zn	Ni ²	Al
		g/kg					mg/kg				
		Tratamento	4	2,10 ^{ns}	0,51 ^{ns}	12,27 ^{ns}	39,56 ^{ns}	0,920 ^{ns}	7,47 ^{ns}	31,27 ^{ns}	425,46 ^{ns}
Bloco	3	1,87 ^{ns}	0,50 ^{ns}	30,13 ^{ns}	59,53 ^{ns}	0,553*	41,17 ^{ns}	39,60 ^{ns}	474,257 ^{ns}	0,14 ^{ns}	NA
Resíduo	12	1,24	0,19	12,78	52,22	0,852	21,41	17,29	155,887	0,018	NA
CV(%)		14,44	10,78	16,82	11,26	16,77	18,89	19,93	21,28	9,87	-
		Raiz									
Fonte de variação	GL	Ca	Mg	P	K	Cu	Fe	Mn	Zn	Ni	Al
		g/kg					mg/kg				
		Tratamento	4	0,716 ^{ns}	0,30 ^{ns}	1,068 ^{ns}	2,078 ^{ns}	3,24 ^{ns}	7,50 x10 ⁶ ^{ns}	19,93 ^{ns}	83,92 ^{ns}
Bloco	3	0,213 ^{ns}	0,18 ^{ns}	1,650 ^{ns}	33,197 ^{ns}	2,37 ^{ns}	1,83x10 ⁷ ^{ns}	51,96 ^{ns}	65,51 ^{ns}	13,23 ^{ns}	4,73x10 ⁷ ^{ns}
Resíduo	12	0,657	0,54	1,348	13,334	7,08	1,07x10 ⁷	39,03	52,54	12,03	1,35x10 ⁷
CV(%)		14,87	23,94	11,04	11,14	13,53	26,32	12,00	12,04	14,70	27,49

ns – Não significativo; * Significativo a 5%; NA – não avaliado; ¹- Dados transformados por \sqrt{x} ; ²-Dados transformados por $\sqrt{x+1}$.

ANEXO K. Análise de variância para acúmulo de nutrientes e alumínio na planta inteira e em diferentes órgãos de couve-flor, híbrido Barcelona, em experimento realizado de setembro a dezembro de 2015 no município de Nova Friburgo-RJ. Seropédica, RJ, 2016.

Quadrados médios											
Planta											
Fontes de variação	GL	Ca	Mg	P	K	Cu	Fe ¹	Mn	Zn	Ni	Al
		g/planta				mg/planta					
Tratamento	4	0,28*	0,0022 ^{ns}	0,163*	0,45 ^{ns}	0,0116*	1,86 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,0058 ^{ns}	NA
Bloco	3	0,064 ^{ns}	0,0012 ^{ns}	0,063 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,0034 ^{ns}	1,48 ^{ns}	0,61*	0,70*	0,0022 ^{ns}	NA
Resíduo	12	0,05	0,00089	0,029	0,16	0,0028	5,09	0,16	0,17	0,0028	NA
CV(%)		17,35	14,58	12,28	16,07	11,93	17,40	14,12	13,96	17,43	-
Folha											
Fontes de variação	GL	Ca	Mg	P	K	Cu	Fe ¹	Mn	Zn	Ni	Al
		g/planta				mg/planta					
Tratamento	4	0,24*	0,00070 ^{ns}	0,032 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,0027 ^{ns}	1,31 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,0021 ^{ns}	NA
Bloco	3	0,067 ^{ns}	0,00044 ^{ns}	0,041*	0,12 ^{ns}	0,0018 ^{ns}	1,39 ^{ns}	0,48*	0,31*	0,0074 ^{ns}	NA
Resíduo	12	0,048	0,00058	0,014	0,092	0,0012	2,84	0,13	0,084	0,003	NA
CV(%)		19,09	20,44	17,13	25,52	19,26	23,59	18,76	18,39	19,74	-
Inflorescência											
Fontes de variação	GL	Ca	Mg	P	K	Cu	Fe ¹	Mn	Zn	Ni	Al
		g/planta				mg/planta					
Tratamento	4	0,00037*	0,00018*	0,036*	0,046 ^{ns}	0,00033 ^{ns}	0,055 ^{ns}	0,0074 ^{ns}	0,021 ^{ns}	0,99x10 ⁻⁵ ^{ns}	NA
Bloco	3	0,00030 ^{ns}	0,00010*	0,0096 ^{ns}	0,0021 ^{ns}	0,00007 ^{ns}	0,008 ^{ns}	0,0054 ^{ns}	0,010 ^{ns}	0,13x10 ⁻⁴ ^{ns}	NA
Resíduo	12	0,0001	0,00004	0,0069	0,015	0,00012	0,12	0,0046	0,011	0,36x10 ⁻⁴	NA
CV(%)		23,47	19,76	17,43	19,12	20,24	20,92	19,41	20,61	0,60	-

Continua...

...Continuação do Anexo K

		Caule									
Fontes de variação	GL	Ca	Mg	P	K	Cu	Fe ¹	Mn	Zn	Ni	Al
		g/planta				mg/planta					
Tratamento	4	0,00016 ^{ns}	0,000083*	0,0013 ^{ns}	0,0099 ^{ns}	0,00008 ^{ns}	0,071 ^{ns}	0,0011 ^{ns}	0,020 ^{ns}	0,37x10 ⁻⁵ ^{ns}	NA
Bloco	3	0,000053 ^{ns}	0,000013 ^{ns}	0,00024 ^{ns}	0,0069 ^{ns}	0,00004 ^{ns}	0,230 ^{ns}	0,0009 ^{ns}	0,027*	0,15x10 ⁻⁴ *	NA
Resíduo	12	0,000066	0,00009	0,00059	0,0051	0,00005	0,123	0,0007	0,008	0,15x10 ⁻⁵	NA
CV(%)		16,23	11,64	18,20	17,30	21,17	17,98	19,94	23,82	0,125	-

		Raiz									
Fontes de variação	GL	Ca	Mg	P	K	Cu	Fe ¹	Mn	Zn	Ni	Al
		g/planta				mg/planta					
Tratamento	4	0,00015 ^{ns}	0,000068 ^{ns}	0,00037 ^{ns}	0,0039 ^{ns}	0,0010 ^{ns}	2,77 ^{ns}	0,0060 ^{ns}	0,014 ^{ns}	0,0019 ^{ns}	2,72 ^{ns}
Bloco	3	0,000018 ^{ns}	0,000045 ^{ns}	0,00020 ^{ns}	0,0029 ^{ns}	0,00067 ^{ns}	3,46 ^{ns}	0,0054 ^{ns}	0,013 ^{ns}	0,0019 ^{ns}	7,71 ^{ns}
Resíduo	12	0,000081	0,000041	0,00035	0,0035	0,0014	3,96	0,0066	0,0058	0,0028	4,29
CV(%)		18,54	25,06	19,90	20,60	22,37	19,12	17,87	14,54	25,45	19,27

ns – Não significativo; * Significativo a 5%; NA – não avaliado; ¹- Dados transformados por \sqrt{x} ; ²-Dados transformados por $\sqrt{x+1}$.