

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

DISSERTAÇÃO

**Tempo de Compostagem de Cama de Aves e seus Efeitos
no Desenvolvimento de Plantas de Couve-Flor e na
Severidade da Hérnia das Crucíferas**

Jessica de Oliveira Lima

2019



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

**TEMPO DE COMPOSTAGEM DE CAMA DE AVES E SEUS EFEITOS
NO DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE COUVE-FLOR E NA
SEVERIDADE DA HÉRNIA DAS CRUCÍFERAS**

JESSICA DE OLIVEIRA LIMA

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

e Co-orientação da Professora
Dr^a Irene da Silva Coelho

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

Seropédica, RJ
Fevereiro de 2019

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

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

L732t Lima, Jessica de Oliveira, 1993-
Tempo de compostagem de cama de aves e seus
efeitos no desenvolvimento de plantas de couve-flor e
na severidade da hêmnia das crucíferas / Jessica de
Oliveira Lima. - Seropédica, 2019.
60 f.

Orientador: Margarida Goréte Ferreira do Carmo.
Coorientador: Irene da Silva Coelho.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Fitotecnia, 2019.

1. Brassica oleracea var botrytis. 2.
Plasmodiophora brassicae. 3. composto orgânico. I.
Carmo, Margarida Goréte Ferreira do, 1963-, orient.
II. Coelho, Irene da Silva, 1979-, coorient. III
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
Fitotecnia. IV. Título.

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

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

JESSICA DE OLIVEIRA LIMA

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 28/02/2019

BANCA EXAMINADORA:

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

**Marco Antônio de Almeida Leal. D.Sc., Eng. Agrônomo
Embrapa Agrobiologia**

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

Dedico,

*À minha família e ao meu noivo Gepatrik,
por todo apoio, amor e carinho.
Amo vocês.*

AGRADECIMENTOS

À Deus, por toda força, amor e sabedoria nos momentos mais difíceis.

À minha orientadora, Margarida Goréte pelas árduas correções, apoio e ensinamentos durante os dois anos de mestrado. Obrigada!

Ao professor Nelson Moura Brasil, por toda atenção prestada durante a realização dos trabalhos e direcionamento na montagem dos experimentos.

Aos professores, Irene da Silva Coelho, Érica Abreu de Lima e Everaldo Zonta pelo apoio na realização do trabalho.

Aos membros da banca, Marco Antônio de Almeida Leal e Silvaldo Felipe da Silveira. Obrigada pelas contribuições.

Aos meus amigos do Laboratório de Epidemiologia e Patologia de Sementes (LabEPS), Carlos, Cristiana, Mayara, Cíntia, Rita, Laura, Caio, Lucas pelo apoio, ajuda e carinho em todos os momentos destes dois anos. Muito obrigada!!!

Aos estagiários e colegas do Laboratório de Química e Poluição do Solo (LQPS) em especial à Camila, pela ajuda na realização da compostagem, análises químicas e dos dados.

Aos demais amigos: Katy, Stefanny, Rafaela, Laís, Tatiane, David e Marcos Paulo!

À minha família por todo amor e carinho e por sempre estarem ao meu lado!

Ao meu noivo, Gepatrik, pelo amor e companheirismo em todas as horas.

Ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia pela oportunidade de realizar o mestrado.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pelo acolhimento durante todos os anos de estudo.

À CAPES pela bolsa concedida.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES - Código de Financiamento 001), da Fundação de Ampara à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).

RESUMO GERAL

LIMA, Jessica de Oliveira. **Tempo de compostagem de cama de aves e seus efeitos no desenvolvimento de plantas de couve-flor e severidade da h ernia das crucíferas**. 2019. 60p. Disserta o (Mestrado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019.

O manejo da fertilidade do solo   uma das práticas que pode contribuir para a redu o das perdas causadas pela h ernia das crucíferas (*Plasmodiophora brassicae*). A adi o de matéria orgânica ao solo também   citada como benéfica às plantas e ao controle da doença. A cama de aves (muitas vezes sem compostagem)   um dos fertilizantes orgânicos mais usados no cultivo de brássicas no Estado do Rio de Janeiro, região onde são relatadas severas perdas pela doença. Desenvolveu-se o presente trabalho com o objetivo de: 1) caracterizar quimicamente a cama de aves fresca e com diferentes tempos de compostagem e 2) avaliar os seus efeitos sobre o desenvolvimento de plantas de couve-flor e da h ernia das crucíferas. Utilizaram-se dois processos de compostagem da cama de aves, sendo o primeiro em pilhas por um período de 15 e 30 dias e o segundo em composteiras por 30, 60, 90 e 120 dias. Caracterizaram-se os compostos quanto aos teores de nutrientes, metais tóxicos e pH. Na sequência, realizaram-se quatro experimentos em casa de vegeta o, utilizando-se plantas de couve-flor cultivada em vasos e mudas cultivadas em tubetes ou vasos, com aplica o das camas de aves compostadas por diferentes períodos. Avaliaram-se os seus efeitos sobre o desenvolvimento das plantas e severidade da h ernia das crucíferas. Com o aumento do tempo de compostagem houve incrementos na concentra o de macronutrientes, micronutrientes e de metais tóxicos nos compostos. Em plantas adultas cultivadas em vaso, a aplica o de cama de aves fresca, comparada   cama de aves compostada por 15 e 30 dias, favoreceu o desenvolvimento da couve-flor e a redu o da intensidade da h ernia das crucíferas. Em mudas, desenvolvidas em tubetes, de forma geral, a aplica o da cama de aves, independentemente do tempo de compostagem, favoreceu o acúmulo de massa e a diminui o da intensidade da doença quando comparada   testemunha. O efeito positivo da cama de aves fresca pode estar associado ao seu elevado pH inicial e ao aporte de nutrientes. Aplica o de cama de aves fresca ou com reduzido tempo de compostagem aplicadas em doses mais elevadas resultou em problemas de fitotoxidez.

Palavras-chave: *Brassica oleracea* var *botrytis*; *Plasmodiophora brassicae*; composto orgânico.

ABSTRACT

LIMA, Jessica de Oliveira. **Composting time of poultry litter and its effects on the development of cauliflower plants and clubroot severity**. 2019. 60p. Dissertation (Master's Degree in Plant Science). Institute of Agronomy, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019.

Soil fertility management is one of the practices that can contribute to the reduction of losses caused by clubroot in cruciferous (*Plasmodiophora brassicae*). The addition of organic matter to the soil is also cited as beneficial to plants and disease control. The poultry litter, often without composting, is one of the most used organic fertilizers in brassica cultivation in the State of Rio de Janeiro, where severe losses from the disease are reported. The present work was developed with the objective of: 1) to characterize chemically the poultry litter fresh and with different composting times and 2) to evaluate the effects of poultry litter on the development of cauliflower and clubroot. Two poultry litter composting processes were used, the first one in piles for a period of 15 and 30 days and, the second in composting for 30, 60, 90 and 120 days. The compounds were characterized for nutrient content, toxic metals and pH. Four experiments were carried out in a greenhouse using cauliflower plants grown in pots and seedlings grown in tubes or pots, with application of composted poultry litter for different periods. Its effects on plant development and clubroot severity were evaluated. With the increase of composting time there were increases in the concentration of macronutrients, micronutrients and toxic metals. In adult plants, the application of fresh poultry litter compared to composted poultry litter, by 15 and 30 days, favoured the development of cauliflower and reduced clubroot severity. In seedlings developed in tubes, in general, the application of the poultry litter, regardless of the composting time, favoured the accumulation of mass and the decrease of disease intensity when compared to the control. The positive effect of fresh poultry litter may be associated with its high initial pH and nutrient supply. Application of fresh poultry litter or with reduced composting time applied at higher doses resulted in phytotoxicity problems.

Keywords: *Brassicae oleracea* var *botrytis*; *Plasmodiophora brassicae*; organic compost.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Descrição simplificada do processo de compostagem.....	6
Figura 2: Organograma dos experimentos realizados.....	8
Figura 3: Temperaturas registradas durante os dois processos de compostagem: A) Compostagem em pilhas por até 30 dias; B) Compostagem em pilhas por até 15 dias; C) Compostagem em composteiras por até 120 dias. Maio a junho de 2017 e fevereiro a junho de 2018, respectivamente. Seropédica, RJ.....	15
Figura 4: Compostagem em pilhas: A) Cama de aves fresca antes do início da compostagem; B) Cama de aves fresca após ser umedecida; C) Cama de aves com 15 dias de compostagem; D) Cama de aves com 30 dias de compostagem. Maio a junho de 2017. Seropédica, RJ.....	15
Figura 5: Massa fresca de folha (A), severidade da hérnia das crucíferas (B), massa fresca de raiz sadia (C) e massa fresca de hérnia (D) em plantas de couve-flor, cv Sharon. Interação entre Inoculação (Inoculada ou não inoculada) e a dose de composto aplicado (0, 1, 2, 3, 4 e 5 g tubete ⁻¹), Seropédica, RJ, maio/junho de 2018.....	24
Figura 6: Número de folha (A), severidade da hérnia das crucíferas (B), massa fresca de folha (C) e massa fresca de raiz sadia (D) de plantas de couve-flor, cv Sharon, em função da dose de cama de aves e do tipo de composto utilizado (0 ou 45 dias de compostagem), Seropédica, RJ, maio a junho de 2018.....	25
Figura 7. Efeito da interação entre tempo de compostagem x inoculação sobre a massa fresca de raiz sadia (A), volume de raiz sadia (B), porcentagem de pelos radiculares infectados (C) e conteúdo do nutriente fósforo (P) na parte aérea (D) de plantas de couve-flor, cultivar Sharon, em parcelas inoculadas ou não com <i>Plasmodiophora brassicae</i> e cultivadas em vasos de 250 mL. Seropédica, RJ, 2018. *Significativo ao nível de 5% de probabilidade.....	31
Figura 8: Monitoramento de: A) pH; B) condutividade elétrica (mS cm ³) em vasos de 250 mL com adição de cama de aves fresca, compostada por 30, 60, 90 e 120 dias e tratamento controle (sem composto), durante 30 dias. Seropédica, RJ, janeiro/ fevereiro, 2019.....	32
Figura 9: Efeito da interação entre o tempos de compostagem de cama de aves sobre o teor de Alumínio (A), Fósforo (B), Cálcio (C), Nitrogênio (D) Carbono(E) e a relação C/N (F) de plantas de couve-flor, cultivar Sharon, inoculadas ou não com <i>Plasmodiophora brassicae</i> , em ensaio em vasos de 250 mL em condições de casa de vegetação. Seropédica, RJ, 2018. *Significativo ao nível de 5% de probabilidade.....	38
Figura 10: Intensidade da fluorescência da clorofila <i>a</i> obtida em plantas de couve-flor aos 29 DAP. A) Plantas submetidas à inoculação com o patógeno <i>Plasmodiophora brassicae</i> . B) Plantas sem inoculação com o patógeno <i>Plasmodiophora brassicae</i> . Seropédica, RJ, agosto/setembro,2018.....	42

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Proporção de água e de massa seca dos compostos de cama de aves fresca (0) e compostada por 15 e 30 dias. Seropédica, RJ, julho/outubro, 2017.....9
- Tabela 2. Dados de fertilidade do solo utilizado nos experimentos. Seropédica, UFRRJ, 2017.....10
- Tabela 3. Descrição dos tratamentos e das doses de adubos orgânicos utilizados no experimento com a cultura de couve-flor cultivar Verona. Seropédica, RJ, julho/outubro de 2017.....10
- Tabela 4. Teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn (g Kg^{-1}), Ni, Co, Cr, Pb, Cd (mg Kg^{-1}), Al, Na (g Kg^{-1}), pH, condutividade elétrica (CE) (mS), C (%), relação C/N (%) em compostos de cama de aves fresca (0 dias) e compostados por 15 e 30 dias em pilhas. Seropédica, RJ, junho/ julho, 2017.....17
- Tabela 5. Teores de N total, N mineral e N orgânico, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn (g Kg^{-1}), Ni, Co, Cr, Pb, Cd (mg Kg^{-1}), Al, Na (g Kg^{-1}), pH, condutividade elétrica (CE) (mS), C (%) e relação C/N (%) em compostos de cama de aves fresca (0 dias) e compostadas em composteiras por 30, 60, 90 e 120 dias. Seropédica, RJ, fevereiro/junho, 2018.....18
- Tabela 6. Efeito de cama de aves fresca compostada em pilhas por 15 e 30 dias e inoculação com *Plasmodiophora brassicae* sobre massa seca de folha, de caule e massa seca total da parte aérea, número de folhas (NF), comprimento de caule (CC) severidade da hérnia das crucíferas (%), volume de raiz sadia e com hérnia, massa fresca de raiz sadia e com hérnia em plantas de couve-flor. Seropédica, RJ, junho/julho, 2017.....21
- Tabela 7. Efeito de tempo de compostagem de cama de aves (0, 30, 60, 90,120 dias) e de inoculação com *Plasmodiophora brassicae* sobre o número de folhas (NF) massa fresca e seca de parte aérea (MFPA, MSPA), massa fresca de raiz sadia, com galhas e total (MFRS, MFRH, MSRT), porcentagem de raiz sadia e com galhas e severidade da hérnia das crucíferas em plantas de couve-flor, cultivar Sharon, em ensaio realizado em tubetes sob condições de casa de vegetação. Seropédica, RJ, junho/julho, 2018.....28
- Tabela 8. Efeito da cama de aves (média de todos os tratamentos) comparado aos tratamentos testemunha sem cama de aves, inoculados ou não com *Plasmodiophora brassicae*, sobre o número de folhas (NF), massa fresca e seca de parte aérea (MFPA, MSPA), massa fresca de raiz sadia, com galhas e total (MFRS, MFH, MSRT), porcentagem de raiz sadia e com galhas (% RS, %RH) e severidade da hérnia das crucíferas em plantas de couve-flor, cultivar Sharon, em ensaio realizado em tubetes em condições de casa de vegetação. Seropédica, RJ, junho/ julho de 2018.....29
- Tabela 9. Efeito de tempo de compostagem de cama de aves (0, 30, 60, 90,120 dias) e da inoculação com *Plasmodiophora brassicae* sobre o número de folhas (NF), massa fresca e seca de parte aérea (MFPA, MSPA), massa fresca de raiz sadia, com galhas e total (MFRS, MFH, MSRT), porcentagem de raiz sadia e com galhas (% RS, %RH) e severidade da hérnia das crucíferas em plantas de couve-flor, cultivar Sharon, em ensaio realizado em vasos de 250 mL em condições de casa de vegetação. Seropédica, RJ, agosto/setembro 2018.....33
- Tabela 10. Efeito da cama de aves (média de todos os tratamentos) comparado aos tratamentos testemunha sem cama de aves, com inoculação e sem inoculação com *Plasmodiophora brassicae* sobre o número de folhas (NF), massa fresca e seca de parte aérea (MFPA, MSPA), massa fresca de raiz sadia, com galhas e total (MFRS, MFH, MSRT), porcentagem de raiz sadia e com galhas (% RS, %RH) e severidade da hérnia das crucíferas e porcentagem de pelos radiculares infectados em plantas de couve-flor,

	cultivar Sharon, em ensaio realizado em vasos de 250 mL em condições de casa de vegetação. Seropédica, RJ, agosto/ setembro 2018.....	34
Tabela 11.	Efeito de tempo de compostagem de cama de aves (0, 30, 60, 90,120 dias) e da inoculação com <i>Plasmodiophora brassicae</i> sobre os teores de Zinco, Cobre, Manganês, Ferro, Alumínio, Magnésio, Cálcio, Nitrogênio, Carbono e relação C/N na parte aérea de plantas de couve-flor, cultivar Sharon, crescidas em vasos de 250 mL sob condições de casa de vegetação. Seropédica, RJ, agosto/ setembro 2018.....	35
Tabela 12.	Efeito da cama de aves (média de todos os tratamentos) comparado aos tratamentos adicionais sem cama de aves, inoculados ou não com <i>Plasmodiophora brassicae</i> sobre os teores de Zinco (Zn), Cobre (Cu), Manganês (Mn), Ferro (Fe), Alumínio (Al), Magnésio (Mg), Cálcio (Ca), Nitrogênio (N), Carbono (C) e relação C/N na parte aérea de plantas de couve-flor, cultivar Sharon, cultivada em vasos de 250 mL em condições de casa de vegetação. Seropédica, RJ, agosto/ setembro 2018.....	36
Tabela 13.	Efeito de tempo de compostagem de cama de aves (0, 30, 60, 90,120 dias) e da inoculação com <i>Plasmodiophora brassicae</i> sobre os teores de Zinco (Zn), Cobre (Cu), Manganês (Mn), Ferro (Fe) e Magnésio (Mg) presente nas raízes de couve flor, cultivar Sharon, crescida em vasos de 250 mL em condições de casa de vegetação. Seropédica, RJ, agosto/ setembro, 2018.....	39
Tabela 14.	Efeito da cama de aves (média de todos os tratamentos) comparado aos tratamentos adicionais sem cama de aves, inoculado ou não com <i>Plasmodiophora brassicae</i> , sobre os teores de Zinco (Zn) , Cobre (Cu) , Manganês (Mn) , Ferro (Fe) , Alumínio(Al) , Magnésio (Mg) , Cálcio (Ca) e a porcentagem Nitrogênio (N) e Carbono (C) e relação C/N presente nas raízes de plantas de couve-flor, cultivar Sharon, cultivadas em vasos de 250 mL em condições de casa de vegetação. Seropédica, RJ, agosto/ setembro, 2018.....	40
Tabela 15.	Efeito da interação tempo de compostagem de cama de aves (0, 30, 60, 90,120 dias) e da inoculação com <i>Plasmodiophora brassicae</i> sobre as variáveis Pi_{ABS} e Pi_{TOTAL} em plantas de couve-flor aos 29 DAP. Seropédica, RJ, agosto/setembro, 2018.....	43
Tabela 16.	Efeito da cama de aves (média de todos os tratamentos) comparado aos tratamentos adicionais sem cama de aves, inoculado ou não com <i>Plasmodiophora brassicae</i> , sobre Pi_{ABS} e Pi_{TOTAL} em plantas de couve-flor, cultivar Sharon, cultivada em copos em condições de casa de vegetação. Seropédica, RJ, agosto/setembro, 2018.....	43

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Aspectos Gerais da Cultura da Couve-Flor	3
2.2 Hérnia das Crucíferas.....	3
2.3 Cama de aves na adubação de hortaliças	5
2.4 Compostagem da cama de aves	6
3. MATERIAL E MÉTODOS	8
3.1. Preparo, Obtenção e Caracterização dos Compostos de Cama de Aves	8
3.1.1 Compostagem em pilha por até 30 dias	8
3.1.2 Compostagem em composteira por até 120 dias.....	9
3.2. Experimentos com Couve-Flor: Efeitos sobre o Desenvolvimento das Plantas e Severidade da Hérnia das Crucíferas	10
3.2.1. Experimento em vaso com cama de aves fresca e compostada por 15 e 30 dias..	10
3.2.2. Experimento com mudas.....	11
3.2.2.1 Ajuste de doses de composto de cama de aves para ensaios com mudas	11
3.2.2.2. Ensaio com mudas de couve-flor cultivadas em tubetes e em vasos	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
4.1 Compostagem: alterações durante o processo e características dos compostos	14
4.1.1 Temperatura	14
4.1.2. Alterações químicas	14
4.2. Efeito dos compostos de cama de aves sobre o desenvolvimento de couve-flor e controle da hérnia das crucíferas	20
4.2.1. Ensaio em vasos com composto fresco e com 15 e 30 dias de compostagem	20
4.2.2. Ensaios com mudas	23
4.2.2.1. Ajuste de dose de cama de aves para ensaio com mudas	23
4.2.2.2. Ensaio em tubetes de 100 mL.....	26
4.2.2.3. Ensaio em vasos de 250 mL	30
5. CONCLUSÕES.....	44
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
ANEXOS	54

1. INTRODUÇÃO GERAL

Espécies da família *Brassicaceae* possuem grande importância econômica e nutricional. A importância nutricional das hortaliças desta família deve-se ao fato de serem ricas em nutrientes e fitoquímicos como compostos fenólicos, glucosinolatos, vitaminas e minerais. O seu consumo está relacionado à diminuição de doenças imunológicas, cardiovasculares e degenerativas (FRANCISCO et al., 2017).

Segundo dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), a produção mundial de couve-flor, brócolis, repolho e outras brássicas foi de aproximadamente 96 milhões de toneladas, ocupando uma área de quase 4 milhões de hectares no ano de 2016 (FAO, 2018). No Brasil, a produção de *Brassica* spp. foi em torno de 141 mil toneladas no ano de 2006. As principais regiões produtoras estão localizadas na região Sul e Sudeste - São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro (IBGE, 2006). Dentre as diferentes espécies da família, uma das mais apreciadas e de maior valor econômico é a couve-flor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*). No Rio de Janeiro, a produção de brássicas, especialmente de couve-flor, concentra-se na região Serrana do Estado, devido ao clima ameno durante quase todo o ano (BHERING et al., 2017).

Um dos principais fatores que limitam o cultivo de *Brassica oleracea* é a ocorrência de doenças, especialmente a hérnia das crucíferas, causada por *Plasmodiophora brassicae* Woronin (GOSSEN et al., 2012; AL-DAOULD et al., 2017). Esta doença é caracterizada pela formação de galhas ou tumores nas raízes e na base do caule que levam à redução na absorção de água e nutrientes pelas plantas e, conseqüentemente, redução de seu crescimento e produção (BUCZACKI, 1983; HWANG et al., 2012; PÉREZ-LÓPEZ et al., 2018). *Plasmodiophora brassicae* é um protozoário habitante do solo, patógeno obrigatório de plantas, virulento a várias espécies da família *Brassicaceae*. Sobrevive no solo na forma de esporos de resistência que são facilmente dispersos com o revolvimento do solo, escoamento superficial de água e solo, poeira, máquinas, implementos e mudas infectadas. O cultivo regular e continuado de espécies suscetíveis leva ao acúmulo e dispersão do patógeno no solo, que pode se tornar limitante ao cultivo de *Brassica* spp. (DIXON, 2009a; DONALD; PORTER, 2009). Pesquisas sobre a hérnia das crucíferas são realizadas no mundo todo, no entanto poucas são relacionadas à adição de matéria orgânica ao solo para o seu controle.

A região Serrana do Rio de Janeiro, um dos principais polos de produção de *Brassica* spp. do Brasil e que representa um modelo típico de agricultura de montanha, vem apresentando perdas crescentes pela hérnia das crucíferas. Estas perdas decorrem do cultivo regular destas espécies há mais de 50 anos e da não observação de uma série de recomendações técnicas, incluindo a não adoção de práticas conservacionistas de manejo do solo (BHERING et al., 2017). Outra particularidade refere-se ao manejo da fertilidade do solo, com negligências quanto à correção de sua acidez e utilização de grandes quantidades de fertilizantes minerais no plantio e de grande quantidade de cama de aves fresca na adubação de cobertura (BHERING, 2017). O uso da cama de aves decorre do fácil acesso a este material e reduzido custo, principalmente pela proximidade de várias granjas na região. No entanto, ainda não se sabe ao certo o impacto que a adição deste resíduo ao solo pode trazer a longo prazo e, principalmente, quais são seus efeitos em doenças causadas por patógenos habitantes do solo, como é o caso da hérnia das crucíferas.

A Região Serrana é hoje responsável por aproximadamente 75% da produção de galináceos no estado do Rio de Janeiro, com um total de 9 milhões de cabeças (IBGE, 2019). Esta produção em escala gera uma grande quantidade de resíduos, que varia em cerca de 500 a 600 Kg para cada 1000 aves. Ou seja, especula-se uma produção de cama de aves no estado do Rio em torno de 5 milhões ton ano⁻¹. A cama de aves contém em sua composição altos teores de macronutrientes, principalmente N, P, K, Ca, Mg, e do micronutriente Zn (KELLEHER et

al., 2002; MOORE et al., 1995). Seu uso pode contribuir para a melhoria das características químicas do solo e de suas características físicas e biológicas pelo incremento de matéria orgânica (WESTERMAN & BICUDO, 2005). Embora na região se faça o uso da cama de aves fresca e em cobertura, na literatura em geral, é recomendada a compostagem prévia e a aplicação nas covas em antecedência ao plantio. A cama fresca pode inibir a germinação de sementes e o alongamento de raízes, além de ter potencial para contaminar solo e os vegetais com metais tóxicos ou microrganismos patogênicos (SEDIYAMA et al., 2008).

A compostagem é uma prática recomendada para o manejo de resíduos advindos da agricultura e pecuária em geral, e é amplamente utilizada na agricultura orgânica. A compostagem é a forma mais barata e eficiente de se aproveitar resíduos e fornecer nutrientes para as plantas. Em sistemas orgânicos de produção, a compostagem é obrigatória. Durante este processo, ocorre elevação de temperatura devido à intensa atividade microbiana o que pode perdurar por vários dias. Com a elevação da temperatura ocorrerá a eliminação/redução de microrganismos potencialmente patogênicos, ovos de helmintos, sementes de plantas daninhas e também redução de possíveis efeitos fitotóxicos decorrentes da aplicação de esterco fresco nas plantas (TIQUIA, 2010).

Poucos são os estudos relacionados à adição de matéria orgânica ao solo e os consequentes efeitos na supressão da hérnia das crucíferas, embora existam vários trabalhos com outras doenças. Em 1996, Zambolim et al. avaliaram o efeito de vários tipos de compostos orgânicos no controle do nematoide *Meloidogyne javanica* no tomateiro e constataram que o composto obtido a partir de palha de café foi eficiente na redução do número de galhas. Roldi et al. (2013) verificaram que o composto do tipo bokashi possui potencial para controlar *Meloidogyne incognita* em plantas de tomate, reduzindo significativamente o número de galhas e de ovos e melhorando o crescimento das plantas. No entanto, trabalhos que visam o controle da hérnia das crucíferas utilizando compostos orgânicos são escassos e os resultados controversos – indicação de efeito positivo da matéria orgânica na supressão da doença (DIXON, 2014; GOSSEN et al., 2013) e indicação de ausência de efeito e ou de efeito negativo. Tilson et al (2002) verificaram que a utilização de matéria orgânica, obtida de diferentes materiais, quando compostada favoreceu a supressão da hérnia das crucíferas em couve-chinesa. Resultados similares são relatados por Penalber (2009) e Niwa et al. (2007) em brócolis e mostrada, respectivamente. Bhering et al. (2017), no entanto, apontam possíveis problemas com a acidificação do solo e favorecimento da hérnia das crucíferas devido à mineralização da matéria orgânica aplicada ao longo de vários anos na Região de Nova Friburgo, RJ. Acredita-se que os resultados de diferentes autores sobre o efeito da matéria orgânica sobre a hérnia das crucíferas estejam relacionadas a, entre outros aspectos, características da matéria orgânica adicionada, seu manejo, tempo e forma de compostagem.

O presente trabalho teve como objetivos: caracterizar compostos de cama de aves com diferentes períodos de compostagem e, avaliar o efeito de compostos de cama de aves sobre o desenvolvimento de couve-flor e severidade da hérnia das crucíferas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos Gerais da Cultura da Couve-Flor

A couve-flor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) assim como o repolho (*B. oleracea* var. *capitata*), brócolis (*B. oleracea* var. *italica*) e couve-manteiga (*B. oleracea* var. *acephala*) pertencem à família *Brassicaceae* e descendem da couve-silvestre (*Brassica oleracea* var. *silvestris*) (MAY et al., 2007; GIUFFRIDA et al., 2017). Do ponto de vista econômico, as espécies de hortaliças do gênero *Brassica* são consideradas de grande importância (FRANCISCO et al., 2017), e estão dentre as 15 culturas mais cultivadas no Brasil (MAY et al., 2007). De forma geral, as espécies de *Brassica* têm alto valor nutritivo, por possuírem em sua composição glucosinolatos, cálcio, e sais minerais (FILGUEIRA, 2008) e serem boas fontes de substâncias antioxidantes como as vitaminas A, B, C e K e diversos carotenóides (FRANCISCO et al., 2017; DOMÍNGUEZ-PERLES et al., 2014; BOROWSKI et al., 2008).

A couve (*Brassica oleracea* L.) é originária de regiões próximas ao Mar Mediterrâneo de onde se espalhou por toda a Europa. As variedades de couve e principalmente as couves de cabeça (flor e brócolis), são mais adaptadas a regiões de clima ameno a frio e necessitam de temperaturas baixas (14 a 20° C) para passagem da fase vegetativa para a reprodutiva. A couve-flor, por exemplo, é bastante dependente de frio para a produção de inflorescência, que é o órgão de interesse comercial. No entanto, com os avanços no melhoramento genético, foram desenvolvidas variedades de couve-flor para cultivo ao longo do ano todo em regiões de clima ameno (MAY et al., 2007; FILGUEIRA, 2008). Atualmente, já se encontra no mercado cultivares de verão, meia-estação e de inverno, o que possibilita ao produtor maiores opções de cultivo ao longo do ano. Cultivares de verão e meia-estação tem ciclos mais curtos (70 a 90 dias), enquanto as de inverno têm ciclos de 90 a 120 dias ou mais, necessitando de mais tempo para a indução floral; possuem menor número de folhas em relação as de inverno, o que resulta em plantas menores (menor gasto de energia na formação de folhas) e cabeças precoces, porém com grande qualidade de inflorescências (MAY et al., 2007; FILGUEIRA, 2008).

A couve-flor é uma planta exigente em fertilidade do solo, sendo o nitrogênio e fósforo os minerais mais requeridos, seguidos por cálcio, enxofre e potássio. O nitrogênio está fortemente relacionado com o crescimento vegetativo vigoroso e, conseqüentemente, com a produtividade da cultura. Em relação aos micronutrientes, o boro e o molibdênio são de extrema importância, uma vez que, na carência destes pode vir a ocorrer anomalias fisiológicas nas inflorescências e nas folhas (FILGUEIRA, 2008, MAY et al., 2007). Brássicas, como a maioria das olerícolas, respondem muito bem à adubação orgânica à base de esterco.

De forma geral as brássicas possuem grande potencial de expansão no mercado. Com o lançamento de cultivares de couve flor de verão e meia-estação há a possibilidade de se cultivá-la o ano todo na região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, com reflexos positivos para produtores rurais e consumidores.

2.2 Hérnia das Crucíferas

Dentre as importantes doenças de *Brassica* spp. está a hérnia das crucíferas, causada pelo protozoário, parasita obrigatório, *Plasmodiophora brassicae* Woronin (HIRAI et al., 2004). Esta doença foi primeiramente identificada pelo biólogo russo Michael Stephanovitch Woronin, entre os anos de 1870 e 1878 (KARLING, 1968; DE MOURA, 2002; DIXON, 2009a). Todas as 3700 espécies conhecidas, descritas nos 330 gêneros pertencentes à família *Brassicaceae* são potenciais hospedeiros de *P. brassicae* (DIXON, 2009a), o que demonstra a adaptação do patógeno à *Brassicaceae*, bem como remete a importância da doença nas culturas Brassicáceas. O patógeno sobrevive no solo na forma de esporo de resistência, que germina sob

estímulo de exsudatos radiculares liberados pelas plantas hospedeiras (MACFARLANE, 1970; MATTEY; DIXON, 2015) e completa seu ciclo de vida, nas raízes dessas plantas (CARRIJO; REGO, 2000). Em plantas de outras famílias não-hospedeiras *P. brassicae* infecta, mas não completa seu ciclo de vida. Plantas como alho, centeio e azevém, têm sido usadas em vários estudos a cerca deste assunto (DIXON, 2009a).

O ciclo de vida de *P. brassicae* pode ser, de forma simplificada, dividido em duas fases principais: a primeira no solo, na forma de esporos de resistência, e a segunda, infectando as raízes das plantas hospedeiras. No solo, os esporos podem sobreviver por até 17 anos (WALLENHAMMAR, 1996). No entanto, rotações de culturas com espécies não hospedeiras por períodos maiores que dois anos podem diminuir o potencial de inóculo do patógeno de solos (PENG et al., 2015). Já nas raízes, o patógeno infecta os pelos radiculares e, posteriormente, se desenvolve dentro das células do córtex (KAGEYAMA; ASANO, 2009), podendo haver alterações no metabolismo e no desenvolvimento dos tecidos radiculares. Estas alterações resultam em uma rápida e desordenada multiplicação das células, causando hérnias ou galhas nas raízes das plantas infectadas. Raízes com hérnias perdem suas funções normais e tem reduzida a sua capacidade de absorver água e nutrientes, o que resulta em sintomas reflexos tais como: murcha, subdesenvolvimento, redução do potencial produtivo e, em casos mais severos, morte prematura da planta (CHEAH et al., 2006; KAGEYAMA; ASANO, 2009; PENALBER, 2009; MATTEY; DIXON, 2015).

A doença é facilmente disseminada com a dispersão dos esporos de resistência pela movimentação do solo contaminado por meio de máquinas agrícolas, botas, cascos de animais e pelo uso de mudas infectadas e águas superficiais contendo inóculo (REIS, 2009; MURAKAMI et al., 2004; GOSSEN et al., 2014). Medidas preventivas como por exemplo limpeza de equipamentos e implementos, antes e após o uso, dentre outras, são fundamentais e podem contribuir para redução da dispersão do patógeno na área e entre as áreas de cultivo de brássicas (GOSSEN et al., 2014). A adoção de práticas preventivas, a rotação de culturas com espécies não hospedeiras e a correção da acidez do solo são as medidas mais importantes para a redução das perdas pela doença (PENALBER, 2009; DONALD; PORTER, 2009).

Tradicionalmente, as práticas mais recomendadas para o controle da doença são a rotação com culturas não-brássicas e a aplicação de calcário, a fim de se corrigir o pH do solo (DONALD; PORTER, 2009). Rotações de cultura com pausas ≥ 2 anos podem aumentar de forma consistente o rendimento de cultivares de canola resistente cultivadas em solos com alta contaminação pelo patógeno (PENG et al., 2015). Segundo Reis (2009), na falta de outros métodos de controle, deve-se priorizar a rotação de culturas, preferencialmente por um período mínimo de quatro anos.

O controle químico da doença ainda é ineficaz, possuindo somente dois produtos registrados para a cultura no Brasil. Estes produtos são formulados a partir do ingrediente ativo ciazofamida, com classificação toxicológica III (medianamente tóxico) e classificação ambiental III (produto perigoso ao ambiente). Trata-se de um fungicida de contato, que possui ação protetora e que inibe a germinação dos esporos de resistência (AGROFIT, 2017). Santos et al. (2017) em seus estudos verificaram que o fungicida ciazofamida reduziu o progresso e a severidade da hérnia das crucíferas, independentemente da calagem do solo, o que corrobora com os resultados de Baldini (2016) que obteve controle da doença e também maior produtividade de plantas de repolho, quando o mesmo fungicida foi aplicado em solos com baixas concentrações de inóculo de *P. brassicae*.

A calagem é a estratégia mais importante no manejo da hérnia das crucíferas (BHERING et al., 2017; SANTOS et al., 2017; SANTOS et al., 2018, no prelo), tendo dois efeitos principais: adição de cálcio e aumento da alcalinidade do solo (WEBSTER; DIXON, 1991). Melhores resultados no controle da doença são obtidos em solos com pH acima de 6,5. Nestas condições o patógeno tem menor capacidade de infecção e desenvolvimento (DIXON,

2009a; PENALBER, 2009). Acredita-se que o cálcio fornecido pela calagem atue na resistência estrutural das paredes celulares das plantas, dificultando a penetração do zoósporo nos pelos radiculares (DONALD; PORTER, 2009). Apesar dos resultados benéficos obtidos com a calagem do solo, em alguns casos somente o seu uso pode não ser suficiente para o controle da doença. Nestes casos é necessário a utilização de mais de uma forma de controle.

Um dos assuntos pouco explorados é a relação entre a adição de matéria orgânica ao solo e a hémria das crucíferas. Autores relatam que a adição de matéria orgânica ao solo tem potencial supressor de patógenos de solo, em geral. Solos supressivos geralmente possuem altos valores de pH e cálcio, e podem também apresentar na sua fase orgânica compostos fenólicos. Penalber (2009) encontrou resultados positivos para o controle da hémria com a aplicação de composto bioativo líquido e composto bioativo sólido, e associou este controle ao efeito supressivo da microbiota do solo, e também à modificação do pH e dos teores de cálcio no solo após a aplicação dos compostos. Hoitink e Boehm (1999) enfatizam em sua revisão, que o material mais compostado foi mais supressivo a *Pythium* do que o material não compostado. Entretanto, Donald e Porter (2009) ressaltam, que para o controle mais efetivo da doença é importante a utilização de um manejo integrado, com a combinação de um ou dois tratamentos, juntamente com calagem do solo. Por isso, o manejo integrado deve ser incentivado pois conduz à redução no uso de produtos químicos com vantagens econômicas e ambientais (BETTIOL; GHINI, 2001).

2.3 Cama de aves na adubação de hortaliças

A produção de frangos de corte e de postura é crescente no Brasil. Segundo dados do IBGE, no ano de 2017, o Brasil produziu cerca de um bilhão de aves, ficando em segundo lugar no *ranking* mundial na produção de frango de corte (IBGE, 2019; EMBRAPA SUÍNOS E AVES, 2017). Na produção de aves é gerado grande quantidade de resíduos, como a cama do aviário, que pode ser utilizada na agricultura. A cama de aves nada mais é do que o material que reveste o chão da granja adicionado das sobras de ração, fezes e penas que ficam depositados durante um determinado período de tempo (até seis lotes em alguns casos) (TIQUIA; TAM, 1999; MOORE et al., 1995). No entanto, o material utilizado na composição da cama de aviário varia conforme a região e a disponibilidade de resíduos como serragem, casca de arroz, cascas de amendoim, palha de trigo e de milho, além de outros materiais (CORRÊA; MIELE, 2011; SANCHUKI et al., 2011; GRIMES et al., 2002; MOORE et al., 1995). De forma geral, estes resíduos precisam ser absorventes e ao mesmo tempo de secagem rápida, a fim de oferecer um ambiente confortável para as aves (GRIMES et al., 2002).

Devido à presença de fezes e de restos de ração, a cama de aves possui principalmente macronutrientes, tais como nitrogênio, fósforo e potássio, cálcio, magnésio, além de micronutrientes, dentre estes, principalmente o zinco. Por isso, a cama de aviário pode ser usada como fonte de nutrientes para a agricultura (HIRZEL et al., 2009). A adição de cama de aviário no solo também pode melhorar as suas propriedades físicas e biológicas, uma vez que possui grande quantidade de matéria orgânica (TAMBONE et al., 2007). Moraes et al. (2007) observaram efeitos positivos na produtividade de repolho com o uso da cama de aves, mostrando que houve um aumento na ordem de 11,16 Mg ha⁻¹ de massa fresca quando comparado ao solo sem adição da mesma. No entanto, utilização inadequada e indiscriminada da cama de aves pode acarretar em danos ambientais a médio e longo prazo, sobretudo no que diz respeito à qualidade do solo e da água (CORRÊA; MIELE, 2011; AYLAI et al., 2018). Solos rasos e arenosos, áreas declivosas e locais cujo lençol freático é raso ou aflora, estão sujeitos à maior lixiviação do nitrogênio e do fósforo em profundidade e por isso o uso de cama de aviário deve ser cauteloso ou evitado (CORRÊA; MIELE, 2011). A cama de aves pode ainda, conter metais pesados potencialmente tóxicos, tais como arsênio, cobre, zinco e chumbo

(BOLAN et al., 2004). Desta forma, resíduos orgânicos de origem animal, principalmente de criações confinadas, devem ser usados com cautela, visando reduzir riscos de contaminações de água e alimentos com resíduos tóxicos.

2.4 Compostagem da cama de aves

Dentre as técnicas mais conhecidas para uso adequado de resíduos orgânicos, visando sua reciclagem e conversão em biofertilizantes, está a compostagem, que é o processo biológico de decomposição de resíduos (MMA, 2019). A compostagem tem se destacado devido aos benefícios associados à eliminação de microrganismos patogênicos do material utilizado e também pela eficácia na conversão dos resíduos em produtos de maior valor agregado (QIAN et al., 2014). Possui ainda como vantagem a redução da quantidade de estrumes depositados nas áreas locais, uma vez que após a compostagem há redução da massa em aproximadamente 50% (DAO, 1999).

Para que o processo de compostagem ocorra, é necessário a presença de três componentes - resíduo orgânico, água e oxigênio (aeração), que fomentarão a atividade microbiana. Durante o processo há a liberação de calor resultante da atividade dos microrganismos, CO_2 e água (Figura 1).

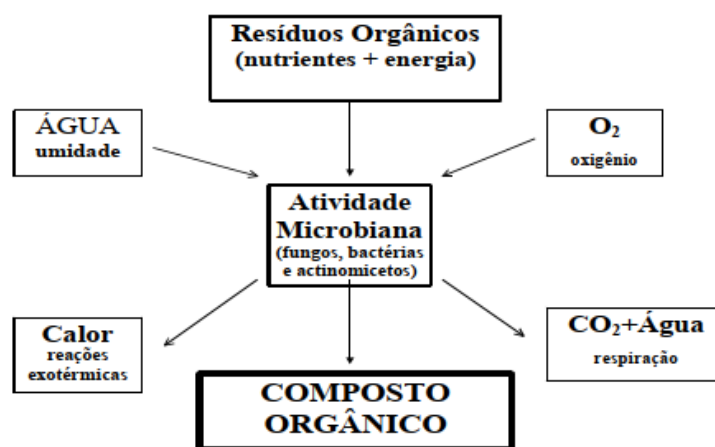


Figura 1: Descrição simplificada do processo de compostagem. Retirado de Budziak (2002).

Ao ser compostado, o material torna-se mais estável, semelhante ao húmus, livre de patógenos e sementes de plantas daninhas (PERGOLA et al., 2018). Isso acontece pelo fato de o material em decomposição passar por fases de aquecimento e resfriamento, sendo elas, respectivamente, a fase termofílica e mesofílica (REBOLLIDO et al., 2008). A fase termofílica é caracterizada pelo aumento de temperatura do material, ultrapassando os 40°C , resultado da atividade microbiana. Nesta fase há o predomínio de microrganismos termofílicos, ou seja, que conseguem sobreviver em altas temperaturas e, por conseguinte, ocorre eliminação de microrganismos patogênicos. A fase seguinte é a mesofílica, na qual predominam temperaturas abaixo dos 40°C . Após estas duas fases o composto entra em um período de estabilização, também chamada de fase de maturação (ONWOSI, et al., 2017). Durante a compostagem o N contido no material sofre transformações, sendo elas: amonificação, perda de NH_3 por volatilização em gases, imobilização (assimilação pelos microrganismos), nitrificação, lixiviação e desnitrificação (CÁCERES et al., 2018).

Após maturação, o composto pode ser aplicado como fertilizante ao solo e contribuir para recuperação de solos degradados ou ser adicionado em substratos para produção de mudas (PERGOLA et al., 2018). O uso de compostos na adubação de plantas pode atuar na viabilidade de fitopatógenos e no seu biocontrole (TRAVERSA et al., 2010; ONWOSI et al., 2017). Noble

(2011) analisou os riscos e os benefícios da adição de compostos ao solo e concluiu que a supressão de doenças é benéfica, considerando o baixo risco da introdução de fitopatógenos de solo via compostagem. Kinkel et al. (2011) sugerem que o antagonismo exercido pelo estímulo da atividade microbiana seja o principal fator que condiciona a supressividade a doenças, após aplicação de compostos orgânicos ao solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, localizada no município de Seropédica – RJ (22° 48'S; 43° 41'W; 33 m), no período de junho de 2017 a setembro de 2018.

Utilizou-se cama de aviário fresca, coletada em granja de aves de corte localizada na cidade de São José do Vale do Rio Preto, Região Serrana do Rio de Janeiro. O material coletado foi mantido em câmara fria à temperatura de 5 a 10°C até o momento de início dos processos de compostagem.

No total, foram realizados dois processos de compostagem e quatro experimentos com plantas de couve-flor. Na primeira fase, testaram-se os tempos de 0, 15 e 30 dias de compostagem. Os materiais obtidos foram usados em experimento em vasos até a fase de planta adulta, no período de junho a outubro de 2017. Na segunda fase, utilizou-se outra partida de cama de aves que foi compostada por 0 (fresco), 30, 60, 90 e 120 dias. Os compostos obtidos foram usados em ensaios em tubetes e vasilhinhos com mudas de couve-flor. Os experimentos foram realizados conforme descrito no organograma abaixo (Figura 2).

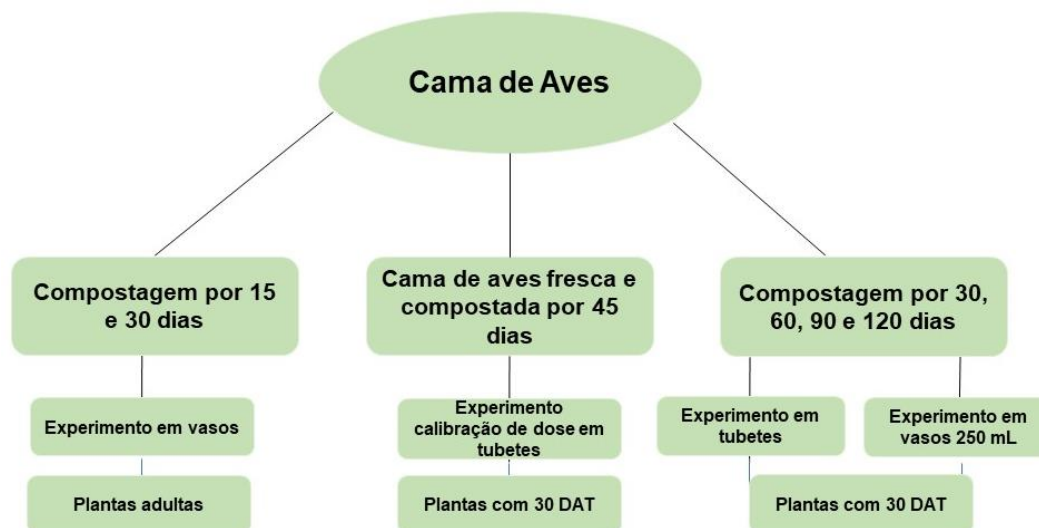


Figura 2: Organograma dos experimentos realizados.

3.1. Preparo, Obtenção e Caracterização dos Compostos de Cama de Aves

3.1.1 Compostagem em pilha por até 30 dias

Efetuiu-se a compostagem da cama de aves por 15 e 30 dias. Para cada tempo de compostagem montou-se uma pilha distinta. As pilhas foram feitas com 60 cm de altura e mantidas sobre piso de cimento em casa de vegetação, localizada no setor de Horticultura da UFRRJ, no período de junho/julho de 2017. O material foi umedecido até atingir aproximadamente 50% de umidade, seguido de completa homogeneização. O revolvimento das pilhas foi realizado semanalmente, com auxílio de enxada. Adicionou-se água de torneira, sempre que a temperatura medida no interior da pilha (profundidade de 20 cm) caía para abaixo de 40°C, ou quando se verificava baixa umidade pela fricção de uma porção de composto entre os dedos. A temperatura foi monitorada, diariamente, com auxílio de um termômetro com bulbo de mercúrio. Estes procedimentos foram realizados ao longo dos 15 e 30 dias de duração do processo compostagem.

Após o tempo de compostagem pré-definido, determinaram-se os teores de água e a massa seca dos compostos. Para tanto, coletaram-se amostras de vários pontos da pilha,

formando uma amostra composta. Da amostra composta, tomaram-se três amostras de 20 g que foram secas em estufa com circulação de ar forçado e temperatura de 60°C até obtenção de peso constante. Pela diferença de massa, calculou-se a porcentagem de água e de massa seca das amostras (Tabela 1).

Efetuaram-se análises químicas das amostras, para determinação dos teores totais de macronutrientes e micronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn), Na e metais tóxicos (Al, Ni, Co, Cr, Pb e Cd), pH em água, condutividade elétrica (CE), teor de C e da relação C/N. As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Química e Poluição do Solo do Departamento de Solos da UFRRJ. Para a determinação dos elementos, foi utilizado o método de digestão 3050B proposto pela EPA (1996), exceto para o N. Para determinação dos teores de N foi utilizado o método de digestão e leitura de Tedesco et al. (1995). A quantificação do P foi realizada por espectrofotometria, de acordo com o método de Malavolta et al. (1997). A determinação de Na e K foi feita por espectrofotometria de chama, e a dos demais elementos (Ca e Mg, Fe, Zn, Mn, Ni, Co, Cr, Pb, Cd, Al) foram feitas por espectrofotometria de absorção atômica.

Os dados obtidos foram submetidos a ANOVA e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa SISVAR (FERREIRA, 2011).

Tabela 1. Proporção de água e de massa seca dos compostos de cama de aves fresca (0) e compostada por 15 e 30 dias. Seropédica, RJ, julho/outubro, 2017.

Constituinte (%)	Tempo de Compostagem (dias)		
	0	15	30
Água	4,3	16,2	15,9
Matéria seca	95,7	83,7	84,1

3.1.2 Compostagem em composteira por até 120 dias

Efetuuou-se a compostagem das amostras de cama de aves por 0 (fresca), 30, 60, 90 e 120 dias em condições de casa de vegetação localizada no Departamento de solos da UFRRJ no período de fevereiro a julho de 2018. Duas amostras de 45 Kg de cama de aves fresca foram transferidas para duas composteiras com capacidade para 50 Kg. Em seguida, adicionou-se 15 litros de água a cada uma das composteiras, visando atingir teor de umidade igual a 60% seguido de homogeneização manual. Semanalmente, reviraram-se os compostos e, sempre que necessário, adicionou-se água (cerca de 2 a 3 litros por composteira). A temperatura foi monitorada, diariamente nos primeiros 30 dias e a cada três dias entre 30 e 120 dias. Utilizou-se termômetro de bulbo de mercúrio e leituras à profundidade de 20 cm. Amostras foram coletadas a cada 30 dias e utilizadas para as análises químicas. As amostras foram etiquetadas e acondicionadas em freezer para as posteriores análises químicas e ensaios com couve-flor.

As amostras com os diferentes períodos de compostagem foram caracterizadas quanto aos teores totais de macronutrientes e micronutrientes (N - N total, N mineral, N orgânico-, P, K, Ca e Mg, Cu, Fe, Zn, Mn), metais tóxicos (Al, Ni, Co, Cr, Pb, Cd), pH em água, condutividade elétrica (CE), teor de C e relação C/N. Estas análises foram realizadas no Laboratório de Química e Poluição do Solo do Departamento de Solos da UFRRJ, seguindo a mesma metodologia descrita no item 3.1.1.

Os dados foram submetidos a ANOVA e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Utilizou-se o programa SISVAR (FERREIRA, 2011).

3.2. Experimentos com Couve-Flor: Efeitos sobre o Desenvolvimento das Plantas e Severidade da Hérnia das Crucíferas

3.2.1. Experimento em vaso com cama de aves fresca e compostada por 15 e 30 dias

O ensaio foi conduzido em casa de vegetação climatizada pertencente ao Departamento de Solos da UFRRJ com temperatura na faixa de 28° a 31°C. Utilizaram-se vasos de 8,0 L contendo solo coletado em área isenta de contaminação com esporos de *P. brassicae*, e identificado como Planossolo Háplico (SANTOS et al., 2013) (Tabela 2).

Testaram-se seis tratamentos (Tabela 3) constituídos pelas combinações de três tipos de cama de aves - fresca (armazenada na câmara fria), compostada por 15 e por 30 dias, e dois níveis de inoculação - inoculado ou não com esporos de resistência de *P. brassicae*. Adotou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso (DBC) com seis tratamentos e sete repetições, totalizando 42 parcelas.

Tabela 2. Dados de fertilidade do solo utilizado nos experimentos. Seropédica, UFRRJ, 2017.

pH (Água)	Ca	Mg	Na	Al	H+Al	CTC	K	P	V
			cmol _c dm ⁻³				mg dm ⁻³		(%)
4,90	2,00	1,00	0,08	0,10	4,10	7,30	57,00	15,00	37

O solo de todos os vasos foi previamente adubado com 1,2 g de N (2,6 g de uréia), 2,8 g de P₂O₅ (15,55 g de superfosfato simples) e 2,1 g de K₂O (3,6 g de KCl), equivalente a cerca de 100 Kg ha⁻¹ de N, 80 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 180 Kg ha⁻¹ de K₂O, calculadas com base na análise de fertilidade do solo e recomendação de Guerra et al. (2013) e uma população de 40.000 plantas ha⁻¹.

Em seguida, efetuou-se a incorporação dos compostos aos respectivos vasos seguindo os tratamentos descritos na Tabela 3. Utilizou-se dose equivalente a 38,28 Mg ha⁻¹ de massa seca de composto por ha, considerando um total de 40.000 plantas ha⁻¹. Como testemunha, utilizou-se o tratamento sem adição de composto.

Tabela 3. Descrição dos tratamentos e das doses de adubos orgânicos utilizados no experimento com a cultura de couve-flor cultivar Verona. Seropédica, RJ, julho/outubro de 2017.

Tratamento	Inoculação	Adubação Orgânica	Quantidade de composto (kg planta ⁻¹)	
			Massa fresca	Massa Seca
Testemunha+Pb	<i>P. brassicae</i>	Sem cama de aves	0,00	0,00
CA 0 dias+Pb	<i>P. brassicae</i>	Cama de aves fresca – 0 dias	1,00	957,00
CA 15 dias + Pb	<i>P. brassicae</i>	Cama de aves compostada por 15 dias	1,15	957,00
CA 30 dias+Pb	<i>P. brassicae</i>	Cama de aves compostada por 30 dias	1,10	957,00
Testemunha	-	Sem cama de aves	0,00	0,00
CA 30 dias	-	Cama de aves compostada por 30 dias	1,10	957,00

CA = cama de aves; Pb = *P. brassicae*.

Na implantação do experimento, utilizaram-se mudas de couve-flor com 30 dias de idade, cultivar Verona (Seminis), produzidas em bandejas de isopor de 128 células contendo substrato comercial para hortaliças.

Para preparo da suspensão de inóculo, utilizaram-se 5,0 g de galhas obtidas de raízes congeladas de brócolis. As raízes com galhas foram coletadas em Petrópolis (RJ). As galhas foram trituradas em, aproximadamente, 200 mL de água destilada, com auxílio de liquidificador e, em seguida filtradas em quatro camadas de tecido musseline. O volume obtido foi transferido para 4 tubos Falcon de 50 mL cada e estes tubos foram centrifugados a 2000 rpm por 10 min. Após a centrifugação, descartou-se o sobrenadante. O *pellet* formado foi homogeneizado com água destilada. Uma alíquota desta suspensão (130 μ l) foi retirada de cada tubo e misturada com o corante azul de algodão (30 μ l) e em seguida procedeu-se a contagem do número de esporos com auxílio da câmara de Neubauer e microscópio óptico (objetiva de 40X). A inoculação com *P. brassicae* foi feita um dia após o transplantio com a adição de 50 mL de suspensão ($2,3 \times 10^6$ esporos de resistência do patógeno mL⁻¹ de água) por vaso, o equivalente a $1,15 \times 10^8$ esporos por vaso. Como testemunha, adicionou-se 50 mL de água, sem o inóculo do patógeno nas plantas dos tratamentos controles.

Seguiu-se o manejo da cultura com irrigações diárias e remoção de plantas invasoras e duas adubações de cobertura, uma aos 30 e outra aos 60 dias após o transplantio (DAT). Nestas, aplicaram-se 1,2 g de N e 1,8 g de K₂O em cada vaso. As doses foram calculadas com base na análise de fertilidade do solo e recomendação de Guerra et al. (2013).

As avaliações foram realizadas aos 90 dias após o transplantio das mudas (DAT). Nesta ocasião, cortou-se a parte aérea rente ao solo e acondicionaram-se as plantas em sacos para posterior análise em laboratório. Avaliaram-se: número de folhas por planta (NF); comprimento do caule (CC) (cm); massa seca de folha (MSF) e de caule (MSC) (g), massa seca total de parte aérea (MSTPA) (g). Para obtenção da massa seca, as amostras foram acondicionadas em estufa à temperatura de 60° C, sob ventilação até obtenção de peso constante.

Em seguida, cuidadosamente, removeram-se as raízes que foram lavadas e avaliadas quanto a severidade da hérnia com base na escala de notas de Santos et al. (2017): 0%, 8%, 20%, 42%, 68%, 87% e 95% de raízes com galhas. Posteriormente, fragmentou-se cada raiz em fração sadia (sem presença de hérnias) e fração doente (com hérnias). Em seguida, determinou-se a massa fresca das frações de raízes sadias (MFRS) e das frações de raiz doente (MFRH). Após, determinou-se o volume das respectivas frações conforme Santos et al., (2017) e Bhering et al. (2017).

Os dados obtidos foram submetidos a ANOVA e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Utilizou-se o programa SISVAR (FERREIRA, 2011).

3.2.2. Experimento com mudas

3.2.2.1 Ajuste de doses de composto de cama de aves para ensaios com mudas

Para determinar a melhor dose de composto para realização de testes com mudas crescidas em tubetes, realizou-se um ensaio preliminar. Utilizaram-se dois tipos de cama de aves, sendo elas: cama fresca (21,2% de água e 78,8% de massa seca) e cama de aves compostada por 45 dias (37,3% de água e 62,7% de massa seca). Além disso, também foram testadas seis doses destes dois materiais e inoculação ou não com o patógeno. As doses de composto, em massa seca, foram de 0, 1, 2, 3, 4, e 5 g tubete⁻¹ de 100 cm³ equivalente à cerca de 0, 20, 40, 60, 80 e 100 Mg ha⁻¹ de cada material. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2x6x2 com 10 repetições, totalizando 240 parcelas. Cada parcela era representada por um tubete. O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Solos da UFRRJ no período de maio a junho de 2018.

As doses dos dois respectivos compostos foram misturadas ao solo (Tabela 2). Em seguida, transplantaram-se as mudas de couve-flor, cultivar Sharon (Sakata), com 15 dias após o semeio. As mudas foram produzidas em bandejas de 128 células contendo substrato livre de contaminação. Um dia após o transplantio, adicionaram-se aos tubetes 5,0 mL de suspensão de esporos de resistência de *P. brassicae* ($1,9 \times 10^7$ mL⁻¹ de água). Nos tratamentos não inoculados, adicionaram-se 5,0 mL de água. Semanalmente, adubaram-se as plantas com 5,0 mL solução de Hoagland e Arnon (1950).

As plântulas foram coletadas aos 30 dias após o transplantio quando foi determinado o número de folhas (NF), a massa fresca de folha (MFF), a massa fresca da porção de raiz sadia (MFRS), a massa fresca da porção de raiz com hérnia (MFH) e a severidade da doença (SEV) utilizando-se a escala de Santos et al. (2017).

Os dados foram submetidos a ANOVA e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Utilizou-se o programa SISVAR (FERREIRA, 2011).

3.2.2.2. Ensaio com mudas de couve-flor cultivadas em tubetes e em vasos

Foram realizados dois experimentos em condições de casa de vegetação, localizada no Departamento de Solos da UFRRJ. No entanto, para cada experimento foi utilizado um tipo de recipiente, sendo eles, tubete de 100 cm³ e outro vasos de 250 mL.

Como tratamentos utilizaram-se os cinco compostos de cama de aves, 0 (fresco), e compostados por 30, 60, 90 e 120, combinados com inoculação ou não com *P. brassicae*. Como tratamentos adicionais utilizaram-se outros dois: testemunha inoculada e testemunha sem inóculo, ambas sem aplicação de composto. Como substrato para as plantas foi utilizada uma mistura de terra (Tabela 2), areia e substrato para mudas, na proporção de 1:1:1 para os tubetes e de 4:4:2 para os vasos. O ensaio foi em DIC, em esquema fatorial 5x2 + 2, com 13 repetições para o experimento em tubetes e 15 repetições para o de vasos, totalizando 156 e 180 unidades experimentais respectivamente.

Utilizou-se a dosagem de 20 Mg ha⁻¹ o que corresponde a 2,0 g de massa seca por tubete de 100 mL e 5,0 g de composto por vaso de 250 mL. A dose utilizada foi definida com base no teste para ajuste de dosagem (item 3.2.2.1.). O teor de água dos compostos foi determinado em amostras de 15 g, secas em estufa à 60°C até peso constante (Anexo A).

Utilizaram-se mudas de couve-flor, cultivar Sharon (Sakata), produzidas em bandejas de 128 células, e com 15 dias após o semeio. Um dia após o transplantio, inocularam-se os tubetes e os vasos, respectivamente, com aplicação de 5,0 mL e 8,0 mL de suspensão de esporos de resistência do patógeno ($2,30 \times 10^7$ mL⁻¹ de água e $1,61 \times 10^7$ mL⁻¹ de água, respectivamente). Nos tratamentos não inoculados, adicionou-se água. Semanalmente, as plantas foram adubadas com 5,0 mL de solução de Hoagland e Arnon (1950).

Avaliaram-se as mudas aos 30 dias após o transplantio. Para tanto, as mudas foram coletadas e divididas em parte aérea e raízes. As raízes foram lavadas, avaliadas quanto à presença e severidade da doença (SANTOS et al., 2017) e segmentadas em sadias e com hérnia. Em seguida, foram pesadas para determinação da massa fresca de raiz sadia e de raiz com hérnia (MFRS; MFH) e o volume de raiz sadia e de raiz com hérnia (VRS; VRH) (somente para o experimento em vasos de 250 mL). Após secagem a 60° C até peso constante, determinou-se a massa seca das raízes totais (MSRT). Com base nestes dados, determinou-se a porcentagem de massa de raízes sadias e com hérnia (%RS; %RH). Da parte aérea determinou-se o número de folhas (NF), massa fresca (MFPA) e massa seca (MSPA) conforme já detalhado anteriormente.

No segundo experimento entretanto, foram realizadas análises complementares, sendo elas: fluorescência transiente da clorofila *a*, contagem dos pelos radiculares com plasmódio primário e análises químicas das plantas. No dia anterior ao da coleta do experimento (29 DAP), no período da manhã, avaliou-se a fluorescência transiente da clorofila *a*, utilizando um

fluorômetro (HandyPEA, Hanstech, King's Lynn, Norkfolk, UK). Para esta avaliação, cliques próprios do aparelho foram colocados no terço médio da folha mais jovem, totalmente expandida, de cada planta, e aguardou-se cerca de 20 a 30 minutos para adaptação da folha ao escuro, e em seguida procedeu-se a leitura. A emissão de fluorescência foi induzida em uma área de 4,0 mm de diâmetro pela exposição da folha a um pulso de luz saturante numa intensidade de $3.000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ sendo o intervalo entre os pulsos de 500 ms. A fluorescência transiente é uma ferramenta que analisa a cinética da fluorescência da clorofila *a* e que traz informações detalhadas sobre a estrutura e funcionamento do aparato fotossintético, sobretudo do fotossistema II (STRASSER et al., 2004). Como característica fundamental para o desenvolvimento e crescimento das plantas, o aparato fotossintético deve ser preservado para não impactar na produção e acúmulo de biomassa pelas plantas.

Para a contagem dos pelos infectados utilizaram-se fragmentos de raiz com 3,0 cm. Estes fragmentos foram colocados em tubos de microcentrífuga de 1,5 mL contendo solução de fixação (FAA - formol e ácido acético) onde foram mantidos por 24 h. Após a fixação, cortaram-se fragmentos de 1,0 cm sob Lupa (Zeiss - modelo Stemi 2000-C) e estes foram corados com o azul de algodão e, em seguida, avaliados sob microscópio ótico (Olympus - CX40). Avaliaram-se 100 pelos radiculares por fragmento, com leitura do ápice para a base, visando identificar e contar pelos com plasmódio primário e pelos sadios. Ao final fez-se a relação de pelos com plasmódio e pelos sem a presença dos plasmódios.

As análises químicas das plantas foram feitas no Laboratório de Química e Poluição do Solo da UFRRJ. Amostras de parte aérea e raiz foram moídas e preparadas para as análises químicas, visando a determinação de macro e micronutrientes e metais tóxicos presentes nas mesmas. Para realização da análise utilizou-se 1,0 g de amostra referentes a parte aérea e 0,5 g para as amostras de raiz. As amostras foram colocadas em tubos para realização do processo de digestão nítrica conforme método 3051A (USEPA, 2007). Após a digestão, os extratos foram avolumados para 50 ml com água destilada, e armazenados em frascos. Determinaram-se os teores totais de Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn e Al em aparelho de espectrometria de absorção atômica. Os teores de K e Na foram determinados por espectrofotometria de emissão de chama e a leitura do P foi realizada por espectrofotometria de acordo com o método de Malavolta et al. (1997).

Todos os dados referentes a estes dois experimentos foram submetidos a ANOVA e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para melhor entender o efeito do uso do composto sobre a doença e desenvolvimento das plantas, foi realizada a análise comparativa de cada tratamento adicional com o fatorial (inoculação x tipo de composto). Os tratamentos adicionais não foram comparados entre si. Utilizou-se o programa RBIO para análise dos dados (BHERING, 2017).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Compostagem: alterações durante o processo e características dos compostos

4.1.1 Temperatura

Na compostagem por até 30 dias em pilhas, a cama de aves atingiu temperaturas máximas em torno de 40° C por cerca de dois a três dias durante o início do processo. Por volta de 15 dias após o início da compostagem, as temperaturas voltaram a atingir estes valores por 3 dias, seguido de queda (Figuras 3 A e B). Ou seja, as fases termofílica e mesofílica não foram registradas. Já no processo realizado em composteira, registraram-se temperaturas mais altas, cerca de 55° C no 3° dia que se manteve por mais três dias (Figura 3 C). Ainda, durante os primeiros 30 dias, as temperaturas permaneceram acima de 40°C o que caracteriza a fase termofílica. Após os 30 dias, as temperaturas caíram até atingir valores médios de 35° C que se mantiveram até o final dos 120 dias, o que caracterizam a ocorrência de fase mesofílica e estabilização do material.

A maior temperatura observada no segundo processo pode dever-se a dois fatores: maior quantidade de material e método de compostagem. No primeiro caso, utilizaram-se menores quantidade de cama de aves, 15 Kg, que foram compostadas em pilhas no chão, o que pode ter favorecido a perda de água e trocas de calor com o ambiente; no segundo, utilizaram-se maiores quantidades, 45 Kg, que foram compostados em composteiras, sistema mais fechado que pode ter contribuído para maior conservação do calor e da umidade.

4.1.2. Alterações químicas

Embora as temperaturas não tenham ultrapassado o valor de 40° C na primeira compostagem, o composto sofreu transformações físicas visíveis, de cor e granulometria (Figura 4), bem como alterações químicas quando comparado como o material fresco não-compostado (Tabela 4). No segundo processo de compostagem, observaram-se maiores alterações químicas no composto comparado ao material original fresco (Tabela 5).

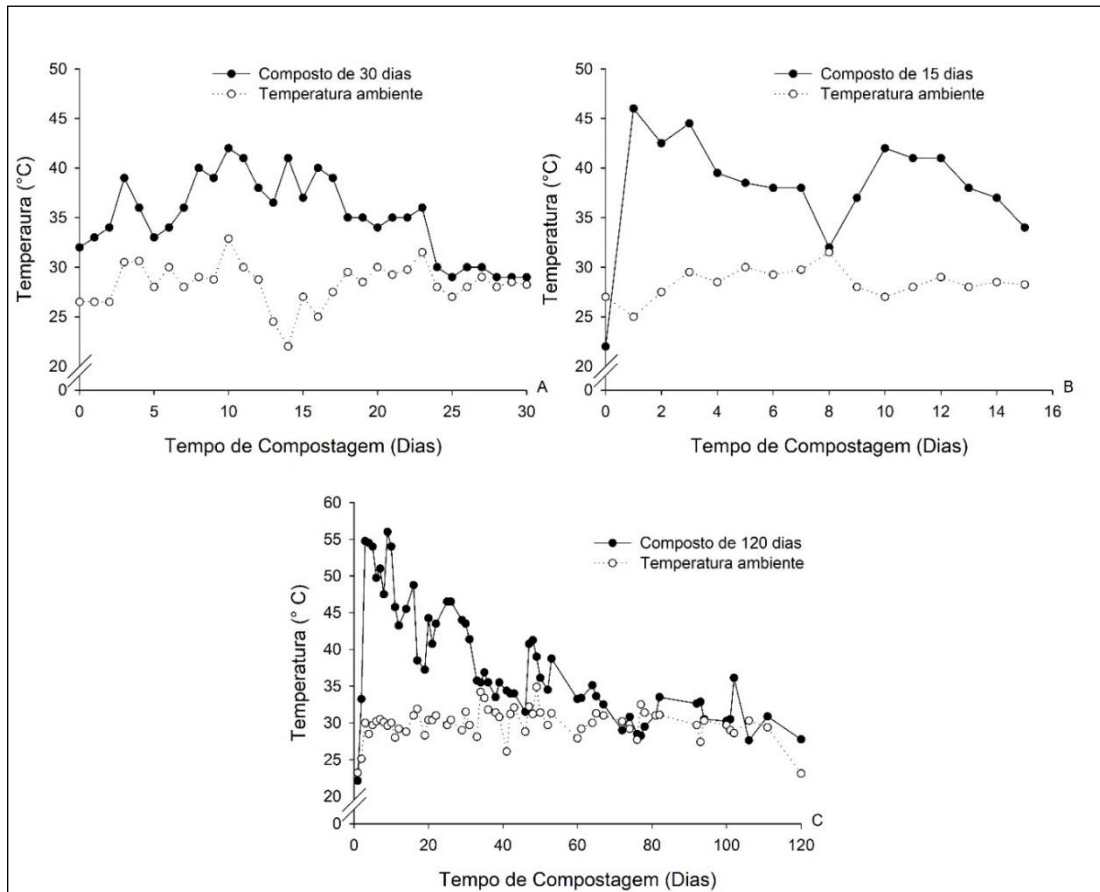


Figura 3: Temperaturas registradas durante os dois processos de compostagem: **A)** Compostagem em pilhas por até 30 dias; **B)** Compostagem em pilhas por até 15 dias; **C)** Compostagem em composteiras por até 120 dias. Maio a junho de 2017 e fevereiro a junho de 2018, respectivamente. Seropédica, RJ.

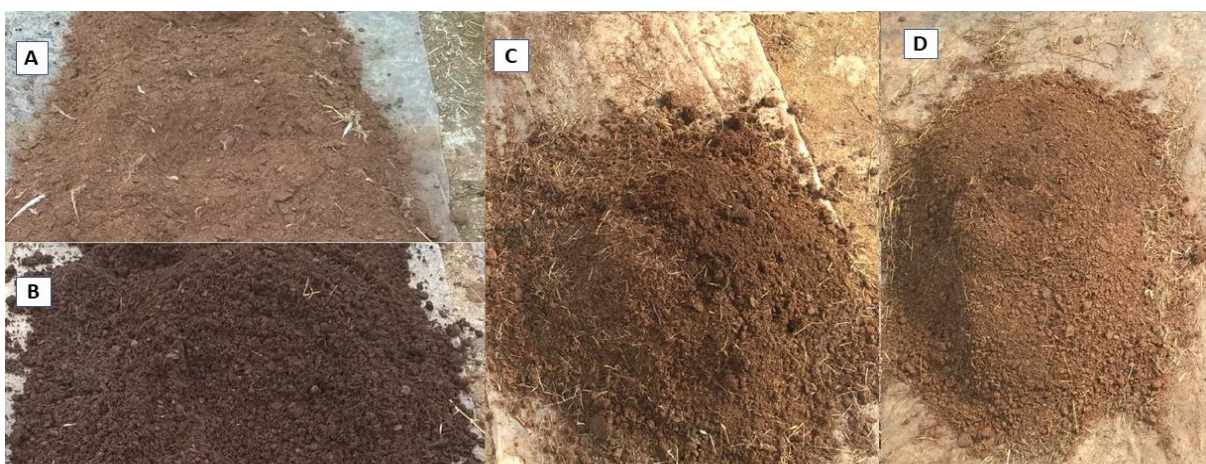


Figura 4: Compostagem em pilhas: **A)** Cama de aves fresca, antes do início da compostagem; **B)** Cama de aves fresca após ser umedecida; **C)** Cama de aves com 15 dias de compostagem; **D)** Cama de aves com 30 dias de compostagem. Maio a junho de 2017. Seropédica, RJ.

No primeiro processo, os teores de P, K e Ca variaram de forma significativa em função do tempo de compostagem. Houve aumento das concentrações médias destes macronutrientes nas duas amostras compostadas comparadas à cama de aves fresca, porém sem diferenças significativas entre as amostras compostadas por 15 e 30 dias (Tabela 4). No segundo processo, também se observou aumento de concentração de P, K e Ca com o tempo e maiores concentrações médias ao final do processo, aos 90 e 120 dias (Tabela 5). Estes resultados estão de acordo com os de Blanco e Almendros (1997) que relatam aumento dos teores de P, Ca, K e Mg após 60 dias de compostagem de palha de trigo, esterco de cavalo e adição de uréia. Estes resultados são atribuídos à mineralização dos resíduos vegetais com liberação de nutrientes decorrente da atividade microbiana (CHEN et al., 2011) e pelo efeito da redução da matéria orgânica inicial devido à perda de C na forma de CO₂ e, consequentemente, aumento da concentração da fração mineral (ORRICO JÚNIOR et al., 2010).

Quanto aos micronutrientes, na primeira compostagem, observou-se como tendência, aumento na concentração de Cu e Zn aos 15 e 30 dias, redução da de Fe e pequena variação na de Mn ao longo dos tempos de compostagem. No entanto não houve variação significativa do teor de Mn (Tabela 4). Na segunda compostagem, observou-se aumento dos teores destes micronutrientes e, maiores valores observados após 90 e 120 dias de compostagem (Tabela 5).

Tabela 4. Teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn (g Kg^{-1}), Ni, Co, Cr, Pb, Cd (mg Kg^{-1}), Al, Na (g Kg^{-1}), pH, condutividade elétrica (CE) (mS), C (%), relação C/N (%) em compostos de cama de aves fresca (0 dias) e compostados por 15 e 30 dias em pilhas. Seropédica, RJ, junho/ julho, 2017.

Elemento (g kg^{-1})	Dias de Compostagem			CV
	0	15	30	
Macronutrientes (g Kg^{-1})				
N (total)	22,80 ^{ns}	21,52	20,68	6,50
P	1,62 b	10,70 a	10,33 a	3,37
K	13,73 b	19,66 a	20,39 a	2,75
Ca	13,71 b	20,32 a	18,69 a	4,44
Mg	2,28 c	3,33 b	5,32 a	21,14
Micronutrientes (g Kg^{-1})				
Cu	0,36 c	0,54 a	0,52 b	1,97
Fe	8,35 a	6,62 ab	5,34 b	10,40
Zn	0,27 b	0,34 a	0,36 a	8,88
Mn	0,25 ^{ns}	0,33	0,36	13,51
Metais Tóxicos (mg Kg^{-1})				
Ni	8,21 b	9,50 a	8,96 a	16,69
Co	4,98 a	2,60 b	0,25 c	33,08
Cr	5,80 b	16,17 a	12,70 a	19,37
Pb	3,75 c	5,00 b	5,50 a	3,04
Cd	<LD	<LD	<LD	0,00
Metais Fitotóxicos (g Kg^{-1})				
Al	5,94 ^{ns}	5,63	5,76	22,42
Na	0,22 b	1,21 a	1,37 a	8,73
pH	8,35 b	8,60 ab	8,82 a	1,39
CE (mS)	3,39 b	2,92 c	4,2 a	2,19
C (%)	31,85 a	29,2 a	25,6 b	3,43
C/N	15,64 a	13,82 ab	13,11 b	4,78

*Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 5. Teores de N total, N mineral e N orgânico, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn (g Kg⁻¹), Ni, Co, Cr, Pb, Cd (mg Kg⁻¹), Al, Na (g Kg⁻¹), pH, condutividade elétrica (CE) (mS), C (%) e relação C/N (%) em compostos de cama de aves fresca (0 dias) e compostadas em composteiras por 30, 60, 90 e 120 dias. Seropédica, RJ, fevereiro/junho, 2018.

Elemento	Dias de Compostagem					CV
	0	30	60	90	120	
Macronutrientes (g Kg ⁻¹)						
N (total)	25,91 a	21,78 b	22,26 b	23,19 b	26,76 a	2,91
N(mineral)	6,21 a	3,27 b	1,57 c	0,65 d	0,27 d	13,41
N (orgânico)	19,70 cd	18,51 d	20,69 c	22,54 b	26,48 a	3,14
P	1,25 d	2,24 c	2,89 b	3,31 a	3,48 a	6,06
K	18,29 e	26,10 d	29,68 c	32,03 b	36,60 a	3,57
Ca	42,62 c	114,68 b	184,14 a	161,52 ab	210,70 a	17,91
Mg ¹	1,73 b	2,48 b	2,42 b	2,71 b	14,59 a	30,16
Micronutrientes (g Kg ⁻¹)						
Cu	0,38 c	0,61 bc	0,65 b	0,71 b	1,39 a	15,20
Fe	8,94 c	10,35 bc	11,39 b	13,80 a	15,09 a	8,13
Zn	0,28 d	0,48 c	0,53 bc	0,58 b	0,67 a	6,15
Mn	0,46 d	0,92 c	1,02 c	1,22 b	1,40 a	5,13
Metais Tóxicos (mg Kg ⁻¹)						
Ni	<ND	<ND	<ND	<ND	<ND	-
Co	<ND	0,97 a	1,05 a	1,88 a	1,93 a	48,52
Cr	20,9 ^{ns}	26,08	23,88	26,5	27,76	13,02
Pb	8,17 c	12,54 b	13,29 ab	15,42 a	14,67 ab	9,47
Cd	<ND	0,04 a	<ND	<ND	0,02 a	-
Metais Fitotóxicos (g Kg ⁻¹)						
Al	7,83 b	7,67 b	10,05 a	9,58 ab	9,31 ab	11,21
Na	<ND	1,70 d	2,70 c	3,30 b	4,22 a	11,18
pH	8,75 e	9,13 d	9,94 c	10,35 a	10,15 b	0,33
CE (mS)	2,49 c	3,85 b	4,19 ab	4,49 a	4,57 a	5,99
C%	34,52 a	32,52 ab	30,70 bc	29,62 c	27,05 d	3,70
C/N	13,32 ab	14,97 a	13,82 ab	12,80 b	10,15 c	6,18

*Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

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

A compostagem também afetou a concentração de metais tóxicos levando a um aumento de Ni, Cr e Pb e redução de Co no processo de compostagem em pilhas por até 30 dias. Neste, não foi detectada a presença de Cd em nenhuma das amostras (Tabela 4). Merece destaque a elevação significativa das concentrações de Pb nos compostos aos 15 e 30 dias e decréscimo nas concentrações de Co nestes mesmos materiais. Esta redução nos teores de alguns metais e aumento dos de outros pode, muitas vezes, ser devido a problemas de amostragens nos compostos devido à heterogeneidade do material original. Na compostagem feita em composteiras por até 120 dias, diferentemente do relatado anteriormente, não foi detectada a presença de Ni em nenhuma das amostras. Esta diferença, pode dever-se à composição de origem do material, uma vez que foram obtidos de lotes diferentes (Tabela 5). Os teores de metais tóxicos como o Co, Cr e Pb aumentaram ao longo do tempo de compostagem, sendo os maiores valores obtidos também ao final do processo, aos 90 e 120 dias. Ou seja, observou-se como tendência o aumento dos teores de metais tóxicos com a compostagem. Silva et al. (2009) também verificaram maiores valores dos metais Cu e Ni após a compostagem de cama de aves.

Dentre os metais analisados, o Cr foi detectado em maior quantidade em todos os compostos, tanto no primeiro ensaio como no segundo, seguido pelo Pb. De acordo com a IN 27 do MAPA, que regulamenta os limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos e condicionadores de solo, somente o cromo (Cr) estava em concentrações acima da permitida, que é de 2,0 mg Kg⁻¹. Os teores observados no primeiro processo, aos 0, 15 e 30 dias, variaram de 5,80 a 16,70 mg Kg⁻¹ (Tabela 4), já no segundo, variaram de 20,9 a 27,79 mg Kg⁻¹ (Tabela 5). Os teores de Cd, Pb, e Ni ficaram abaixo do limiar permitido pelo MAPA nos dois processos de compostagem, sendo os valores permitidos de 3,0, 150,0 e 70,0 mg Kg⁻¹, respectivamente. Em geral, o conteúdo de metais tóxicos presentes em esterco está fortemente correlacionado com a sua concentração nos alimentos consumidos pelos animais e com a eficiência da conversão alimentar desses animais (NICHOLSON et al., 1999).

Os teores de Al variaram de 5,6 a 5,9 g Kg nas três amostras no primeiro processo de compostagem, mas sem diferirem significativamente entre si (Tabela 4). Os teores de Al podem ter sofrido poucas variações com o tempo de compostagem devido à pouca variação de pH, visto ser esta a variável que controla a sua disponibilidade no solo (MALAVOLTA, 1980) e ao reduzido período de compostagem. Em condições de pH maior que 5,5 o Al precipita e fica em formas não tóxicas. Já no segundo ensaio, observaram-se maiores teores de Al a partir de 60, 90 e 120 dias de compostagem, diferindo significativamente das amostras coletadas aos 0 e 30 dias de compostagem, que não diferiram entre si. Quanto ao teor de Na, houve aumento significativo nos dois processos de compostagem. No primeiro ensaio, os maiores teores foram observados nas amostras coletadas aos 15 e 30 dias da compostagem comparado à cama fresca (Tabela 4). Já no segundo processo, os maiores valores foram observados aos 60, 90 e 120 dias de compostagem (Tabela 5). Altas concentrações de sódio, podem prejudicar a absorção de outros elementos como o cálcio, magnésio e potássio e elevar a condutividade elétrica (CARMONA et al 2009). A condutividade elétrica, no entanto, tem tendência a aumentar devido ao processo de decomposição da matéria orgânica (CHAN et al., 2016). Isto ocorreu tanto na primeira compostagem como na segunda. A condutividade elétrica está relacionada com o conteúdo de sais presente no composto, sendo que quanto maior a condutividade elétrica menor é a qualidade do composto, no entanto valores elevados de condutividade elétrica são mais limitantes quando o mesmo é utilizado como substrato para mudas. O aumento dos teores de nutrientes e de outros elementos como o Na ocorre devido à perda de C por meio de CO₂ que, geralmente, é maior que a perda dos demais elementos por lixiviação ou volatilização.

Com a compostagem houve também redução dos teores de C, N e queda na relação C/N nos dois processos de compostagem, fato este que está relacionado com a decomposição do material orgânico pelos microrganismos presente no composto. Quanto aos teores de N, apesar de ter diminuído ao longo do tempo, não houve diferença significativa entre os três materiais

da primeira compostagem (fresco e compostado por 15 e 30 dias) (Tabela 4). Esta redução dos teores de N, pode estar associada aos altos valores de pH encontrados nas amostras, fator preponderante na determinação das perdas de N, já que valores alcalinos favorecem a formação de gás amoníaco (NH₃), acarretando maiores reduções no conteúdo de N (TIQUIA & TAM, 2000). Apesar dos valores iniciais da relação C/N não serem os mais indicados para a compostagem (ideal - em torno de 30), o tempo de compostagem foi suficiente para promover modificações nesta taxa e alterações significativas em outras variáveis como pH e condutividade elétrica. Em condições de baixas relações C/N, os microrganismos tendem a eliminar o excesso de nitrogênio pela amônia, até obter uma condição próxima ao ideal, e que explica a redução de N mineral ao longo da compostagem. No segundo processo de compostagem, dentre as transformações observadas para C%, N e relação C/N, está a redução do N_{mineral} e o aumento do N_{orgânico} e a redução do teor de C e conseqüente redução da relação C/N (Tabela 5). Apesar dos materiais nos diferentes tempos de compostagem apresentarem diferenças significativas, não houve grandes alterações na relação C/N o que pode ser explicada pela presença de compostos de difícil degradação como lignina (maravalha e serragem) e quitina das penas das aves (RODRIGUES et al., 2006).

O pH variou ao longo dos 30 dias no primeiro processo de compostagem, com valores de 8,35 a 8,82, havendo diferença significativa somente entre o material de 0 e 30 dias (Tabela 4). Os valores ótimos de pH para a atividade dos microrganismos estão na faixa de 5,5 a 8,0 (MILLER, 1992). No entanto, valores de pH de 6,7 a 9,0 suportam boa atividade microbiana durante a compostagem (BERNAL et al., 2008). Na segunda compostagem os valores de pH variaram de 8,75 (0 dias) a 10,35 (90 dias) (Tabela 5). Um dos fatores que pode ter contribuído para o aumento do pH dos compostos é o fato de que nas granjas avícolas frequentemente utiliza-se CaO (cal) para desinfestação dos galpões, a fim de diminuir a umidade da cama e controlar patógenos de aves como a *Salmonella* spp. e *Clostridium* spp. (DAI PRA et al., 2009). O pH do composto é um fator que merece atenção, principalmente, porque tem a capacidade de afetar a atividade microbiana durante a compostagem, dificultando a sobrevivência de alguns microrganismos (CHAN et al., 2016). Como exemplos do efeito negativo de altos valores de pH, podemos citar a inibição da atividade de bactérias oxidantes de amônia (bactérias do gênero *Nitrosomonas*) (ZOU et al., 2016), volatilização de amônia, e inibição da nitrificação. No entanto a nitrificação ocorre mais intensamente quando as temperaturas do composto atingem a fase mesofílica ou quando o composto já foi aplicado no solo, uma vez que as temperaturas se encontram na faixa ideal para o funcionamento das bactérias nitrificadoras (25 a 35° C) (PERGOLA et al., 2017).

Baseado nos dados obtidos nos experimentos com compostagem e de acordo com a literatura revisada, pode-se concluir que os tempos de compostagem de 15 e 30 dias são insuficientes para que todo processo de compostagem ocorra, sendo necessários pelo menos 60 dias para estabilização do composto.

4.2. Efeito dos compostos de cama de aves sobre o desenvolvimento de couve-flor e controle da hérnia das crucíferas

4.2.1. Ensaio em vasos com composto fresco e com 15 e 30 dias de compostagem

Ao final de 90 dias, poucas plantas floresceram e, as inflorescências formadas não atingiram tamanho comercial. Este resultado deve-se às elevadas temperaturas observadas na casa de vegetação, entre 22 e 35 °C.

Neste experimento, observou-se efeito significativo de tratamento ($p \leq 0,05$) sobre todas as variáveis analisadas: massa seca de folha, massa seca de caule, massa seca total de parte aérea, número de folhas, comprimento de caule, severidade da doença, volume de raiz

sadia, volume de raiz com hérnia, massa fresca de raiz sadia, massa fresca de raiz com hérnia (Anexo B e Tabela 6).

De forma geral, os tratamentos sem a presença do patógeno, cama de aves compostada por 30 dias (CA 30 dias) e a Testemunha, e o tratamento inoculado e adubado com cama de aves fresca (CA 0 dias + *Pb*), apresentaram maior desenvolvimento de parte aérea, com médias significativamente maiores de acúmulo de massa seca, número de folhas e altura das plantas quando comparado aos demais tratamentos com inoculação, Testemunha + *Pb* e CA 15 dias + *Pb* (cama de aves compostada por 15 dias). Nota-se que, de forma geral, as plantas do tratamento CA 30 dias + *Pb* apresentaram médias intermediárias (Tabela 6). Os tratamentos com CA 15 dias + *Pb* e Testemunha + *Pb* foram os que apresentaram o menor desenvolvimento de parte aérea em todas as variáveis analisadas (Tabela 6).

Os tratamentos CA 15 dias + *Pb*, Testemunha + *Pb*, CA 30 dias + *Pb* apresentaram médias significativamente maiores de severidade da doença, e de volume e massa de raízes com hérnia e menores médias de volume e massa de raízes sadias. As plantas do tratamento CA 0 dia + *Pb* apresentaram médias significativamente iguais às dos tratamentos não inoculados (CA 30 dias e Testemunha) para massa e volume de raízes sadias e com hérnia (Tabela 6). A severidade da doença no tratamento CA 0 dia + *Pb* foi significativamente menor quando comparada com a dos demais tratamentos com inoculação (Tabela 6).

Tabela 6. Efeito de cama de aves fresca compostada em pilhas por 15 e 30 dias e inoculação com *Plasmodiophora brassicae* sobre massa seca de folha, de caule e massa seca total da parte aérea, número de folhas (NF), comprimento de caule (CC) severidade da hérnia das crucíferas (%), volume de raiz sadia e com hérnia, massa fresca de raiz sadia e com hérnia em plantas de couve-flor. Seropédica, RJ, junho/julho, 2017.

Tratamentos	Massa Seca (g)			Nº Folhas	Caule (cm)
	Folha	Caule	Parte aérea		
CA 30 dias	42,53 a	11,14 a	53,94 a	19,14 a	18,24 a
Testemunha	39,24 ab	8,93 a	48,18 a	18,28 a	16,40 abc
CA 0 dias + <i>Pb</i>	38,61 ab	9,14 a	47,75 a	18,28 a	16,72 ab
CA 30 dias + <i>Pb</i>	23,10 bc	4,83 b	27,93 b	14,42 ab	13,38 bcd
Testemunha + <i>Pb</i>	10,07 cd	3,47 bc	13,55 bc	10,42 b	12,54 cd
CA 15 dias + <i>Pb</i>	3,10 d	0,76 c	3,90 c	9,32 b	9,92 d
CV(%)	39,55	35,83	37,09	26,84	16,5
Tratamentos	Severidade ¹ %	Volume de Raiz (mL)		Massa Fresca Raiz ((g)	
		Sadia ¹	Hérnia ¹	Sadia ¹	Hérnia ¹
CA 15 dias + <i>Pb</i>	95,00 a	0,01 c	22,88 a	0,01 d	24,19 a
Testemunha + <i>Pb</i>	87,42 a	3,42 c	37,30 a	1,91 cd	31,74 a
CA 30 dias + <i>Pb</i>	84,00 a	16,25 bc	39,91 a	20,38 bc	42,98 a
CA 0 dia + <i>Pb</i>	29,42 b	31,50 ab	3,32 b	29,47 ab	3,85 b
CA 30 dias	0,00 c	33,42 ab	0,00 b	33,95 ab	0,00 b
Testemunha	0,00 c	43,21 a	0,00 b	47,15 a	0,00 b
CV(%)	22,59	39,29	42,64	41,39	41,55

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. *Pb* = *Plasmodiophora brassicae*. ¹= Dados transformados por $\sqrt{x + 1}$.

Houve efeito negativo da doença sobre o desenvolvimento das plantas inoculadas devido à redução de seu sistema radicular sadio. Entretanto, a aplicação de cama de aves fresca contribuiu para a redução da severidade da doença e, conseqüentemente, para o melhor desenvolvimento das plantas. Como a condição de fertilidade do solo provavelmente não foi fator limitante ao crescimento das plantas, uma vez que foram aplicados adubos minerais no plantio e em cobertura em todos os tratamentos, e houve desenvolvimento equivalente nas plantas dos tratamentos sem inoculação (Testemunha e CA 30 dias), acredita-se que o tempo de compostagem tenha afetado a severidade da doença e o desenvolvimento das plantas. Neste caso, é possível que o material fresco tenha disponibilizado mais nutrientes para as plantas, enquanto que no composto de 15 dias, parte dos nutrientes podem estar envolvidos no metabolismo microbiano (imobilização). A nutrição adequada da planta pode resultar em plantas mais resistentes e tolerantes a doenças (MEGHVANSI & VARMA, 2015). Um dos principais fatores que atuam na supressão da doença e que devem ser levados em consideração é a grande influência dos microrganismos presentes no composto. Meghvansi & Varma (2015) consideram que a degradação microbiana de esterco e outros resíduos orgânicos como a cama de aviário geram compostos tóxicos e voláteis que podem resultar na redução da atividade de patógenos de solo.

Inicialmente, havia a hipótese de que o tratamento com cama de aves fresca (CA 0 dias) pudesse favorecer a doença devido à acidificação do solo, pela aplicação do material fresco, que é rico em amônio. Isso pode acontecer pelo fato da absorção e assimilação de amônio resultar em diminuição do pH na interface raiz/solo e rizosfera. Já quando a fonte de N disponibilizado às plantas é o nitrato o comportamento é de elevação de pH (ZAMBOLIM & VENTURA, 2012). Entretanto, muitas vezes a acidificação do solo pela aplicação de matéria orgânica rica em N mineral (NO^{-3} ou NH_4) pode estar ligada a condição do solo, quantidade, época e forma de aplicação da mesma, além da liberação de ácidos orgânicos durante a mineralização (ZAMBOLIM et al., 2012). No caso do tratamento CA 15 dias + *Pb*, observou-se elevada mortalidade das plantas e severidade da hérnia das crucíferas. Tuitert et al. (1998) verificaram que materiais não-compostados, assim como os compostos maduros eram supressivos a *R. solani*, enquanto que materiais parcialmente decompostos eram favoráveis a doença. Segundo Bonanomi et al. (2006) compostos orgânicos podem ser tóxicos dos 5 aos 30 dias durante a realização da compostagem dos materiais. No entanto, segundo este mesmo autor, a fitotoxicidade do composto pode desaparecer aproximadamente aos 56 - 60 dias de compostagem, quando o composto é revirado, semanalmente, e se mantém o teor de umidade próximo de 60%. Compostos imaturos inibem a germinação de sementes de plantas e crescimento das mesmas através da produção de substâncias fitotóxicas, como amônia, sais inorgânicos e ácidos orgânicos (GOMEZ-BRANDON et al., 2008).

De forma geral, o desenvolvimento da hérnia é favorecido por condições ácidas. No entanto, o pH dos três compostos foi elevado, >8,0. Niwa et al (2007) relataram que com a adição de matéria orgânica no solo por um período de 15 anos houve a supressão da hérnia, possivelmente, devido ao aumento da concentração de cálcio e a mudança de pH para valores alcalinos. A presença de matéria orgânica no solo também tem sido relatada como redutora da severidade da hérnia das crucíferas, possivelmente pelo aumento da atividade microbiana no solo (DIXON, 2009). Deve-se ressaltar que, nos aviários para a desinfecção da cama aplica-se cal (CaO) que apresenta alto valor neutralizante, razão pela qual os compostos podem ter apresentado elevados valores de pH antes mesmo da compostagem.

Em trabalho realizado por Graciano et al. (2006) avaliando produções de mandioquinha-salsa, verificaram maiores produtividades quando foi utilizado cama de aves semidecomposta. Lima et al. (2006) constataram que a adição de cama de frango contribuiu de forma geral para o enriquecimento químico do substrato utilizado na produção de mudas de mamoneira. Os

autores atribuíram este efeito a maior quantidade de nutrientes disponibilizados fornecido pela adição de matéria orgânica ao solo.

4.2.2. Ensaio com mudas

4.2.2.1. Ajuste de dose de cama de aves para ensaio com mudas

Observaram-se efeitos significativos de inoculação x dose do composto sobre massa fresca de folha, massa fresca de raiz sadia, massa fresca de hérnia e severidade da doença; efeito significativo da interação inoculação x tipo de composto, sobre a severidade da doença; da interação tempo de compostagem x dose sobre número de folhas, massa fresca de folha, massa fresca de raiz sadia e severidade da doença; da interação inoculação x tempo de compostagem x dose, sobre massa fresca de folha, massa fresca de raiz sadia e severidade da doença (Anexo C).

Observou-se efeito quadrático de dose de cama de aves fresca (0 dias) e da cama de aves compostada por 45 dias sobre a massa fresca de folha e massa fresca das raízes sadias das plantas de couve-flor. As maiores médias de massa fresca foram observadas no tratamento testemunha comparado ao tratamento inoculado (Figura 5A e 5C). Maior acúmulo de massa fresca de folha e de raiz em plantas não inoculadas foi estimado como sendo em doses de 1,80 e de 1,15 g de composto por tubete, respectivamente. No tratamento inoculado, o maior acúmulo de massa de folha e de raiz foi estimado como sendo nas doses de 2,61 e de 2,50 g tubete⁻¹, respectivamente. Estes valores de dose obtidos nos tratamentos, correspondem à cerca de 36, 23, 52,20 e 50 Mg.ha⁻¹, respectivamente.

Observou-se efeito significativo da interação entre inoculação e dose de composto sobre a intensidade da doença, expressa em severidade e massa fresca de hérnia, com efeito quadrático negativo para as plantas inoculadas e efeito linear e negativo para as plantas sem inóculo. Ou seja, houve redução da intensidade da doença com o aumento das doses de composto. Entretanto doses mais altas dos compostos prejudicaram o desenvolvimento vegetativo das plantas (Figura 5B e 5D).

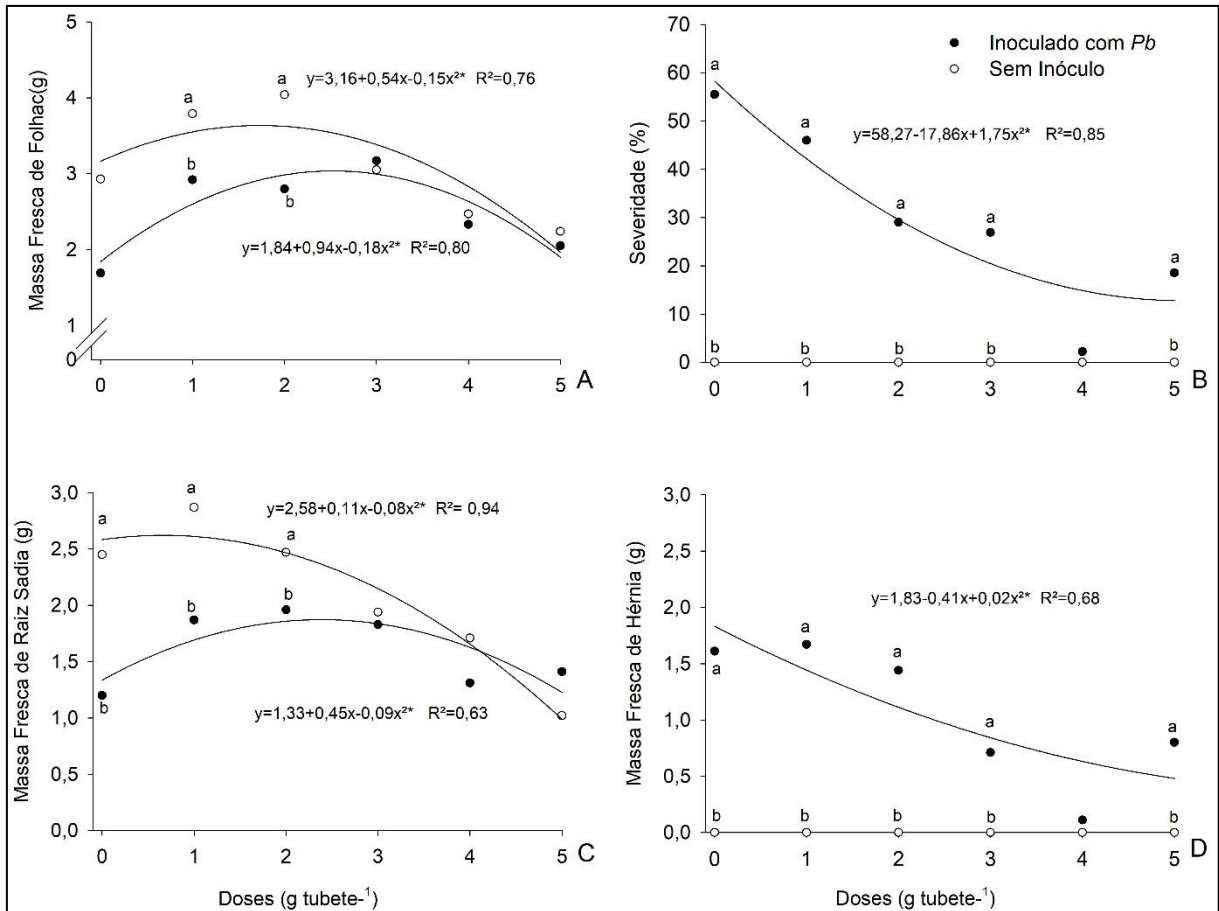


Figura 5: Massa fresca de folha (A), severidade da hérnia das crucíferas (B), massa fresca de raiz sadia (C) e massa fresca de hérnia (D) em plantas de couve-flor, cv Sharon. Interação entre Inoculação (Inoculada ou não inoculada) e a dose de composto aplicado (0, 1, 2, 3, 4 e 5 g tubete⁻¹), Seropédica, RJ, maio/junho de 2018.

Os resultados referentes ao efeito dos tratamentos sobre severidade da hérnia e massa fresca de galhas foram similares aos de Santos et al. (2018) em ensaio utilizando 0, 10, 20 e 40 Mg ha⁻¹ de torta de mamona. Embora os teores de nutrientes da torta de mamona e da cama de aves sejam diferentes (cama de aves = 2,0 a 2,5% de N total e torta de mamona = 5% de N total.), ambos levaram a decréscimos na severidade da doença e aumento de raízes sadias com o aumento das doses. Oliveira et al. (2003) verificaram que a aplicação de doses crescentes de cama de aves (0, 12, 24 e 36 Mg ha⁻¹) geraram aumento proporcional na produtividade de repolho em condições de campo devido ao aumento do aporte de nutrientes para as plantas.

Analisando-se o efeito da interação tempo de compostagem x dose, houve efeito quadrático para o composto de 45 dias sobre o número de folhas, com número máximo na dose de 3,12 (=62,40 Mg ha⁻¹) e efeito linear e negativo da cama de aves fresca à medida que a dose foi aumentada (Figura 6 A). O efeito da dose de ambos os compostos sobre a massa fresca das folhas foi quadrático com maior acúmulo nas doses de 1,06 (= 21,20 Mg ha⁻¹) para a cama de aves fresca e de 3,05 (= 61 Mg ha⁻¹) para a cama de aves compostada por 45 dias (Figura 6 C).

Observou-se também efeito significativo das doses dos dois compostos sobre a severidade da doença, com decréscimo em função do aumento da dose, principalmente com a cama de aves compostada por 45 dias (Figura 6 B). Obtiveram-se valores mínimos de severidade nas doses de 4,20 e de 5,00 g tubete⁻¹ para a cama de aves fresca e compostada, respectivamente. Observa-se claramente que apesar da cama de aves fresca resultar em redução da doença, o aumento das doses resulta em efeitos fitotóxicos, o que não ocorreu com a cama

de aves compostada por 45 dias. Este resultado indica que a definição da dose em função da característica do composto é um fator determinante no controle da doença e desenvolvimento da planta.

O acúmulo de massa fresca de raiz sadia seguiu tendência similar à do acúmulo de massa fresca de folha, com valor máximo na dose de 1,12 g tubete⁻¹ para cama de aves fresca e de 2,85 g tubete⁻¹ para a cama de aves compostada (6 D). O efeito negativo decorrente do aumento das doses, pode também ter sido agravado pelo fato de serem as plantas jovens, mais sensíveis a presença de sais e de os ensaios terem sido realizados em tubetes, com espaço limitado para o desenvolvimento radicular. Filgueira (2008) ressalta que a aplicação de cama de aves fresca é benéfica às plantas brássicas, entretanto a melhor forma de aplicação da mesma é incorporada ao solo, até duas semanas de antecedência ao transplantio.

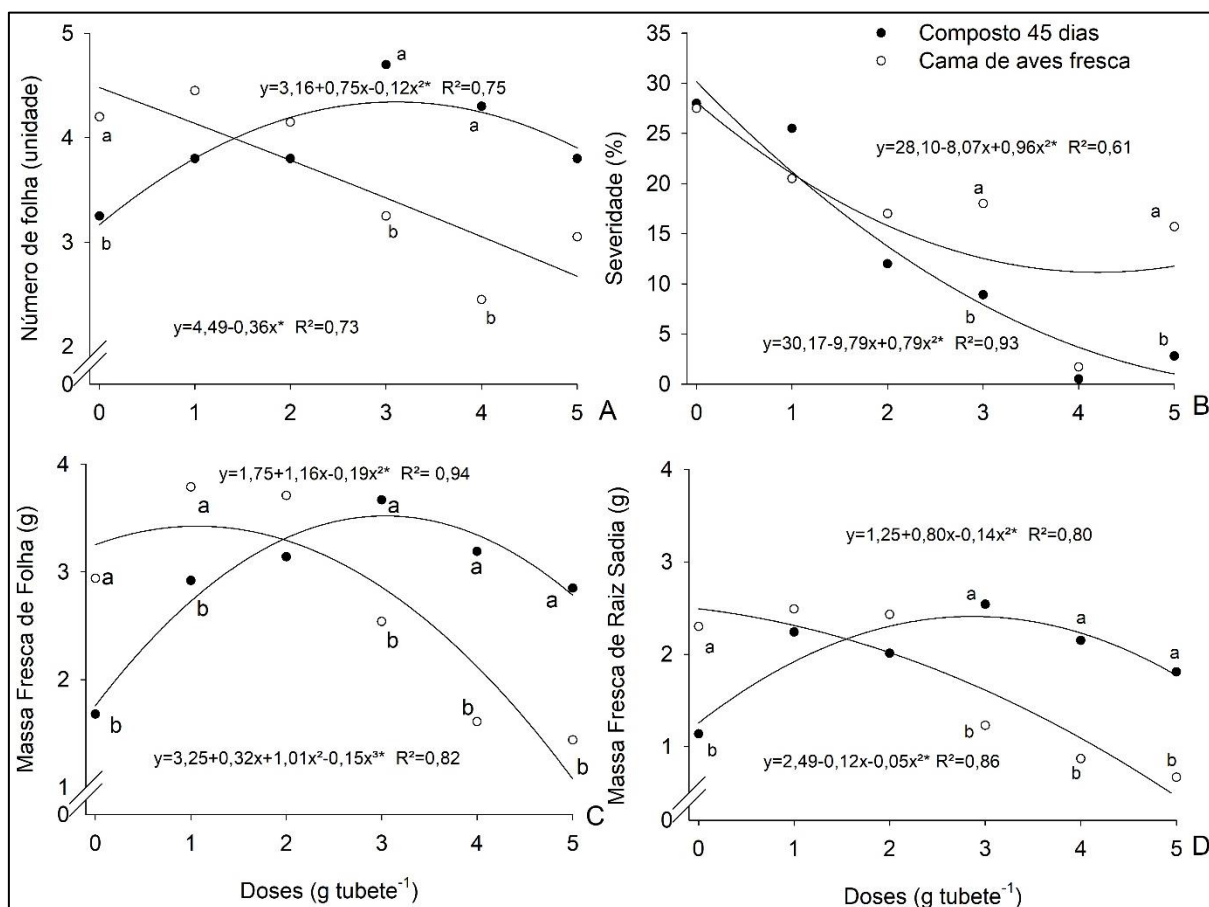


Figura 6: Número de folha (A), severidade da h ernia das crucíferas (B), massa fresca de folha (C) e massa fresca de raiz sadia (D) de plantas de couve-flor, cv Sharon, em fun o da dose de cama de aves e do tipo de composto utilizado (0 ou 45 dias de compostagem), Seropédica, RJ, maio a junho de 2018.

Diniz et al. (2008), avaliando a produtividade de brócolis com a aplica o de composto orgânico, verificou uma produtividade de 12,53 Mg ha⁻¹, obtida com a dose de 25 Mg ha⁻¹ de composto e sugeriu que maiores dosagens deste composto poderiam resultar ainda em aumentos de produtividade da cultura. No entanto, danos às plantas foram observados em doses elevadas, acima de 40 Mg ha⁻¹, ou seja, acima da dose recomendada para a cultura. Segundo Freire et al., (2013) a recomenda o máxima de aplica o da cama de aves fresca   de 20 Mg ha⁻¹. Trani et al. (1996) recomendam a aplica o de 40 a 60 Mg ha⁻¹ de esterco de curral, ou 10 a 15 Mg ha⁻¹

do esterco de galinha. Já para o material compostado, segundo Melo et al. (2015), para a cultura do brócolis pode ser aplicado de 30 a até 60 Mg ha⁻¹, desde que o mesmo esteja curtido.

Com base neste experimento, identificou-se que as doses de 1 a 2 g tubete⁻¹ de cama de cama de aves fresca e 3 e 4 g tubete⁻¹ de composto foram as que resultaram em melhores resultados na adubação das plantas e controle da doença hérnia das crucíferas. No entanto, visando proporcionar melhor desenvolvimento das plantas e nenhum efeito fitotóxico pelos compostos, foi escolhida a dose de 2 g tubete⁻¹ para os ensaios seguintes.

4.2.2.2. Ensaio em tubetes de 100 mL

Não houve efeito significativo da interação entre tempo de compostagem e inoculação sobre nenhuma das variáveis analisadas, apenas efeito simples de tempo de compostagem e inoculação. Observou-se efeito de compostagem sobre o número de folha, massa fresca de parte aérea, massa seca de parte aérea e massa fresca de raiz sadia (Anexo D). A cama de aves fresca seguido de cama de aves compostada por 90 e 120 dias foram os tratamentos que mais favoreceram o número de folhas e o acúmulo de massa fresca de parte aérea (Tabela 7). O acúmulo de massa seca de parte aérea, porém, foi maior nos tratamentos com cama de aves compostada por 90 dias, seguido das compostadas por 120 e 60 dias. O tempo de compostagem, não afetou a maioria das variáveis relacionadas ao sistema radicular, exceto a massa fresca de raiz sadia, com maior acúmulo no tratamento com a cama compostada por 90. Não houve efeito significativo de tempo de compostagem sobre as variáveis relacionadas à intensidade da doença como porcentagem de raiz sadia e porcentagem de raiz com hérnia e severidade da doença (Tabela 7).

O tempo de compostagem afetou mais as variáveis relativas à parte aérea, o que pode estar relacionado a fatores nutricionais fornecidos pelos compostos, principalmente, a disponibilidade de N. Possivelmente, a maior produção de massa fresca e número de folhas no tratamento de tempo 0 (fresco), possa estar ligado ao maior suprimento de N mineral presente no material fresco. Em sua composição nutricional a cama de aves fresca (0 dia) apresentou as maiores médias para o N mineral, enquanto o composto de 120 dias apresentou o menor teor de N mineral (Tabela 5). Ravindran et al. (2017) indicam que o esterco de galinha pode ser uma boa fonte de carbono orgânico, o que é importante para melhorar a qualidade do solo, enquanto o suprimento de N exerce um papel crucial no crescimento das plantas. O nitrogênio possui função estrutural, atuando na absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular (KANO et al., 2010). O nitrogênio exerce papel estrutural para o crescimento, de forma que após o transplante, o fornecimento gradual de nitrogênio estimula o crescimento vegetativo, tendo correlação direta com o aumento da área foliar (FILGUEIRA, 2008).

Observou-se efeito significativo de inoculação com *P. brassicae* sobre o número de folhas, massa seca de parte aérea, massa fresca de raiz sadia, massa fresca de hérnia, % de raiz sadia, % de raiz com hérnia e severidade (Tabela 7). O acúmulo de massa seca de parte aérea e de massa fresca de raiz sadia e o número de folhas, foram superiores nos tratamentos testemunha sem inoculação comparado ao inoculado. A presença do patógeno também afetou negativamente a porcentagem de raízes sadias. As variáveis relativas à doença (massa fresca de hérnia, porcentagem de raízes com hérnia severidade) foram observadas somente nos tratamentos inoculados (Tabela 7). De forma geral, houve maior desenvolvimento das plantas (raiz e parte aérea) nos tratamentos que não receberam inoculação - maior número de folhas, massa seca de parte aérea, massa fresca de raiz e porcentagem de raízes sadias (Tabela 7). As plantas inoculadas apresentaram severidade média igual a 23% e 37% das raízes com galhas (Tabela 7) e, nas parcelas não inoculadas não houve formação de galhas. Raízes com hérnias perdem suas funções normais e, tem a capacidade reduzida de absorver água e nutrientes,

resultando em sintomas como murchas, subdesenvolvimento, redução do potencial produtivo e, em casos mais severos, morte prematura da planta (PENALBER, 2009; MATTEY & DIXON, 2015).

Diferentemente do observado no ensaio em vasos com plantas adultas, neste ensaio não houve efeito significativo do tempo de compostagem sobre a doença (Tabela 7). Entretanto, houve efeito positivo da aplicação de cama de aves (média dos cinco tratamentos) sobre a redução da intensidade da doença, expressa em severidade, porcentagem de raízes com galhas e massa fresca de raízes com galhas, além de aumento da massa fresca de raízes sadias e da porcentagem de raízes sadias. Estes efeitos, porém, não resultaram em efeito significativo sobre o desenvolvimento da parte radicular das plantas (Tabela 7).

Não houve diferenças significativas entre o tratamento testemunha adicional 1 (sem o inóculo e sem adição de nenhum composto) e a médias dos tratamentos com cama de frango (média de todos tratamentos) quanto aos seus efeitos sobre o número de folha, massa fresca de parte aérea e massa seca de parte aérea (Tabela 8). Houve, porém, diferenças significativas sobre as variáveis avaliadas nas raízes, com maior % de raiz com hérnia, severidade, massa fresca de hérnia e menor % de raiz sadia nos tratamentos com cama de aves comparado ao tratamento adicional 1 (sem o inóculo e sem adição de composto). Entretanto, quando se compara o tratamento adicional 2 (inoculado com *P. brassicae* e sem composto) com o tratamento cama de aves, verifica-se que não houve diferenças significativas entre eles para as variáveis massa fresca de parte aérea e massa seca de parte aérea. Por outro lado, o número de folhas, massa fresca de raiz sadia e porcentagem de raiz sadia foram significativamente maiores nos tratamentos com cama de aves comparado ao tratamento adicional 2, e a massa fresca de hérnia, porcentagem de raiz com hérnia e severidade foram significativamente maiores no tratamento adicional 2 comparado à média dos tratamentos com cama de aves (Tabela 8), o que permite concluir que houve benefícios da adição de cama de aves no crescimento das plantas e supressão da doença (Tabela 8).

Tabela 7. Efeito de tempo de compostagem de cama de aves (0, 30, 60, 90,120 dias) e de inoculação com *Plasmodiophora brassicae* sobre o número de folhas (NF) massa fresca e seca de parte aérea (MFPA, MSPA), massa fresca de raiz sadia, com galhas e total (MFRS, MFRH, MSRT), porcentagem de raiz sadia e com galhas e severidade da hérnia das crucíferas em plantas de couve-flor, cultivar Sharon, em ensaio realizado em tubetes sob condições de casa de vegetação. Seropédica, RJ, junho/julho, 2018.

Tratamentos	Efeito de Tempo de Compostagem								
	NF (unid)	MFPA	MSPA ¹	MFRS	MFH ¹	MSRT ¹	RS	RH ¹ (%)	SEV ¹
0	7,30 a	4,53 a	0,53 c	1,53 b	0,42 ^{ns}	0,16 ^{ns}	78,39 ^{ns}	21,60 ^{ns}	13,73 ^{ns}
30	6,38 c	3,43 c	0,55 c	1,38 b	0,34	0,18	81,32	18,68	12,88
60	6,53 bc	3,80 bc	0,57 bc	1,38 b	0,34	0,13	83,15	14,49	10,15
90	7,11 ab	3,99 b	0,65 a	1,77 a	0,290	0,15	85,5	16,34	9,03
120	6,53 bc	3,92 b	0,61 ab	1,44 b	0,290	0,16	79,85	20,14	13,00
Efeito de <i>Plasmodiophora brassicae</i>									
Testemunha	6,93 a	3,92 ^{ns}	0,61 a	1,91 a	0,00 b	0,15 ^{ns}	100,00 a	0,00 b	0,00 b
Inoculado	6,61 b	3,95	0,55 b	1,09 b	0,68 a	0,16	63,29 b	36,70 a	23,52 a
CV%	13,61	16,01	13,52	17,75	9,89	3,18	15,66	35,61	48,52

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ¹= Dados transformados por $\sqrt{x + 1}$. Ns – Não significativo.

Tabela 8. Efeito da cama de aves (média de todos os tratamentos) comparado aos tratamentos testemunha sem cama de aves, inoculados ou não com *Plasmodiophora brassicae*, sobre o número de folhas (NF), massa fresca e seca de parte aérea (MFPA, MSPA), massa fresca de raiz sadia, com galhas e total (MFRS, MFH, MSRT), porcentagem de raiz sadia e com galhas (% RS, %RH) e severidade da hérnia das crucíferas em plantas de couve-flor, cultivar Sharon, em ensaio realizado em tubetes em condições de casa de vegetação. Seropédica, RJ, junho/ julho de 2018.

Tratamento	Tratamento adicional 1 – Testemunha Sem Inóculo								
	NF (unid)	MFPA	MSPA	MFRS	MFH ¹	MSRT ¹	RS	RH ¹	SEV ¹
		(g)					(%)		
Testemunha 1	6,92 ^{ns}	4,04 ^{ns}	0,56 ^{ns}	1,72 a	0,00 b	0,15 ^{ns}	100,00 a	0,00 b	0,00 b
Cama de Aves (Fatorial)	6,77	3,93	0,58	1,50 b	0,34 a	0,16	81,64 b	18,35 a	11,77 a
	Tratamento adicional 2 - Inoculado com <i>Plasmodiophora brassicae</i>								
Testemunha 2	6,07 b	3,72 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,87 b	1,40 a	0,20 a	40,14 b	59,85 a	43,84 a
Cama de Aves (Fatorial)	6,77 a	3,93	0,58	1,50 a	0,34 b	0,16 b	81,64 a	18,35 b	11,77 b
CV%	13,61	16,01	13,52	17,75	9,89	3,18	15,66	35,61	48,52

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ¹= Dados transformados por $\sqrt{x + 1}$. NS – Não significativo.

4.2.2.3. Ensaio em vasos de 250 mL

No experimento realizado em vasos de 250 mL, observou-se interação significativa entre tempo de compostagem x inoculação sobre a massa fresca de raízes sadias e o volume de raízes sadias e sobre a porcentagem de pelos radiculares infectados (Anexo E). Observou-se, ainda, efeito simples de tempo de compostagem sobre o número de folhas, a massa fresca e seca da parte aérea e massa seca de raiz total (Anexo E). Nas comparações considerando a média de todos tratamentos com cama de aves e o tratamento adicional 1 (não inoculado e sem a cama de aves) observaram-se diferença significativa quanto a massa seca de parte aérea, massa fresca de raiz sadia, massa seca de raiz total e volume de raiz sadia (Anexo E). Nas comparações entre cama de aves e o tratamento adicional 2 (*P. brassicae* sem adição de composto) observaram-se diferenças significativas quanto ao número de folhas, massa seca de parte aérea, massa fresca de raiz sadia, com hérnia e massa seca de raiz total, volume de raiz sadia e com hérnia e porcentagem de raiz sadia e com hérnia, severidade e porcentagem de pelos infectados (Anexo E).

Independentemente da idade do composto, a massa fresca de raiz sadia e o volume de raízes sadias foram significativamente maiores nos tratamentos inoculados comparados à testemunha (Figura 7A e 7B). Não houve, porém, efeito da inoculação sobre o desenvolvimento da parte aérea, provavelmente, pela baixa intensidade da doença registrada neste ensaio (Tabela 9). Ou seja, a infecção com o patógeno pode ter favorecido o desenvolvimento radicular. Devos et al. (2005) também relatam maior desenvolvimento de raízes e o peso total de plantas infectadas comparada a plantas sadias aos nove dias após a inoculação, indicando alterações fisiológicas nas plantas, mediadas principalmente pela síntese de auxina. Evans & Sholes (1995) verificaram em seus experimentos que a promoção de crescimento induzida por *P. brassicae* diminuiu com o início da formação das galhas (aproximadamente cinco semanas após a infecção).

De forma geral, o tempo de compostagem não afetou o desenvolvimento das raízes, mas com maior massa seca total de raízes nos tratamentos com cama de aves compostada por 30 e 60 dias (Tabela 9). O efeito do tempo de compostagem sobre o acúmulo de massa fresca e volume de raízes sadias foi quadrático e com maiores valores no tratamento com a cama de aves compostada por 30 dias (Figura 7A e 7B). Neste tratamento observou-se também menor porcentagem de pelos infectados (Figura 7C). No entanto, diferente do ensaio anterior, o melhor desenvolvimento da planta foi observado nos tratamentos com camas de aves compostadas por 30 e 60 dias, onde se registraram maior número de folhas e maior massa fresca e seca de parte aérea (Tabela 9).

Nas comparações entre a média dos tratamentos com cama de aves com os dois tratamentos adicionais observaram-se resultados semelhantes aos obtidos no ensaio anterior. No presente ensaio, observou-se maior massa seca de parte aérea, massa fresca de raiz sadia, massa seca de raiz total e maior volume de raiz sadia nos dois tratamentos adicionais (1 e 2), com ou sem inoculação, que a média dos tratamentos com cama de aves (Tabela 10). Este resultado pode estar associado ao tipo de recipiente utilizado, vasos com drenagem menos eficiente que a dos tubetes usados no primeiro ensaio e à baixa intensidade da doença. No entanto, vale ressaltar que também neste ensaio, houve efeito positivo da cama de aves na redução da doença – menor volume de raiz com hérnia, maior porcentagem de raízes sadias e menor porcentagem de raízes com hérnia, menor severidade e menor porcentagem de pelos radiculares infectados (Tabela 10).

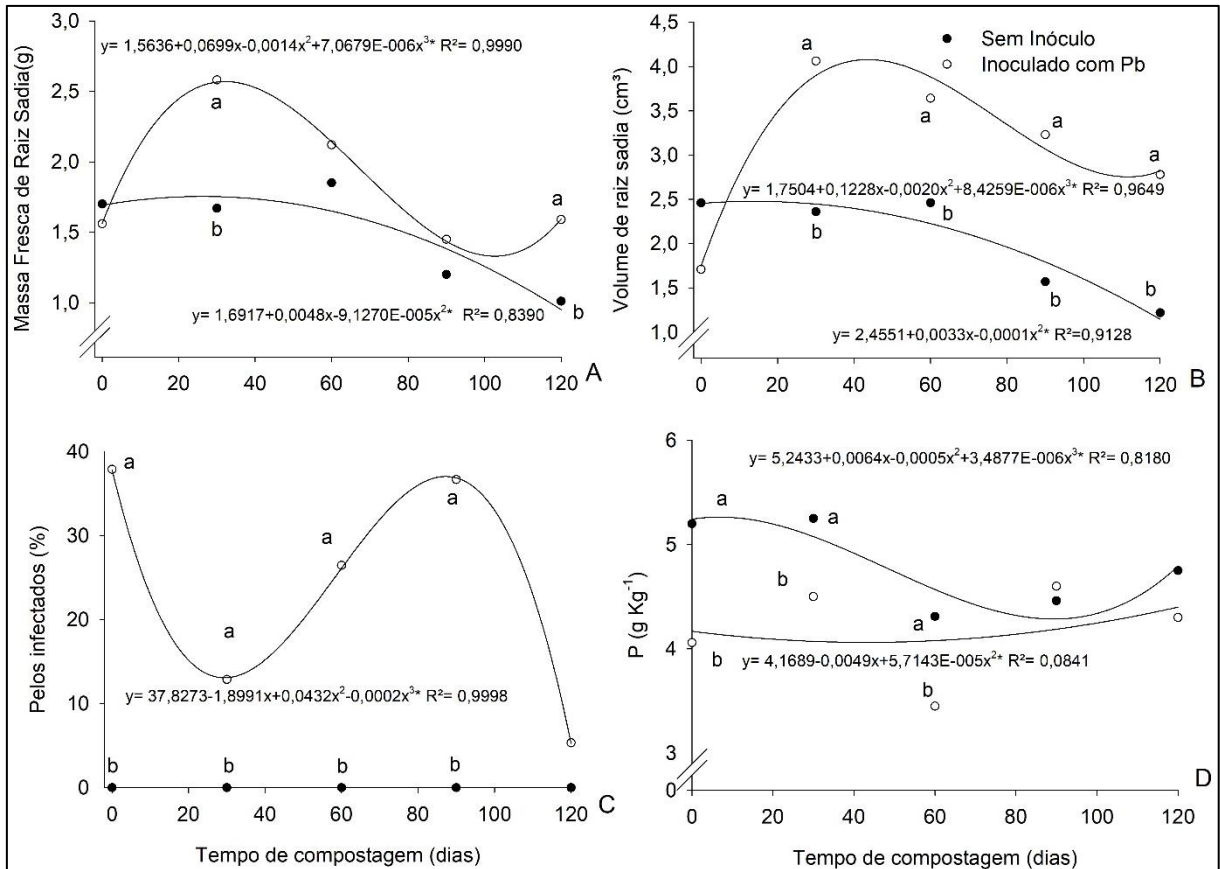


Figura 7: Efeito da interação entre tempo de compostagem x inoculação sobre a massa fresca de raiz sadia (A), volume de raiz sadia (B), porcentagem de pelos radiculares infectados (C) e conteúdo do nutriente fósforo (P) na parte aérea (D) de plantas de couve-flor, cultivar Sharon, em parcelas inoculadas ou não com *Plasmodiophora brassicae* e cultivadas em vasos de 250 mL. Seropédica, RJ, 2018. *Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

A menor intensidade da doença nos tratamentos com cama de aves comparado ao adicional 2 (*P. brassicae* sem cama de aves) pode ser decorrente da elevação do pH e do maior fornecimento de Ca pela adição dos compostos. O pH em todos os cinco compostos foi superior a 8,5 que por sua vez apresentaram altos teores de Ca ($> 42,62 \text{ g Kg}^{-1}$). Estas duas variáveis estão entre as mais citadas como essenciais no manejo da hérnia da crucíferas (SANTOS et al., 2017; DONALD; PORTER, 2009; NIWA et al., 2008). Vale ressaltar, porém, que com a mineralização da matéria orgânica, conforme discutido anteriormente, há redução do pH. Este efeito pode ser verificado na Figura 8, onde observa-se queda de pH do solo em todos os tratamentos ao longo de 30 dias após a aplicação dos tratamentos com composto. A condutividade elétrica, no entanto, é variável. Verificou-se menor condutividade no tratamento controle, seguido por material compostado por 30 dias e cama fresca.

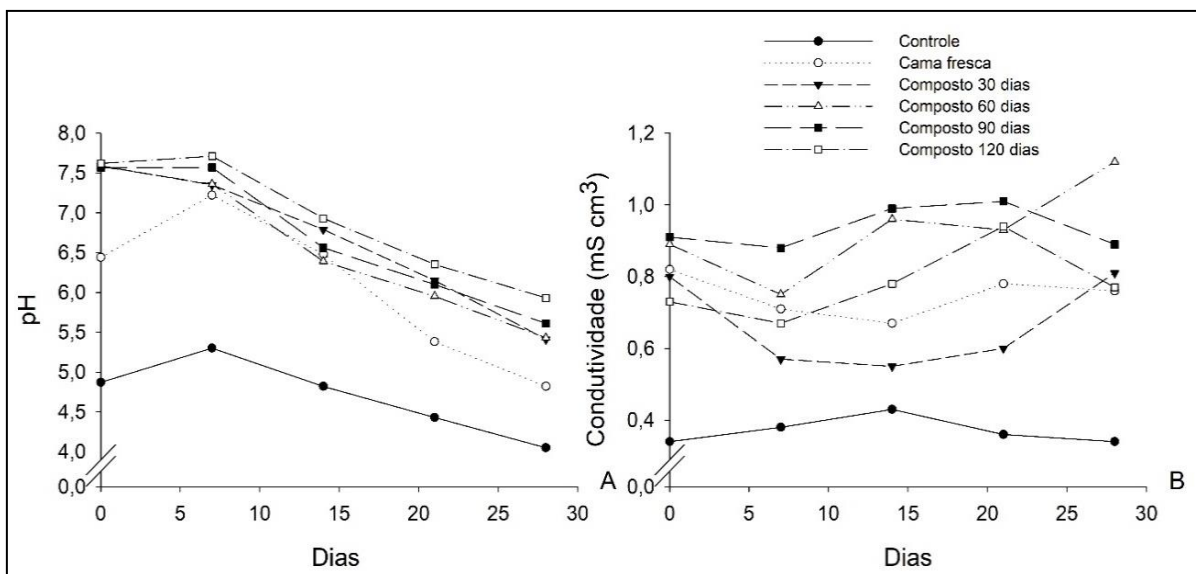


Figura 8. Monitoramento de: A) pH; B) condutividade elétrica (mS cm^3) em vasos de 250 mL com adição de cama de aves fresca, compostada por 30, 60, 90 e 120 dias e tratamento controle (sem composto), durante 30 dias. Seropédica, RJ, janeiro/ fevereiro, 2019.

Em relação ao conteúdo nutricional da parte aérea das plantas verificou-se que houve efeito significativo da interação tempo de compostagem x inoculação somente para o P (fósforo) (Anexo F) (Figura 7D). Nos tratamentos inoculados houve redução do conteúdo de P na parte aérea das plantas em relação às plantas não-inoculadas. Também não houve efeito da inoculação sobre os teores de macro e micronutrientes e de Al na parte aérea das plantas (Tabela 11), nem efeito do tempo de compostagem sobre os teores de Zn, Fe e, Ca, (Tabela 11). Houve, porém, efeito do tempo de compostagem sobre os teores de Cu, Mn e Mg e sobre a porcentagem de N, C e relação C/N das plantas (Tabela 11). Em geral, a cama de aves fresca (0 dia), seguido de 90 e 120 dias de compostagem, resultaram em maiores teores de Cu e Mg e maior porcentagem de N nas plantas. Os menores teores destes nutrientes foram observados nas plantas dos tratamentos com cama de aves compostada por 60 dias (Tabela 11). A maior porcentagem de C e a maior relação C/N, por sua vez, foi observada nas plantas crescidas nos tratamentos com cama de aves compostada por 30, 90 e, especialmente, com 60 dias. De forma geral, as plantas crescidas nos tratamentos com cama de aves apresentaram maiores teores de Ca, Cu e Mn e em menores teores de Zn, Fe, N e C que as plantas dos dois tratamentos adicionais, sem adição de cama de aves (Tabela 12).

Tabela 9. Efeito de tempo de compostagem de cama de aves (0, 30, 60, 90,120 dias) e da inoculação com *Plasmodiophora brassicae* sobre o número de folhas (NF), massa fresca e seca de parte aérea (MFPA, MSPA), massa fresca de raiz sadia, com galhas e total (MFRS, MFH, MSRT), porcentagem de raiz sadia e com galhas (% RS, %RH) e severidade da hérnia das crucíferas em plantas de couve-flor, cultivar Sharon, em ensaio realizado em vasos de 250 mL em condições de casa de vegetação. Seropédica, RJ, agosto/setembro 2018.

Tratamentos	Efeito de Tempo de Compostagem								
	NF	MFPA	MSPA ¹	MFH ¹	MSRT ¹	VRH ¹	RS	RH ¹	SEV ¹
	(unid)		(g)			(cm ³)		(%)	
0	8,33 ab	7,40 b	1,02 bc	0,04 ^{ns}	0,16 ab	0,082 ^{ns}	96,56 ^{ns}	3,43 ^{ns}	0,70 ^{ns}
30	8,86 a	7,30 b	1,20 b	0,00	0,21 a	0,003	99,99	0,008	0,03
60	8,70 ab	9,48 a	1,68 a	0,012	0,20 a	0,023	99,41	0,58	0,23
90	7,96 b	5,73 c	0,86 c	0,010	0,12 b	0,016	99,31	0,68	0,16
120	8,13 ab	6,40 bc	0,92 bc	0,055	0,13 b	0,057	96,82	3,17	2,00
Efeito de <i>Plasmodiophora brassicae</i>									
Testemunha	8,25 ^{ns}	6,99 ^{ns}	1,06 ^{ns}	0,00 b	0,15 ^{ns}	0,00 b	100,00 a	0,00 b	0,00 b
Inoculado	8,54	7,53	1,21	0,05 a	0,18	0,07 a	96,84 b	3,15 a	1,25 a
CV%	13,81	30,28	11,26	5,14	4,28	5,59	7,6	76,03	49,87

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ¹= Dados transformados por $\sqrt{x + 1}$. NS – Não significativo.

Tabela 10. Efeito da cama de aves (média de todos os tratamentos) comparado aos tratamentos testemunha sem cama de aves, com inoculação e sem inoculação com *Plasmodiophora brassicae* sobre o número de folhas (NF), massa fresca e seca de parte aérea (MFPA, MSPA), massa fresca de raiz sadia, com galhas e total (MFRS, MFH, MSRT), porcentagem de raiz sadia e com galhas (% RS, %RH) e severidade da hérnia das crucíferas e porcentagem de pelos radiculares infectados em plantas de couve-flor, cultivar Sharon, em ensaio realizado em vasos de 250 mL em condições de casa de vegetação. Seropédica, RJ, agosto/ setembro 2018.

Tratamento	Tratamento Adicional 1 – Testemunha Sem Inóculo											
	NF	MFPA	MSPA ¹	MFRS ¹	MFH ¹	MSRT ¹	VRS	VRH ¹	RS	RH ¹	SEV ¹	% Pelos infectados
	(unid)			(g)			(cm ³)			(%)		
Testemunha 1	8,20 ^{ns}	7,57 ^{ns}	1,48 a	2,25 a	0,00 ^{ns}	0,32 a	3,82 a	0,00 ^{ns}	100,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 b
Cama de Aves (Fatorial)	8,40	7,26	1,14 b	1,67 b	0,02	0,17 b	2,55 b	0,03	98,42	1,57	0,62	11,92 a
Tratamento Adicional 2 – Inoculado com <i>Plasmodiophora brassicae</i>												
Testemunha 2	7,26 b	6,63 ^{ns}	1,37 a	2,23 a	1,47 a	0,37 a	3,12 a	1,84 a	60,40 b	39,59 a	26,66 a	41,00 a
Cama de Aves (Fatorial)	8,4 a	7,26	1,14 b	1,67 b	0,025 b	0,17 b	2,55 b	0,03 b	98,42 a	1,57 b	0,62 b	11,92 b
CV%	13,81	30,28	11,26	14,38	5,14	4,28	17,48	5,59	7,6	76,03	49,87	11,89

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ¹= Dados transformados por $\sqrt{x + 1}$.

NS – Não significativos.

Tabela 11. Efeito de tempo de compostagem de cama de aves (0, 30, 60, 90,120 dias) e da inoculação com *Plasmodiophora brassicae* sobre os teores de Zinco, Cobre, Manganês, Ferro, Alumínio, Magnésio, Cálcio, Nitrogênio, Carbono e relação C/N na parte aérea de plantas de couve-flor, cultivar Sharon, crescidas em vasos de 250 mL sob condições de casa de vegetação. Seropédica, RJ, agosto/ setembro 2018.

Tratamentos	Efeito de Tempo de Compostagem									
	Zn	Cu	Mn	Fe	Al	Mg	Ca	N	C	C/N
	(mg Kg ⁻¹)					(g)		(%)		
0	30,27 ^{ns}	5,13 a	36,57 b	46,15 ^{ns}	<ND	13,08 a	11,78 ^{ns}	2,38 a	36,63 b	15,73 c
30	26,68	4,09 bc	27,36 c	53,71	<ND	9,65 ab	10,1	1,50 b	39,05 a	26,23 ab
60	29,08	3,84 c	38,35 ab	29,01	<ND	9,02 b	10,42	1,45 b	40,00 a	27,90 a
90	31,31	4,82 ab	38,16 ab	42,46	<ND	9,83 ab	7,21	1,80 ab	39,13 a	21,98 abc
120	31,62	4,72 abc	45,83 a	44,27	<ND	11,08 ab	11,71	2,00 ab	38,21 ab	18,68 bc
Efeito de inoculação com <i>Plasmodiophora brassicae</i>										
Testemunha	29,67 ^{ns}	4,59 ^{ns}	37,75 ^{ns}	40,72 ^{ns}	<ND	9,78 ^{ns}	10,32 ^{ns}	1,87 ^{ns}	38,62 ^{ns}	21,85 ^{ns}
Inoculado	29,91	4,45	36,76	40,52	<ND	11,28	10,16	1,78	38,59	22,76
CV%	20,62	12,39	12,50	21,16	-	19,45	27,79	16,12	3,21	12,91

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. NS – Não significativo.

Tabela 12. Efeito da cama de aves (média de todos os tratamentos) comparado aos tratamentos adicionais sem cama de aves, inoculados ou não com *Plasmodiophora brassicae* sobre os teores de Zinco (Zn), Cobre (Cu), Manganês (Mn), Ferro (Fe), Alumínio (Al), Magnésio (Mg), Cálcio (Ca), Nitrogênio (N), Carbono (C) e relação C/N na parte aérea de plantas de couve-flor, cultivar Sharon, cultivada em vasos de 250 mL em condições de casa de vegetação. Seropédica, RJ, agosto/ setembro 2018.

Tratamento	Tratamento Adicional 1 – Testemunha Sem Inóculo									
	Zn	Cu	Mn	Fe	Al	Mg	Ca	N	C	C/N
	(mg Kg ⁻¹)					(g)		(%)		
Testemunha	42,07 a	3,11 b	26,86 b	99,90 a	<ND	8,74 ^{ns}	3,83 b	2,61 a	41,60 a	19,33 ^{ns}
Cama de aves (Fatorial)	29,79 b	4,52 a	37,25a	43,12 b	<ND	10,53	10,24 a	1,82 b	38,60 b	22,3
	Tratamento Adicional 2 – Inoculado com <i>Plasmodiophora brassicae</i>									
Testemunha	46,12 a	3,69 b	32,16 ^{ns}	116,15 a	<ND	8,97 ^{ns}	6,72 b	1,10 b	40,86 a	36,56 a
Cama de aves (Fatorial)	29,79 b	4,52 a	37,25	43,12 b	<ND	10,53	10,24 a	1,82 b	38,60 b	22,20 b
CV%	20,62	12,39	12,50	21,16	-	19,45	27,79	16,12	3,21	12,91

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. NS – Não significativo. ND – Valores abaixo do limite de detecção.

O tempo de compostagem da cama de aves assim como a inoculação com *P. brassicae* afetaram o teor de nutrientes e de Al nas raízes (Anexo G). Observaram-se teores significativamente maiores de Al nas raízes das plantas inoculadas em relação às plantas não inoculadas com *P. brassicae* (Figura 9 A), variando a concentração em função do tempo de compostagem, similar aos relatos de Bhering (2017).

Observou-se alteração na concentração de Ca nas raízes a depender do tempo de compostagem, atingindo maiores valores nos tempos 0 (fresco) e 30 dias, seguido de queda nos tempos de 60, 90 e 120 dias para as plantas do tratamento inoculado. Para o tratamento sem inóculo houve acréscimos do teor de Ca nas raízes principalmente nos tempos de 60, 90 e 120 dias de compostagem (Figura 9 C). Verificou-se que as maiores concentrações de cálcio nas raízes de plantas inoculadas foram observadas nos tratamentos com o a cama de aves fresca e composto de 30 dias (Figura 9 C). Bhering et al. (2017) e Hwang et al. (2011) relatam que o acúmulo de cálcio e alumínio nas raízes de plantas inoculadas pode estar relacionado ao fato de que plantas infectadas tendem a reduzir a absorção de água e nutrientes com uma consequente redução do transporte desses elementos para a parte aérea, o que levaria à sua maior concentração nas raízes. Houve uma maior concentração de P nas raízes das plantas cultivadas no tratamento com cama de aves compostada por 120 dias (Figura 9 B) em resposta à maior disponibilidade deste nutriente neste composto comparado aos demais (Tabela 5 e 13). A maior concentração de P nas raízes foi aos 120 dias nas plantas não inoculadas comparado às inoculadas com *P. brassicae*, mostrando o efeito da doença na redução da absorção de nutrientes pelas plantas.

Observou-se também efeito significativo da interação entre tempo de compostagem da cama de aves x inoculação sobre o teor de N nas raízes (Anexo G). De forma geral, os menores teores de N nas raízes foram observados nas plantas cultivadas nos tratamentos com cama de aves compostada por 60 dias (tanto inoculado quanto sem inóculo de *Pb*) e maiores teores nos tratamentos com a cama de aves fresca e compostada por 120 dias, especialmente no tratamento sem inoculação com *P. brassicae* (Figura 9 D). O teor de C nas raízes variou levemente em função do tempo de compostagem da cama de aves e da inoculação, o que afetou a relação C/N (Figura 9 E). Esta acompanhou diretamente a variação nos teores de N, sendo os maiores valores observados nos tratamentos de tempo 0 e 30 dias de compostagem, sem a presença do inóculo do patógeno (Figura 9 F).

O tempo de compostagem afetou significativamente o teor de Cu, Mn e Fe nas raízes, com maiores médias de Cu e Mn nas raízes das plantas cultivadas com a cama de aves compostada por 120 dias; e de Fe nas raízes das plantas do tratamento com cama de aves compostada por 30 dias (Tabela 13). A inoculação com *P. brassicae* não afetou os teores de Zn, Cu, Mn, Fe e Mg, não havendo, portanto, efeito de interação entre estes dois fatores.

Em relação aos dois tratamentos adicionais - tratamentos sem adição de composto, inoculados ou não - detectou-se diferenças significativas devido à adição de cama de aves (média dos tratamentos) (Tabela 14). Maiores teores de Fe, Al, Mg, Ca e C/N foram observados nas plantas cultivadas nos vasos sem adição de cama de aves, com e sem inóculo, comparadas à média dos tratamentos com composto de cama de aves e maiores teores de Zn, Cu, Mn, N e C nas plantas cultivadas nos vasos com cama de aves (Tabela 14).

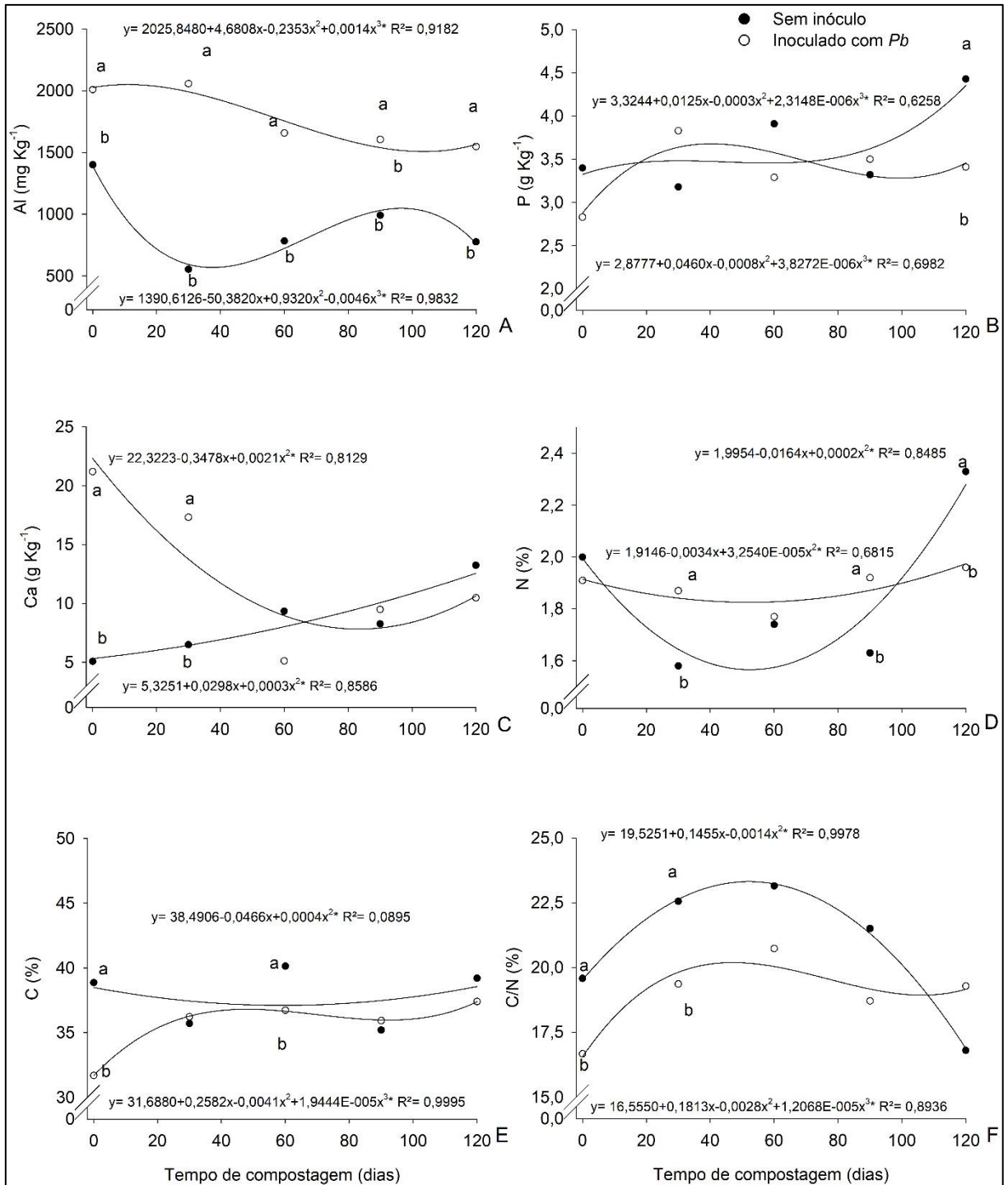


Figura 9: Efeito da interação entre o tempo de compostagem de cama de aves x inoculação sobre o teor de Alumínio (A), Fósforo (B), Cálcio (C), Nitrogênio (D) Carbono (E) e a relação C/N (F) em raízes de plantas de couve-flor, cultivar Sharon, inoculadas ou não com *Plasmodiophora brassicae*, em ensaio em vasos de 250 mL em condições de casa de vegetação. Seropédica, RJ, 2018. *Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 13. Efeito de tempo de compostagem de cama de aves (0, 30, 60, 90,120 dias) e da inoculação com *Plasmodiophora brassicae* sobre os teores de Zinco (Zn), Cobre (Cu), Manganês (Mn), Ferro (Fe) e Magnésio (Mg) presente nas raízes de couve flor, cultivar Sharon, crescida em vasos de 250 mL em condições de casa de vegetação. Seropédica, RJ, agosto/setembro, 2018.

Tratamentos	Efeito de Tempo de Compostagem				
	Zn	Cu	Mn	Fe	Mg
	(mg Kg ⁻¹)				(g Kg ⁻¹)
0	106,19 ^{ns}	94,92 b	166,43 b	2630,48 ab	14,25 ^{ns}
30	120,87	126,72 a	202,56 ab	3076,73 a	14,75
60	119,84	118,48 ab	212,33 ab	2223,91 b	13,77
90	116,6	116,62 ab	188,33 ab	2247,71 b	16,00
120	127,87	135,22 a	224,8 a	2423,64 ab	17,67
Efeito de <i>Plasmodiophora brassicae</i>					
Testemunha	115,38 ^{ns}	118,45 ^{ns}	200,57 ^{ns}	2462,95 ^{ns}	14,57 ^{ns}
Inoculado	120,94	118,57	197,21	2578,04	15,76

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. NS – Não significativo.

Tabela 14. Efeito da cama de aves (média de todos os tratamentos) comparado aos tratamentos adicionais sem cama de aves, inoculado ou não com *Plasmodiophora brassicae*, sobre os teores de Zinco (Zn) , Cobre (Cu) , Manganês (Mn) , Ferro (Fe) , Alumínio(Al) , Magnésio (Mg) , Cálcio (Ca) e a porcentagem Nitrogênio (N) e Carbono (C) e relação C/N presente nas raízes de plantas de couve-flor, cultivar Sharon, cultivadas em vasos de 250 mL em condições de casa de vegetação. Seropédica, RJ, agosto/ setembro, 2018.

Tratamento	Tratamento Adicional 1 –Testemunha sem Inóculo									
	Zn	Cu	Mn	Fe	Al	Mg	Ca ¹	%N	%C	C/N
	(mg Kg ⁻¹)					(g Kg ⁻¹)		(%)		
Testemunha	67,50 b	18,70 b	92,78 b	3401,44 a	1976,50 a	20,53 a	<ND	1,20 b	32,33 b	26,97 a
Cama de aves (Fatorial)	118,16 a	118,51 a	198,89 a	2520,49 b	1337,93 b	15,17 b	10,60	1,87 a	36,71 a	18,83 b
	Tratamento Adicional 2 – Inoculado com <i>Plasmodiophora brassicae</i>									
Testemunha	76,70 b	18,63 b	93,15 b	3409,71 a	2907,16 a	11,25 ^{ns}	27,19 a	1,83 ^{ns}	30,93 a	16,86 b
Cama de aves (Fatorial)	118,16 a	118,51 a	198,89 a	2520,49 b	1337,93 b	15,17	10,60 b	1,87	36,71 b	19,83 a
CV%	16,7	14,64	15,12	15,89	20,56	25,25	21%	6,83	4,37	8,27

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. NS – Não significativo.

Os tratamentos, em geral, não afetaram a fluorescência da clorofila. Estes parâmetros quantificam o fluxo de energia através do centro de reação do FSII (ABS/RC, TR0/RC, ET0/RC, DI0/RC e RE0/RC) como também os de rendimentos energéticos ($\phi P0$, $\phi E0$, $\phi D0$ e $\phi R0$) e as eficiências (ρ , $\Psi E0$, $\delta R0$) (Figura 10). Houve, porém, leve aumento dos índices de desempenho PI_{ABS} e PI_{TOTAL} nas plantas cultivadas com cama de aves fresca e compostada por 120 dias comparadas às plantas cultivadas com os compostos de 30, 60 e 90 dias (Figura 10). Dentre todos os parâmetros citados acima, estes dois últimos estão entre os mais sensíveis na detecção e quantificação de alterações no aparato fotossintético de plantas (GONÇALVES; SANTOS JR., 2005; TSIMILLI-MICHAEL; STRASSER, 2008).

Nas plantas inoculadas cultivadas no tratamento com cama de aves fresca (0) houve um discreto aumento de PI_{ABS} e PI_{TOTAL} comparado às dos demais compostos (Tabela 15). O mesmo efeito não ocorreu nas plantas dos demais tratamentos com diferentes tempos de compostagens nem nas plantas que não foram inoculadas (Tabela 15). As plantas cultivadas nos tratamentos com cama de aves também apresentaram discreto aumento de PI_{ABS} e PI_{TOTAL} comparado às plantas dos tratamentos adicionais sem inoculação com *P. brassicae* (Tabela 16). As plantas inoculadas e cultivadas em solo com adição de cama de aves fresca tiveram um leve ganho quanto à melhoria na absorção, captura e transferência de energia promotora de excitação pelo fotossistema II. Estes índices indicam a eficiência dos diferentes processos associados a fotossíntese, desde o subprocesso de absorção de energia até a redução dos aceptores de elétrons do intersistema e nos aceptores finais de elétrons do FSI (TSIMILLI-MICHAEL; STRASSER, 2008). Por não haver diferenças significativas destes dois índices entre os diferentes tratamentos (tempo de compostagem e doses, e nas plantas não inoculadas), pode ser que em uma situação de maior conforto fisiológicos, ou seja, ausência de infecção, estes fatores possam não ser tão ressaltados.

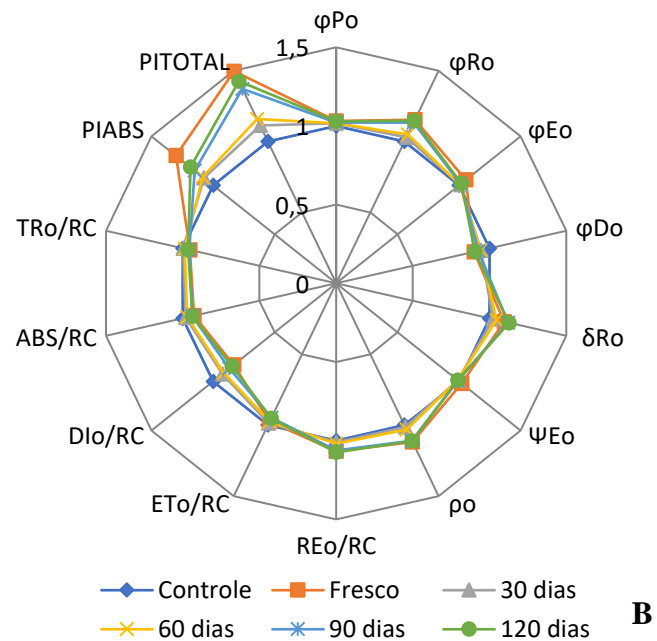
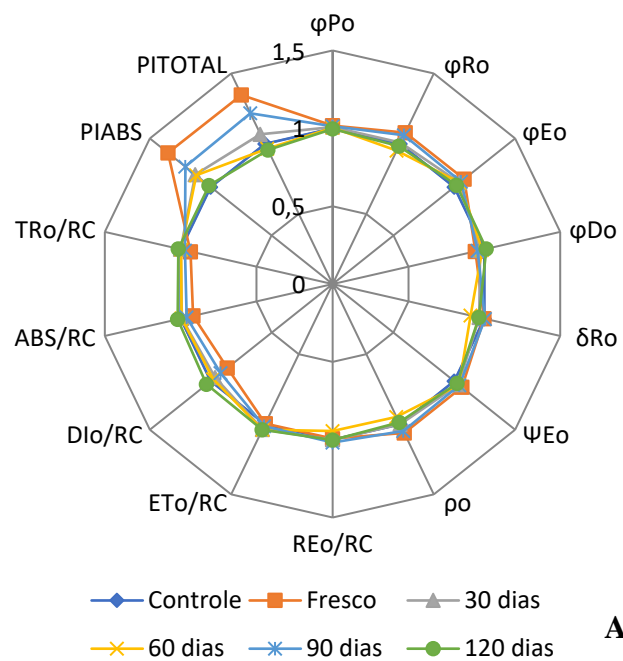


Figura 10. Intensidade da fluorescência da clorofila *a* obtida em plantas de couve-flor aos 29 DAP. **A)** Plantas submetidas à inoculação com o patógeno *Plasmodiophora brassiaca*. **B)** Plantas sem inoculação com o patógeno *Plasmodiophora brassiaca*. Seropédica, RJ, agosto/setembro, 2018

Tabela 15. Efeito da interação tempo de compostagem de cama de aves (0, 30, 60, 90,120 dias) e da inoculação com *Plasmodiophora brassicae* sobre as variáveis Pi_{ABS} e Pi_{TOTAL} em plantas de couve-flor aos 29 DAP. Seropédica, RJ, agosto/setembro, 2018.

Tratamento	Pi _{ABS}		Pi _{TOTAL}	
	Sem inóculo	Inoculado com <i>Pb</i>	Sem inóculo	Inoculado com <i>Pb</i>
0	1,93 Ba	2,41 Aa	1,27 Ba	1,53 Aa
30	1,68 Aa	1,72 Ab	0,99 Aa	1,06 Abc
60	1,67 Aa	1,88 Aab	1,02 Aa	1,19 Ab
90	1,78 Aa	1,52 Ab	1,15 Aa	0,79 Bc
120	1,80 Aa	1,51 Ab	1,23 Aa	0,88 Bbc

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 16. Efeito da cama de aves (média de todos os tratamentos) comparado aos tratamentos adicionais sem cama de aves, inoculado ou não com *Plasmodiophora brassicae*, sobre Pi_{ABS} e Pi_{TOTAL} em plantas de couve-flor, cultivar Sharon, cultivada em copos em condições de casa de vegetação. Seropédica, RJ, agosto/setembro, 2018.

Tratamentos	Tratamento Adicional 1 – Testemunha Sem inóculo	
	Pi _{ABS}	Pi _{TOTAL}
Testemunha	1,42 b	0,73 b
Cama de aves (Fatorial)	1,79 a	1,08 a
Tratamento Adicional 2 – Inoculado com <i>Plasmodiophora brassicae</i>		
Testemunha	1,56 ^{ns}	1,02 ^{ns}
Cama de aves (Fatorial)	1,79	1,11
CV%	22,69	24,04

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

5. CONCLUSÕES

1. A compostagem resultou em aumentos da concentração de nutrientes totais, de micronutrientes, de metais tóxicos, de pH e da condutividade elétrica na cama de aves.
2. A cama de aves fresca apresentou maiores teores de N mineral e a compostada maiores teores de N orgânico.
3. A cama de aves fresca favoreceu o desenvolvimento das plantas comparado à cama de aves compostada.
4. A compostagem reduz os riscos de problemas de fitotoxicidade e permite a aplicação de doses mais elevadas do composto e a redução dos riscos por erros na dosagem.
5. A aplicação de cama de aves fresca ou compostada, independentemente do tempo de compostagem, reduziu a intensidade da hérnia da crucíferas.
6. A aplicação de cama de aves, favoreceu o desenvolvimento das plantas de couve-flor.
7. Apesar do aumento das concentrações de metais tóxicos com o tempo de compostagem, não houve aumento da concentração nas plantas no período avaliado.
8. A hérnia das crucíferas favoreceu o aumento da concentração de **Ca** e **Al** nas raízes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-DAOUD, F.; GOSSEN, B. D.; ROBSON, J.; MCDONALD, M. R. Propidium Monoazide Improves Quantification of Resting Spores of *Plasmodiophora brassicae* with qPCR. **Plant Disease**, v. 101, n. 3, p. 442-447, 2017.
- AYLAJ, MINA.; LHADI, EL KBIR.; ADANI, FABRIZIO. Municipal Waste and Poultry Manure Compost Affect Biomass Production, Nitrate Reductase Activity and Heavy Metals in Tomato Plants. **Compost Science & Utilization**, p. 1-13, 2018.
- BALDINI, L.F.G. **Tratamento de mudas de repolho (*Brassica oleracea* L. var. capitata L.) no controle de hérnia das crucíferas (*Plasmodiophora brassicae* Woronin)**. 66f. Dissertação. (Mestrado em Agronomia – Horticultura) – Botucatu, Universidade Estadual Paulista, 2016.
- BERNAL, M. P.; ALBURQUERQUE, J. A.; MORAL, R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 22, p. 5444-5453, 2008.
- BETTIOL, W.; GHINI, R. Proteção de plantas em sistemas agrícolas alternativos. **Proteção de plantas na agricultura sustentável**. Sami Jorge Michereff, Reginaldo Barros /eds. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2001.
- BHERING, A.S. **Hérnia das crucíferas (*Plasmodiophora brassicae*) em couve-flor (*Brassica oleracea* var. botrytis) e suas relações com o manejo do solo no município de Nova Friburgo, RJ**. 146f. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2017.
- BHERING, A. D. S.; DO CARMO, M. G.; MATOS, T. D. S.; LIMA, E. S.; DO AMARAL SOBRINHO, N. M. Soil factors related to the severity of clubroot in Rio de Janeiro, Brazil. **Plant Disease**, v. 101, n. 8, p. 1345-1353, 2017.
- BHERING, L.L. Rbio: A Tool For Biometric And Statistical Analysis Using The R Platform. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.17, p. 187-190, 2017.
- BLANCO, M. J.; ALMENDROS, G. Chemical transformation, phytotoxicity and nutrient availability in progressive composting stages of wheat straw. **Plant and Soil**, v. 196, n. 1, p. 15-25, 1997.
- BOLAN, N.; ADRIANO, D.; MAHIMAIRAJA, S. Distribution and bioavailability of trace elements in livestock and poultry manure by-products. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, v. 34, n. 3, p. 291-338, 2004.
- BONANOMI, G.; SICUREZZA, M. G.; CAPORASO, S.; ESPOSITO, A.; MAZZOLENI, S. Phytotoxicity dynamics of decaying plant materials. **New Phytologist**, v.169, n. 3, p. 571-578, 2006.
- BOROWSKI, J., SZAJDEK, A., BOROWSKA, E. J., CISKA, E., & ZIELIŃSKI, H. Content of selected bioactive components and antioxidant properties of broccoli (*Brassica oleracea* L.). **European Food Research and Technology**, v. 226, n. 3, p. 459-465, 2008.

BUCZACKI, S. T.; MOXHAM, S. E. Structure of the resting spore wall of *Plasmodiophora brassicae* revealed by electron microscopy and chemical digestion. **Transactions of the British mycological Society**, v. 81, n. 2, p. 221-231, 1983.

BUDZIAK, C. R. **Grupos ácidos e capacidade de oxidação de ácidos húmicos como método de avaliação de processos de compostagem**. 108f. Dissertação. (Mestrado em Química). Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2002.

CÁCERES, R.; MALÍŃSKA, K.; MARFÀ, O. Nitrification within composting: a review. **Waste Management**, v. 72, p. 119-137, 2018.

CARMONA, F. D. C.; ANGHINONI, I.; MEURER, E. J.; HOLZSCHUH, M. J.; FRAGA, T. I. Estabelecimento do arroz irrigado e absorção de cátions em função do manejo da adubação potássica e do nível de salinidade no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 2, p. 371-383, 2009.

CARRIJO, I. V.; RÊGO, A. M. Doenças das brássicas. **Controle de doenças de plantas: hortaliças**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, v. 2, p. 335-371, 2000.

CHAN, M.; SELVAM, A.; WONG, J.W.C. Reducing nitrogen loss and salinity during 'struvite' food waste composting by zeolite amendment. **Bioresource Technology** v. 200, p. 838-844, 2016.

CHEAH LH, GOWERS S, MARSH AT. Clubroot control using Brassica break crops. **Acta Horticulturae**, v.706, p. 329–32, 2006.

CHEN, L., DE HARO, M.M., MOORE, A., FALEN, C. **The Composting Process: Dairy Compost Production and Use in Idaho**. University of Idaho, 2011.

CORRÊA, J. C.; MIELE, M. A cama de aves e os aspectos agronômicos, ambientais e econômicos. **Embrapa Suínos e Aves - Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2011. cap.3, p. 127-152.

DAI PRA, M. A.; CORRÊA, É. K.; ROLL, V. F.; XAVIER, E. G.; LOPES, D. C. N.; LOURENÇO, F. F.; ZANUSSO, J. T.; ROLL, A. P. Uso de cal virgem para o controle de *Salmonella* spp. e *Clostridium* spp. em camas de aviário. **Ciência Rural**, v.39, n.4, 2009.

DAO, T. H. Co-amendments to modify phosphorus extractability and nitrogen/phosphorus ratio in feedlot manure and composted manure. **Journal of Environmental Quality**, v. 28, n. 4, p. 1114-1121, 1999.

DE MOURA, R. M. Relembrando Anton de Bary e sua obra fitopatológica. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, p. 4, 2002.

DEVOS, S.; VISSENBERG, K.; VERBELEN, J. P.; PRINSEN, E. Infection of Chinese cabbage by *Plasmodiophora brassicae* leads to a stimulation of plant growth: impacts on cell wall metabolism and hormone balance. **New Phytologist**, v. 166, n. 1, p. 241-250, 2005.

DINIZ, E. R.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S. S.; PETERNELLI, L. A.; BARRELLA, T. P.; FREITAS, G. D. Crescimento e produção de brócolis em sistema orgânico em função de doses de composto. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n. 5, p.1428-1434, 2008.

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. Clubroot (*Plasmodiophora brassicae* Woronin) – an agricultural and biological challenge worldwide. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 36, p. 5-18, 2014.

DOMÍNGUEZ-PERLES, R.; MENA, P.; GARCIA-VIGUERA, C.; MORENO, D. A. Brassica foods as a dietary source of vitamin C: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 54, n. 8, p. 1076-1091, 2014.

DONALD, C.; PORTER, I. Integrated control of clubroot. **Journal of Plant Growth Regulation**, p. 28, n. 3, p. 289-303, 2009.

EMBRAPA SUÍNOS E AVES. Disponível em:< <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas/frangos/mundo>> Acesso em 10 setembro de 2018.

EPA, December. Method 3050B. Acid digestion of sediments, sludges, and soils. Revision 2. **Test Methods for Evaluating Solid Wastes: Physical/Chemical Methods, EPA SW-846Section a**, p. 3050B-1e 3050B, 1996.

EVANS, J. L.; SCHOLE, J. D. 1995. How does clubroot alter the regulation of carbon metabolism in its host. **Aspects of Applied Biology**, v. 42, p.125–132, 1995.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Cultivos**. 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>> Acesso em 5 de setembro de 2018.

FERREIRA, D.F. Sistema de análises de variância para dados balanceados. Lavras: UFLA, 2011. (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.

FRANCISCO, M.; TORTOSA, M.; MARTÍNEZ-BALLESTA, M. D. C.; VELASCO, P.; GARCÍA-VIGUERA, C.; MORENO, D. A. Nutritional and phytochemical value of Brassica crops from the agri-food perspective. **Annals of Applied Biology**, v. 170, n. 2, p. 273-285, 2017.

GIUFFRIDA, F.; CASSANITI, C.; MALVUCCIO, A.; LEONARDI, C. Effects of salt stress imposed during two growth phases on cauliflower production and quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 5, p. 1552-1560, 2017.

GÓMEZ-BRANDÓN, M.; LAZCANO, C.; DOMÍNGUEZ, J. The evaluation of stability and maturity during the composting of cattle manure. **Chemosphere**, v. 70, n.3, p. 436-444, 2008.

GONÇALVES, J. F. C.; JÚNIOR, U. M. S. Utilization of the chlorophyll a fluorescence technique as a tool for selecting tolerant species to environments of high irradiance. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 17, n. 3, p. 307-313, 2005.

GOSSEN, B. D.; ADHIKARI, K. K. C.; MCDONALD, M. R. Effects of temperature on infection and subsequent development of clubroot under controlled conditions. **Plant Pathology**, v. 61, n. 3, p. 593-599, 2012.

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

GOSSEN, B. D., DEORA, A., PENG, G., HWANG, S. F., & MCDONALD, M. R. Effect of environmental parameters on clubroot development and the risk of pathogen spread. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 36, n. sup1, p. 37-48, 2014.

GRACIANO, J. D.; HEREDIA ZÁRATE, N. A.; VIEIRA, M. D. C.; BRITO CHAIM JARDIM ROSA, Y.; NOGUEIRA SEDIYAMA, M. A.; TALARICO RODRIGUES, E. Efeito da cobertura do solo com cama-de-frango semidecomposta sobre dois clones de mandiocinha-salsa. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, n. 3, p. 365-37, 2006.

GRIMES, J. L.; SMITHI, J.; WILLIAMS, C. M. Some alternative litter materials used for growing broilers and turkeys. **World's Poultry Science Journal**, v. 58, n. 4, p. 515-526, 2002.

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. **Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro**. Seropédica, RJ: Editora Universidade Rural, 2013. p.107-128.

HIRAI, M.; HARADA, T.; KUBO, N.; TSUKADA, M.; SUWABE, K.; MATSUMOTO, S. A novel locus for clubroot resistance in *Brassica rapa* and its linkage markers. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 108, n. 4, p. 639-643, 2004.

HIRZEL, J.; NOVOA, F.; UNDURRAGA, P.; WALTER, I. Short-Term effects of poultry litter application on silage maize yield and soil chemical properties. **Compost science & utilization**, v. 17, n. 3, p. 189-196, 2009.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. The water-culture method for growing plants without soil. **California Agricultural of Experimental Station Bull**, v. 347, p. 1-32, 1950.

HWANG, S. F. et al. Influence of cultivar resistance and inoculum density on root hair infection of canola (*Brassica napus*) by *Plasmodiophora brassicae*. **Plant Pathology**, v. 60, n. 5, p. 820-829, 2011a.

HWANG, S. F.; STRELKOV, S. E.; FENG, J. I. E.; GOSSEN, B. D.; HOWARD, R. J. *Plasmodiophora brassicae*: a review of an emerging pathogen of the Canadian canola (*Brassica napus*) crop. **Molecular plant pathology**, v. 13, n. 2, p. 105-113, 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário, 2006. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/51/agro_2006.pdf> Acesso em 2 de agosto de 2017.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário, 2017. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/pecuaria.html?tema=75645&localidade=33> Acesso em 04 de janeiro de 2019.

KAGEYAMA, K.; ASANO, T. Life cycle of *Plasmodiophora brassicae*. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 28, n. 3, p.203, 2009.

KANO, C.; SALATA, A. C.; HIGUTI, A. R. O.; GODOY, A. R.; CARDOSO, A. I. I.; EVANGELISTA, R. M. Produção e qualidade de couve-flor cultivar Teresópolis Gigante em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, p.453-457, 2010

KARLING, J. S. The Plasmodiophorales. The Plasmodiophorales., (2nd edition), 1968.

KELLEHER, B. P.; LEAHY, J. J.; HENIHAN, A. M.; O'DWYER, T. F.; SUTTON, D.; LEAHY, M. J. Advances in poultry litter disposal technology—a review. **Bioresource technology**, v. 83, n. 1, p. 27-36, 2002.

KINKEL, L. L.; BAKKER, M. G.; SCHLATTER, D. C. A coevolutionary framework for managing disease-suppressive soils. **Annual Review of Phytopathology**, v. 49, p. 47-67, 2011.

MACFARLANE, I. Germination of resting spores of *Plasmodiophora brassicae*. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 55, n. 1, p. 97-112, 1970.

MALAVOLTA, E. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**/Eurípedes Malavolta, Godofredo Cesar Vitti, Sebastião Alberto de Oliveira. —2. ed., ver. e atual. Piracicaba: Potafos, 1997.

MALAVOLTA, E. **Elementos de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Editora agrônômica Ceres Ltda. 1980. 251 p.

MATTEY, M.; DIXON, G. R. Premature germination of resting spores as a means of protecting brassica crops from *Plasmodiophora brassicae* Wor. (clubroot). **Crop Protection**, v. 77, p. 27-30, 2015.

MAY, A.; TIVELLI, S.; VARGAS, P.; SAMRA, A.G.; SACCONI, L.V.; PINHEIRO, M.Q. **A cultura da couve-flor**. Campinas: Instituto Agrônômico, (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.

MEGHVANSI, M. K.; VARMA, A. **Organic amendments and soil suppressiveness in plant disease management** (Vol. 46). Dordrecht: Springer, 2015.

MELO, R. D. C. **A cultura dos brócolis**. Embrapa Hortaliças-Coleção Criar Plantar ABC 500P/500R Saber (INFOTECA-E), 2015.

MILLER, F.C. Composting as a process based on the control of ecologically selective factors. In: Blaine-Metting, F. (Ed.), **Soil Microbial Ecology: Application in Agriculture Environment Management**. Marcel Dekker Inc., New York, 1992. p. 646.

MMA- Ministério do Meio Ambiente, 2019 Disponível em <=<http://www.mma.gov.br/informma/item/7594-compostagem>>> acessado em 04/01/2019.

MORAES, A. A.; VIEIRA, M. C.; ZÁRATE, N. A. H. Produção de repolho ‘Chato de Quintal’ e da Capuchinha ‘Jewel’, solteiros e consorciados, sem e com cama-de-frango semidecomposta incorporada no solo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 3, p. 731-738, 2007.

MOORE, P. A.; DANIEL, T. C.; SHARPLEY, A. N.; WOOD, C. W. Poultry manure management: Environmentally sound options. **Journal of Soil and water conservation**, v. 50, n. 3, p. 321-327, 1995.

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

NICHOLSON, F. A.; CHAMBERS, B. J.; WILLIAMS, J. R.; UNWIN, R. J. Heavy metal contents of livestock feeds and animal manures in England and Wales. **Bioresource Technology**, v. 70, n. 1, p. 23-31, 1999.

NIWA, R.; KUMEI, T.; NOMURA, Y.; YOSHIDA, S.; OSAKI, M.; EZAWA, T. Increase in soil pH due to Ca-rich organic matter application causes suppression of the clubroot disease of crucifers. **Soil Biology and 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.

NOBLE, R. Risks and benefits of soil amendment with composts in relation to plant pathogens. **Australasian Plant Pathology**, v. 40, n. 2, p. 157-167, 2011.

OLIVEIRA, F. L.; RIBAS, R. G. T.; JUNQUEIRA, R. M.; PADOVAN, M. P.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. L. D. Uso do pré-cultivo de *Crotalaria juncea* e de doses crescentes de “cama” de aviário na produção do repolho sob manejo orgânico. **Agronomia**, v. 37, p. 60-66, 2003.

ONWOSI, C. O.; IGBOKWE, V. C.; ODIMBA, J. N.; EKE, I. E.; NWANKWOALA, M. O.; IROH, I. N.; EZEUGU, L. I. Composting technology in waste stabilization: on the methods, challenges and future prospects. **Journal of Environmental Management**, v. 190, p. 140-157, 2017.

ORRICO JÚNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C.A; LUCAS JÚNIOR, J. Compostagem dos resíduos da produção avícola: cama de frangos e carcaças de aves. **Engenharia Agrícola**, p. 538-545, 2010.

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; 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.

PÉREZ-LÓPEZ, E.; WALDNER, M.; HOSSAIN, M.; KUSALIK, A. J.; WEI, Y.; BONHAM-SMITH, P. C.; TODD, C. D. Identification of *Plasmodiophora brassicae* effectors—A challenging goal. **Virulence**, v. 9, n. 1, p. 1344-1353, 2018.

PERGOLA, M.; PERSIANI, A.; PALESE, A. M.; DI MEO, V.; PASTORE, V.; D'ADAMO, C.; CELANO, G. Composting: The way for a sustainable agriculture. **Applied Soil Ecology**, v. 123, p. 744-750, 2018.

QIAN, X.; SHEN, G.; WANG, Z.; GUO, C.; LIU, Y.; LEI, Z.; ZHANG, Z. Co-composting of livestock manure with rice straw, Characterization and establishment of maturity evaluation system. **Waste Management**, v. 34, p. 530-535, 2014.

RAVINDRAN, B.; MUPAMBWA, H. A.; SILWANA, S.; MNKENI, P. N. Assessment of nutrient quality, heavy metals and phytotoxic properties of chicken manure on selected commercial vegetable crops. **Heliyon**, n. 3, n. 12, p. e00493, 2017.

REBOLLIDO, R.; MARTINEZ, J.; AGUILERA, Y.; MELCHOR, K.; KOERNER, I.; STEGMANN, R. Microbial populations during composting process of organic fraction of municipal solid waste. **Applied Ecology and Environmental Research**, v. 6, n. 3, p. 61-67, 2008.

RODRIGUES, M. S.; SILVA, F. C.; BARREIRA, L. P.; KOVACS, A. Compostagem: reciclagem de resíduos sólidos orgânicos. In: SPADOTTO, C.A.; RIBEIRO, W. **Gestão de Resíduos na agricultura e agroindústria.** FEPAF. Botucatu, 2006. p. 63-94.

ROLDI, M.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; SEVERINO, J. J.; SANTANA, S. M.; DADAZIO, T. S.; MARINI, P. M.; MATTEI, D. Use of organic amendment to control *Meloidogyne incognita* on tomatoes. **Nematropica**, v. 43, p. 49-55, 2013.

SANTOS, C. A. D.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B. D.; COSTA, E. S. P.; DINIZ, C. S.; CARMO, M. G. F. D. (2017). Liming and biofungicide for the control of clubroot in cauliflower. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, n. 3, p. 303-311, 2017.

SANTOS, C. A.; CARMO, M. G. F.; BHERING, A. S.; COSTA, E. S. P.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B. Use of limestone and agricultural gypsum in cauliflower crop management and clubroot control in mountain farming. **Acta Scientiarum-Agronomy**, 2018, no prelo.

DOS SANTOS, C. A.; DINIZ, C. S.; LIMA, J. DE O.; OLIVEIRA, L. DA S. DE S.; DO AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; CARMO, M. G. F. DO. Avaliação preliminar do uso de torta de mamona no manejo da hérnia das crucíferas em couve-flor. **Colloquium Agrariae**, v. 14, n. 3, p. 31-38, 2019.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. F. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. 3.ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013.

SEDIYAMA, M. A.; VIDIGAL, S. M.; PEDROSA, M. W.; PINTO, C. L.; SALGADO, L. T. Fermentação de esterco de suínos para uso como adubo orgânico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 6, p. 638-645, 2008.

SILVA, M. E.; LEMOS, L. T.; CUNHA-QUEDA, A. C.; NUNES, O. C. Co-composting of poultry manure with low quantities of carbon-rich materials. **Waste Management & Research**, v. 27, n. 2, p. 119-128, 2009.

STRASSER R.J., TSIMILLI-MICHAEL M., SRIVASTAVA A. Analysis of the Chlorophyll a Fluorescence Transient. **Advances in Photosynthesis and Respiration**, v. 19, p. 321-362, 2004.

TAMBONE, F.; GENEVINI, P.; ADANI, F. The effects of short-term compost application on soil chemical properties and on nutritional status of maize plant. **Compost Science & Utilization**, v. 15, n. 3, p. 176-183, 2007.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Ufrgs, 1995.

TILSON, E. L.; PITT, D.; GROENHOF, A. C. Composted recycled organic matter suppresses soil-borne diseases of field crops. **New Phytologist**, v. 154, n. 3, p. 731-740, 2002.

TIQUIA, S. M. Reduction of compost phytotoxicity during the process of decomposition. **Chemosphere**, v. 79, n. 5, p. 506-512, 2010.

TIQUIA, S. M.; TAM, N. F. Y. Chemical parameters for maturity determination og pig manure disposed from the pig-on-litter (POL) system in Hong Kong. **Manure Management**, v. 99, p. 449-463, 1999.

TIQUIA, S. M.; TAM, N. F.Y. Fate of nitrogen during composting of chicken litter. **Environmental Pollution**, v. 110, n. 3, p. 535-541, 2000.

TRANI, P. E.; RAIJ, B. Hortaliças. In: RAIJ, B. (Ed). **Recomendações de calagem e adubação para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônômico/ Fundação IAC, 1996. p.175. (Boletim técnico, 100).

TRAVERSA, A.; LOFFREDO, E.; GATTULLO, C. E.; SENESI, N. Water-extractable organic matter of different composts: A comparative study of properties and allelochemical effects on horticultural plants. **Geoderma**, v. 156, n. 3-4, p. 287-292, 2010.

TSIMILLI-MICHAEL, M. AND STRASSER, R. In vivo assessment of stress impact on plants vitality: applications in detecting and evaluating the beneficial role of Mycorrhization on host plants. In: **Mycorrhiza: State of the art, genetics and molecular biology, ecofunction, biotechnology, eco-physiology, structure and systematic**. Springer, Varma, A, 2008, pp.679-703.

TUITERT, G.; SZCZACH, M.; BOLLEN, G. J. Suppression of *Rhizoctonia solani* in potting mixtures amended with compost made from organic household waste. **Phytopathology**, v. 88, n. 8, p. 764-773, 1998.

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 novembro de 2018.

WALLENHAMMAR, A. C. Prevalence of *Plasmodiophora brassicae* in a spring oilseed rape growing area in central Sweden and factors influencing soil infestation levels. **Plant Pathology**, v. 45, n. 4, p. 710-719,1996.

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.

WESTERMAN, P. W.; BICUDO, J. R. Management considerations for organic waste use in agriculture. **Bioresource Technology**, v. 96, n. 2, p. 215-221, 2005.

ZAMBOLIM, L.; SANTOS, M. A.; BECKER, W. F.; CHAVES, G. M. Agro-waste soil amendments for the control of *Meloidogyne javanica* on tomato. **Fitopatologia Brasileira**, v. 21, p. 250-253, 1996.

ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A. Efeito do nitrogênio na interação com doenças de plantas. In: ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J.A.; ZANÃO JÚNIOR, L. A. **Efeito da nutrição mineral no controle de doenças de plantas**. Viçosa: UFV, p. 47-80, 2012

ZOU, Y.; HU, Z.; ZHANG, J.; XIE, H.; GIMBAUD, C.; FANG, Y. Effects of pH on nitrogen transformations in media-based aquaponics. **Bioresource technology**, v. 210, p. 81–87, 2016.

ANEXOS

Anexo A. Porcentagem de água e massa seca presentes nos materiais com 0, 30, 60, 90, 120 dias de compostagem. Seropédica, RJ, agosto/setembro, 2018.

Elemento (%)	Tempo de Compostagem				
	0	30	60	90	120
Água	24,0	41,0	41,0	48,0	46,0
Massa seca	76,0	59,0	59,0	52,0	54,0

Anexo B. Análise de variância das médias de massa seca de folha (MSF), de caule (MSC) e total de parte aérea (MSTPA), do número de folhas (NF), comprimento de caule (CC), severidade da hérnia das crucíferas (%), de volume de raiz sadia (VRS), de raiz com hérnias (VRH), de massa fresca de raiz sadia (MFRS e de raiz com hérnia (MFH) em plantas de couve-flor cultivadas por 90 dias em vasos de 8L submetidas a tratamentos com cama de aves compostada por 0, 15 e 30 dias e inoculação com *Plasmodiophora brassicae*. Seropédica, UFRRJ. Junho/julho de 2017.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio				
		Massa Seca (g)			Nº Folhas (unid)	Comprimento Caule (cm)
		Folha	Caule	Parte aérea		
Tratamento	5	1948,84*	114,61*	2990,13*	129,00*	67,96*
Bloco	6	90,62 ^{ns}	8,81 ^{ns}	117,61 ^{ns}	6,88 ^{ns}	14,32 ^{ns}
Resíduo	30	106,73	5,30	145,73	16,17	5,75
CV (%)		39,55	35,83	37,09	26,84	16,50

Fonte de variação	GL	Severidade ¹ %	Volume de Raiz (cm ³)		Massa Fresca Raiz (g)	
			Sadia ¹	Hérnia ¹	Sadia ¹	Hérnia ¹
Bloco	6	0,92 ^{ns}	0,90 ^{ns}	1,59 ^{ns}	0,86 ^{ns}	1,58 ^{ns}
Resíduo	30	1,76	2,44	2,12	2,77	2,03
CV (%)		22,59	39,29	42,64	41,39	41,55

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade. ¹= Dados transformados por $\sqrt{x + 1}$. NS – Não significativo.

Anexo C. Resumo da análise de variância para as variáveis número de folhas (NF), massa fresca de folha (MFF), massa fresca de raiz sadia (MFRS), massa fresca de raiz com hérnia (MFRH) e severidade da doença de plantas de couve-flor em função da inoculação com *Plasmodiophora brassicae*, tempo de compostagem da cama de aves (0 e 45 dias) e da dose aplicada (0, 1, 2, 3, 4 e 5 g tubete⁻¹) e da interação entre estes fatores em plantas de couve-flor Sharon. Seropédica, RJ, maio/junho de 2018.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio					Severidade ¹ (%)
		Nº Folhas	Massa Fresca (g)			Severidade ¹ (%)	
			Folha	Raiz			
			Sadia	Hérnia			
Inoculação (I)	1	22,81*	21,21*	11,76*	26,98*	710,03*	
Tempo compostagem (TC)	1	7,35*	3,30 ^{ns}	6,35*	0,00 ^{ns}	6,72*	
Dose (D)	5	3,89*	12,96*	7,44*	0,72*	25,63*	
Interação (I*TC)	1	1,66 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,89 ^{ns}	0,00 ^{ns}	6,72*	
Interação (I*D)	5	2,90 ^{ns}	3,59*	2,97*	0,72*	25,63*	
Interação (TC*D)	5	13,60*	16,12*	11,46*	0,02 ^{ns}	2,58*	
Interação (I*TC*D)	5	1,81 ^{ns}	1,19*	2,68*	0,02 ^{ns}	2,58*	
Resíduo	216	1,75	1,19	0,53	0,02	0,68	
CV(%)		35,12	41,58	40,05	31,41	33,91	

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade. ¹= Dados transformados por $\sqrt{x} + 1$. NS – Não significativo.

Anexo D. Análise de variância das médias de NF, MFPA, MSPA, MFRS, MFRH, MSRT, % RS, %RH e Severidade de plantas de couve-flor cultivadas em tubetes, nos diferentes tempos de compostagem de cama de aves (0, 30, 60, 90, 120 dias) e inoculadas com *Plasmodiophora brassicae* submetidas as condições de estufa. Seropédica, RJ, 2018.

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio - Sem Inóculo								
		NF	MFPA	MSPA	MFRS	MFH ¹	MSRT ¹	RS	RH ¹	SEV ¹
		(unid)	(g)					(%)		
Inoculação	1	3,39*	0,03 ^{ns}	0,12*	22,09*	2,67*	0,0001 ^{ns}	43785,66*	778,65*	416,78*
Tempo	4	4,32*	4,14*	0,06*	0,69*	0,01 ^{ns}	0,001 ^{ns}	201,91 ^{ns}	1,37 ^{ns}	1,19 ^{ns}
I*T	4	0,93 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,008 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,001 ^{ns}	201,91 ^{ns}	1,37 ^{ns}	1,19 ^{ns}
Ad*fatorial	1	0,25 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,006 ^{ns}	0,58*	0,24*	0,000 ^{ns}	3980,51*	70,78 ^{ns}	37,88 ^{ns}
Resíduo	132	0,84	0,38	0,006	0,07	0,01	0,000	148,54	1,36	1,66
CV (%)		13,61	16,01	13,52	17,75	9,89	3,18	15,66	35,61	48,52
Fontes de variação	GL	Quadrado Médio - Com Inóculo de <i>Pb</i>								
		NF	MFPA	MSPA	MFRS	MFH ¹	MSRT ¹	% RS	%RH ¹	SEV ¹
		(unid)	(g)					(%)		
Inoculação	1	3,39*	0,03 ^{ns}	0,12*	22,09 *	2,67*	0,0001 ^{ns}	43785,66*	778,65*	416,78*
Tempo	4	4,32*	4,14*	0,06*	0,69*	0,01 ^{ns}	0,001 ^{ns}	201,91 ^{ns}	1,37 ^{ns}	1,19 ^{ns}
I*T	4	0,93 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,008 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,001 ^{ns}	201,91 ^{ns}	1,37 ^{ns}	1,19 ^{ns}
Ad*fatorial	1	5,79*	0,53 ^{ns}	0,01 ^{ns}	4,72*	1,82*	0,005*	20352,95*	196,09*	156,67
Resíduo	132	0,82	0,4	0,006	0,07	0,01	0,001	195,14	1,79	2
CV (%)		13,61	16,01	13,52	17,75	9,89	3,18	15,66	35,61	48,52

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade. ¹= Dados transformados por $\sqrt{x + 1}$. NS – Não significativo.

Anexo E. Análise de variância das médias de NF, MFPA, MSPA, MFRS, MFH, MSRT, VRS, VRH, %RS, %RH, severidade da doença e % pelos infectados de plantas de couve-flor cultivadas em vasos 250 mL nos diferentes tempos de compostagem de cama de aves (0, 30, 60, 90, 120 dias) e inoculadas com *Plasmodiophora brassicae* submetidas as condições de estufa. Seropédica, RJ, 2018.

		Quadrado Médio - Sem Inóculo											
Fontes de variação	GL	NF (unid)	MFPA	MSPA ¹	MFRS ¹	MFH ¹	MSRT ¹	VRS ¹	VRH ¹	RS	RH ¹	SEV ¹	Nº pelos (%)
		(g)					(cm ³)				(%)		
Inoculação	1	3,22 ^{ns}	11,05 ^{ns}	0,09*	0,23*	0,01*	0,006 ^{ns}	3,20*	0,03*	373,44*	9,72*	2,65*	127,92*
Tempo	4	4,28*	60,19*	0,37*	0,45*	0,003 ^{ns}	0,011*	0,69*	0,006 ^{ns}	76,86 ^{ns}	1,67 ^{ns}	0,49 ^{ns}	934,98*
I*T	4	2,77 ^{ns}	7,5 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,23*	0,003 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,57*	0,006 ^{ns}	76,86 ^{ns}	1,67 ^{ns}	0,49 ^{ns}	934,98*
Ad*fatorial	1	0,54 ^{ns}	1,31 ^{ns}	0,20*	0,53*	0,001 ^{ns}	0,066*	1,64*	0,003 ^{ns}	33,94 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,24 ^{ns}	1162,95 ^{ns}
Resíduo	154	1,31	4,43	0,02	0,03	0,002	0,002	0,09	0,002	50,85	0,82	0,29	181,52
CV (%)		13,81	30,28	11,26	14,38	5,14	4,28	17,48	5,59	7,6	76,03	49,87	11,89
		Quadrado Médio - Com Inóculo de <i>Pb</i>											
Fontes de variação	GL	NF (unid)	MFPA	MSPA ¹	MFRS ¹	MFH ¹	MSRT ¹	VRS ¹	VRH ¹	% RS	%RH ¹	SEV ¹	Nº pelos (%)
		(g)					(cm ³)				(%)		
Inoculação	1	3,22 ^{ns}	11,05 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,23*	0,01*	0,006 ^{ns}	3,20*	0,39*	373,44*	9,72*	2,65*	127,92,54*
tempo	4	4,28*	60,19*	0,37*	0,45*	0,003 ^{ns}	0,011*	0,69*	0,006 ^{ns}	76,86 ^{ns}	1,67 ^{ns}	0,49 ^{ns}	934,98*
I*T	4	2,77 ^{ns}	7,5 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,23*	0,003 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,57*	0,006 ^{ns}	76,86 ^{ns}	1,67 ^{ns}	0,49 ^{ns}	934,98*
Ad*fatorial	1	17,51*	5,48 ^{ns}	0,10*	0,42*	4,23*	0,11*	0,40*	5,995*	19712,47*	353,66*	226,57*	6917,86*
Resíduo	154	1,25	4,4	0,02	0,05	0,003	0,002	0,1	0,004	55,53	0,85	0,34	199,79
CV (%)		13,81	30,28	11,26	14,38	5,14	4,28	17,48	5,59	7,6	76,03	49,87	11,89

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade. ¹= Dados transformados por $\sqrt{x + 1}$. NS – Não significativo.

Anexo F. Análise de variância das médias para as variáveis nutricionais, relativas à parte aérea de plantas de couve-flor cultivadas em vasos de 250 mL: Zinco (Zn), Cobre (Cu), Manganês (Mn), Ferro (Fe), Alumínio, Magnésio (Mg), Cálcio (Ca), Nitrogênio (N), Carbono (C) e relação C/N. Seropédica, RJ, 2018

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio - Sem Inóculo										
		Zn	Cu	Mn	Fe ¹	Al	P	Mg	Ca	N	C	C/N
		(mg Kg ⁻¹)					(g Kg ⁻¹)			(%)		
Inoculação	1	0,42 ^{ns}	0,15 ^{ns}	7,35 ^{ns}	0,43 ^{ns}	<ND	2,83*	16,81 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,005 ^{ns}	6,16 ^{ns}
Tempo	4	24,15 ^{ns}	1,71*	261,03*	2,38 ^{ns}	<ND	0,82*	15,53*	20,67 ^{ns}	0,88*	9,69*	145,43*
I*T	4	16,66 ^{ns}	0,31 ^{ns}	32,45 ^{ns}	3,97 ^{ns}	<ND	0,35*	8,65 ^{ns}	8,07 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,79 ^{ns}	8,66 ^{ns}
Ad*fatorial	1	411,02*	5,43*	294,69*	34,01*	<ND	20,24*	8,75 ^{ns}	112,24*	1,63*	24,43*	24,11 ^{ns}
Resíduo	22	36,34	0,28	20,45	1,79	<ND	0,10	4,09	7,44	0,19	1,56	17,85
CV (%)		20,62	12,39	12,5	21,16	-	7,55	19,45	27,79	16,12	3,21	12,91
Fontes de variação	GL	Quadrado Médio - Com Inóculo de <i>Pb</i>										
		Zn	Cu	Mn	Fe ¹	Al	P	Mg	Ca	N	C	C/N
		(mg Kg ⁻¹)					(g Kg ⁻¹)			(%)		
Inoculação	1	0,42 ^{ns}	0,15 ^{ns}	7,35 ^{ns}	0,43 ^{ns}	<ND	2,83*	16,81 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,005 ^{ns}	6,16 ^{ns}
Tempo	4	24,15 ^{ns}	1,71*	261,03*	2,38 ^{ns}	<ND	0,82*	15,53*	20,67 ^{ns}	0,88*	9,69*	145,43*
I*T	4	16,66 ^{ns}	0,31 ^{ns}	32,45 ^{ns}	3,97 ^{ns}	<ND	0,35*	8,65 ^{ns}	8,07 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,79 ^{ns}	8,66 ^{ns}
Ad*fatorial	1	726,65*	1,87*	70,79 ^{ns}	50,54*	<ND	23,86*	6,68 ^{ns}	33,83*	1,44*	13,92*	554,58*
Resíduo	22	35,07	0,3	22,70	1,81	<ND	0,11	3,84	7,61	0,07	1,42	7,59
CV (%)		20,62	12,39	12,5	21,16	-	7,55	19,45	27,79	16,12	3,21	12,91

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade. NS – Não significativo. ND – Abaixo do limite de detecção.

Anexo G. Análise de variância das médias para as variáveis nutricionais, relativas à parte radicular de plantas de couve-flor cultivadas em copos: Zinco (Zn), Cobre (Cu), Manganês (Mn), Ferro (Fe), Alumínio (Al), Magnésio (Mg), Cálcio (Ca), Nitrogênio (N), Carbono (C) e relação C/N de plantas cultivadas em vasos de 250 mL. Seropédica, RJ, 2018

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio - Sem Inóculo										
		Zn	Cu	Mn	Fe	Al	P	Mg	Ca ¹	N	C	C/N
			(mg Kg ⁻¹)					(g Kg ⁻¹)			(%)	
Inoculação	1	232,29 ^{ns}	0,12 ^{ns}	85,00 ^{ns}	99337,05 ^{ns}	5738688,03*	0,58 ^{ns}	10,71 ^{ns}	2,18*	0,006 ^{ns}	36,96*	23,33*
tempo	4	371,04 ^{ns}	1390,65*	3045,67*	739866,29*	273542,46*	0,51*	17,92 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,18*	14,09*	17,83*
tempo* inoc	4	870,43 ^{ns}	656,43 ^{ns}	1341,54 ^{ns}	231439,17 ^{ns}	203939,53*	0,68*	15,88 ^{ns}	2,32*	0,11*	15,87*	8,55*
Ad*fatorial	1	699,36*	27169,18*	30707,26*	2116562,46*	1112092,87*	17,62*	78,51*	14,28*	1,22*	52,24*	138,98*
Resíduo	154	354,31	273,91	835,59	179459,27	75379,06	0,14	14,48	0,43	0,01	4,28	4,57
CV (%)		16,7	14,64	15,12	15,89	20,56	11,33	25,25	21,00%	6,83	4,37	8,27
Fontes de variação	GL	Quadrado Médio - Com Inóculo de <i>Pb</i>										
		Zn	Cu	Mn	Fe	Al	P	Mg	Ca ¹	%N	%C	C/N
			(mg Kg ⁻¹)					(g Kg ⁻¹)			(%)	
Inoculação	1	232,29 ^{ns}	0,12 ^{ns}	85,00 ^{ns}	99337,05 ^{ns}	5738688,03*	0,58 ^{ns}	10,71 ^{ns}	2,18*	0,006	36,96*	23,33*
tempo	4	371,04 ^{ns}	1390,65*	3045,67*	739866,29*	273542,46*	0,51*	17,92 ^{ns}	0,65	0,18*	14,09*	17,83*
tempo* inoc	4	870,43 ^{ns}	656,43 ^{ns}	1341,54	231439,17 ^{ns}	203939,53*	0,68*	15,88 ^{ns}	2,32*	0,11*	15,87*	8,55*
Ad*fatorial	1	4688,74*	27205,49*	30495,41*	2156471,67*	6715890,69*	10,67*	41,78 ^{ns}	11,10*	0,004 ^{ns}	91,00 ^{ns}	24,02*
Resíduo	154	358,33	273,77	827,10	151281,54	72112,72	0,15	13,34	0,44	0,01	2,55	2,45
CV (%)		16,7	14,64	15,12	15,89	20,56	11,33	25,25	21,00%	6,83	4,37	8,27

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade. ¹= Dados transformados por $\sqrt{x} + 1$. NS – Não significativo.

Anexo H. Análise de variância das médias para as variáveis de fluorescência da clorofila *a* (Pi_{ABS} e Pi_{TOTAL}) em plantas de couve-flor aos 29 DAP cultivadas em vasos de 250 mL. Seropédica, RJ, 2018.

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio - Sem Inóculo	
		Pi_{ABS}	Pi_{TOTAL}
Inoculação	1	0,021 ^{ns}	0,032 ^{ns}
Tempo	4	0,754*	0,457*
I*T	4	0,425*	0,346*
Ad*fatorial	1	0,989*	1,073*
Resíduo	77	0,158	0,055
CV (%)		22,69	21,55
Fontes de variação	GL	Quadrado Médio - Com Inóculo de <i>Pb</i>	
		Pi_{ABS}	Pi_{TOTAL}
Inoculação	1	0,021 ^{ns}	0,032 ^{ns}
Tempo	4	0,754*	0,457*
I*T	4	0,425*	0,346*
Ad*fatorial	1	0,399 ^{ns}	0,054 ^{ns}
Resíduo	77	0,162	0,065
CV (%)		22,69	21,55

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade. NS – Não significativo.