

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**NICANOR PILARSKI HENKEMEIER**

**INTERAÇÃO *Trichoderma*-FEIJOEIRO EM DIFERENTES CONDIÇÕES  
EDAFOCLIMÁTICAS E SEU EFEITO NA SEVERIDADE DE  
CRESTAMENTO BACTERIANO COMUM**

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

**FEVEREIRO/2018**

**NICANOR PILARSKI HENKEMEIER**

**INTERAÇÃO *Trichoderma*-FEIJOEIRO EM DIFERENTES CONDIÇÕES  
EDAFOCLIMÁTICAS E SEU EFEITO NA SEVERIDADE DE  
CRESTAMENTO BACTERIANO COMUM**

Tese de Doutorado apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Doutor.

Orientador: Professor Dr. Odair José Kuhn

Coorientador: Professor Dr. José Renato Stangarlin

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

**FEVEREIRO/2018**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

H513i

Henkemeier, Nicanor Pilarski

Interação Trichoderma-feijoeiro em diferentes condições edafoclimáticas e seu efeito na severidade de cretamento bacteriano comum. / Nicanor Pilarski Henkemeier. Marechal Cândido Rondon, 2018.  
103 f.

Orientador: Prof. Dr. Odair José Kuhn

Coorientador: Prof. Dr. José Renato Stangarlin

Tese (Doutorado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2018.

Programa de Pós-Graduação em Agronomia

1. Feijão - Cultivo. 2. Doenças e pragas - Controle. I. Kuhn, Odair José. II. Stangarlin, José Renato. III. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. IV. Título.

CDD 20.ed. 635.652  
CIP-NBR 12899

Ficha catalográfica elaborada por Helena Soterio Bejio – CRB 9ª/965



**unioeste**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46

Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>

Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon - PR.



**PARANÁ**

GOVERNO DO ESTADO

**NICANOR PILARSKI HENKEMEIER**

Interação *Trichoderma*-feijoeiro em diferentes condições edafoclimáticas e seu efeito na severidade de cretamento bacteriano comum

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, linha de pesquisa Fitossanidade e Controle Alternativo, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:

Orientador(a) Odair José Kuhn

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)

José Renato Stangarlin

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)

Paulo Sérgio Rabello de Oliveira

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)

Clair Aparecida Viecelli

Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR)

Roberto Luis Portz

Universidade Federal do Paraná - Campus de Palotina (UFPR)

Marechal Cândido Rondon, 15 de fevereiro de 2018

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus.

A todos da minha família que sempre apoiaram e incentivaram, em especial nas horas de dificuldade.

Ao professor Dr. Odair José Kuhn pela orientação, incentivo e apoio, que contribuíram para o meu crescimento profissional.

Ao professor Dr. José Renato Stangarlin pela coorientação e por todo apoio e compreensão.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná, que através do Programa de Pós-Graduação em Agronomia possibilitou a realização desta.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná, através do professor Dr. Eder Flores, pela atenção, compreensão e auxílio na quantificação de ergosterol.

Aos funcionários do Núcleo de Estações Experimentais da Unioeste que sempre auxiliaram no desenvolvimento dos trabalhos de campo.

Aos demais professores da Unioeste que colaboraram.

Aos colegas que sempre estiveram presentes e auxiliando no andamento das pesquisas.

À CAPES pela concessão de bolsa de estudos.

A todos que de alguma forma, contribuíram ou participaram do desenvolvimento e realização desta obra.

### **Mastigando água**

“Você por tantas vezes fala mal de mim  
 E o motivo até eu juro que eu não sei  
 Eu não devo ser um cara tão ruim  
 Se o que te mata a fome foi eu que plantei

O que te aquece o corpo e cria lá de casa  
 Cobertor de lã, o pão e o café  
 Sou um sertanejo, adoro o meu país  
 Sou desse meu jeito e assim sou feliz  
 E você me diga, por favor, quem é

Quem é você?  
 Será que já curtiu o amanhecer no mato?  
 A relva molhada e os pés sem sapatos?  
 Será que já tocou a terra com as mãos?  
 Quem é você?  
 Que só fala bonito e não ajuda em nada  
 Que tem a alma seca e a terra abandonada  
 O que você plantou nesse seu coração?

Não troco meu sono por dinheiro seu  
 Não troco meu sossego pela vida sua  
 E sempre que amanhece eu agradeço a  
 Deus  
 Por mais um dia em que o trabalho  
 continua

Você vive dizendo que eu sou caipira  
 Pra que alimentar no peito tanto mágoa  
 Se eu cruzar os braços como é que vai ser  
 Quando bater a fome eu vou pagar pra ver  
 Você comendo areia e mastigando água

Quem é você?  
 Será que já curtiu o amanhecer no mato?  
 A relva molhada e os pés sem sapatos?  
 Será que já tocou a terra com as mãos?  
 Quem é você?  
 Que só fala bonito e não ajuda em nada  
 Que tem a alma seca e a terra abandonada  
 O que você plantou nesse seu coração?”

Autor: Enrique Valcanaia.

## RESUMO

HENKEMEIER, Nicanor Pilarski, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, fevereiro – 2018. **Interação *Trichoderma*-feijoeiro em diferentes condições edafoclimáticas e seu efeito na severidade de crestamento bacteriano comum.** Orientador: Prof. Dr. Odair José Kuhn. Coorientador: Prof. Dr. José Renato Stangarlin.

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais da cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), que apresenta grande importância socioeconômica. Entre os maiores obstáculos para a cultura estão as doenças, as doenças bacterianas que são geralmente de difícil controle devido à falta de produtos curativos economicamente viáveis. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito indutor de resistência de isolados de *Trichoderma* sp., visando aumentar a produtividade e diminuir a severidade do crestamento bacteriano comum do feijoeiro (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*), em três substratos homogeneizado da camada de 0 a 20 cm de ARGISSOLO de textura arenosa (ATA), LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico (LVE) e NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico (NRE), e inoculados com *Trichoderma virens* (TI1, TI3, TM1, TM2, TM3, TM4, TLB9, TLB15 e TNH2), *Trichoderma harzianum* (TI2, TI4, TLB2, TLB3, TLB4, TLB12, TOD1 e TOD3), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma koningiopsis* (TLB14 e TLB17), *Trichoderma longibrachiatum* (TOD2A e TOD2B) e *Trichoderma spirale* (TNH1). Como padrões utilizou-se calda bordalesa (1,5%) e água (testemunha). Avaliou-se o efeito deste sobre a biomassa fúngica metabolicamente ativa no solo, massa seca de parte aérea, massa seca de raiz e severidade de crestamento bacteriano comum. Com base na menor severidade de crestamento bacteriano comum em casa de vegetação segundo teste de Tukey (5%) foram selecionados os isolados *T. harzianum* (TOD1) e *T. virens* (TM4) em ATA, *T. koningiopsis* (TLB17) e *T. spirale* (TNH1) em LVE, *T. harzianum* (TLB12) e *T. koningiopsis* (TLB14) e dois isolados em comum para os três substratos *T. virens* (TLB15) e *T. asperellum* (TLB6). Posteriormente em condições de campo foi cultivado feijoeiro na segunda safra (2015/2016) e primeira safra (2016/2017) em ATA em Mundo Novo – MS, LVE em Marechal Cândido Rondon – PR, NRE em Marquinho – PR. Nestes ensaios adicionou-se dois padrões comerciais: Agro Mos® e Nem Out®. Foram avaliados biomassa fúngica, concentração de matéria orgânica nos estádios V2, R5 e R7, severidade de crestamento bacteriano comum do feijoeiro e parâmetros produtivos. A biomassa fúngica resultante dos tratamentos em comum *T. virens* (TLB15), *T. asperellum* (TLB6), Agro Mos®, Nem Out®, calda bordalesa (1,5%) e água, foi analisada conjuntamente para os três solos e estádios de desenvolvimento da cultura. Em condições de casa de vegetação verificou-se comportamentos significativos de isolados para substratos, com

incremento de biomassa fúngica nos substratos LVE e NRE, assim como massa seca de raiz e massa seca de parte aérea. Em campo as alterações na biomassa fúngica foram pontuais, assim como a concentração de matéria orgânica, a severidade de crestamento bacteriano comum foi reduzida com maior eficiência em ATA do que em LVE e NRE. O fator parâmetros produtivos foi alterado de maneira pontual. As concentrações de biomassa fúngica analisadas para as regiões na segunda safra (2015/2016) a maior concentração de biomassa fúngica foi obtida em NRE seguido de LVE e com a menor concentração obtida com ATA. Para os tratamentos dentro de estádios de desenvolvimento da cultura o padrão calda bordalesas foi semelhante ao isolado TLB15 e padrão comercial Nem Out®, observando-se que o cultivo do feijoeiro tende a diminuir a biomassa fúngica. Na primeira safra (2016/2017) a concentração de biomassa foi semelhante em LVE e NRE e superiores à concentração em ATA, mantendo esses comportamentos nos estádios V2 e R5 da cultura, contudo, no estádio R7 a maior concentração obteve-se em NRE seguido de LVE, e menor concentração ATA. Dessa forma conclui-se que os isolados de *Trichoderma* são promissores, em reduzir a severidade do crestamento bacteriano comum do feijoeiro, em diferentes condições edafoclimáticas e as características específicas do solo e clima tem efeito nas variações na biomassa fúngica presente no solo.

Palavras-chave: *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, indução de resistência, biomassa fúngica.

## ABSTRACT

HENKEMEIER, Nicanor Pilarski, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, fevereiro – 2018. ***Trichoderma*-common bean interaction in different edaphoclimatic conditions and its effect on the severity of common bacterial blight.** Orientador: Prof. Dr. Odair José Kuhn. Coorientador: Prof. Dr. José Renato Stangarlin.

Brazil is one of the world largest common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) producers, with a great socioeconomic importance. Obstacles to crop production are diseases and their control. Highlight to common bean are bacterial diseases, with lack of economically viable curative products. Aim this work was to investigate resistance-inducing effect of *Trichoderma* sp. isolates to reduce severity of common bacterial blight (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*) and increases of yield on common bean in three homogenized substrates. Therefore layers (0 to 20cm) of ARGISSOLO sandy texture (ATA), LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico (LVE) and 'NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico' (NRE), were inoculated with *Trichoderma virens* (TI1, TI3, TM1, TM2, TM3, TM4, TLB9, TLB15 and TNH2), *Trichoderma harzianum* (TI2, TI4, TLB2, TLB3, TLB4, TLB12, TOD1 and TOD3), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma koningiopsis* (TLB14 and TLB17), *Trichoderma longibrachiatum* (TOD2A and TOD2B) and *Trichoderma spirale* (TNH1) and the standards Bordeauxbroth (1,5%) and water (control). The effect on common bacterial blight severity, soil active fungal biomass, shoot and root dry weight, was evaluated. Based on the lowest severity of disease, the isolates *T. harzianum* (TOD1) and *T. virens* (TM4) in ATA, *T. koningiopsis* (TLB17) and *T. spirale* (TNH1) in LVE, *T. harzianum* (TLB12) and *T. koningiopsis* (TLB14) in NRE, and two isolated in common to the three substrates, *T. virens* (TLB15) and *T. asperellum* (TLB6) were selected. Isolates were tested under field conditions at second harvest (2015/2016) and first harvest (2016/2017) in Mundo Novo – MS (ATA), Marechal Cândido Rondon - PR (LVE) and Marquinho – PR (NRE). Agro Mos® and Nem Out® were used as commercial standards. Fungal biomass and organic matter concentration were evaluated at V2, R5 and R7 stages, as well disease severity and yield. Under greenhouse conditions, the fungal biomass increased in LVE and NRE, as well as root and shoot dry weight. In the field, changes in the fungal biomass were punctual as well as the concentration of organic matter, common bacterial blight severity was reduced with greater efficiency in ATA than in LVE and NRE. Yield parameters were changed in a punctual way. The concentrations of fungal biomass analyzed for the regions in the second harvest (2015/2016), demonstrated that the highest concentration of fungal biomass was obtained in NRE followed

by LVE and with the lowest concentration in ATA, treatments within crop development stages showed standard Bordeaux broth was like TLB15 isolate and Nem Out® commercial standard, observing that common bean crop tends to decrease fungal biomass. In the first harvest (2016/2017) the biomass concentration was similar in LVE and NRE and higher than the concentration in ATA maintaining these behaviors at the crop stages V2 and R5, however highest concentration was obtained in NRE followed by LVE and with the lowest concentration in ATA, at stage R7. Findings suggest that *Trichoderma* isolates seems effective to reduce de severity of common bacterial blight as well as edaphoclimatic conditions affect directly fungal biomass.

Keywords: *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, resistance induction, fungal biomass.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Curva padrão de absorbância e número de unidades formadoras de colônia. ....	32
<b>Figura 2.</b> Escala diagramática para <i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i> em feijoeiro (DÍAZ et al., 2001). ....	33
<b>Figura 3.</b> Curva padrão de ergosterol em µg de ergosterol mL <sup>-1</sup> . ....	34
<b>Figura 4.</b> Temperatura ambiente (°C), precipitação pluviométrica (mm), no período de 18 de fevereiro a 18 de maio de 2016, segunda safra (2015/2016) do feijoeiro. Mundo Novo – MS. ....	54
<b>Figura 5.</b> Temperatura ambiente (°C), precipitação pluviométrica (mm), no período de 18 de setembro a 07 de dezembro de 2016, primeira safra (2016/2017) do feijoeiro. Mundo Novo – MS. ....	55
<b>Figura 6.</b> Temperatura ambiente (°C), precipitação pluviométrica (mm), no período de 12 de fevereiro a 04 de maio de 2016, segunda safra (2015/2016) de feijoeiro. Marechal Cândido Rondon – PR. ....	65
<b>Figura 7.</b> Temperatura ambiente (°C), precipitação pluviométrica (mm), no período de 24 de agosto a 12 de dezembro de 2016, primeira safra (2016/2017) do feijoeiro. Marechal Cândido Rondon – PR. ....	66
<b>Figura 8.</b> Temperatura ambiente (°C), precipitação pluviométrica (mm), no período de 02 de fevereiro a 10 de maio de 2016. Segunda safra (2015/2016) da cultura do feijoeiro. Marquinho – PR. ....	77
<b>Figura 9.</b> Temperatura ambiente (°C), precipitação pluviométrica (mm), no período de 15 de setembro a 14 de dezembro de 2016. Primeira safra (2016/2017) da cultura do feijoeiro. Marquinho – PR. ....	77

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Características químicas e granulométricas dos substratos oriundos dos solos: ARGISSOLO de textura arenosa (ATA), LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de textura muito argilosa (LVE), NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico (NRE). .....	30
<b>Tabela 2.</b> Identificação, espécie e origem dos isolados de <i>Trichoderma</i> sp. utilizados nos experimentos.....	31
<b>Tabela 3.</b> Características químicas e granulométricas do ARGISSOLO de textura arenosa em fevereiro de 2016 em Mundo Novo - MS.....	35
<b>Tabela 4.</b> Características químicas e granulométricas do ARGISSOLO de textura arenosa em agosto de 2016 em Mundo Novo - MS. ....	36
<b>Tabela 5.</b> Características químicas e granulométricas de LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de textura muito argilosa em fevereiro de 2016 em Marechal Cândido Rondon – PR. ....	36
<b>Tabela 6.</b> Características químicas e granulométricas de LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de textura muito argilosa em agosto de 2016 em Marechal Cândido Rondon – PR. ....	37
<b>Tabela 7.</b> Características químicas e granulométricas de NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico em fevereiro de 2016 em Marquinho – PR.....	37
<b>Tabela 8.</b> Características químicas e granulométricas de NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico em agosto de 2016 em Marquinho – PR.....	38
<b>Tabela 9.</b> Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para o crestamento bacteriano comum do feijoeiro, em três substratos oriundos dos solos: ARGISSOLO de textura arenosa (ATA), LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de textura muito argilosa (LVE), NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico (NRE) e tratados com os isolados de <i>Trichoderma virens</i> (TI1, TI3, TM1, TM2, TM3, TM4, TLB9, TLB15 e TNH2), <i>Trichoderma harzianum</i> (TI2, TI4, TLB2, TLB3, TLB4, TLB12, TOD1 e TOD3), <i>Trichoderma asperellum</i> (TLB6), <i>Trichoderma koningiopsis</i> (TLB14 e TLB17), <i>Trichoderma longibrachiatum</i> (TOD2A e TOD2B) e <i>Trichoderma spirale</i> (TNH1), calda bordalesa (1,5%) e testemunha água em Marechal Cândido Rondon-PR. ....	43
<b>Tabela 10.</b> Biomassa fúngica (mg de massa seca g <sup>-1</sup> de substrato) em três substratos oriundos dos solos: ARGISSOLO de textura arenosa (ATA), LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de textura muito argilosa (LVE), NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico (NRE) e tratados com os isolados de <i>Trichoderma virens</i> (TI1, TI3, TM1, TM2, TM3, TM4, TLB9, TLB15 e TNH2), <i>Trichoderma harzianum</i> (TI2, TI4, TLB2, TLB3, TLB4, TLB12, TOD1 e TOD3), <i>Trichoderma asperellum</i> (TLB6), <i>Trichoderma koningiopsis</i> (TLB14 e TLB17), <i>Trichoderma longibrachiatum</i> (TOD2A e TOD2B) e <i>Trichoderma spirale</i> (TNH1), calda bordalesa (1,5%) e testemunha água em Marechal Cândido Rondon-PR. ....	46

**Tabela 11.** Massa seca de raiz (g), em três substratos oriundos dos solos: ARGISSOLO de Textura Arenosa (ATA), LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de textura muito argilosa (LVE), NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico (NRE) e tratados com os isolados de *Trichoderma virens* (TI1, TI3, TM1, TM2, TM3, TM4, TLB9, TLB15 e TNH2), *Trichoderma harzianum* (TI2, TI4, TLB2, TLB3, TLB4, TLB12, TOD1 e TOD3), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma koningiopsis* (TLB14 e TLB17), *Trichoderma longibrachiatum* (TOD2A e TOD2B) e *Trichoderma spirale* (TNH1), calda bordalesa (1,5%) e testemunha água em Marechal Cândido Rondon-PR. ....49

**Tabela 12.** Massa seca de parte aérea (g) em três substratos oriundos dos solos: ARGISSOLO de Textura Arenosa (ATA), LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de textura muito argilosa (LVE), NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico (NRE) e tratados com os isolados de *Trichoderma virens* (TI1, TI3, TM1, TM2, TM3, TM4, TLB9, TLB15 e TNH2), *Trichoderma harzianum* (TI2, TI4, TLB2, TLB3, TLB4, TLB12, TOD1 e TOD3), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma koningiopsis* (TLB14 e TLB17), *Trichoderma longibrachiatum* (TOD2A e TOD2B) e *Trichoderma spirale* (TNH1), calda bordalesa (1,5%) e testemunha água em Marechal Cândido Rondon-PR. ....52

**Tabela 13.** Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para o crestamento bacteriano comum nas partes superior e inferior da parte aérea e a média das plantas, em feijoeiro inoculados com *Trichoderma virens* (TLB15 e TM4), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma harzianum* (TOD1) e tratados com os controles calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup> (10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Segunda safra (2015/2016) Mundo Novo – MS. ....56

**Tabela 14.** Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para o crestamento bacteriano comum nas partes superior e inferior da parte aérea e a média das plantas em feijoeiro inoculados com *Trichoderma virens* (TLB15 e TM4), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma harzianum* (TOD1) e tratados com os controles calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup> (10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Primeira safra (2016/2017) Mundo Novo – MS. ....57

**Tabela 15.** Biomassa fúngica (mg de micélio peso seco g<sup>-1</sup> de solo) cultivado com feijoeiro em feijoeiro inoculados com *Trichoderma virens* (TLB15 e TM4), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma harzianum* (TOD1) e tratados com os controles calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup> (10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Segunda safra (2015/2016), Mundo Novo – MS. ....58

**Tabela 16.** Biomassa fúngica (mg de micélio peso seco g<sup>-1</sup> de solo) cultivado com feijoeiro inoculados com *Trichoderma virens* (TLB15 e TM4), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma harzianum* (TOD1) e tratados com os controles calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup> (10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Primeira safra (2016/2017) Mundo Novo – MS. ....59

**Tabela 17.** Matéria orgânica (%) do solo ao longo do ciclo da cultura do feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15 e TM4), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma harzianum* (TOD1) e tratados com os controles calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup> (10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Segunda safra (2015/2016) Mundo Novo – MS. ....60

**Tabela 18.** Matéria orgânica (%) do solo ao longo do ciclo da cultura do feijoeiro inoculados com *Trichoderma virens* (TLB15 e TM4), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma harzianum* (TOD1) e tratados com os controles calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Primeira safra (2016/2017) Mundo Novo – MS...61

**Tabela 19.** Coeficiente de correlação entre os fatores percentual de matéria orgânica e biomassa fúngica em solo cultivado com feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15 e TM4), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma harzianum* (TOD1) e tratados com os controles calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Segunda safra (2015/2016) e primeira safra (2016/2017). Mundo Novo – MS.....62

**Tabela 20.** Produção de massa seca (g) de feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15 e TM4), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma harzianum* (TOD1) e tratados com os controles calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Segunda safra (2015/2016) Mundo Novo – MS. ....64

**Tabela 21.** Produção de massa seca de plantas inteiras antes da debulha em (kg ha<sup>-1</sup>), massa de mil grãos (gramas) e produtividade em (kg ha<sup>-1</sup>) em feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15 e TM4), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma harzianum* (TOD1) e tratados com os controles calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Primeira safra (2016/2017). Mundo Novo – MS. ....64

**Tabela 22.** Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para o crestamento bacteriano comum nas partes superior e inferior da parte aérea e a média das plantas em feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma spirale* (TNH1), *Trichoderma koningiopsis* (TLB17) e os tratamentos padrão calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. segunda safra (2015/2016). Marechal Cândido Rondon – PR. ....67

**Tabela 23.** Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para o crestamento bacteriano comum nas partes superior e inferior da parte aérea e a média das plantas de feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma spirale* (TNH1), *Trichoderma koningiopsis* (TLB17) e os tratamentos padrão calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Segunda safra (2016/2017). Marechal Cândido Rondon – PR.....68

**Tabela 24.** Biomassa fúngica (mg de micélio peso seco por g<sup>-1</sup> de solo) cultivado com feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma spirale* (TNH1), *Trichoderma koningiopsis* (TLB17) e os tratamentos padrão calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Segunda safra (2015/2016), Marechal Cândido Rondon – PR.....69

**Tabela 25.** Biomassa fúngica (mg micélio seco g<sup>-1</sup> de solo) cultivado com feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma spirale* (TNH1), *Trichoderma koningiopsis* (TLB17) e os tratamentos padrão calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Primeira safra (2016/2017). Marechal Cândido Rondon – PR. ....70

**Tabela 26.** Matéria orgânica (%) ao longo do ciclo do feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma spirale* (TNH1), *Trichoderma koningiopsis* (TLB17) e os tratamentos padrão calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Segunda safra (2015/2016). Marechal Cândido Rondon – PR..... 71

**Tabela 27.** Matéria orgânica (%) do solo ao longo dos estádios de desenvolvimento da cultura do feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma spirale* (TNH1), *Trichoderma koningiopsis* (TLB17) e os tratamentos padrão calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Primeira safra (2016/2017), Marechal Cândido Rondon – PR..... 72

**Tabela 28.** Coeficiente de correlação entre os fatores percentual de matéria orgânica e concentração biomassa fúngica no solo cultivado com feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma spirale* (TNH1), *Trichoderma koningiopsis* (TLB17) e os tratamentos padrão calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Segunda safra (2015/2016) e primeira safra (2016/2017), Marechal Cândido Rondon – PR..... 74

**Tabela 29.** Produção de massa seca de plantas inteiras antes da debulha em (kg ha<sup>-1</sup>), massa de mil grãos (g) e produtividade em (kg ha<sup>-1</sup>) na cultura do feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma spirale* (TNH1), *Trichoderma koningiopsis* (TLB17) e os tratamentos padrão calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Segunda safra (2015/2016), Marechal Cândido Rondon – PR..... 75

**Tabela 30.** Produção de massa seca de plantas inteiras antes da debulha em (kg ha<sup>-1</sup>), massa de mil grãos (g) e produtividade em (kg ha<sup>-1</sup>) na cultura do feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma spirale* (TNH1), *Trichoderma koningiopsis* (TLB17) e os tratamentos padrão calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Primeira safra (2016/2017), Marechal Cândido Rondon – PR..... 76

**Tabela 31.** Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para o crestamento bacteriano comum nas partes superior e inferior da parte aérea e a média em plantas de feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens*(TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma harzianum* (TLB12), *Trichoderma koningiopsis* (TLB14) e os tratamentos padrão calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Segunda safra (2015/2016), Marquinho – PR..... 79

**Tabela 32.** Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para o crestamento bacteriano comum nas partes superior e inferior da parte aérea e a média em plantas de feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens*(TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma harzianum* (TLB12), *Trichoderma koningiopsis* (TLB14) e os tratamentos padrão calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Primeira safra (2016/2017), Marquinho – PR..... 79

**Tabela 33.** Biomassa microbiana (mg micélio seco  $g^{-1}$  de solo) em solo cultivado com feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma harzianum* (TLB12), *Trichoderma koningiopsis* (TLB14) e os tratamentos padrão calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L  $ha^{-1}$ ), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg  $ha^{-1}$ ) e testemunha água. Segunda safra (2015/2016), Marquinho – PR..... 80

**Tabela 34.** Biomassa microbiana (mg micélio seco  $g^{-1}$  de solo) cultivado de feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma harzianum* (TLB12), *Trichoderma koningiopsis* (TLB14) e os tratamentos padrão calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L  $ha^{-1}$ ), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg  $ha^{-1}$ ) e testemunha água. Primeira safra (2016/2017), Marquinho – PR. .... 81

**Tabela 35.** Matéria orgânica (%) do solo no estádios V2, R5 e R7 de desenvolvimento da cultura do feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens*(TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma harzianum* (TLB12), *Trichoderma koningiopsis* (TLB14) e os tratamentos padrão calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L  $ha^{-1}$ ), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg  $ha^{-1}$ ) e testemunha água. Segunda safra (2015/2016), Marquinho – PR. .... 82

**Tabela 36.** Matéria orgânica (%) do solo no estádios V2, R5 e R7 de desenvolvimento da cultura do feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens*(TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma harzianum* (TLB12), *Trichoderma koningiopsis* (TLB14) e os tratamentos padrão calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L  $ha^{-1}$ ), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg  $ha^{-1}$ ) e testemunha água. Primeira safra (2016/2017), Marquinho – PR. .... 83

**Tabela 37.** Coeficiente de correlação entre os fatores percentual de matéria orgânica e biomassa fúngica de solo cultivado com feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma harzianum* (TLB12), *Trichoderma koningiopsis* (TLB14) e os tratamentos padrão calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L  $ha^{-1}$ ), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg  $ha^{-1}$ ) e testemunha água. Safra da seca (2015/2016), Marquinho – PR..... 84

**Tabela 38.** Produção de massa seca de plantas inteiras antes da debulha em (kg  $ha^{-1}$ ), massa de mil grãos (g) e produtividade em (kg  $ha^{-1}$ ) na cultura do feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma harzianum* (TLB12), *Trichoderma koningiopsis* (TLB14) e os tratamentos padrão calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L  $ha^{-1}$ ), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg  $ha^{-1}$ ) e testemunha água. Segunda safra (2015/2016), Marquinho – PR..... 85

**Tabela 39.** Produção de massa seca de plantas inteiras antes da debulha em (kg  $ha^{-1}$ ), massa de mil grãos (g) e produtividade em (kg  $ha^{-1}$ ) na cultura do feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma harzianum* (TLB12), *Trichoderma koningiopsis* (TLB14) e os tratamentos padrão calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L  $ha^{-1}$ ), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg  $ha^{-1}$ ) e testemunha água. Primeira safra (2016/2017), Marquinho – PR..... 86

**Tabela 40.** Análise conjunta de biomassa fúngica (mg de massa seca  $g^{-1}$  de solo) cultivado com feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6) e os padrões calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L  $ha^{-1}$ ), Nem Out<sup>®</sup> (10 kg  $ha^{-1}$ ) e testemunha água. Segunda safra (2015/2016), nos estádios (V2, R5 e R7), nos municípios de Mundo Novo – MS, Marechal Cândido Rondon – PR e Marquinho – PR. .... 87

**Tabela 41.** Análise conjunta de biomassa fúngica (mg de massa seca g<sup>-1</sup> de solo) cultivado com feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6) e os padrões calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup> (10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Primeira safra (2016/2017), nos estádios (V2, R5 e R7), nos municípios de Mundo Novo – MS, Marechal Cândido Rondon – PR e Marquinho – PR. .... 89

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1.1 Classificação botânica e centro de origem.....	19
2.1.2 Importância da cultura.....	19
2.1.3 Doenças da cultura.....	20
2.2 BACTÉRIAS FITOPATOGÊNICAS.....	20
2.2.1 Crestamento bacteriano comum do feijoeiro.....	21
2.2.2 Manejo do crestamento bacteriano comum.....	21
2.2.3 Métodos de controle.....	22
2.3 INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA.....	23
2.4 <i>TRICHODERMA</i> spp.....	24
2.5 MICROBIOLOGIA DE SOLO.....	25
2.6 SOLOS SUPRESSIVOS.....	26
2.7 COMPOSIÇÃO DOS SOLOS E MICRORGANISMOS.....	27
2.8 INTERAÇÃO AMBIENTE-MICRORGANISMOS.....	27
2.9 INTERAÇÃO PLANTAS-MICRORGANISMOS.....	28
2.10 ERGOSTEROL COMO INDICADOR DE BIOMASSA FÚNGICA.....	29
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3.1 AVALIAÇÃO DE ISOLADOS DE <i>TRICHODERMA</i> NA SEVERIDADE DE CRESTAMENTO BACTERIANO COMUM EM CASA DE VEGETAÇÃO.....	30
3.1.1 Cultivo e preparo de inóculo de <i>Trichoderma</i> .....	30
3.1.2 Implantação do experimento.....	31
3.1.3 Cultivo e preparo do inóculo do patógeno.....	32
3.1.4 Avaliação da severidade.....	32
3.1.5 Avaliação de fitomassa.....	33
3.1.6 Avaliação da biomassa microbiana do solo.....	33
3.1.7 Análise estatística.....	35
3.2 EFEITO DE ISOLADOS DE <i>Trichoderma</i> sp. EM CONDIÇÕES DE CAMPO.....	35
3.2.1 Mundo Novo – MS.....	35
3.2.2 Marechal Cândido Rondon - PR.....	36
3.2.3 Marquinho – PR.....	37
3.2.1 Implantação da cultura.....	38
3.3 COLETA DE DADOS DE TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA.....	39
3.4 AMOSTRAGEM E AVALIAÇÕES DE SOLO.....	39
3.4.1 Amostragem de solo.....	39

3.4.2 Avaliação de biomassa fúngica .....	40
3.4.3 Determinação de matéria orgânica .....	40
3.5 PREPARO DO INÓCULO E INOCULAÇÃO DO PATÓGENO .....	40
3.6 QUANTIFICAÇÃO DA SEVERIDADES DE DOENÇAS .....	41
3.7 AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS PRODUTIVOS .....	41
3.8 ANÁLISES ESTATÍSTICA .....	41
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	42
4.1 RESULTADOS OBTIDOS NA CULTURA DO FEIJOEIRO INOCULADO COM ISOLADOS DE <i>TRICHODERMA</i> EM CASA DE VEGETAÇÃO.....	42
6.2 INTERAÇÃO TRICHODERMA-FEIJOEIRO-AMBIENTE EM CONDIÇÕES DE CAMPO.....	54
6.2.1 Interação <i>Trichoderma</i> -feijoeiro nas condições ambientais de Mundo Novo - MS	54
6.2.2 Interação <i>Trichoderma</i> -feijoeiro nas condições ambientais de Marechal Cândido Rondon – PR .....	65
6.2.3 Interação <i>Trichoderma</i> -feijoeiro nas condições ambientais de Marquinho - PR.....	76
6.3 ANÁLISE CONJUNTA DE BIOMASSA RESULTANTE <i>Trichoderma</i> -FEIJOEIRO-AMBIENTE EM CONDIÇÕES DE CAMPO .....	87
6.3.1 Concentração de biomassa fúngica considerando três solos distintos considerando tratamentos em comum e estádios da cultura.....	87
7 CONCLUSÕES .....	91
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	92

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) apresenta grande importância nutricional como a principal leguminosa consumida no dia-a-dia do brasileiro, responsável por grande parte do suprimento diário de fibra alimentar, proteínas, carboidratos e vitaminas requeridos pelo corpo humano.

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais, ficando atrás apenas de Myanmar e Índia, parte disso deve-se as regiões sul e sudeste brasileira, que são responsáveis pela maior parte dessa produção, sendo os estados do Paraná e Minas Gerais os maiores produtores. Em produtividade ressalta-se que o Centro Oeste brasileiro, que adota alta tecnologia aliado ao uso de irrigação, vem se destacando.

O feijoeiro apresenta alto potencial produtivo, no entanto, esse potencial é reduzido pela interferência de fatores ambientais, nutricionais e biológicos. Entre os fatores biológicos destacam-se os fitopatógenos, tais como, fungos e bactérias que associados a fatores naturais e tratamentos culturais que favorecem uma elevada incidência e severidade de doenças, que aliados ao clima favorável diminuem a produtividade e a qualidade de grãos.

Entre as bactérias causadoras de doenças na cultura do feijoeiro destaca-se a *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, favorecida pelas altas temperaturas associada a alta umidade relativa do ar, presente em boa parte das regiões produtoras brasileiras.

O controle dessa doença é dificultada pelo uso de sementes contaminadas, que é o principal mecanismo de sobrevivência e disseminação do patógeno, aliadas ao inadequado manejo de daninhas hospedeiras e à falta de rotação de culturas. Esses fatores são agravados pela falta de métodos de controle do crescimento bacteriano comum dentro do princípio da terapia.

O uso de produtos químicos disponíveis para essa enfermidade é restrito aos cúpricos e indutor de resistência acibenzolar-S-metil, no entanto, apenas paliativos, pois, somente atrasam o aparecimento de sintomas da doença, não exercendo efeito curativo sobre as plantas infectadas. Destaca-se que o controle de doenças do feijoeiro, baseado no uso de defensivos, vem causando sérios problemas ambientais, contribuindo para a contaminação ambiental e de alimentos, ressaltando a importância de encontrar alternativas para o controle de doenças na cultura. O uso de agentes biológicos é uma alternativa para controle de doenças, tais como o fungo *Trichoderma* sp., que vem sendo utilizado para o controle de diversos patógenos e como indutor biótico de resistência a doenças.

O gênero *Trichoderma* vem sendo estudado como controle biológico com objetivo de diminuir a população de microrganismos patogênicos, e seu efeito direto sobre a cultura do

feijoeiro resulta de uma estreita interação, que é expressa em ativação de mecanismos de defesa latentes, que diminui a incidência e a severidade de doenças da cultura.

A interação que considera solo-microrganismos-plantas é dependente da capacidade de interação, porém ainda é pouco estudada e compreendida. Tal interação exerce papel de extrema importância ecológica e no desenvolvimento, absorção de nutrientes e resistência de plantas a doenças.

O uso de *Trichoderma* em diversas culturas com o objetivo de controle de fitopatógenos já é compreendida, contudo, ainda é pouco conhecido o resultado da interação solo-*Trichoderma*-feijoeiro sobre a biomassa fúngica do solo ao longo do ciclo da cultura.

Objetivo do presente trabalho foi avaliar a capacidade de isolados de *Trichoderma* induzir resistência em feijoeiro a *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, em diferentes condições edafoclimáticas, seu efeito na biomassa fúngica do solo e parâmetros produtivos da cultura.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 FEIJOEIRO

#### 2.1.1 Classificação botânica e centro de origem

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.), é classificado de acordo com as suas características da seguinte maneira: reino Vegetal, ramo Embryophytae syphonogamae, subramo Angiospermae, classe Dicotyledoneae, subclasse Archichlamydeae, ordem Rosales, família Fabaceae, subfamília Papilionoideae, tribo Phaseoleae, subtribo Phaseolineae, gênero *Phaseolus* L.. Os centros de origem da cultura são nas américas, sendo considerado centro origem das cultivares de grãos pequenos como o grupo carioca e preto a América Central, mais especificamente no México, e cultivares de grãos grandes, tais como, o Jalo, originam-se dos Andes, principalmente norte da Argentina e sul do Peru (SANTOS et al., 2015).

#### 2.1.2 Importância da cultura

Os grãos dessa cultura é um dos principais alimentos e um dos mais tradicionais da alimentação da população brasileira, que juntamente com o arroz compõe a alimentação de boa parte dos brasileiros, garantindo parcialmente o suprimento dos minerais, carboidratos, proteína e aminoácidos requeridos pelo corpo humano (BORÉM; CARNEIRO, 2006; BORÉM; CARNEIRO, 2015; MOURA; BRITO, 2015).

A importância nutricional dessa leguminosa, destacam-se entre os países emergentes tais como: Myanmar, Índia e Brasil, que são os três maiores produtores mundiais (CONAB, 2015). No Brasil a cultura está distribuída em todas regiões agricultáveis, sendo uma das maiores em extensão de área ocupadas, ficando atrás apenas da soja, milho e cana de açúcar, com aproximadamente 3,07 milhões de hectares (IBGE, 2017), sendo cultivada em praticamente o ano todo de acordo com as condições climáticas de cada região (FANCELLI; DOURADO NETO, 2007; MOURA; BRITO, 2015).

O Brasil produziu na safra 2016/2017 aproximadamente com 3,38 milhões de toneladas, distribuída em três safras, com produtividade estimada em de 989 kg ha<sup>-1</sup>, sendo o Estado do Paraná o maior produtor, com aproximadamente 26% da produção nacional da primeira e segunda safra (IBGE, 2017).

Com o cultivo do feijoeiro ocorre em três safras, distribuídas durante o ano todo, surgiu a necessidade de restringir o cultivo através da adoção do vazio sanitário nos estados de Goiás, Minas Gerais e Distrito Federal, onde utiliza-se a irrigação, e não ocorre restrição climática para a cultura.

### 2.1.3 Doenças da cultura

A cultura do feijoeiro pode ser comprometida por uma ampla gama de patógenos, que encontram as condições mais adequadas de acordo com a época do cultivo de cada região em que é cultivada (PAULA JÚNIOR et al., 2015). A ocorrência da doença depende da presença do hospedeiro, do patógeno virulento e de ambiente favorável. Nesse triângulo, a variável ambiente regula a ocorrência de doenças, limitando a espécie de patógeno favorecida e sua magnitude (AMORIM; BERGAMIM FILHO, 2011). Dessa forma o ambiente é o fator de maior importância no estabelecimento das doenças e que apresenta as maiores alterações em curtos espaços de tempo, distinguindo-se da presença da cultura e dos patógenos. (BEDENDO; AMORIM, 2011).

Com o sucesso no estabelecimento de relações parasitárias estáveis entre planta e patógeno, os fatores agrônômicos responsáveis pela produção são comprometidos, causando a redução do potencial produtivo e qualidade da produção, refletindo em redução do seu valor comercial (BERGAMIN FILHO et al., 2011). Existem mais de 200 doenças que afetam a cultura do feijoeiro e são causadas principalmente por fungos, bactérias, vírus e nematoides (CTSBF, 2012). Entre as doenças de parte aérea destacam-se antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*), crestamento bacteriano comum do feijoeiro (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*), mancha-angular (*Pseudocercospora griseola*), ferrugem (*Uromyces appendiculatus*) e o mosaico-dourado (*Bean Gold Mosaic Virus*) nas safras de primavera-verão e verão outono. (PAULA JÚNIOR et al., 2015). Dentre essas destaca-se pela importância, o crestamento bacteriano comum em regiões de clima quente e úmido, devido as reduzidas metodologias de controle aplicáveis.

## 2.2 BACTÉRIAS FITOPATOGÊNICAS

Entre as bactérias de grande importância para a agricultura encontra-se o gênero *Xanthomonas*, que é composto por mais de uma centena de bactérias causadoras de doenças em plantas, entre elas, algumas com grande expressão econômica (BEDENDO, 2011). *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, agente causal do crestamento bacteriano comum do feijoeiro, doença de grande importância, que pode reduzir a produtividade da cultura do feijoeiro entre 10% a 70%, e redução na qualidade das sementes, pois as mesmas podem apresentar enrugamento e amarelecimento (DOURADO NETO; FRANCELLI, 2007; WENDLAND et al., 2016).

As bactérias constituem um dos grupos mais numerosos de microrganismos destacando-se também pela sua diversidade, que as permitem colonizar a grande maioria dos ambientes terrestres, sendo assim, constituem uma classe de organismos evoluídos, que naturalmente evoluíram com as plantas superiores (BEDENDO, 2011). Esses microrganismos unicelulares são divididos em muitas espécies e apresentam grande importância como patógenos de plantas cultivadas (GAMA et al., 2016). As fitobactérias de maneira geral, apresentam elevada importância, principalmente pelo difícil controle após constatado o desenvolvimento da doença, por existirem pouquíssimos produtos eficientes e economicamente viáveis que atuem pelo princípio da terapia, devido ao alto custo diante do valor de mercado das culturas produtoras de grãos, com isso, torna-se inviável o uso de antibióticos para reestabelecer a sanidade das plantas (ROMEIRO, 2011).

### 2.2.1 Crestamento bacteriano comum do feijoeiro

O crestamento bacteriano comum causado por *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, *Xanthomonas fuscans* subsp. *fuscans* (WENDLAND et al., 2016), pertence a ordem Pseudomonadales, família Pseudomonadaceae, gênero *Xanthomonas* (BREED et al. 1967), São bactérias gram-negativas, com formato baciliforme, aeróbias e apresentam um flagelo polar que permite se movimentar em superfícies molhadas (WENDLAND et al., 2016).

Doença de ocorrência generalizada, sobretudo nas regiões úmidas com altas temperaturas (28 a 30 °C) (FANCELLI; DOURADO NETO, 2007). Os sintomas são inicialmente pequenas manchas úmidas que surgem na face inferior dos folíolos. Essas manchas crescem irregularmente e coalescem com lesões adjacentes. A área infectada fica com aparência flácida, inicialmente cercada por estreita faixa de transição com tecido amarelo-limão e mais tarde torna-se parda e necrótica, dando às plantas a aparência de que foram queimadas com água quente, os sintomas nas vagens inicialmente surgem pequenas lesões encharcadas ou flácidas, que evoluem para necróticas e com o tempo tornam-se avermelhadas deprimidas, quando a severidade da doença é elevada, pode causar a queda de órgãos como, folhas e talos (PAULA JÚNIOR et al., 2015; WENDLAND et al., 2016).

### 2.2.2 Manejo do crestamento bacteriano comum

O manejo do crestamento bacteriano comum destaca-se pela dificuldade, pois estima-se que em torno de 81% das sementes utilizadas pelos agricultores são sementes salvas, que não possuem controle fitossanitário adequado (ABRASEM, 2016). Sendo esse o principal

mecanismo para transporte a longas distâncias (WENDLAND et al., 2016). Responsável por introduzir o patógeno em novas áreas, ou então, aumenta o inóculo do patógeno já existente, manifestando sintomas nas fazes iniciais de desenvolvimento, aumentando os danos a cultura (BEDENDO et al., 2011). Quando favorecidas com temperaturas elevadas e alta umidade relativa do ar (PAULA JÚNIOR et al., 2015).

A sobrevivência da bactéria na área de cultivo ocorre principalmente de duas maneiras, em um período curto de tempo nos restos culturais, e a manutenção da mesma por períodos prolongados quando associada a ocorrência das espécies alternativas, *Acalypha aloperoides*, *Amaranthus* spp., *Ambrosia atermisifolia*, *Chenopodium álbum*, *Cyperus rotundus*, *Dolichos lablab*, *Lupinus polyphylus*, *Portulaca oleracea*, *Ruellia tuberosa*, *Vicia sativa*, *Vicia villosa*, *Physalis* sp., *Sida rhombifolia*, *Strophostyles helvola*, *Phaseolus lathyroides*, *Phaseolus lanatus*, *Phaseolus acutifolius* var. *latifolius*, *Phaseolus aconitifolium*, *Phaseolus coccineus*, *Vigna mungo*, *Vigna radiata* e *Vigna umbellata* (WENDLAND et al., 2016).

### 2.2.3 Métodos de controle

Um dos métodos mais eficazes no controle do crestamento bacteriano comum é o uso de cultivares de feijoeiro resistentes, no entanto ainda são poucos cultivares que apresentam resistência ao patógeno, e entre elas estão BRS Notável e BRS Esplendor (WENDLAND et al., 2016). Estas por sua vez são conhecidas por cultivares imunes, que se baseiam nas barreiras naturais da planta que inibem processos de infecção e/ou colonização pelo patógeno (KIMATI et al., 2011).

Considerando que a disseminação a longa distâncias ocorre através de sementes contaminadas, a metodologia mais eficiente de controle é o uso de sementes livres de contaminação (PAULA JÚNIOR et al., 2015), baseando-se no princípio da exclusão, evitando a chegada do patógeno em uma nova área, sendo esse o método mais eficiente para o controle de patógenos com baixa capacidade de dispersão natural (KIMATI et al., 2011). Quando aliado esse método com a rotação de cultura (PAULA JÚNIOR et al., 2015) que tem como objetivo de erradicação do patógeno, em virtude do cultivo de culturas não hospedeiras (KIMATI et al., 2011).

Outra metodologia como o uso de produtos compostos de óxidos e hidróxidos de cobre (AGROFIT, 2017), baseado no princípio da proteção, que visa evitar o contato direto do

patógeno com o hospedeiro (KIMATI et al., 2011), este por sua vez tem como objetivo, retardar a infecção, e o aparecimento de sintomas (WENDLAND et al., 2016).

Entre os métodos promissores e passíveis de serem aplicados, estão os indutores de resistência, que tem como objetivo, atrasar ou evitar a entrada do patógeno e/ou desenvolvimento nos tecidos (PASCHOLATI, 2011). Essa ativa mecanismos de defesa naturais em plantas (ROMEIRO, 2007).

### 2.3 INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA

Em função das características evolutivas das plantas, objetivando economizar energia, os sistemas de defesa bioquímicos são mantidos latentes ou então em níveis muito baixos, e que podem ser ativados após a chegada de um patógeno ou após planta sentir-se desafiada (PASCHOLATI; TOFFANO, 2007). Mantendo a premissa de que as plantas, via de regra apresentam resistência a doenças, através de múltiplos mecanismos de defesa que são ativados (AGRIOS, 1997).

Buscando explorar esses mecanismos de defesa latentes, como método de controle de doenças, tem sido estudada a resistência induzida em plantas, sendo esse um fenômeno natural, mas que pode ser produzido de forma artificial pela aplicação de um agente indutor (BONALDO et al., 2005; ROMEIRO, 2007).

Segundo Pascholati (2011), a indução de mecanismos de defesa em plantas pode ser realizada como resposta a aplicação de agentes bióticos ou abióticos. Para os agentes bióticos utilizados, estão formas avirulentas de patógenos, raças incompatíveis, assim como extratos vegetais e extratos de fungos (STANGARLIN; PASCHOLATI, 1994).

A ativação tem como objetivo a síntese e ou acúmulo de substâncias como proteínas relacionadas a patogênese e fitoalexinas, protegendo a planta contra infecções subsequentes (PASCHOLATI, 2011). Essa pode ser ativada no sitio de contato, assim como, em tecidos distantes de maneira sistemática (ROMEIRO, 2007).

Segundo Blum (2007), os organismos antagonistas podem também ser ativadores de mecanismos de defesa em plantas. Essa metodologia de controle provavelmente foi um dos primeiros métodos utilizados para o combate a fitopatógenos, mas somente a pouco tempo começou a ser investigado, de forma mais direcionada para uma aplicação prática, visando aumentar a produtividade de culturas pelo controle de enfermidades de plantas (ROMEIRO, 2008).

Um dos indutores bióticos que tem sido largamente utilizados como antagonista eficaz no controle de inúmeros fungos fitopatogênicos é o *Trichoderma* sp., várias espécies desse fungo sobrevivem no solo de forma saprofítica ou parasitando outros fungos, e têm sido utilizadas tanto para controle de patógenos radiculares como *Rhizoctonia solani* e *Fusarium* sp., assim como da parte aérea, como, *Venturia* sp. e *Botrytis* sp., (GRIGOLETTI Jr.; SANTOS; AUER, 2000), e *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* (BROETTO, 2017).

#### 2.4 TRICHODERMA spp.

*Trichoderma* é pertencente ao Reino Fungi que em sua fase teleomórfica, pertence a ordem Hypocreales, gênero Hypocrea e ao filo Ascomycota (KRUGNER; BACCHI, 1995; POLETO, 2010; HERMOSA et al., 2012), sua esporulação é caracterizado pelo tom esverdeado (BROTMAN; KAPUGANTI; VITERBO, 2010).

Cultivados em meio de cultura, suas colônias crescem rapidamente, a coloração das colônias após início da esporulação assume várias colorações, verde (variando verde claro ou cor gelo), devendo-se a essa a coloração dos conídios e a quantidade deles produzidos, e essa por sua vez, pode ser influenciada pelo pH e composição química do meio de cultivo. As hifas são hialinas, compostas de paredes lisas, com muitas ramificações. A maioria das espécies apresenta clamidósporos, de maneira intercalar nas hifas, ocasionalmente terminais (HOWEEL, 2003).

Naturalmente vivem em solos de maneira saprofítica, colonizando e acelerando a decomposição dos restos de vegetais (KRUGNER; BACCHI, 1995; ETHUR et al., 2005) e como parasita de outros fungos, retirando nutrientes dos mesmos (BEDENDO et al., 2011). Apresentam vantagens competitivas ao produzirem substâncias capazes de inibir o crescimento de outros fungos (MONTE, 2001; ETHUR et al., 2005; ARGUMEDO-DELIRA et al., 2009; HERMOSA et al., 2012), sendo esses compostos voláteis, (liberados no ar) e/ou não voláteis, (liberados no substrato) (BROETTO et al., 2014). Segundo Martins-Corder e Melo (1998), os mecanismos do *Trichoderma* sp. para controle dos patógenos, podem ocorrer simultaneamente ao longo do seu processo de vida, os quais se sobrepõem e inibem o desenvolvimento dos demais microrganismos.

Estes são habitantes naturais dos solos agrícolas, presentes em todas as latitudes (BROTMAN et al., 2010). Sobrevivem devido a sua capacidade competitiva por nutrientes e espaços, com os demais microrganismos, sendo esses importantes para as plantas,

contribuindo no controle de fitopatógenos, causadores de doenças em diferentes espécies de plantas (MONTE, 2001; ARGUMEDO-DELIRA et al., 2009).

São responsáveis por melhorar o crescimento de vegetais, através da produção de metabólitos secundários (ETHUR et al., 2005), quando em contato com as raízes, aumentando o potencial de crescimento das plantas (HERMOSA et al., 2012). Associada ao desenvolvimento de raízes e a absorção de nutrientes (ETHUR et al., 2005; BROTMAN et al., 2012). Segundo Brotman et al. (2012) isso acontece devido as mudanças características do perfil metabólico das plantas, incluindo mudanças em aminoácidos, poliaminas, açúcares e os intermediários do ciclo do ácido cítrico, com isso se tem um aumento do suprimento de energia necessário para a promoção de crescimento mediados por espécies de *Trichoderma*.

As pesquisas das últimas décadas, tem mostrado que algumas cepas de *Trichoderma*, podem interagir diretamente com raízes, aumentar resistência a doenças e tolerância a estresses abióticos. (HERMOSA et al., 2012). Segundo Martínez-Medina et al. (2013); Walters et al. (2013), o gênero *Trichoderma* apresenta capacidade de interferir em várias rotas de sinalização, entre elas, as vias de sinalização de ácido jasmônico (JA) e etileno (ET), que são essenciais para a resistência sistêmica induzida (ISR). Segundo Cavalcanti et al. (2005), a mesma envolve a ativação dos mecanismos de defesa latentes das plantas, através do uso de agentes externos, bióticos ou abióticos sem que sejam necessárias alterações no genoma da mesma.

Segundo Martínez-Medina et al. (2013), acredita-se que os fungos do gênero *Trichoderma* envolvam uma variedade de rotas, que interagem em uma rede complexa de caminhos hormonais de comunicação cruzada. Segundo Walters et al. (2013) o efeito indutor de resistência por *Trichoderma* parece ser genótipo-dependente, tanto da cultura quanto das cepas de *Trichoderma*. Segundo Martínez-Medina et al. (2013), a colonização da raiz por *Trichoderma harzianum*, tornou as folhas mais resistentes a *Botrytis cinerea*, independentemente dos efeitos nutricionais das plantas, constatou-se também que as vias de sinalização utilizadas são JA, SA e ABA, sendo a rotas dos JA, as mais importantes para a indução de resistência por *Trichoderma*.

## 2.5 MICROBIOLOGIA DE SOLO

A microbiota do solo é de grande interesse devido a sua complexidade fundamental para o funcionamento dos processos ecológicos (STEFANOWICZ, 2006). Tais como regulação da dinâmica do solo, decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e

produtividade de plantas (CARDOSO, 2004). Segundo Stefanowicz (2006), a diversidade de microrganismos presentes no solo é considerada uma das menos estudadas.

Segundo Fialho et al. (2006), o solo é o suporte natural para o desenvolvimento microrganismos. E os fatores naturais temperatura, umidade, composição da matéria orgânica e propriedades do solo, são responsáveis pelas características da biomassa existente no solo (STEFANOWICZ, 2006). Anderson e Domsch (1989) verificaram que a matéria orgânica tem um papel importante, sendo essa, responsável pela oscilação do carbono microbiano no solo. Sendo assim, monitoramento das propriedades do solo, são importantes para avaliar práticas agrícolas, buscando subsidio para escolha do manejo mais adequado para a conservação da produtividade (FIALHO et al., 2006).

## 2.6 SOLOS SUPRESSIVOS

Os efeitos dos solos sobre os patógenos que habitam este ambiente podem ser divididos de três maneiras: impedem o estabelecimento do patógeno; patógeno estabelecido e não causa doença; patógeno se estabelece e causa a doença, contudo, a doença apresenta baixa severidade (BAKER; COOK, 1974).

Para a primeira categoria, que impedem o estabelecimento do patógeno, ou se estabelecem de maneira pouco significativa/fraca, é determinada por fatores granulométricos, tais como, argila e areia, assim como, os agregados por eles formados agregados (HÖPER; ALABOUVETTE, 1996), e fatores químicos como, pH, concentração de nutrientes e a condutividade elétrica (REIS, 1991; SCHNEIDER, 1982). Essa interferência geralmente ocorre de maneira indireta, favorecendo atividade microbiana, ou diretamente, interferindo no ciclo de vida do patógeno (BETTIOL; GHINI, 2005).

No segunda categoria, se tem a presença da planta suscetível e patógeno virulento, e para este caso o desenvolvimento da doença é restrito ou não ocorre, podendo estar associados aos organismos existentes no solo, tais como *Trichoderma* (BETTIOL; MORANDI, 2009), e fatores químicos e físicos (BETTIOL; GHINI, 2005; BETTIOL; MORANDI, 2009).

Para a terceira categoria, em solos que permitem a ocorrência da doença nas plantas, no entanto essa apresenta reduzida severidade (BETTIOL; GHINI, 2005).

## 2.7 COMPOSIÇÃO DOS SOLOS E MICRORGANISMOS

Segundo Cotta (2016), o solo consiste em um dos principais compartimentos da biosfera em reserva biológica. É habitat de uma grande variedade de microrganismos, representados por centenas de espécies de fungos, que são determinantes para a qualidade dos processos ecológicos (CORREIA; OLIVEIRA, 2000). Os solos brasileiros de maneira geral constituem-se de solos “velhos” ou altamente intemperizados, que apresentam alta dependência da disponibilização de nutrientes oriundos da matéria orgânica, que contém praticamente todos os macronutrientes e micronutrientes essenciais para as plantas (RONQUIM, 2010). Trabalhos indicam a ocorrência de grupos de organismos possivelmente endêmicos, e que pode ser resultado de uma combinação particular de fatores de seleção, que ocorrem neste ambiente (ANDREOTE; CARDOSO, 2016).

Os fatores que afetam microrganismos são classificados em físicos, químicos, biológicos e manejo. Sendo os físicos a temperatura, umidade, aeração, estrutura, viscosidade, tensão osmótica e componente gasoso; químicos: carbono orgânico, nutrientes, pH, metais pesados, antibióticos e vitaminas; biológicos: morfologia, fisiologia, genética e reprodução de microrganismos, interações biológicas e presença de raízes; manejo: uso de fertilizantes, corretivos e pesticidas, manejo de restos culturais, preparo de solo e erosão (MOREIRA; SIQUEIRA 2006; SIQUEIRA et al., 1994). Sendo esses fatores importantes para a diversidade e população de microrganismos presentes no solo (MATOS et al., 2016).

Um dos fatores com maior relevância é a água, que influencia diretamente a atividade biológica dos solos, participando na difusão de nutrientes, motilidade microbiana, influenciando a determinação dos valores de pH, além de estar relacionada com a temperatura e a aeração. Esses fatores são modificados pela matéria orgânica presente no solo, resultado da mistura de componentes de origem biológica, microrganismos e materiais vegetais não decompostos (COTTA, 2016), que sofrem variação de acordo com a propriedades dos solos, destacando que a maior atividade biológica do solo, está restrita a uma camada de 0 a 20 cm de profundidade, devido ao acúmulo de matéria orgânica oriundo da deposição dos restos vegetais (RASCHE; CADISH, 2013).

## 2.8 INTERAÇÃO AMBIENTE-MICRORGANISMOS

Interações entre a comunidade microbiana e o ambiente que habitam, são dependentes das características, principalmente das características abióticas, tais como, químicas e

gradientes de oxigênio (JUAREZ et al., 2013), atmosfera, temperatura, água, pH e fontes nutricionais e fatores bióticos tais como, genética microbiana, interação entre os microrganismos (COTTA, 2016), que permitem o desenvolvimento microbiano e a estruturação da comunidade viva dos solos (COTTA, 2016; JUAREZ et al., 2013).

A interação entre esses fatores influencia diretamente a ecologia, a atividade e a dinâmica populacional de microrganismos no solo (MOREIRA; SIQUEIRA 2006). Que regulam funções desempenhadas no solo, tais como, decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, o controle biológico de pragas através da produção de compostos fenólicos, além de contribuírem para a formação e sedimentação dos solos (JUAREZ et al., 2013).

Os microrganismos de solo de maneira geral apresentam, um valor ótimo de temperatura para a sua multiplicação e desenvolvimento, sendo esse valor dependente do aporte enzimático apresentado pelo organismo (MADIGAN et al., 2016). As atividades das células dos microrganismos são governadas pelas leis da termodinâmica, acelerando ou retardando os processos metabólicos (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Podendo dividir os microrganismos em psicrófilos (menos que 20 °C); mesófilos (entre 20 e 40 °C) e termófilos (mais que 40 °C). Apenas alguns procaríotos crescem em temperaturas acima de 60 °C, que são os hipertermófilos (MADIGAN et al., 2016).

As variações de temperatura que implicam em ciclos de seca e umidade, ajudam na liberação de substratos das superfícies das argilas assim como células mortas, que exercem seu papel estimulando a atividade metabólica nos solos (MOREIRA; SIQUEIRA, 2009).

## 2.9 INTERAÇÃO PLANTAS-MICRORGANISMOS

Os microrganismos dos solos destacam-se pela ampla diversidade (ANDREOTE; CARDOSO, 2016). A interação com as plantas é determinante para o sucesso das atividades agrícolas (COTTA, 2016). Entre as características que determinam estão, a ciclagem de nutrientes e a manutenção da biosfera, responsáveis pelo equilíbrio ecológico (MIRANSARI, 2013; BERENDSEN et al., 2012). Essenciais para o desenvolvimento das plantas (ANDREOTE; CARDOSO, 2016).

A rizosfera é definida como região do solo que é influenciado pelas raízes das plantas, sendo este, um ambiente rico em nutrientes e conseqüentemente em microrganismos (ROMAGNOLI; ANDREOTE, 2016). Essa riqueza de microrganismos deve-se a exsudação

de moléculas de baixo peso molecular pelas raízes, que resulta da atração e seleção de biomassa microbiana na rizosfera (BAIS et al., 2006).

Entre os microrganismos selecionados na rizosfera encontra-se, os que podem beneficiar ou prejudicar as plantas, as influenciando diretamente (BARRET et al., 2011). Podemos encontrar entre os fungos mais frequentes o *Trichoderma* sp., que apresentam capacidade de colonizar epiderme das raízes das plantas cultivadas (AZEVEDO, 1998). Os microrganismos têm a capacidade de interferir no desenvolvimento vegetal, assim como na ativação de mecanismos de defesa, protegendo-as de pragas e doenças (STANGARLIN, et al., 2011) e/ou auxiliando na absorção de nutrientes (MIRANSARI, 2013).

A população microbiana pode ser perturbada por múltiplos fatores, tais como, o manejo de solo e a presença de diferentes grupos de raízes (ROMAGNOLI et al., 2016). Com isso a comunidade microbiana do solo, comumente é constituída de maior abundância de organismos, contudo se tem diminuição da diversidade (BARRET et al., 2011). Este por sua vez é resultado do cultivo de plantas de uma mesma espécie, que conseqüentemente determina a seleção de grupos de microrganismos, causando a homogeneização dos solos (ANDREOTE; CARDOSO, 2016).

## 2.10 ERGOSTEROL COMO INDICADOR DE BIOMASSA FÚNGICA

O ergosterol é componente de membrana celular, presente em fungos (MOESKOPS et al., 2012). É um esteroide derivado do isopreno, que atua na membrana celular, com a função de modular a fluidez da célula, permeabilidade e integridade, imprescindível para a vida celular (SUETH-SANTIAGO et al., 2015).

É um bom indicador de massa fúngica, pois o mesmo tem boa correlação com a biomassa fúngica metabolicamente ativa, sendo um dos métodos mais eficientes para estimar massa fúngica em substratos naturais (RUZICKA et al., 2000; MOESKOPS et al., 2012).

Parte dessa precisão deve-se ao fato de que o ergosterol é rapidamente degradado após a morte celular fúngica, garantindo a estimativa de fungos metabolicamente ativos (MILLE-LINDBLOM et al., 2004). E essa expressa uma alta correlação entre o carbono da biomassa microbiana e o conteúdo de ergosterol presente no solo (DJAJAKIRANA et al., 1996).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 AVALIAÇÃO DE ISOLADOS DE *TRICHODERMA* NA SEVERIDADE DE CRESTAMENTO BACTERIANO COMUM EM CASA DE VEGETAÇÃO

O experimento foi conduzido no Complexo de Controle Biológico e Cultivo Protegido Prof. Dr. Mário César Lopes, pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste, *Campus* de Marechal Cândido Rondon – PR. Foi utilizado o esquema fatorial 3x26, sendo três solos (ARGISSOLO de textura arenosa, LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico e NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico) – (SANTOS et al., 2013) e 25 tratamentos, sendo 23 isolados de *Trichoderma* (Tabela 2), um tratamento com calda bordalesa (1,5%) e um tratamento apenas com água.

Os substratos utilizados foram obtidos a partir da camada de (0-20cm), dos solos com origem em Mundo Novo – MS (ARGISSOLO de textura arenosa), Marechal Cândido Rondon – PR (LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico) e Marquinho – PR (NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico), (SANTOS et al., 2013), posteriormente homogêneos em betoneira por 5 minutos com as seguintes características físicas e químicas (Tabela 1):

**Tabela 1.** Características químicas e granulométricas dos substratos oriundos dos solos: ARGISSOLO de textura arenosa (ATA), LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de textura muito argilosa (LVE), NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico (NRE).

	P	MO	pH CaCl <sub>2</sub>	H +Al	Al <sup>3+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	CTC	V	Al
	mg dm <sup>3</sup>	g dm <sup>3</sup>	0,01 mol L <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>						%		
ATA	8,99	6,84	5,29	1,76	0,00	0,10	0,75	0,37	1,22	2,98	40,94	0,00
LVE	23,66	43,74	5,94	2,26	0,00	0,38	2,69	3,09	6,16	8,42	73,16	0,00
NRE	6,29	54,68	5,21	3,49	0,00	0,26	3,74	3,33	7,33	10,82	67,74	0,00

Micronutrientes				Análise granulométrica				
Cu	Zn	Mn	Fe	Argila	Silte	Areia		
mg dm <sup>3</sup>				g kg <sup>-1</sup>				
ATA	1,20	2,00	62,60	20,80	ATA	30,00	68,56	901,44
LVE	8,50	2,50	80,20	16,80	LVE	382,50	547,03	70,47
NRE	7,40	3,70	72,20	52,80	NRE	516,50	384,03	99,47

\* Análise realizada no Laboratório de Química Ambiental e Instrumental. Unioeste.

##### 3.1.1 Cultivo e preparo de inóculo de *Trichoderma*

O cultivo inicial dos isolados de *Trichoderma* sp., para o presente trabalho, foram obtidos a partir de micélio mais esporos, preservados pelo método Castellani (COSTA;

FERREIRA, 1991), pertencentes a Micoteca do Laboratório de Fitopatologia da Unioeste (Tabela 2), posteriormente transferidos para placas contendo meio BDA e mantidos em BOD por oito dias a 25 °C, com fotoperíodo de 12 horas.

Para obtenção de inóculo, foram repicados três discos de batata-dextrose-ágar (BDA) com diâmetro de 4 mm, contendo micélio e conídios de *Trichoderma*, transferidos para erlenmeyer contendo arroz cozido na proporção de 20 gramas de arroz para 25 mL de água, mantidos a 22 °C em ambiente escuro. Após 21 dias, foi realizada a inoculação transferindo-se um grão de arroz colonizado com os respectivos isolados de *Trichoderma*, para cada semente de feijão semeada nos vasos.

**Tabela 2.** Identificação, espécie e origem dos isolados de *Trichoderma* sp. utilizados nos experimentos.

Isolado	Espécie	Origem
TI1	<i>Trichoderma virens</i>	Itaqui - RS
TI2	<i>Trichoderma harzianum</i>	Itaqui - RS
TI3	<i>Trichoderma virens</i>	Itaqui - RS
TI4	<i>Trichoderma harzianum</i>	Itaqui - RS
TM1	<i>Trichoderma virens</i>	Maçambará - RS
TM2	<i>Trichoderma virens</i>	Maçambará - RS
TM3	<i>Trichoderma virens</i>	Maçambará - RS
TM4	<i>Trichoderma virens</i>	Maçambará - RS
TLB2	<i>Trichoderma harzianum</i>	Marechal Cândido Rondon - PR
TLB3	<i>Trichoderma harzianum</i>	Marechal Cândido Rondon - PR
TLB4	<i>Trichoderma harzianum</i>	Cascavel - PR
TLB6	<i>Trichoderma asperellum</i>	Missal - PR
TLB9	<i>Trichoderma virens</i>	Céu Azul - PR
TLB12	<i>Trichoderma harzianum</i>	Entre Rios do Oeste - PR
TLB14	<i>Trichoderma koningiopsis</i>	Santa Helena - PR
TLB15	<i>Trichoderma virens</i>	Missal - PR
TLB17	<i>Trichoderma koningiopsis</i>	Medianeira - PR
TOD1	<i>Trichoderma harzianum</i>	Santa Rosa Del Monday - PY
TOD2A	<i>Trichoderma longibrachiatum</i>	Santa Rosa Del Monday - PY
TOD2B	<i>Trichoderma longibrachiatum</i>	Santa Rosa Del Monday - PY
TOD3	<i>Trichoderma harzianum</i>	Santa Rosa Del Monday - PY
TNH1	<i>Trichoderma spirale</i>	Marquinho - PR
TNH2	<i>Trichoderma virens</i>	Marquinho - PR

### 3.1.2 Implantação do experimento

A cultivar de feijoeiro utilizada foi IPR Tuiuiú, que pertence ao grupo preto; hábito de crescimento indeterminado tipo II; porte ereto; resistente a murcha de *Fusarium* e ao mosaico comum e moderadamente resistente a ferrugem, mancha angular e oídio, moderadamente

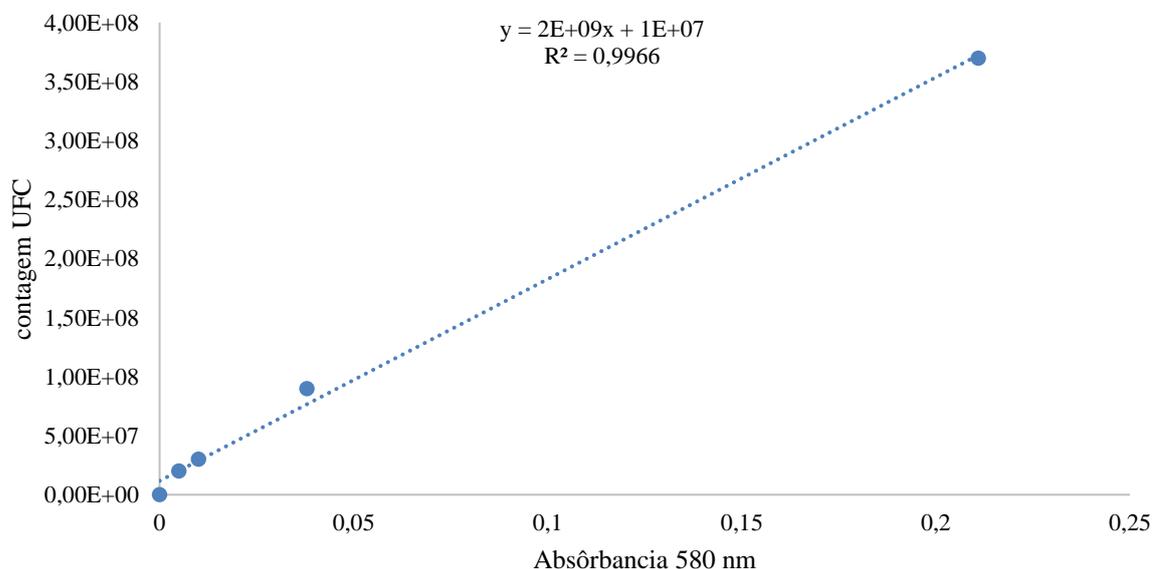
suscetível a murcha de *Curtobacterium* e suscetível a antracnose e crestamento bacteriano comum. O seu ciclo médio da emergência a colheita é de 88 DAE; massa média de mil sementes é de 227 g.

O solo homogeneizado foi acomodado em vasos com capacidade de dois litros, mantendo a microbiota nativa existente, foram utilizadas quatro sementes de feijão por vaso e após quinze dias foi selecionada duas plantas por vaso, cada tratamento teve cinco repetições. A adubação foi realizada quinze dias após a semeadura, fornecendo nitrogênio, fósforo e potássio, de acordo com as características químicas, buscando máximo potencial produtivo.

### 3.1.3 Cultivo e preparo do inóculo do patógeno

O cultivo *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* foi realizada em placas de Petri, contendo meio AN (agar nutriente), mantidos em BOD a 26 °C por 48 horas. Após este cultivo preparou-se suspensão bacteriana em solução salina (0,85%) com concentração ajustada a  $10^8$  UFC mL<sup>-1</sup>, com base em curva de concentração bacteriana previamente elaborada a 580 nm em espectrofotômetro (Figura 1).

A inoculação do patógeno foi realizado na primeira folha trifoliada completamente expandida das plantas de feijoeiro, com aproximadamente 2 mL de suspensão em cada vaso, com o auxílio de um borrifador manual de pressão acumulada.

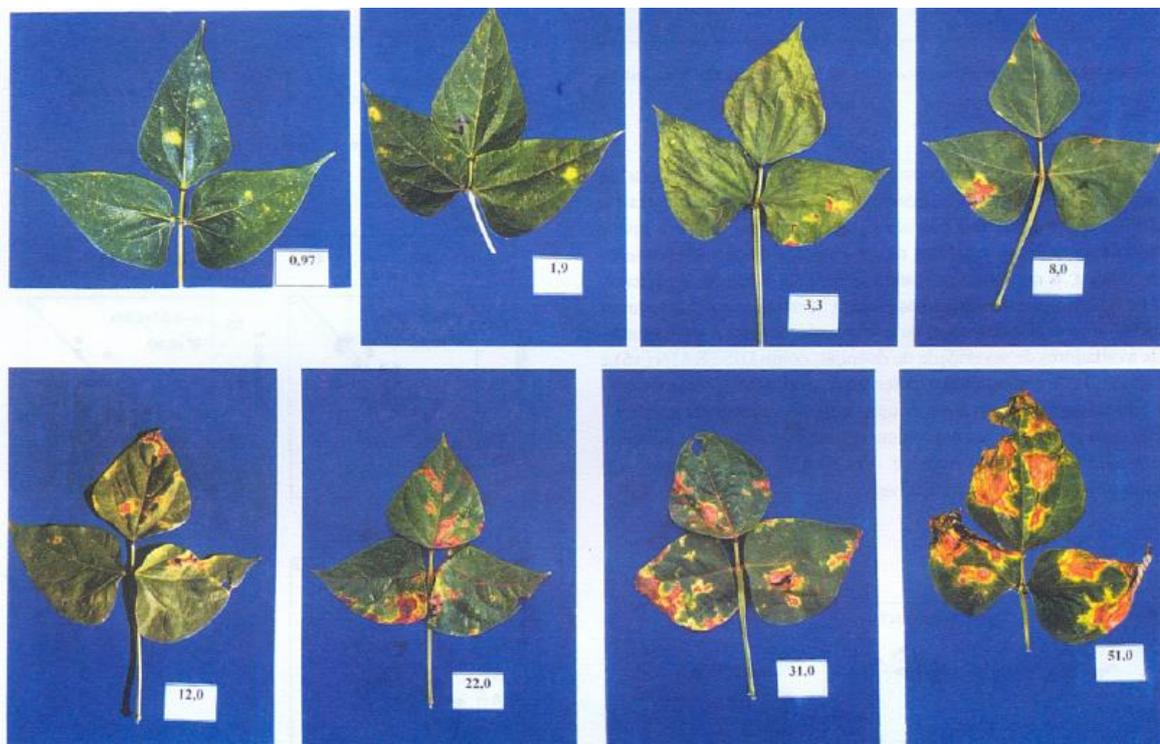


**Figura 1.** Curva padrão de absorvância e número de unidades formadoras de colônia.

### 3.1.4 Avaliação da severidade

A avaliação de severidade foi iniciada uma semana após a inoculação, com auxílio da escala diagramática desenvolvida por Díaz et al. (2001), realizada com intervalo de três dias e

repetida por um período de quinze dias, posteriormente foi elaborada a curva de progresso do crestamento bacteriano comum, para calcular a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) com auxílio da fórmula  $AACPD = \sum \left( \left( \frac{Y_i + Y_{i+1}}{2} \right) * (T_2 - T_1) \right)$  (SHANER; FINNEY, 1977).



**Figura 2.** Escala diagramática para *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* em feijoeiro (DÍAZ et al., 2001).

### 3.1.5 Avaliação de fitomassa

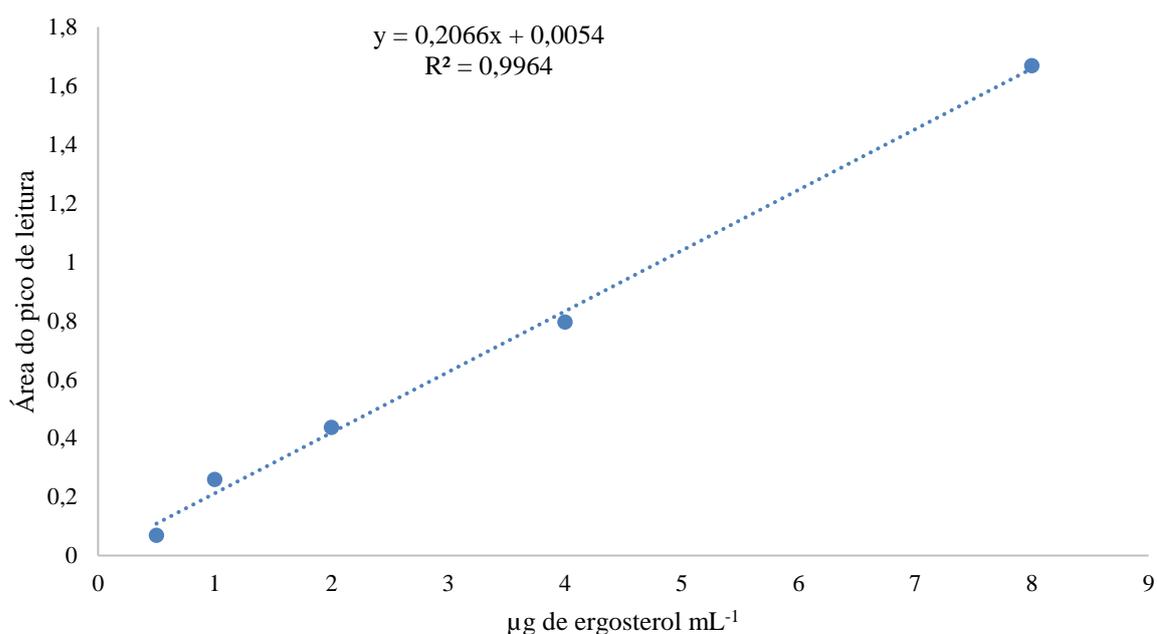
Após a última avaliação de severidade, as plantas foram coletadas e separadas em parte aérea e raízes. As raízes lavadas em água corrente, secas e acondicionadas em sacos de papel, juntamente com parte aérea, posteriormente foram secas em estufa de circulação forçada a 60 °C por 72 horas, para determinação de massa seca.

### 3.1.6 Avaliação da biomassa microbiana do solo

Em tubos falcon foram adicionados 5 g de solo, 15 mL de metanol e 5 mL de solução de hidróxido de potássio (40 g L<sup>-1</sup> de KOH a etanol 95%); foram homogeneizados em vortex por 10 seg; sonificados por 1 min em banho-maria ultrassônico; a mistura de extração foi transferida e colocada em banho-maria a 80-83 °C por 15 min; foi homogeneizada em vortex;

retornou por mais 15 min para o banho-maria; os tubos foram resfriados em água corrente; a mistura de extração foi filtrada em papel Whatman no 1; foi lavada com 5 mL de água e 10 mL de metanol; o filtrado foi transferido para um tubo falcon com capacidade de 50 mL e foi extraído por três vezes com 10 mL de hexano; os extratos foram combinados evaporou-se todo o hexano em evaporador rotatório a vácuo à temperatura de 42 °C - 43 °C; as amostras foram ressuspensas em 5 mL de metanol, homogeneizadas e filtradas em filtros HV Millex (0,45 µm); estocadas em freezer a -24 °C. As amostras extraídas foram analisadas por HPLC; o sistema utilizado foi HPLC / UHPLC de Thermo Scientific UltiMate 3000 Standard; o comprimento de onda utilizado foi de 282nm; a coluna C18, de fase reversa, Acclaim™120 Å (250 mm x 4,6 mm x 5,0 µm), em temperatura ambiente; o sistema foi operado isocraticamente com 100% de metanol, com fluxo de 1,2 mL min<sup>-1</sup> e um loop de 20 µL foi usado para a injeção; o tempo de retenção foi de aproximadamente 20min; os dados obtidos por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) foram quantificados pela área do pico nas amostras e comparados aos padrões da curva de calibração preparados com ergosterol; a molécula de ergosterol foi confirmada pela comparação dos tempos de retenção com o padrão externo adaptado de Eash (1996).

A quantificação de ergosterol obtido com auxílio da curva padrão (Figura 2), posteriormente estimativa de biomassa fúngica em mg micélio (massa seca) por grama de solo auxílio da equação ( $y = 0,3193 + 0,5312x$ ), proposta por Stangarlin (1999).



**Figura 3.** Curva padrão de ergosterol em µg de ergosterol mL<sup>-1</sup>.

### 3.1.7 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANAVA) e as médias submetidas ao teste Tukey 5%, utilizando o software SISVAR, versão 5.6 (FERREIRA, 2011). Foram selecionados quatro isolados de *Trichoderma* para cada região, sendo desses, os que apresentaram as menores médias AACPD de crestamento bacteriano comum para cada tipo de solo, e os que apresentaram as menores médias em análise conjunta para os três solos, totalizando oito isolados de *Trichoderma* selecionados em casa de vegetação.

## 3.2 EFEITO DE ISOLADOS DE *Trichoderma* sp. EM CONDIÇÕES DE CAMPO

### 3.2.1 Mundo Novo – MS

Campo experimental 1: foi conduzido em Mundo Novo - MS utilizando ARGISSOLO de textura arenosa (SANTOS et al., 2013), Clima Subtropical Úmido (Mesotérmico) temperaturas médias anuais máximas por volta dos 28 °C (SEMADE, 2015).

O feijão de segunda safra 2015/2016 foi cultivado na área com as seguintes características químicas e granulométricas Tabela 3, e coordenadas geográficas 23°56'20" S 54°18'17" O, em área anteriormente cultivada com milho, iniciou-se o cultivo após a dessecação com glifosato.

**Tabela 3.** Características químicas e granulométricas do ARGISSOLO de textura arenosa em fevereiro de 2016 em Mundo Novo - MS.

P	MO	pH Ca Cl <sub>2</sub>	H + Al	Al <sup>3+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	CTC	V	Al
mg dm <sup>3</sup>	g dm <sup>3</sup>	0,01 mol L <sup>-1</sup>				cmolc dm <sup>3</sup>					%
6,68	8,20	5,51	2,19	0,00	0,26	1,50	0,37	2,13	4,32	49,31	0,00
Micronutrientes						Análise granulométrica					
Cu	Zn	Mn	Fe	Argila	Silte	Areia					
mg dm <sup>3</sup>						g kg <sup>-1</sup>					
1,20	0,90	67,80	22,55	30,00	68,56	901,44					

\* Análise realizada no Laboratório de Química Ambiental e Instrumental. Unioeste.

O feijoeiro de primeira safra 2016/2017 foi cultivado na área com as seguintes características químicas e granulométricas Tabela 4, e coordenadas geográficas 24°00'12"S 54°18'42"O, área com consecutivos cultivos de mandioca, onde se realiza preparo mecânico com uma gradagem com grade aradora, posterior ao preparo foi realizado a semeadura do feijão.

**Tabela 4.** Características químicas e granulométricas do ARGISSOLO de textura arenosa em agosto de 2016 em Mundo Novo - MS.

P	MO	pH Ca Cl <sub>2</sub>	H + Al	Al <sup>3+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	CTC	V	Al
mg dm <sup>3</sup>	g dm <sup>3</sup>	0,01 mol L <sup>-1</sup>				cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup>					%
2,14	8,20	4,61	3,36	0,10	0,24	1,32	0,41	1,97	5,33	36,97	4,83
Micronutrientes						Análise granulométrica					
Cu	Zn	Mn	Fe	Argila	Silte	Areia					
mg dm <sup>3</sup>						g kg <sup>-1</sup>					
1,20	2,20	219,0	29,20	42,50	115,81	841,69					

\* Análise realizada no Laboratório de Química Ambiental e Instrumental. Unioeste.

### 3.2.2 Marechal Cândido Rondon - PR

Campo experimental 2: foram conduzidos na Estação Experimental Prof. Dr. Antônio Carlos dos Santos Pessoa pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste, *Campus* de Marechal Cândido Rondon – PR. O solo LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de textura muito argilosa (SANTOS et al., 2013). Marechal Cândido Rondon-PR clima subtropical úmido com temperaturas médias anuais variando entre 16 a 28,7 °C (IAPAR, 2015).

O feijoeiro de segunda safra 2015/2016 foi cultivado na área com as seguintes características químicas e granulométricas Tabela 5, e coordenadas geográficas 24°31'58"S 54°01'15"O, em área previamente cultivada com hortaliças com sistema de preparo convencional.

**Tabela 5.** Características químicas e granulométricas de LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de textura muito argilosa em fevereiro de 2016 em Marechal Cândido Rondon – PR.

P	MO	pH Ca Cl <sub>2</sub>	H + Al	Al <sup>3+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	CTC	V	Al
mg dm <sup>3</sup>	g dm <sup>3</sup>	0,01 mol L <sup>-1</sup>				cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup>					%
222,23	31,44	6,40	2,40	0,00	0,68	3,07	3,09	6,84	9,24	74,03	0,00
Micronutrientes						Análise granulométrica					
Cu	Zn	Mn	Fe	Argila	Silte	Areia					
mg dm <sup>3</sup>						g kg <sup>-1</sup>					
4,70	11,20	66,20	36,20	382,50	547,03	70,47					

\* Análise realizada no Laboratório de Química Ambiental e Instrumental. Unioeste.

O feijoeiro de primeira safra 2016/2017 foi cultivado na área com as seguintes características químicas e granulométricas Tabela 6, e coordenadas geográficas 24°31'55"S

54°00'58"O, área cultivada com aveia branca para produção de feno, posteriormente dessecada a rebrota e semeado sobre os restos culturais.

**Tabela 6.** Características químicas e granulométricas de LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de textura muito argilosa em agosto de 2016 em Marechal Cândido Rondon – PR.

P	MO	pH Ca Cl <sub>2</sub>	H + Al	Al <sup>3+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	CTC	V	Al
mg dm <sup>3</sup>	g dm <sup>3</sup>	0,01 mol L <sup>-1</sup>				cmolc dm <sup>3</sup>					%
10,80	12,30	5,55	3,62	0,00	0,15	4,54	2,80	7,49	11,11	67,42	0,00
Micronutrientes						Análise granulométrica					
Cu	Zn	Mn	Fe	Argila	Silte	Areia					
mg dm <sup>3</sup>						g kg <sup>-1</sup>					
4,30	1,80	164,00	13,50	434,00	484,52	81,48					

\* Análise realizada no Laboratório de Química Ambiental e Instrumental. Unioeste.

### 3.2.3 Marquinho – PR

Foi conduzido na propriedade rural pertencente ao senhor Luiz Antônio de Souza localizado na localidade de Marquinho Velho, com solo classificado como NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico (SANTOS et al., 2013), e clima Subtropical Mesotérmico Úmido com temperaturas médias entre 14,3 a 24,9 °C (IAPAR, 2015).

O feijoeiro de segunda safra 2015/2016 foi cultivado na área com as seguintes características químicas e granulométricas Tabela 7, e coordenadas geográficas 25°07'45"S 52°14'42"O, área previamente cultivada com pastagem (*Panicum maximum*) cujo o preparo foi realizado com dessecação com glifosato e posterior gradagem.

**Tabela 7.** Características químicas e granulométricas de NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico em fevereiro de 2016 em Marquinho – PR.

P	MO	pH Ca Cl <sub>2</sub>	H + Al	Al <sup>3+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	CTC	V	Al
mg dm <sup>3</sup>	g dm <sup>3</sup>	0,01 mol L <sup>-1</sup>				cmolc dm <sup>3</sup>					%
15,97	57,42	5,67	4,05	0,00	0,34	5,99	3,79	10,12	14,17	71,42	0,00
Micronutrientes						Análise granulométrica					
Cu	Zn	Mn	Fe	Argila	Silte	Areia					
mg dm <sup>3</sup>						g kg <sup>-1</sup>					
8,20	4,10	96,00	53,40	516,50	384,03	99,47					

\* Análise realizada no Laboratório de Química Ambiental e Instrumental. Unioeste.

O feijoeiro de segunda safra 2016/2017 foi cultivado área com as seguintes características químicas e granulométricas Tabela 8, e coordenadas geográficas 25°08'02.3"S

52°14'52.1"O, previamente cultivado com grama Tifton 85, posteriormente dessecada com glifosato e realizada a gradagem para preparo convencional do solo.

**Tabela 8.** Características químicas e granulométricas de NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico em agosto de 2016 em Marquinho – PR.

P	MO	pH Ca Cl <sub>2</sub>	H + Al	Al <sup>3+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	CTC	V	Al
mg dm <sup>3</sup>	g dm <sup>3</sup>	0,01 mol L <sup>-1</sup>				cmolc dm <sup>3</sup>					%
1,31	43,74	5,11	7,98	0,00	0,31	7,01	3,46	10,78	18,76	57,46	0,00
Micronutrientes						Análise granulométrica					
Cu	Zn	Mn	Fe	Argila	Silte	Areia					
mg dm <sup>3</sup>						g kg <sup>-1</sup>					
3,90	5,00	217,00	63,70	295,50	596,69	107,81					

\* Análise realizada no Laboratório de Química Ambiental e Instrumental. Unioeste.

### 3.2.1 Implantação da cultura

As parcelas foram organizadas em delineamento blocos casualizado, cada parcela continha cinco linhas com espaçamento 0,45 m com seis metros de comprimento, a população utilizada foi de dez plantas por metro linear, a semeadura de forma manual e adubação de acordo com as necessidades da cultura buscando máximo potencial produtivo.

Os isolados de *Trichoderma* sp. (TLB15 e TLB6) a ser utilizado nos três solos, (TOD1 e TM4) ARGISSOLO de textura arenosa, (TNH1 e TLB17) LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico de textura muito argilosa, (TLB14 e TLB12) NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico, utilizados no experimento foram selecionados previamente em casa de vegetação. O cultivo do inóculo seguiu a metodologia descrita anteriormente no (item 3.1.1), sendo utilizado um grão de arroz colonizado, para cada semente de feijoeiro.

Foram adicionados dois produtos comerciais Agro Mos<sup>®</sup> e Nem Out<sup>®</sup>.

- Agro Mos<sup>®</sup> (indutor de resistência biótico, constituído de mananoligosacarídeos extraídos de parede celular de leveduras), aplicado nos estádios V2 e V4.
- Nem Out<sup>®</sup> (produto comercial contendo *Trichoderma longibrachiatum*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus subtilis*, protease, xilanase e celulase), aplicado nos estádios V2 e V4.

Calda bordalesa a 1,5% (sulfato de cobre e cal virgem), aplicado nos estádios V2 e V4.

E a testemunha água, onde não foi realizada aplicação de tratamentos, porém foi realizada a inoculação do patógeno.

### 3.3 COLETA DE DADOS DE TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

A coleta de dados de temperatura do cultivo da segunda safra e primeira safra (2015/2016 e 2016/2017), em Mundo Novo – MS e Marquinho – PR, foram realizadas na área de cultivo, registradas a cada trinta minutos por meio de sensores automáticos, e os dados armazenados em *Datalogger* da marca Homis, modelo 494.

Os dados de precipitação pluviométrica para a segunda safra 2015/2016 foram obtidas pela Estação Meteorológica Automática pertencente ao INMET, alocada em Itaquiraí - MS (23°44'95" S, 54°18'18" O). Para a primeira safra 2016/2017 foram obtidas pela Estação Meteorológica Automática de pertencente ao INMET, alocada em Sete Quedas - MS (23°96'68" S, 55°02'42" O).

Os dados de precipitação pluviométrica da segunda safra e primeira safra (2015/2016 e 2016/2017), foram obtidas, por meio de dados disponibilizados Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (AGUASPARANÁ - Instituto das Águas do Paraná, Sistema de Informações Hidrológicas – SIH), alocada em Marquinho - PR (25° 06' 44" S, 52° 15' 30" O).

Os dados de precipitação pluviométrica e temperatura da segunda safra e primeira safra (2015/2016 e 2016/2017), foram obtidas Estação Meteorológica Automática de pertencente ao INMET, alocada em Marechal Cândido Rondon - PR (24°53'33" S, 54°01'92" O).

### 3.4 AMOSTRAGEM E AVALIAÇÕES DE SOLO

#### 3.4.1 Amostragem de solo

As amostras de solo foram coletadas nas três linhas e entre linhas centrais, em zig-zag, intercalando uma amostra na linha e uma na entre linha da cultura totalizando seis coletas simples, na profundidade de (0-20cm), com auxílio de um trado do tipo holandês, posteriormente as amostras foram homogeneizadas, e desta retirada aproximadamente 200 gramas de solo e acondicionadas em pacote plástico.

### 3.4.2 Avaliação de biomassa fúngica

De cada amostra de solo homogeneizada em um balde plástico, e posteriormente submetida a extração e quantificação de ergosterol adaptação de Eash (1996), com auxílio da curva padrão de ergosterol e conversão em biomassa fúngica aplicada a equação proposta por Stangarlin (1999), descrito no (item 3.1.6).

### 3.4.3 Determinação de matéria orgânica

A determinação de matéria orgânica foi realizada através do método proposto por Walkley Black descrito (EMBRAPA, 1997):

Transferiu-se 1,0 cm<sup>3</sup> de solo seco e homogeneizado para erlenmeyer de 250 mL com auxílio de cachimbo volumétrico de 1,0 cm<sup>3</sup>, dentro da capela de exaustão adicionou-se 10 mL da solução de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 1N e 10 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado. Após 30 minutos foi adicionado 50 mL da solução de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 6% e 0,5 mL do indicador difenilamina. Foi titulado com a solução de FeSO<sub>4</sub> 1N até que seja atingida a coloração verde e anotar o volume. Foi realizado fazer sempre uma prova em branco (PB), realizando-se o mesmo procedimento descrito acima, porém, sem a adição de amostra.

$$\text{Percentual de carbono obtida pela equação } \%C = \frac{V_2 - V_1}{g} \times f \times 0,3896 .$$

Onde: V1 = volume de FeSO<sub>4</sub> 1N, em mL, gasto na neutralização da amostra;

V2 = volume de FeSO<sub>4</sub> 1N, em mL, gasto na neutralização do Branco;

f = fator de correção da solução de FeSO<sub>4</sub> 1N (1,02).

0,3896 = valor obtido da relação 0,30/0,77; onde 0,30 é o equivalente em grama de C em 100 g e 0,77 a eficiência do método (77%).

## 3.5 PREPARO DO INÓCULO E INOCULAÇÃO DO PATÓGENO

A suspensão bacteriana com *X. axonopodis* pv. *phaseoli* foi aplicada no feijoeiro quando o mesmo estava no estágio (R5) (início da fase reprodutiva), utilizando solução salina (0,85% de NaCl) a partir de um isolado com 48 horas de cultivo e ajustada na concentração de 1 x 10<sup>8</sup> UFC mL<sup>-1</sup> com auxílio da curva bacteriana padrão (Figura 1). Foram inoculadas com auxílio de um borrifador manual de pressão acumulada e um volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>, no período que compreende final da tarde início da noite.

### 3.6 QUANTIFICAÇÃO DA SEVERIDADES DE DOENÇAS

A avaliação de severidade foi realizada em 10 plantas marcadas com fitilhos no caule por parcela, utilizando plantas assintomáticas antes da inoculação do patógeno, foram avaliadas separadamente em duas partes, superior e inferior da copa. A primeira avaliação foi realizada uma semana após a inoculação, com auxílio da escala diagramática para crestamento bacteriano comum desenvolvida por Díaz et al. (2001), o intervalo utilizado foi sete dias entre avaliações. Posteriormente foi elaborada a curva de progresso do crestamento bacteriano comum, para calcular a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) com auxílio da fórmula  $AACPD = \sum \left( \left( \frac{Y_i + Y_{i+1}}{2} \right) * (T_2 - T_1) \right)$  (SHANER; FINNEY, 1977).

### 3.7 AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS PRODUTIVOS

As análises de produção massa seca de plantas por hectare (sem as folhas que caem antes da colheita), massa de 1000 sementes e estimativa de produtividade, com base em uma área de 2 m<sup>2</sup> utilizando-se das três linhas centrais descontando 2,26 metros de bordadura em cada lado.

### 3.8 ANÁLISES ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANAVA) e as médias submetidas ao teste Tukey a 5%, utilizando o software SISVAR, versão 5.6 (FERREIRA, 2011).

Análise de correlação de matéria orgânica e concentração de ergosterol realizado com auxílio do software Excel 2016.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 RESULTADOS OBTIDOS NA CULTURA DO FEIJOEIRO INOCULADO COM ISOLADOS DE *TRICHODERMA* EM CASA DE VEGETAÇÃO

As plantas de feijoeiro cultivadas em diferentes substratos apresentaram significância para a severidade de cretamento bacteriano comum (Tabela 9), as menores médias para o substrato NRE, seguido do substrato LVE e com a maior média para o substrato ATA. Verifica-se que o efeito significativo na redução de severidade ocorreu quando os substratos propiciaram as maiores severidades médias da doença.

**Tabela 9.** Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para o crestamento bacteriano comum do feijoeiro, em três substratos oriundos dos solos: ARGISSOLO de textura arenosa (ATA), LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de textura muito argilosa (LVE), NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico (NRE) e tratados com os isolados de *Trichoderma virens* (TI1, TI3, TM1, TM2, TM3, TM4, TLB9, TLB15 e TNH2), *Trichoderma harzianum* (TI2, TI4, TLB2, TLB3, TLB4, TLB12, TOD1 e TOD3), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma koningiopsis* (TLB14 e TLB17), *Trichoderma longibrachiatum* (TOD2A e TOD2B) e *Trichoderma spirale* (TNH1), calda bordalesa (1,5%) e testemunha água em Marechal Cândido Rondon-PR.

Tratamento	ATA	LVE	NRE
Calda bordalesa	1,817 a A	2,071 a A	0,975 a A
TM4	5,530 a A	12,415 ab A	4,320 a A
TLB15	6,022 a A	14,015 ab A	1,400 a A
TOD1	8,447 ab A	11,702 ab A	1,628 a A
TLB6	10,077 ab A	8,450 a A	2,375 a A
TM2	11,145 abc A	17,517 ab A	3,720 a A
TNH2	12,047 abcA	7,150 a A	2,912 a A
TOD2B	13,442 abcdA	12,930 ab A	7,440 a A
TLB9	13,700 abcdA	6,617 a A	1,798 a A
TLB2	14,160 abcdA	14,910 ab A	7,655 a A
TOD2A	14,917 abcdA	7,693 a A	2,233 a A
TI2	15,294 abcdA	15,950 ab A	2,912 a A
TLB17	16,987 abcdA	3,262 a A	13,392 a A
TI1	19,202 abcd B	12,860 ab AB	2,953 a A
TM1	20,017 abcd B	4,353 a A	2,938 a A
TNH1	20,057 abcd B	2,750 a A	2,253 a A
TLB12	21,512 abcd B	5,747 a A	0,581 a A
TI4	22,889 abcd B	11,652 ab AB	2,920 a A
TM3	30,935 bcd B	12,282 ab A	4,611 a A
TLB3	31,217 bcd B	7,482 a A	3,901 a A
TOD3	31,580 bcd B	11,737 ab A	3,030 a A
TI4	37,457 d B	4,410 a A	4,978 a A
TLB14	37,675 d B	10,022 ab A	1,195 a A
TLB4	37,837 d B	10,022 ab A	1,478 a A
TEST	73,722 e C	33,175 b B	5,810 a A
CV(%)		78,89	

Letras minúsculas na coluna e letras maiúsculas na linha indica diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%.

As médias de AACPD de crestamento bacteriano comum utilizando como substrato ARGISSOLO de textura arenosa ATA homogeneizado, obteve as menores médias com os tratamentos calda bordalesa e os isolados TM4 e TLB15, que foram semelhantes aos isolados TOD1, TLB6, TM2, TNH2, TOD2B, TLB9, TLB2, TOD2A, TI2, TLB17, TI1, TM1, TNH1, TLB12 e TI4, e diferiram tratamentos TM3, TLB3, TOD3, TLB16, TI4, TLB14 e TLB4, sendo a maior média de severidade obtida pela testemunha, que apresentou média superior aos tratamentos.

Em LVE homogeneizado obteve-se as menores médias quando o feijoeiro foi tratado com calda bordalesa e os isolados de *Trichoderma* TLB6, TNH2, TLB9, TOD2A, TLB17, TM1, TNH1, TLB12, TLB3 e TI4, diferindo da testemunha, no entanto os tratamentos TM4, TLB15, TOD1, TM2, TOD2B, TLB2, TI2, TI1, TI4, TM3, TOD3, TLB14 e TLB4, não diferiram significativamente da testemunha água.

Em feijoeiro cultivado em substrato NRE homogeneizado não apresentou resultados significativos entre os tratamentos, no entanto quando se análise o substrato separadamente, conclui-se que plantas de feijoeiro cultivadas nesse substrato obtiveram a menor AACPD de crestamento bacteriano, demonstrando menor pré-dispostas a doença, contudo verifica-se que o substrato ATA, obteve a maior AACPD média, indicando maior pré-disposição das plantas cultivadas nesse solo para ocorrência de crestamento bacteriano, e que por sua vez evidenciaram com clareza o efeito benéfico da inoculação de *Trichoderma* em solo associado a cultura.

Quando isolado o fator tratamentos dentro de substratos observa-se comportamento semelhante para os tratamentos TM4, TLB15, TOD1, TLB6, TM2, TNH2, TOD2B TLB9, TLB2, TOD2A, TI2 e TLB17 com comportamentos semelhantes ao obtido com o padrão calda bordalesa, com AACPD, semelhantes nos três substratos utilizados. Os isolados TM1, TNH1, TLB12, TM3, TLB3, TOD3, TI4, TLB14 e TLB4, apresentaram maior severidade quando utilizado em ATA em relação aos substratos NRE e LVE. Para os isolados TI1 e TI4, a AACPD no substrato LVE foram semelhantes aos demais substratos, contudo, quando comparados plantas cultivadas em substrato ATA, apresentou severidade superior a plantas cultivadas com substrato NRE.

A qualidade do solo em relação aos nutrientes e matéria orgânica foi essencial para a redução da AACPD da doença, indicando que em sistemas mais limitados em relação a disponibilidade de matéria orgânica, o solo responde de maneira significativa a inoculação de *Trichoderma*, contudo, em solo onde a teor de matéria orgânica e biomassa fúngica do solo são maiores, naturalmente a cultura do feijoeiro apresenta menor severidade da doença.

As condições do solo podem ser fatores preponderantes, que podem propiciar a interação entre as plantas e os microrganismos nela existentes. Segundo Brotman et al. (2010), a indução de resistência é desencadeada a partir da colonização da epiderme e das células do córtex radicular, e essas por sua vez desencadeiam as respostas de defesa das plantas. De acordo Machado et al. (2012), a competência rizosférica dos isolados de *Trichoderma*, está associada à sua capacidade de competir por nutrientes na rizosfera. Dessa

forma no presente trabalho, os resultados obtidos nos substratos em que o teor de matéria orgânica era menor, foram mais responsivos a inoculação de *Trichoderma* na semeadura.

Contudo ressalta-se que entre os isolados que apresentaram resultados mais efetivos na redução de severidade do crestamento não necessariamente produziram mais biomassa fúngica no solo. Estando de acordo com os autores Walters et al. (2013), que atribuíram o efeito indutor de resistência por *Trichoderma*, como uma característica genótipo-dependente tanto da cultura quanto os isolados de *Trichoderma* e esse justifica a diversidade de resultados obtidos no presente trabalho.

A biomassa fúngica do solo (Tabela 10) diferiu significativamente dentro do fator substrato LVE, quando comparados isolados de *Trichoderma*, contudo essas não diferiram dos tratamentos controle. As maiores concentrações de biomassa de fungos foram nos substratos LVE e NRE em relação ao ATA.

**Tabela 10.** Biomassa fúngica (mg de micélio seco g<sup>-1</sup> de substrato) em três substratos oriundos dos solos: ARGISSOLO de textura arenosa (ATA), LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de textura muito argilosa (LVE), NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico (NRE) e tratados com os isolados de *Trichoderma virens* (TI1, TI3, TM1, TM2, TM3, TM4, TLB9, TLB15 e TNH2), *Trichoderma harzianum* (TI2, TI4, TLB2, TLB3, TLB4, TLB12, TOD1 e TOD3), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma koningiopsis* (TLB14 e TLB17), *Trichoderma longibrachiatum* (TOD2A e TOD2B) e *Trichoderma spirale* (TNH1), calda bordalesa (1,5%) e testemunha água em Marechal Cândido Rondon-PR.

Tratamento	ATA (mg g <sup>-1</sup> de solo)	LVE (mg g <sup>-1</sup> de solo)	NRE (mg g <sup>-1</sup> de solo)
Calda bordalesa	3,64 a B	17,03 ab A	13,56 a AB
TOD1	4,73 a B	19,47 ab A	14,03 a AB
TM4	5,40 a B	13,47 ab B	25,47 a A
TLB6	5,51 a B	16,38 ab A	14,99 a AB
TNH1	5,59 a B	19,63 ab A	18,81 a A
TI2	5,73 a B	17,69 ab A	20,31 a A
TLB15	5,76 a B	12,63 ab AB	18,97 a A
TLB9	6,08 a B	12,93 ab B	24,38 a A
TLB3	6,09 a A	11,26 ab A	15,43 a A
TLB4	6,27 a B	16,77 ab A	15,69 a AB
TI1	6,28 a B	19,85 ab A	13,15 a AB
TOD3	6,56 a A	14,04 ab A	12,94 a A
TI3	6,66 a B	16,91 ab A	21,23 a A
Testemunha	6,94 a B	19,24 ab A	14,88 a AB
TI4	7,08 a B	22,51 ab A	14,41 a AB
TOD2B	7,08 a A	14,10 ab A	13,91 a A
TLB2	7,26 a B	16,41 ab AB	20,97 a A
TM3	7,29 a A	15,46 ab A	12,35 a A
TOD2A	7,34 a B	26,75 a A	19,94 a A
TLB12	7,41 a B	17,97 ab A	16,63 a AB
TM2	7,88 a A	15,90 ab A	16,94 a A
TLB14	8,08 a B	16,63 ab AB	23,22 a A
TM1	8,32 a A	14,78 ab A	10,77 a A
TLB17	9,33 a B	8,41b B	22,49 a A
TNH2	9,76 a B	22,51 ab A	16,73 Aa B
Média	6,72 B	16,68 A	17,29 A
CV(%)		31,18	

Letras minúsculas na coluna e letras maiúsculas na linha indica diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%.

A biomassa fúngica do solo nos substratos ATA e NRE não apresentaram resposta significativa para a inoculação de isolados de *Trichoderma* utilizados, contudo a biomassa fúngica de NRE é mais expressiva do que no substrato ATA, evidenciando que solos com maior concentração de argila e matéria orgânica apresentam incremento na concentração fúngica.

Para o substrato LVE, que apresenta as maiores concentração de manganês, menor concentração de ferro, aliado a característica granulométricas que propiciam, maior retenção

de água devido à alta concentração de argila, e menor concentração de areia, quando inoculado com isolados de *Trichoderma* não observa-se diferença dos tratamentos padrão calda bordalesa e testemunha, no entanto, quando tratado com o isolado TOD2A, obteve maior concentração de biomassa fúngica do que quando tratado com o isolado de *Trichoderma* (TLB17), no entanto ambos não diferiram dos demais tratamentos.

Quando isolado o fator tratamentos dentro de solos, observa-se diferenças significativas para a concentração de biomassa fúngica, a testemunha e o tratamento calda bordalesa obtiveram respostas semelhantes com maior concentração no substrato LVE, sendo este superior a concentração do substrato ATA, por sua vez não diferiram do substrato NRE. Os isolados TM4, TLB9 e TLB17, apresentaram maior concentração de biomassa fúngica no substrato NRE, em relação aos substratos ATA e LVE. Os substratos tratados com os isolados (TLB15 e TLB2), obtiveram maior concentração de biomassa fúngica no substrato NRE em relação ao ATA e semelhantes a concentração do LVE.

Os isolados TNH1, TI2, TOD3 e TOD2A, apresentaram maior concentração de biomassa fúngica nos substratos LVE e NRE em relação ao ATA. Já os isolados TLB6, TLB3, TLB4, TM3, TLB12, TM2, TLB14 e TM1 não foram influenciados pelos tipos de solos utilizados, contendo concentrações de ergosterol semelhante para os três substratos.

Quando isolados apenas o fator substrato, observa-se que as concentrações de biomassa fúngica foram semelhantes para LVE e NRE, e esses foram superiores na concentração de biomassa fúngica em relação ao substrato ATA.

Segundo Lobo Junior et al. (2009), o sistema em que se prioriza o aumento da matéria orgânica do solo, tende a beneficiar o aumento na população de *Trichoderma* do solo, esse por sua vez é responsável por incrementar a biomassa fúngica do solo, assim como no presente trabalho, que apresentou uma menor biomassa fúngica em solo mais pobre de matéria orgânica, sendo incrementado em solos com maior teor de matéria orgânica. Segundo Zilli et al. (2003), esse é um indicativo da qualidade do solo, pois, o mesmo apresenta características físicas e químicas que propiciam o desenvolvimento microbiano. Por sua vez a diferença no comportamento dos isolados, perante os substratos utilizados, pode estar associado com as exigências peculiares de que cada isolado de *Trichoderma* apresenta, sendo este mais ou menos favorecido em cada tipo de substrato.

Segundo os autores Geraldine et al. (2012), os fatores físicos e químicos podem afetar a sobrevivência de *Trichoderma* no solo. No presente trabalho a resposta ao solo com alto teor de potássio LVE, pode ser um dos fatores que alterou o comportamento diferenciado entre os isolados, que possivelmente é definida pelas características de cada *Trichoderma*. Segundo

Geraldine et al. (2013), o potássio e o manganês apresentam interferência negativa sobre o desenvolvimento desse fungo. Esse podendo ser um indicativo de que alguns isolados possam ter menor influência por esse fator químico.

Assim como existem fatores químicos responsáveis por selecionar microrganismos, os fatores físicos são determinantes para os microrganismos, de acordo com os autores Donagemma et al. (2010), os fatores físicos do solo, desempenham papel importante na seleção de microrganismos, e esses por sua vez são capazes de responder rapidamente a mudanças no ambiente. Um dos fatores físicos que apresentam papel importante é a aeração segundo Fialho et al. (2006). E esses por sua vez estão associados a matéria orgânica presente no solo, que é a fonte de alimento para microrganismos, sendo este um fator limitante para a microbiota do solo (DONAGEMMA et al., 2010).

A massa seca de raiz (Tabela 11) analisando em esquema fatorial com três solos e 26 tratamentos, apresentou interação significativa para massa seca de raiz.

**Tabela 11.** Massa seca de raiz (g), em três substratos oriundos dos solos: ARGISSOLO de Textura Arenosa (ATA), LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de textura muito argilosa (LVE), NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico (NRE) e tratados com os isolados de *Trichoderma virens* (TI1, TI3, TM1, TM2, TM3, TM4, TLB9, TLB15 e TNH2), *Trichoderma harzianum* (TI2, TI4, TLB2, TLB3, TLB4, TLB12, TOD1 e TOD3), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma koningiopsis* (TLB14 e TLB17), *Trichoderma longibrachiatum* (TOD2A e TOD2B) e *Trichoderma spirale* (TNH1), calda bordalesa (1,5%) e testemunha água em Marechal Cândido Rondon-PR.

Tratamento	ATA (g massa seca de raiz)	LVE (g massa seca de raiz)	NRE (g de massa seca de raiz)
TM2	0,643 a A	0,710 abcd A	0,660 cdef A
TLB2	0,610 a A	0,685 abcd A	0,560 ef A
TI4	0,610 a A	0,372 d A	0,622 def A
TOD2B	0,593 a AB	0,776 abcd A	0,376 f B
Testemunha	0,585 ab A	0,726 abcd A	0,660 cdef A
TOD3	0,576 ab B	0,535 abcd B	1,047 abc A
TOD1	0,576 ab A	0,685 abcd A	0,497 ef A
TLB14	0,510 ab B	0,872 ab A	0,410 f B
TNH1	0,510 ab B	0,422 cd B	1,076 ab A
TI1	0,497 ab B	0,447 cd B	0,885 abcde A
TLB6	0,485 ab A	0,496 bcd A	0,510 ef A
TLB3	0,460 ab A	0,610 abcd A	0,560 ef A
TM3	0,460 ab B	0,810 abc A	0,510 ef B
TLB12	0,447 ab C	0,735 abcd B	1,143 a A
TLB17	0,447 ab C	0,710 abcd A	0,485 ef AB
TOD2A	0,447 ab B	0,560 abcd AB	0,722 bcdef A
Calda bordalesa	0,435 ab A	0,426 cd A	0,376 f A
TM4	0,435 ab B	0,626 abcd AB	0,872 abcde A
TLB9	0,410 ab B	0,676 abcd A	0,760 abcdef A
TI2	0,360 ab B	0,926 a A	1,010 abcd A
TLB4	0,347 ab B	0,672 abcd A	0,435 f AB
TM1	0,347 ab A	0,493 bcd A	0,585 ef A
TI3	0,310 ab B	0,626 abcd AB	1,085 ab A
TNH2	0,310 ab B	0,893 ab A	0,685 bcdef A
TLB15	0,176 b B	0,572 abcd A	0,610 def A
CV(%)	26,42		

Letras minúsculas na coluna e letras maiúsculas na linha indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5%.

A quantidade de massa seca de raiz para o substrato ATA, mostrou-se significativo entre isolados de *Trichoderma*, tendo maior acúmulo de massa seca para os isolados TM2, TLB2, TI4 e TOD2B, em relação ao isolados TLB15, e esses não diferiram da testemunha e calda bordalesa, assim como dos demais isolados utilizados.

A produção de massa seca de raiz para o substrato LVE foi superior quando inoculado com os isolados TLB14, TI2 e TNH2, no entanto o tratamento calda bordalesa reduziu a massa radicular.

Utilizando o substrato NRE os tratamentos TNH1 e TLB12, apresentaram incremento de massa seca de raiz em relação a testemunha e ao tratamento calda bordalesa, não apresentando diferença significativa dos demais tratamentos.

Para as médias dos isolados utilizados em cada substrato observou-se resultados significativos, sendo os substratos LVE e NRE, com as maiores médias em relação ao substrato ATA.

Quando comparado a massa seca de raiz de cada isolado para cada tipo de substrato os isolados TM2, TLB2, TI4, TOD1, TLB6, TLB3, TLB16 e TM1 e o tratamento calda bordalesa e testemunha, foram semelhantes, não havendo diferença significativa entre os substratos. Quando feijoeiro tratado com os isolados TOD3, TNH1, TLB12 e TI1, apresentaram massa seca de raiz semelhante para os substratos ATA e LVE e incremento de massa seca para o substrato NRE. Os isolados TLB14 e TM3, tiveram desenvolvimento semelhante nos substratos ATA e NRE e incremento de massa seca de raiz no LVE. Os isolados TLB9, TI2, TNH2 e TLB15 obtiveram menor massa seca de raiz em substrato ATA em relação ao substrato LVE e NRE, que obtiveram incremento de massa seca de raiz. Os isolados TLB17 e TLB4, apresentaram maior média de massa seca de raiz para o substrato LVE em relação ao ATA e não diferindo do NRE. Os isolados TOD2A e TM4 obtiveram maior média de massa seca de raiz para o NRE, quando comparado ao ATA, no entanto não diferiu dos demais para o LVE.

Diante do exposto fica evidente, que os isolados utilizados não diferiram da testemunha para os substratos ATA e LVE, contudo no substrato NRE, diferiu para dois isolados de *T. spirale* TNH1 e *T. harzianum* TLB12, que resultaram em um incremento de massa seca de raiz. Esse incremento de raiz é resultado das mudanças do perfil metabólico das plantas (ETHUR et al., 2005). Essas mudanças incluem aminoácidos, poliaminas, açúcares e os intermediários do ciclo do ácido cítrico, com isso se tem um aumento do suprimento de energia necessário para a promoção das raízes (ETHUR et al., 2005; BROTMAN et al., 2012). De acordo com Brandani; Santos (2016), a qualidade da matéria orgânica presente no solo em questão exerce um papel importante na colonização por *Trichoderma* sp., pois, a matéria orgânica é a fonte energética e determina a persistência dos microrganismos no ambiente.

No presente trabalho, evidencia-se o efeito das características físico-químicas de solo, foram fatores que limitaram o desenvolvimento radicular, sendo o substrato ATA com a menor disponibilidade de nutrientes disponíveis para o desenvolvimento do feijoeiro, assim como, matéria orgânica. Aliados a menor biomassa microbiana, que é responsável pela ciclagem de nutrientes e aumento na eficiência do sistema radicular comprometeu negativamente o acúmulo de massa seca radicular. Segundo Zelli et al. (2003), não é apenas a fertilidade que desempenha papel importante no desenvolvimento das plantas, mas também a quantidade e a qualidade dos microrganismos existentes. E estes segundo Ethur et al. (2005), apresentam a capacidade a interferência no crescimento de vegetais propiciada pela produção de metabólitos secundários, que melhoram a competitividade desse gênero de fungos em sobreviver na rizosfera.

A produção de massa seca de parte aérea Tabela 12, obteve efeito significativo nos tratamentos quando comparados os substratos utilizados, no entanto, não apresentou interação significativa dos fatores substratos e isolados de *Trichoderma* sp.

**Tabela 12.** Massa seca de parte aérea (g) em três substratos oriundos dos solos: ARGISSOLO de Textura Arenosa (ATA), LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de textura muito argilosa (LVE), NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico (NRE) e tratados com os isolados de *Trichoderma virens* (TI1, TI3, TM1, TM2, TM3, TM4, TLB9, TLB15 e TNH2), *Trichoderma harzianum* (TI2, TI4, TLB2, TLB3, TLB4, TLB12, TOD1 e TOD3), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma koningiopsis* (TLB14 e TLB17), *Trichoderma longibrachiatum* (TOD2A e TOD2B) e *Trichoderma spirale* (TNH1), calda bordalesa (1,5%) e testemunha água em Marechal Cândido Rondon-PR.

Tratamento	ATA (g massa seca de parte aérea)	LVE (g massa seca de parte aérea)	NRE (g massa seca de parte aérea)	Média (g massa seca de parte aérea)
TNH1	2,67 a A	2,90 a A	2,81 a A	2,79
TLB14	2,67 a B	3,74 a A	3,00 a AB	3,17
TLB4	2,64 a A	3,16 a A	2,51 a A	2,74
TI2	2,62 a A	3,29 a A	2,59 a A	2,83
TOD1	2,56 a A	2,89 a A	2,48 a A	2,64
Testemunha	2,55 a A	2,70 a A	2,66 a A	2,63
TLB17	2,51 a A	3,20 a A	2,80 a A	2,83
TLB12	2,51 a A	3,37 a A	2,30 a A	2,72
TNH2	2,50 a A	3,47 a A	3,53 a A	3,16
TM4	2,46 a A	3,01 a A	2,20 a A	2,55
TI1	2,45 a A	3,43 a A	2,90 a A	2,92
TOD3	2,43 a A	3,05 a A	2,55 a A	2,67
Calda bordalesa	2,41 a B	3,62 a A	2,65 a AB	2,89
TM1	2,39 a A	3,29 a A	2,48 a A	2,71
TLB3	2,38 a A	2,94 a A	2,62 a A	2,64
TM2	2,38 a B	3,56 a A	2,65 a AB	2,86
TOD2B	2,33 a A	3,38 a A	2,68 a A	2,79
TI3	2,27 a B	3,36 a A	2,82 a AB	2,81
TM3	2,24 a B	3,51 a A	3,17 a AB	2,97
TLB2	2,24 a B	3,37 a A	2,40 a AB	2,67
TOD2A	2,23 a B	3,45 a A	2,49 a AB	2,72
TLB6	2,21 a B	3,56 a A	3,03 a AB	2,93
TI4	2,15 a A	2,90 a A	2,66 a A	2,57
TLB15	2,07 a B	3,43 a A	2,65 a AB	2,71
TLB9	1,95 a B	3,43 a A	3,39 a AB	2,59
Média	2,38 C	3,27 A	2,66 B	
CV(%)			29,13	

Letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna indica diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%.

A massa seca de parte aérea não obteve efeito significativo para os tratamentos em cada substrato, no entanto quando comparou-se ao acúmulo de massa seca, em cada tratamento nos diferentes substratos, obteve-se significância com os isolados TLB14, TM2, TM3, TLB2, TOD2A, TLB6, TLB15 e TL9 com maior acúmulo de massa seca no substrato LVE e relação ao ATA, e o substrato NRE não diferiu dos demais substratos e esses foram

semelhantes ao tratamento calda bordalesa. Os demais tratamentos não diferiram significativamente da testemunha para acúmulo de massa seca de parte aérea semelhante para os três substratos.

A média de acúmulo de massa seca de parte aérea para os três solos obteve, a maior média para o substrato LVE, seguido do substrato NRE e com a menor massa seca de parte aérea o ATA.

O incremento de massa seca é dependente da capacidade que os isolados de *Trichoderma* apresentam em interagir com a cultura e o solo. Resultados obtidos por Broetto (2013) indicaram respostas genótipo dependente, *Trichoderma*-feijoeiro em ambiente protegido com massa fresca de parte aérea obteve incrementada quando inoculado com os isolados (TM3, TLB3, TI1, TLB17 e TLB12), contudo o isolado TLB2 foi semelhante a testemunha. Contudo, o presente trabalho não indicou efeito significativo dos isolados nos substratos utilizados, estando de acordo com resultados obtidos por Ethur et al., (2005), que não obteve incremento no desenvolvimento de plântulas de tomateiro em substrato inoculado por *Trichoderma*. O efeito dos substratos foi significativo, indicando crescimento da cultura do feijoeiro, é dependente das características físico-químicas dos substratos utilizados, no cultivo. A menor produção de massa seca de parte aérea, ocorre em substrato que apresenta menor concentração de nutrientes e matéria orgânica, conseqüentemente é um solo que limita a população microbiana, diminuindo a biomassa fúngica. Estando de acordo com os autores Lobo Junior et al., (2009), que em sistemas de cultivos onde se cria condições para maior acúmulo de matéria orgânica, aumenta a população de microrganismos benéficos tais como o *Trichoderma*, e esse possibilita aumento da biomassa fúngica no solo. Assim como adaptação do isolado de *Trichoderma*, no presente trabalho fica evidente que os três isolados TLB17, TNH2 e TM1, apresentaram maior biomassa fúngica no solo, apresentaram médias de produção massa seca de parte aérea no substrato PH, semelhante aos demais substrato.

Para dar prosseguimento nos trabalhos em condições de campo, foram selecionados os melhores isolados redução da AACPD, para cada substrato sendo estes: TOD1 e TM4 para ARGISSOLO de Textura Arenosa em Mundo Novo – MS; TLB17 e TNH1 para LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico de textura muito argilosa em Marechal Cândido Rondon-PR; TLB12 e TLB14 para NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico em Marquinho – PR.

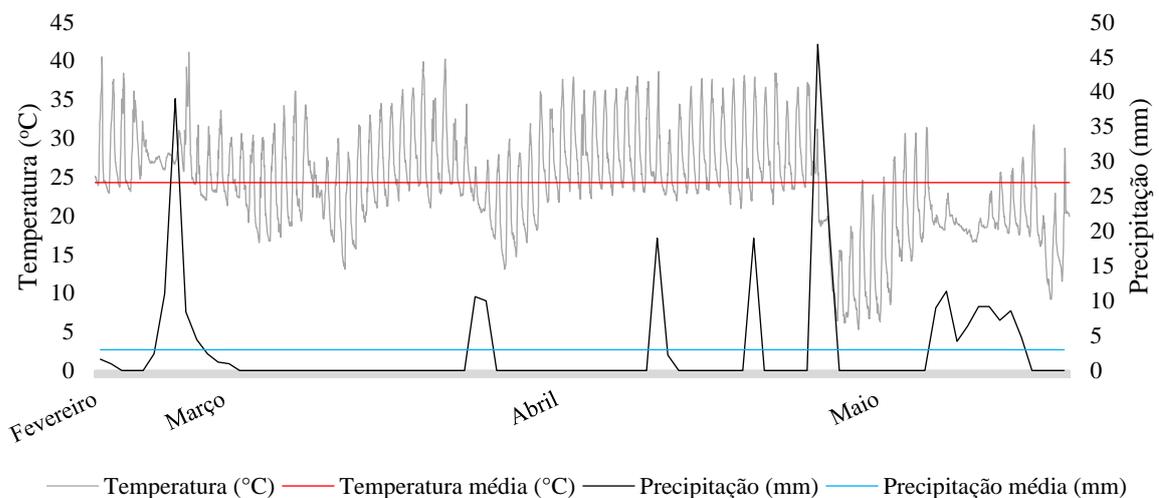
Além dos isolados mais eficientes para cada solo, procurou-se em análise conjunta, os dois isolados que melhor promoveram a sanidade para as plantas de feijoeiro nos três

substratos, para esse foram escolhidos os isolados de *Trichoderma* TLB15 e TLB6, que estão entre os isolados que mais beneficiaram a sanidade.

## 6.2 INTERAÇÃO TRICHODERMA-FEIJOEIRO-AMBIENTE EM CONDIÇÕES DE CAMPO

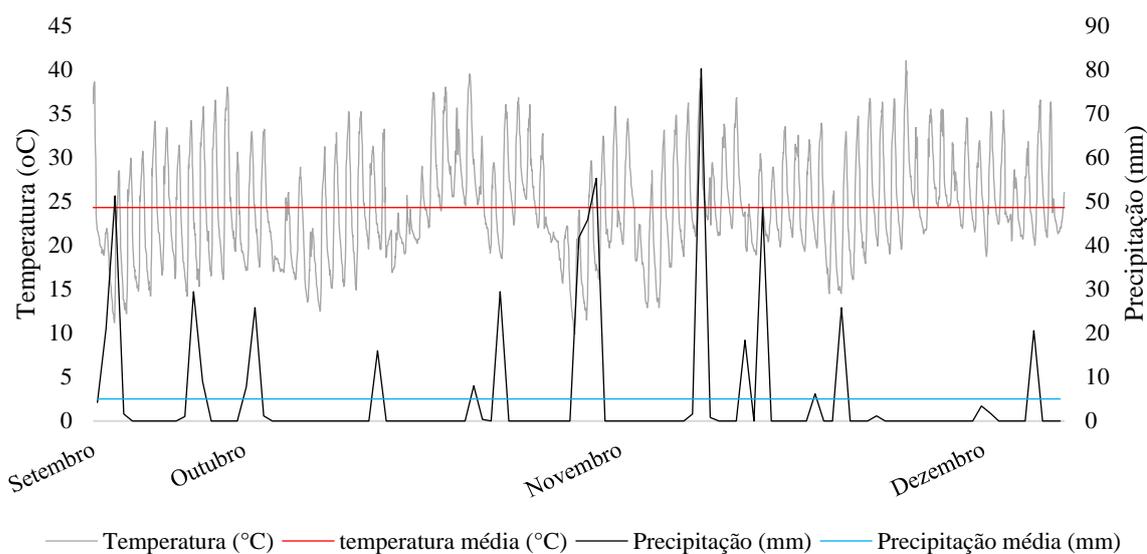
### 6.2.1 Interação *Trichoderma*-feijoeiro nas condições ambientais de Mundo Novo - MS

A Figura 3 expõe os dados de temperatura (°C), precipitação pluviométrica (mm), para a no período de 18 de fevereiro a 18 de maio de 2016, período de cultivo da segunda safra do feijoeiro. A precipitação acumulada de 271 mm, no entanto está foi irregular aliadas com aproximadamente um mês com altas temperaturas em grande parte do desenvolvimento da cultura, chegando a normalidade no estágio R6, quando a cultura já não apresentava condições para retomar seu desenvolvimento normal. Fica evidente o déficit de precipitação para os meses de março e abril.



**Figura 4.** Temperatura ambiente (°C), precipitação pluviométrica (mm), no período de 18 de fevereiro a 18 de maio de 2016, segunda safra (2015/2016) do feijoeiro. Mundo Novo – MS.

A Figura 4 expõe os dados de temperatura (°C), precipitação pluviométrica (mm), para a no período de 18 de setembro a 07 de dezembro de 2016, período de cultivo da primeira safra do feijoeiro registrou-se precipitação acumulada (557,4 mm), e maior normalidade, contudo, ocorreu período crítico no final do estágio V4 e início do estágio R5, devido à falta de umidade no solo, no entanto permitiram a recuperação após a reposição da umidade no solo.



**Figura 5.** Temperatura ambiente (°C), precipitação pluviométrica (mm), no período de 18 de setembro a 07 de dezembro de 2016, primeira safra (2016/2017) do feijoeiro. Mundo Novo – MS.

As médias de temperaturas para da segunda safra (2015/2016) e para a primeira safra (2016/2017) foram de 24,29 °C e 24,27 °C sucessivamente, de acordo com Andrade et al., (2015), está acima da média ideal para a cultura que fica em torno de 21 °C. Nas duas safras houveram extremos que prejudicaram o desenvolvimento, essas abaixo dos 15 °C e acima dos 29 °C, que proporcionam fator estresse para a cultura.

Segundo Balardin et al. (2000), a cultura do feijoeiro requer aproximadamente 3,54 mm dia, e essa deve ser bem distribuída ao longo do ciclo, ressaltando que nos estádios reprodutivos o requerimento diário chega próximo a 5,00 mm, esse tratado como ponto crítico da cultura.

Na segunda safra (2015/2016), pode-se observar (Tabela 13), os tratamentos utilizados obtiveram redução na AACPD de crestamentos bacteriano comum do feijoeiro para a parte inferior e superior da parte aérea, assim como na média de planta inteira.

**Tabela 13.** Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para o cretamento bacteriano comum nas partes superior e inferior da parte aérea e a média das plantas, em feijoeiro inoculados com *Trichoderma virens* (TLB15 e TM4), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma harzianum* (TOD1) e tratados com os controles calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Segunda safra (2015/2016) Mundo Novo – MS.

Tratamentos	AACPD inferior	AACPD superior	AACPD média
TLB15	12,16 a	0,53 a	6,35 a
Nem Out <sup>®</sup>	13,83 a	0,83 a	7,33 a
Calda bordalesa	15,33 a	1,05 ab	8,19 a
Agro Mos <sup>®</sup>	16,66 a	2,95 b	8,95 a
TLB6	16,88 a	1,23 ab	9,23 a
TOD1	15,75 a	1,56 ab	9,35 a
TM4	20,56 a	2,05 ab	11,31 a
Testemunha	51,55 b	5,73 c	28,64 b
Média	20,34	1,99	11,17
CV (%)	21,51	35,29	20,96

Letras minúsculas na coluna e letras maiúsculas na linha s indica diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%.

A AACPD da parte inferior e a média da planta foram inferiores a testemunhas e semelhantes entre si. Na parte superior da planta todos os tratamentos foram efetivos na redução da AACPD, porém os mais eficientes foram o isolado TLB15 e o produto comercial Nem Out<sup>®</sup>, por outro lado o tratamento Agro Mos<sup>®</sup> foi menos efetivo.

Na primeira safra (2016/2017), pode-se observar (Tabela 14) que a AACPD de cretamento bacteriano comum foi reduzida, no entanto a parte inferior da parte aérea os tratamentos TM4 e o produto comercial Agro Mos<sup>®</sup>, não diferiram da testemunha. Para média de planta inteira e parte superior da parte aérea da planta apenas o tratamento TM4 não diferiu da testemunha.

**Tabela 14.** Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para o crestamento bacteriano comum nas partes superior e inferior da parte aérea e a média das plantas em feijoeiro inoculados com *Trichoderma virens* (TLB15 e TM4), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma harzianum* (TOD1) e tratados com os controles calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Primeira safra (2016/2017) Mundo Novo – MS.

Tratamentos	AACPD Inferior	AACPD Superior	AACPD Média
Nem Out <sup>®</sup>	4,08 a	2,10 a	3,25 a
TLB15	4,74 ab	2,10 a	3,68 ab
TOD1	4,88 ab	1,97 a	3,72 ab
Calda bordalesa	5,46 ab	2,39 ab	4,22 ab
TLB6	5,44 ab	2,44 ab	4,23 ab
Agro Mos <sup>®</sup>	6,25 abc	2,78 ab	4,84 ab
TM4	7,88 bc	3,81 bc	6,19 bc
Testemunha	9,67 c	5,12 c	7,75 c
Média	6,05	2,84	4,73
CV (%)	21,51	19,42	20,13

Dados transformado  $\sqrt[2]{x}$ , letras minúsculas na coluna indica diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%.

Os resultados obtidos de AACPD para parte inferior, superior e a média da planta inteira foi significativo sendo os tratamentos Nem Out, TLB15, TOD1, calda bordalesa e TLB6 semelhantes, com as menores AACPD, diferindo do tratamento TM4 que apresentou média superior, e esse por sua vez obteve média semelhantes as obtidas pela testemunha. Evidenciando que os tratamentos se mostraram promissores para a redução da severidade da doença.

O uso de isolados de *Trichoderma* sp. visando ativação de mecanismos de defesa na cultura do feijoeiro, é dependente da capacidade do mesmo em se adaptar aos fatores limitantes do solo e estabelecer associação com a planta. De acordo com Brotman et al. (2010) isolados de *Trichoderma* sp. possuem a capacidade de colonizar epiderme e células do córtex das raízes. A interação *Trichoderma*-feijoeiro é realizada através das raízes ou nas proximidades, estabelecendo uma comunicação química e sistêmica (CARVALHO FILHO 2013; BROTMAN et al. 2010). Que são capazes de ativar rotas metabólicas dos SA, JA e ET, a partir indução de resistência sistêmica, que utiliza rota mais silenciosas e requer menores gastos de energia (MARTÍNEZ-MEDINA et al., 2013). Alterando a concentração de compostos de defesa, assim como da maneira mais econômica através de priming, proporcionando resistência a estresses bióticos e abióticos (CARVALHO FILHO 2013; BROTMAN et al. 2010).

A biomassa fúngica do solo, determinada pela extração de ergosterol (Tabela 15), de solo cultivado com feijoeiro, inoculado com isolados de *Trichoderma*, para a segunda safra

(2015/2016), não apresentou significativas mudanças dentro dos estádios fenológicos. Apenas o isolado TM4 apresentou resultado significativo entre os estádios de desenvolvimento da cultura.

**Tabela 15.** Biomassa fúngica (mg de micélio peso seco por g<sup>-1</sup> de solo) cultivado com feijoeiro em feijoeiro inoculados com *Trichoderma virens* (TLB15 e TM4), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma harzianum* (TOD1) e tratados com os controles calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup> (10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Segunda safra (2015/2016), Mundo Novo – MS.

Tratamentos	V2 (mg g <sup>-1</sup> de solo)	R5 (mg g <sup>-1</sup> de solo)	R7 (mg g <sup>-1</sup> de solo)	Média (mg g <sup>-1</sup> de solo)
TLB6	1,56 A	2,09 A	3,50 A	2,39 ab
TOD1	1,91 A	1,56 A	2,42 A	1,96 b
Testemunha	2,51 A	1,66 A	1,91 A	2,03 ab
Nem Out <sup>®</sup>	2,58 A	2,35 A	3,40 A	2,77 ab
TLB15	2,88 A	2,52 A	1,25 A	2,22 ab
TM4	3,26 B	2,87 B	6,04 A	4,05 a
Agro Mos <sup>®</sup>	3,56 A	2,61 A	3,11 A	3,09 ab
Calda bordalesa	3,74 A	2,58 A	3,54 A	3,29 ab
Média	2,75	2,28	3,15	
CV(%)			50,45	

Letras minúsculas na coluna e letras maiúsculas na linha indica diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%.

A concentração de biomassa fúngica do solo não diferiu entre os tratamentos nos estádios V2, R5 e R7. Quando comparados as épocas de coleta para cada tratamento apenas o tratamento (TM4) foi significativo, com a maior concentração de ergosterol no estágio R7 quando comparado aos estádios V2 e R5, que apresentaram redução na biomassa fúngica nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura.

A biomassa fúngica do solo (Tabela 16), de solo cultivado com feijoeiro e inoculado com isolados de *Trichoderma* na primeira safra (2016/2017) não mostrou mudanças dentro dos estádios fenológicos. E o comportamento do isolado de *T. asperellum* TLB6, diferiu nos estádios de desenvolvimento da cultura do feijoeiro.

**Tabela 16.** mg de micélio (peso seco) por grama de solo cultivado com feijoeiro inoculados com *Trichoderma virens* (TLB15 e TM4), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma harzianum* (TOD1) e tratados com os controles calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup> (10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Primeira safra (2016/2017) Mundo Novo – MS.

Tratamentos	V2 (mg g <sup>-1</sup> de solo)	R5 (mg g <sup>-1</sup> de solo)	R7 (mg g <sup>-1</sup> de solo)	Média (mg g <sup>-1</sup> de solo)
TM4	3,99 A	1,82 A	5,34 A	3,72
Calda bordalesa	4,20 A	3,57 A	4,03 A	3,94
Nem Out <sup>®</sup>	4,63 A	10,25 A	4,27 A	6,39
Testemunha	5,83 A	5,19 A	3,48 A	4,83
TOD1	7,15 A	5,92 A	6,55 A	6,54
TLB15	9,96 A	6,55 A	6,14 A	7,55
Agros Mos <sup>®</sup>	10,07 A	3,80 A	3,39 A	5,75
TLB6	15,43 A	3,14 B	3,95 B	7,51
Média	7,66	5,03	4,65	
CV(%)			79,84	

Letra maiúsculas na linha indica diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%.

As concentrações de biomassa fúngica ao longo do ciclo da cultura não foram significativas para tratamento nos estádios da cultura, no entanto o quando se desdobrou estádios cultura dentro de tratamento, o tratamento TLB6, obteve média superior no estágio V2, em relação aos estádios R5 e R7 que apresentaram menores concentrações de biomassa.

Verifica-se que para a segunda safra (2015/2016), com sistema em que não se revolveu a palha presente na área e com problemas relacionados ao clima houve diferença para a concentração de biomassa fúngica no solo no estágio fenológico R7 da cultura. A safra seguinte em solo revolvido e clima com maior normalidade, a concentração de biomassa fúngica foi maior no estágio V2 e reduziu nos estádios R5 e R7, quando associado ao cultivo convencional com gradagem. Esse comportamento está associado a disponibilidade de matéria orgânica, quando o cultivo é realizado sobre a palha, o contato de microrganismos ocorre de maneira mais lenta, ao passo que quando ocorre a semeadura após gradagem ocorre grande oferta de matéria orgânica para os microrganismos e em um segundo momento diminui essa oferta de matéria orgânica.

Resultados estão de acordo com os autores Lobo Junior et al. (2009), que ressaltam, para ocorrer a melhora nas características biológicas do solo, é dependente da matéria orgânica. No presente trabalho fica evidente que a dinâmica da biomassa fúngica, é dependente do sistema de manejo, e mesmo em condições climáticas pouco favoráveis se expressa de maneira significativa.

De acordo Stefanowicz (2006), fatores naturais como temperatura, umidade, composição da matéria orgânica e propriedades do solo são determinantes para característica

da biomassa microbiana, sendo esses responsáveis pela dinâmica do solo. Segundo os autores Chávez et al. (2011), quanto maior o volume de restos vegetais acumulados sobre o solo, maior será a atividade microbiológica no solo.

Concentração de matéria orgânica na segunda safra (2015/2016), apresentou interação significativa para os fatores estádios fenológicos e tratamentos (Tabela 17), não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos dentro de estádios, contudo, a calda bordalesa teve efeito significativo quando comparado nos estádios da cultura. E as médias obtidas para os estádios da cultura apresentaram significância.

**Tabela 17.** Matéria orgânica (%) de solo ao longo do ciclo da cultura do feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15 e TM4), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma harzianum* (TOD1) e tratados com os controles calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup> (10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Segunda safra (2015/2016) Mundo Novo – MS.

Tratamentos	Estádios fenológico		
	V2 (%)	R5 (%)	R7 (%)
TLB15	0,45 A	0,18 A	0,36 A
Calda bordalesa	0,59 A	0,18 B	0,63 A
TLB6	0,41 A	0,27 A	0,36 A
Nem Out <sup>®</sup>	0,54 A	0,31 A	0,50 A
Testemunha	0,54 A	0,31 A	0,45 A
Agro Mos <sup>®</sup>	0,54 A	0,36 A	0,31 A
TOD1	0,41 A	0,36 A	0,41 A
TM4	0,45 A	0,36 A	0,27 A
Média	0,49 A	0,29 B	0,41AB
CV(%)		50,46	

Letras maiúsculas na linha indica diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%.

A comparação das médias de matéria orgânica nos estádios fenológicos a maior concentração no estágio V2 quando comparado com o estágio R5 que apresentou redução, que não diferem da concentração de matéria orgânica no estágio R7 que obteve incremento na média de matéria orgânica.

Concentração de matéria orgânica na primeira safra (2016/2017), ao logo dos estádios de desenvolvimento da cultura (Tabela 18), não foi observado médias significativas entre os tratamentos dentro de estádios e nos estádios de desenvolvimento da cultura.

**Tabela 18.** Matéria orgânica do solo ao longo do ciclo da cultura do feijoeiro inoculados com *Trichoderma virens* (TLB15 e TM4), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma harzianum* (TOD1) e tratados com os controles calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup> (10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Primeira safra (2016/2017) Mundo Novo – MS.

Tratamentos	Estádios fenológicos		
	V2 (%)	R5 (%)	R7 (%)
Agro Mos <sup>®</sup>	1,09	0,77	1,00
Calda bordalesa	0,72	0,86	0,95
TLB6	1,00	0,91	0,91
TM4	0,91	0,91	1,04
Nem Out <sup>®</sup>	0,91	0,95	0,86
Testemunha	0,95	0,95	0,86
TLB15	0,95	1,09	0,95
TOD1	0,91	1,09	0,86
Médias	0,93	0,94	0,93
CV(%)		19,27	

O percentual de matéria orgânica não foi alterado de maneira significativa ao longo do ciclo da cultura quando esse foi realizado em solo revolvido.

O solo em que se realizou semeadura direta sobre a palhada, o efeito da inoculação de microrganismos tem efeito significativo sobre a concentração de matéria orgânica, e que o início do estágio reprodutivo coincide com a menor concentração de carbono presente no solo. Este por sua vez pode ser um fator limitante, levando em consideração que a presença de carbono no solo é fundamental para a ciclagem de nutrientes, assim como para a microbiota do solo.

A aplicação de calda bordalesa sobre a palha existente na superfície possivelmente apresentou efeito sobre o teor de carbono presente no solo, quanto utilizado sistema de semeadura sobre palha. Isso deve-se, a calda bordalesa oferece o efeito protetor sobre a palha da superfície protegendo-os dos microrganismos. Nas condições do presente trabalho, em que, obteve-se baixa precipitação pluviométrica por um período prolongado, reduziu a incorporação da matéria orgânica ao solo no estágio R5, e voltou a normalidade no estágio R7, quando voltaram a ocorrer chuvas.

Quando ocorreram chuvas com normalidade ao longo do ciclo da cultura, em sistema de cultivo em que se incorporou a palha existente da superfície, houve um incremento no teor de matéria orgânica presente no solo, e para esses, os tratamentos utilizados não obtiveram efeitos significativos durante o ciclo da cultura do feijoeiro.

Os resultados obtidos para decomposição da matéria orgânica existente na área de cultivo, pode estar intimamente associado com a qualidade da mesma (SMITH; BRADFORD, 2003). Assim como a capacidade da biomassa microbiana presente no solo em decompor

(BROOKES, 2001). No presente trabalho o ARGISSOLO de Textura Arenosa, apresentou biomassa fúngica reduzida e que pode ter contribuído para os resultados. Segundo os autores Araújo; Monteiro, (2007), a biomassa fúngica do solo é responsável tanto pelo acúmulo de matéria orgânica, assim como, a decomposição da mesma. No entanto, ressalta-se que segundo Leite et al. (2010), para que essa ocorra é essencial a presença de resíduos orgânicos, para que ocorra a adição de carbono no solo ao longo do tempo.

Os coeficientes de correlação entre percentual de matéria orgânica e biomassa fúngica (Tabela 19) para a segunda safra (2015/2016) e primeira safra (2016/2017), foram dependentes do ambiente, havendo grande variação de uma safra para a outra.

**Tabela 19.** Coeficiente de correlação entre os fatores percentual de matéria orgânica e biomassa fúngica em solo cultivado com feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15 e TM4), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma harzianum* (TOD1) e tratados com os controles calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Segunda safra (2015/2016) e primeira safra (2016/2017). Mundo Novo – MS.

Tratamentos	Coeficiente de correlação segunda safra (2015/2016)	Coeficiente de correlação primeira safra (2016/2017)
TLB6	-0,296	0,767
TM4	-0,098	0,515
TLB15	-0,040	0,591
TOD1	0,357	0,601
Agro Mos <sup>®</sup>	0,498	0,291
Nem Out <sup>®</sup>	0,504	0,082
Calda bordalesa	0,647	0,516
Testemunha	0,755	-0,102

Os coeficientes de correlação teor de matéria orgânica e biomassa fúngica na segunda safra (2015/2016) indicam que os tratamentos TLB6, TM4, TLB15 e TOD1, apresentaram menos correlações, indicando que havia assim pouco efeito de um fator perante o outro, esses podem estar aliados as condições climáticas que foram mais limitante do que a concentração de matéria orgânica no solo. Entre os coeficientes positivos, estão os tratamentos calda bordalesa, Agro Mos<sup>®</sup> e Nem Out<sup>®</sup> assim como a testemunha. Esses por sua vez obtiveram correlações positivas, que indicam uma maior quantidade de biomassa fúngica quando foi maior a concentração de matéria orgânica.

O coeficiente de correlação da matéria orgânica e biomassa fúngica, na primeira safra (2016/2017) mostrou-se positiva para os tratamentos TLB6, TM4, TLB15, TOD1 e calda bordalesa, contudo os a testemunha e os padrões Agro Mos<sup>®</sup> e Nem Out<sup>®</sup>, tiveram uma

correlação menores, indicando que a matéria orgânica nesse caso não esteve associado a biomassa fúngica.

Fica evidente nestes casos que a correlação está associada ao clima e o sistema de manejo adotado, e que apenas o tratamento calda bordalesa apresentou correlações próximas, para essas duas condições, os demais obtiveram variação. Os fungos dependem de umidade no solo, caso havendo uma condição mais limitante do que a própria obtenção de fonte de nutrientes, comportamento obtido para a segunda safra (2015/2016), onde as condições climáticas foram marcadas por precipitação desuniforme e com baixo volume acumulado durante o ciclo da cultura do feijoeiro.

Na primeira safra (2016/2017), em que a matéria orgânica se encontrava incorporada ao solo, aliados ao clima mais favorável, com maior uniformidade de precipitação pluviométrica, aliados ao volume acumulado maior do que no caso anterior, a concentração de matéria orgânica passa ser positivo em relação a biomassa fúngica. Evidenciando a condição climática e o manejo adotado, com a biomassa fúngica existente no solo.

Os resultados obtidos estão de acordo com a sugestão de Araújo e Monteiro (2007), para indicadores de qualidade de solo, em que essa é mensurada através de indicadores físicos químicos e biológico. Para o presente trabalho, as condições de manejo e clima alteram o comportamento da correlação entre a matéria orgânica e o fator biológico. Segundo Powlson et al. (1987), os microrganismos são os responsáveis por mediar processos ecológicos relacionados ao manejo adotado. Dando respostas rápidas, na decomposição e ciclagem de nutrientes, desencadeando mudanças na qualidade do solo, quando ocorrem alterações na população ou atividade microbiana (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

A produção de massa seca de planta inteira (Tabela 20), na segunda safra (2015/2016), não obteve médias significativo segundo teste de Tukey a 5%.

**Tabela 20.** Produção de massa seca (g) de feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15 e TM4), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma harzianum* (TOD1) e tratados com os controles calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup> (10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Segunda safra (2015/2016) Mundo Novo – MS.

Tratamentos	Massa seca de 10 plantas (g)*
Testemunha	54,92
TLB6	58,20
TM4	58,55
Nem Out <sup>®</sup>	62,62
Calda bordalesa	63,87
TOD1	67,00
TLB15	72,15
Agro Mos <sup>®</sup>	89,30
CV (%)	35,81

\* Não significativo pelo teste de comparação de média Tukey (5%).

Os resultados obtidos em relação a produção de massa seca de plantas de feijoeiro, não obteve variação significativa segundo o teste de Tukey a 5%, embora observe-se uma tendência de aumento em relação a testemunha.

Os parâmetros produtivos (Tabela 21), produção de massa seca de planta inteira, massa seca de mil grãos e produtividade, não obtiveram diferenças significativas.

**Tabela 21.** Produção de massa seca de plantas inteiras antes da debulha em (kg ha<sup>-1</sup>), massa de mil grãos (gramas) e produtividade em (kg ha<sup>-1</sup>) em feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15 e TM4), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma harzianum* (TOD1) e tratados com os controles calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup> (10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Primeira safra (2016/2017). Mundo Novo – MS.

Tratamentos	Massa seca (kg ha <sup>-1</sup> )	Massa de mil grãos (g)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
Calda bordalesa	6160,55	193,90	1698,48
Testemunha	6181,11	189,59	1788,07
Agro Mos <sup>®</sup>	6611,11	203,23	1937,90
TOD1	6640,55	197,99	1829,48
Nem Out <sup>®</sup>	6981,66	200,58	2034,14
TLB15	7051,11	195,64	2031,76
TLB6	7144,44	191,55	1840,42
TM4	7183,33	188,61	1935,69
CV (%)	31,01	6,40	36,74

Os parâmetros produtivos avaliados massa seca, peso de mil grãos e produtividade da cultura não apresentaram resultados significativos com os tratamentos utilizados.

As respostas de inoculação de isolados de *Trichoderma* sp., na cultura do feijoeiro em diferentes condições ambientais, reduziram a severidade da doença, contudo não alterou significativamente a produtividade da cultura do feijoeiro (HENKEMEIER, 2015). Segundo

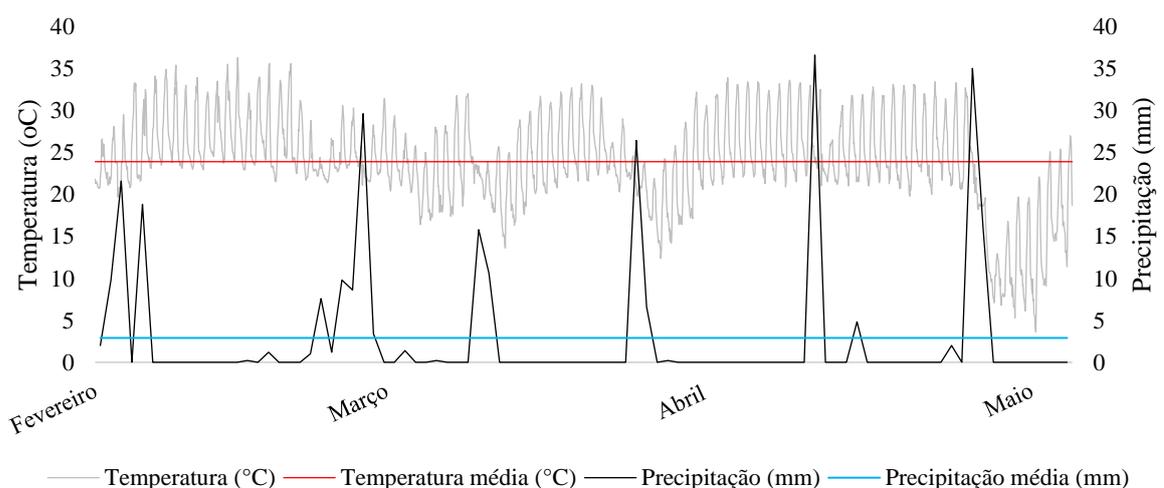
Carvalho et al. (2015); Bernardes et al. (2010), os parâmetros produtivos da cultura do feijoeiro são afetados pela ocorrência de doenças, no entanto, as condições ambientais podem determinar as variáveis produtivas.

Respostas obtidas por Chagas Junior et al. (2014), indicaram que as cultivares de feijoeiro apresentam respostas distintas, para a inoculação por *Trichoderma* sp. em inoculação simultânea com rizóbio nas raízes, indicando que além da resposta das plantas de feijoeiro, o fator microbiologia de solo pode ser um fator determinante. Trabalho realizado por Lobo Júnior et al. (2009), testou diferentes dosagens de conídios de *Trichoderma*, e as dosagens apresentaram comportamento crescente até encontrar o ponto de máxima produtividade.

Entre os fatores que podem impactar a produtividade, estão as formas de inoculação de *Trichoderma* na cultura do feijoeiro, apresentam diferenças no comportamento de parâmetros produtivos de cultivares de feijoeiro, contudo esses não apresentam diferenças significativas da testemunha (MUCHA et al., 2014).

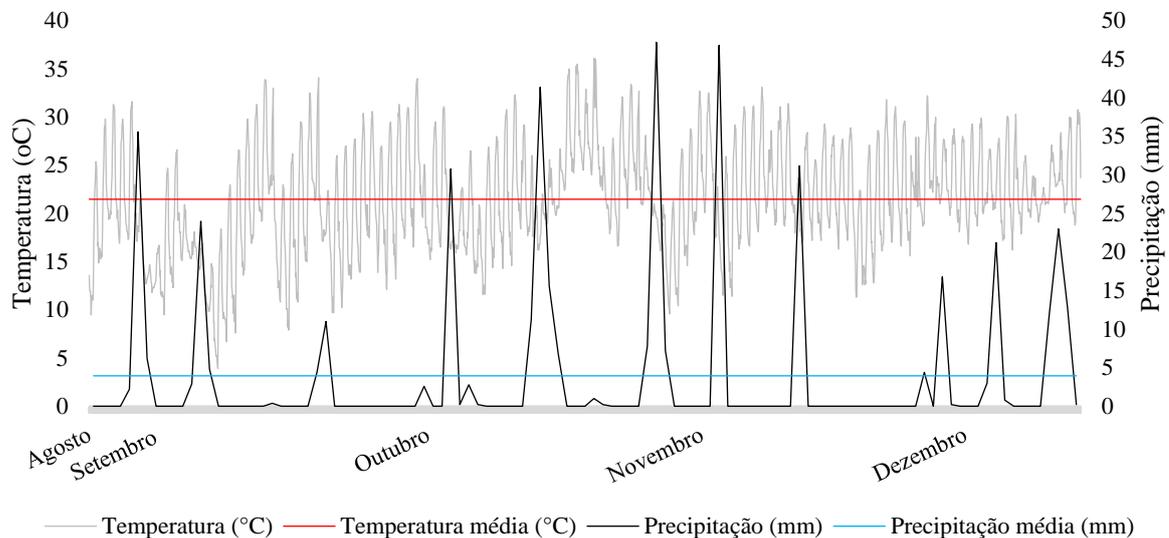
### 6.2.2 Interação *Trichoderma*-feijoeiro nas condições ambientais de Marechal Cândido Rondon – PR

A Figura 5 expõe os dados obtidos de temperatura (°C), precipitação pluviométrica (mm), para a segunda safra (2015/2016), no período de 12 de fevereiro a 04 de maio de 2016 obtidos estação meteorológica automática pertencente ao INMET.



**Figura 6.** Temperatura ambiente (°C), precipitação pluviométrica (mm), no período de 12 de fevereiro a 04 de maio de 2016, segunda safra (2015/2016) de feijoeiro. Marechal Cândido Rondon – PR.

A Figura 6 expõe os dados obtidos de temperatura (°C), precipitação pluviométrica (mm), para a primeira safra (2016/2017), no período de 24 de agosto a 12 de dezembro de 2016 obtidos estação meteorológica automática pertencente ao INMET.



**Figura 7.** Temperatura ambiente (°C), precipitação pluviométrica (mm), no período de 24 de agosto a 12 de dezembro de 2016, primeira safra (2016/2017) do feijoeiro. Marechal Cândido Rondon – PR.

As médias de temperaturas para a segunda safra (2015/2016) e primeira safra (2016/2017) foram de 23,9 °C e 21,48 °C sucessivamente, de acordo com Andrade et al., (2015), a média da safra da seca está acima da média recomendada para a cultura, para a safra das águas a média foi próxima ao ideal. Contudo ressalta-se que a segunda safra (2015/2016) foi marcada por temperatura bem acima da temperatura máxima ideal para a cultura que 29 °C, no entanto para a primeira safra (2016/2017), houveram extremos que prejudicaram o desenvolvimento, essas abaixo dos 15 °C e acima dos 29 °C, que proporcionam fator estresse para a cultura.

O cultivo da segunda safra (2015/2016) foi marcado por chuvas bem espaçadas e altos volumes pluviométricos localizados, totalizando 10 chuvas ao longo do ciclo da cultura, totalizando um acumulado de 270,4 mm. Na primeira safra (2016/2017) do início do mês de setembro até o início do mês de outubro foi marcado por pouca chuva, tendendo a normalidade até o final do ciclo, com um acumulado de 439,1 mm. Segundo Balardin et al. (2000), está entre o mínimo e o máximo requerido para o desenvolvimento da cultura na safra da seca e o máximo requerido pela cultura na safra das águas, porém em ambas as safras houve períodos de restrição. Para o cultivo de segunda safra houveram chuvas muito espaçadas e para o cultivo de primeira safra o período do final do desenvolvimento vegetativo

até parte da fase reprodutiva com pouca umidade, em ambos os casos comprometeu a produtividade da cultura.

A AACPD crestamento bacteriano comum (Tabela 22), para a segunda safra (2015/2016), os tratamentos utilizados reduziram a severidade da doença, quando comparados a testemunha.

**Tabela 22.** Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para o crestamento bacteriano comum nas partes superior e inferior da parte aérea e a média das plantas em feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma spirale* (TNH1), *Trichoderma koningiopsis* (TLB17) e os tratamentos padrão calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. segunda safra (2015/2016). Marechal Cândido Rondon – PR.

Tratamentos	AACPD Inferior	AACPD Superior	AACPD média
TLB15	29,30 a	5,06 a	17,18 a
Calda bordalesa	31,73 a	4,24 a	17,99 a
Agro Mos <sup>®</sup>	37,11 a	5,33 a	21,22 ab
Nem Out <sup>®</sup>	37,96 a	5,46 a	21,72 ab
TLB6	39,74 a	5,63 a	22,69 ab
TNH1	38,15 a	7,23 a	22,69 ab
TLB17	44,64 a	5,96 a	25,31 b
Testemunha	146,40 b	15,51 b	80,96 c
CV (%)	11,96	27,77	8,58

Letras minúsculas na coluna indica diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%.

A severidade do crestamento bacteriano comum foi reduzida por todos os tratamentos considerando as divisões da parte aérea, assim como na média da planta inteira. Considerando a severidade de planta inteira, observa-se que os tratamentos TLB15 e calda bordalesa obtiveram as menores médias em relação ao tratamento TLB17, que não diferiram dos demais tratamentos, e todos com médias inferiores a obtida pela testemunha.

A AACPD crestamento bacteriano comum (Tabela 23), para a primeira safra (2016/2017), os tratamentos utilizados não apresentaram resultados significativos.

**Tabela 23.** Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para o cretamento bacteriano comum nas partes superior e inferior da parte aérea e a média das plantas de feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma spirale* (TNH1), *Trichoderma koningiopsis* (TLB17) e os tratamentos padrão calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Segunda safra (2016/2017). Marechal Cândido Rondon – PR.

Tratamentos	AACPD Inferior	AACPD Superior	AACPD Média
Calda bordalesa	205,83	59,91	132,87
Nem Out <sup>®</sup>	218,50	63,60	141,05
TLB15	215,33	104,69	160,01
Testemunha	285,56	116,94	201,25
TLB17	329,06	126,33	227,70
Agros Mos <sup>®</sup>	346,33	144,90	245,62
TNH1	401,06	137,55	269,31
TLB6	495,16	165,72	330,44
CV (%)	38,18	44,98	37,90

Nas condições do presente trabalho as médias de AACPD, não tiveram efeito significativo para parte inferior, superior e planta toda.

A indução de resistência obteve resultados significativos para a redução da severidade de cretamento bacteriano, quando foi aliado ao fator climático mais limitante, que ocorreu na segunda safra (2015/2016).

Estabelecendo que para as condições de solo LVE, a proteção da cultura foi favorecida quando a cultura apresentava maiores limitações abióticas. Respostas semelhantes foram obtidas por Henkemeier (2015), que obteve resultados distintos no comportamento de isolados de *Trichoderma* quando submetido a diferentes condições climáticas em LVE, melhorando as condições da planta quando inoculada com *Trichoderma* sp.

Os fatores ambientais apresentaram um papel importante quando para o comportamento dos tratamentos utilizados visando a redução da severidade de cretamento bacteriano comum. Segundo Lobo Jr. (2009) a temperatura é um dos fatores que podem ser limitantes para o uso de *Trichoderma*. Quando se busca o efeito antagônico de *Trichoderma* para a proteção de sementes é comprometido, quando associada a reduzida umidade no solo, utilizando isolados de *T. harzianum*, *T. viride*, *T. koningii* e *T. polysporum* (GAVA et al., 2012).

No entanto para o presente trabalho visando proteção sistêmica em plantas durante o desenvolvimento da cultura, condições limitantes tenderam a beneficiar a sanidade da cultura. Brotman et al. (2010) verificou que isolados de *Trichoderma* sp. tem capacidade de colonizar epiderme e células do córtex das raízes. E o resultado da interação do *Trichoderma* sp. com a

planta, proporcionando resistência sistêmica aos estresses bióticos e abióticos (CARVALHO FILHO 2013; BROTMAN et al. 2010).

A concentração de biomassa fúngica (Tabela 24), presente no solo cultivado com feijoeiro na segunda safra (2015/2016), não obteve médias significativas entre os estádios de desenvolvimento da cultura assim como, dentro dos estádios de desenvolvimento. Contudo observa-se que as médias dos estádios de desenvolvimento da cultura obtiveram significância.

**Tabela 24.** Biomassa fúngica (mg de micélio peso seco) por grama de solo cultivado com feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma spirale* (TNH1), *Trichoderma koningiopsis* (TLB17) e os tratamentos padrão calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Segunda safra (2015/2016), Marechal Cândido Rondon – PR.

Tratamento	V2 (mg g <sup>-1</sup> de solo)	R5 (mg g <sup>-1</sup> de solo)	R7 (mg g <sup>-1</sup> de solo)
Calda bordalesa	5,36	6,97	11,41
TNH1	8,10	8,58	13,55
TLB15	8,25	7,44	11,83
TLB6	8,34	6,89	9,33
Testemunha	9,73	7,28	7,16
TLB17	10,13	6,30	7,71
Agro Mos <sup>®</sup>	10,20	9,60	13,72
Nem Out <sup>®</sup>	10,96	8,24	11,38
Média	8,88 AB	7,66 B	10,76 A
CV(%)		34,67	

Letra maiúsculas na linha indica diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%.

A concentração de biomassa fúngica não foi interferida pelos tratamentos ao longo do ciclo da cultura do feijoeiro, contudo observa-se significância para os estádios fenológicos, obtendo-se incremento de biomassa fúngica no estágio R7 em relação ao estágio R5 e semelhantes ao estágio V2.

A concentração de biomassa fúngica (Tabela 25), presente no solo cultivado com feijoeiro na primeira safra (2016/2017), o início de desenvolvimento da cultura apresenta médias semelhantes, e os estádios R5 e R7 apresentam efeito significativo entre os tratamentos, esses não diferem da testemunha. Quando se observa o efeito dos tratamentos dentro dos estádios de desenvolvimento ocorre redução da biomassa fúngica até estágio R5 e incremento no estágio R7.

**Tabela 25.** Biomassa fúngica (mg micélio em peso seco por g de solo) cultivado com feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma spirale* (TNH1), *Trichoderma koningiopsis* (TLB17) e os tratamentos padrão calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Primeira safra (2016/2017). Marechal Cândido Rondon – PR.

Tratamento	V2 (mg g <sup>-1</sup> de solo)	R5 (mg g <sup>-1</sup> de solo)	R7 (mg g <sup>-1</sup> de solo)	Média (mg g <sup>-1</sup> de solo)
Testemunha	5,31 B	5,46 ab B	12,36 ab A	7,71 abc
TLB15	5,80 B	7,74 a B	14,09 a A	9,21 a
TLB17	5,98 B	3,61 b C	11,15 b A	6,91 bc
TLB6	6,01 B	5,65 ab B	8,38 c A	6,68 bc
Calda bordalesa	6,14 B	5,49 ab B	11,99 ab A	7,87 abc
Agro Mos <sup>®</sup>	7,44 B	5,19 ab C	13,33 ab A	8,65 a
Nem Out <sup>®</sup>	7,74 A	5,25 ab B	6,16 c AB	6,38 c
TNH1	7,84 B	3,18 b C	13,70 ab A	8,24 ab
Média	6,53 B	5,20 C	11,40 A	
CV(%)			13,68	

Letra maiúsculas na linha e letras minúsculas na coluna indica diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%.

A concentração de biomassa fúngica do solo no estágio V2 não obteve resultados significativo para os tratamentos utilizados. No estágio R5, o tratamento TLB15 obteve incremento em relação aos tratamentos TLB17 e TNH1, contudo, esses não diferiram da testemunha e dos demais tratamentos. No estágio R7 o tratamento TLB15 incrementou concentração de biomassa fúngica em relação ao tratamento TLB17, que foi superior aos tratamentos TLB6 e Nem Out, contudo os tratamentos TLB15, TLB17, calda bordalesa, Agro Mos e TNH1 não diferiram da testemunha.

O comportamento dos estádios fenológicos dentro dos tratamentos TLB15, TLB6 e calda bordalesa, obtiveram concentrações semelhantes a da testemunha, com as concentrações de biomassa fúngica inferiores nos estádios V2 e R5 em relação ao estágio R7. O comportamento dos estádios nos tratamentos TLB17, Agro Mos e TNH1 obtiveram concentrações de biomassa fúngica superior no estágio R7 em relação ao estágio V2, e o estágio R5 obteve-se as menores concentrações de biomassa fúngica. Os estádios fenológicos para o tratamento Nem Out<sup>®</sup>, apresentou maior concentração de biomassa fúngica no estágio V2 em relação ao estágio R5, no entanto não diferiram da concentração no estágio R7.

A concentração de biomassa fúngica não variou significativamente quando cultivado o feijoeiro em solo revolvido, no entanto, mostrou-se significativa, quando foi realizado o cultivo no sistema de plantio direto sobre palha, sendo este um indicativo de que a dinâmica da microbiota do solo é favorecida pelos benefícios da matéria orgânica sobre o solo em condições climáticas adequadas. Esses resultados estão de acordo com sugerido por Araújo;

Monteiro, (2007), que atributos físicos e químicos são fatores importantes, para alterações na biomassa microbiana do solo, tais como os citados por Stefanowicz (2006), que associa os fatores naturais temperatura, umidade, composição da matéria orgânica e propriedades do solo, como os responsáveis pelas características da biomassa existente no solo. Podendo ser acrescentado a este a dinâmica populacional de microrganismos.

Observa-se que o sistema de plantio direto tende ao aumento da biomassa fúngica no estágio R7, este deve-se principalmente a relação C/N da cultura da aveia, que é cultura antecessora a semeadura da cultura do feijoeiro, que dificulta a decomposição. De acordo com Araújo; Monteiro (2007), a biomassa viva do solo é um dos componentes que controla a decomposição e o acúmulo de matéria orgânica.

De acordo com Brookes (2001), a biomassa fúngica é o componente vivo e com o avançar da decomposição da matéria orgânica, tende-se a aumentar a população fúngica, que é responsável pela decomposição e incorporando ao solo. Ao final do ciclo da cultura com a queda das folhas aumenta a quantidade de matéria orgânica com baixa relação C/N, que por sua vez tende a aumentar a atividade microbiana, conseqüentemente aumenta a concentração de biomassa fúngica no solo.

Para a concentração de matéria orgânica (Tabela 26), não houve interação. Na segunda safra (2015/2016), não foi observada diferença significativa entre os tratamentos dentro dos estádios fenológicos da cultura, contudo os estádios fenológicos quando tratados com Agro Mos<sup>®</sup>, apresentou diferença significativa.

**Tabela 26.** Percentual de matéria orgânica (%) ao longo do ciclo do feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma spirale* (TNH1), *Trichoderma koningiopsis* (TLB17) e os tratamentos padrão calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Segunda safra (2015/2016). Marechal Cândido Rondon – PR.

Tratamentos	Estádio fenológicos		
	V2 (%)	R5 (%)	R7 (%)
TLB6	2,36 A	2,59 A	2,59 A
TLB15	2,23 A	2,59 A	2,50 A
Agros Mos <sup>®</sup>	2,14 B	2,64 AB	2,87 A
Testemunha	2,09 A	2,64 A	2,23 A
TNH1	2,09 A	2,64 A	2,59 A
TLB17	2,27 A	2,73 A	2,64 A
Calda Bordalesa	2,32 A	2,82 A	2,59 A
Nem Out <sup>®</sup>	2,46 A	2,82 A	2,50 A
Média	2,25 B	2,68 A	2,56 A
CV(%)		12,64	

Letra maiúsculas na linha indica diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%.

Os tratamentos não influenciaram o teor de matéria orgânica dentro dos estádios de desenvolvimento da cultura. No entanto quando se analisou a média do tratamento Agro Mos<sup>®</sup> entre os estádios fenológicos observa-se menor concentra de matéria no estádio V2 em relação ao estádio R7 e não diferindo do estádio R5.

Quando se analisou as médias no fator estádio fenológico, observa-se que nas condições do presente trabalho, a concentração de matéria orgânica no estádio V2 foi menor em relação aos estádios R5 e R7. O início do desenvolvimento da cultura foi marcado por baixa precipitação pluviométrica, que restringe a degradação da matéria orgânica, mesmo que esta esteja incorporada, e posteriormente com a normalidade da umidade a matéria orgânica estabilizou.

A concentração de matéria orgânica (Tabela 27) não foi obtido interação significativa na primeira safra (2016/2017), não obteve resultados significativos dentro dos estádios fenológicos, contudo o tratamento Agro Mos<sup>®</sup>, apresentou significância quando comparado entre os estádios da cultura.

**Tabela 27.** Matéria orgânica do solo ao longo dos estádios de desenvolvimento da cultura do feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma spirale* (TNH1), *Trichoderma koningiopsis* (TLB17) e os tratamentos padrão calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup> (10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Primeira safra (2016/2017), Marechal Cândido Rondon – PR.

Tratamentos	Estádios fenológicos		
	V2 (%)	R5 (%)	R7 (%)
TLB17	2,27 A	2,00 A	2,09 A
Testemunha	2,36 A	2,14 A	2,00 A
Agro Mos <sup>®</sup>	2,73 A	2,18 AB	2,00 B
TLB6	2,23 A	2,18 A	2,05 A
TLB15	2,23 A	2,23 A	2,05 A
Nem Out <sup>®</sup>	2,46 A	2,23 A	2,05 A
Calda bordalesa	2,41 A	2,27 A	1,91 A
TNH1	2,09 A	2,27 A	2,14 A
Média	2,35 A	2,19 AB	2,03 B
CV(%)		12,81	

Letra maiúsculas na linha indica diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%

A concentração de matéria orgânica não foi influenciada nos estádios de desenvolvimento da cultura, contudo quando analisado o tratamento Agro Mos<sup>®</sup> nos estádios fenológicos obteve maior concentração no estádio V2 em relação ao estádio R7, e o estádio R5 não diferiu dos demais estádios. Resultado semelhante obtido quando isolado o fator matéria orgânica em estádios fenológicos.

Quando comparadas os dois cultivos obtém-se efeito inverso do tratamento Agro Mos<sup>®</sup>, assim como das médias dos estádios fenológicos, para este atribui-se os efeitos do manejo, para a primeira safra, com revolvimento do solo aliado a ocorrência de poucas chuvas no início do ciclo da cultura, reduziu a concentração de matéria orgânica e nos estádios posteriores estabilizou. Para a safra posterior, onde realizou-se semeadura direto sobre a palha de aveia, início do desenvolvimento da cultura ouve uma intensa incorporação da matéria orgânica ao solo e posteriormente estabilizou-se com concentrações inferiores ao obtido no estágio V2 de desenvolvimento da cultura.

Segundos os autores Albrecht; Kandji (2003), o sistema de plantio direto sobre a palha apresenta características que melhoram os atributos físicos e químicos do solo. Que tendem a beneficiar os processos biológicos do solo naturalmente (CARDOSO; KYUPER, 2006), sem que a esse seja necessário inocular organismos decompositores, tais como, o *Trichoderma* sp.

Fazendo com que a decomposição e incorporação da matéria orgânica, ocorra de maneira mais rápida e responsiva em ambiente, mais favorável aos microrganismos decompositores presentes no solo. Assim como a influência da qualidade do substrato para os microrganismos (SMITH; BRADFORD, 2003). De acordo com os autores Araújo; Melo, (2010), é atribuída a relação (carbono/nitrogênio) do substrato. Evidenciado pelas culturas antecessoras ao cultivo, com restos de hortaliças em manejo convencional na segunda safra (2015/2016), e aveia e manejado em sistema de plantio direto na primeira safra (2016/2017), e posterior cultivo do feijoeiro.

Os coeficientes de correlação (Tabela 28), entre percentual de matéria orgânica e biomassa fúngica do solo em solo cultivado com feijoeiro na segunda safra (2015/2016) e primeira safra (2016/2017), apresentaram variação no comportamento entre as duas safras.

**Tabela 28.** Coeficiente de correlação entre os fatores percentual de matéria orgânica e concentração biomassa fúngica no solo cultivado com feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma spirale* (TNH1), *Trichoderma koningiopsis* (TLB17) e os tratamentos padrão calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Segunda safra (2015/2016) e primeira safra (2016/2017), Marechal Cândido Rondon – PR.

Tratamentos	Coeficiente de correlação segunda safra (2015/2016)	Coeficiente de correlação primeira safra (2016/2017)
TLB17	-0,527	0,108
TLB15	-0,435	-0,502
Testemunha	-0,071	-0,350
Nem Out <sup>®</sup>	0,017	0,531
Agro Mos <sup>®</sup>	0,205	-0,270
Calda bordalesa	0,333	-0,666
TLB6	0,339	-0,288
TNH1	0,728	-0,230

Os coeficientes de correlações obtidos entre biomassa fúngica e matéria orgânica foi negativa para a segunda safra (2015/2016), em solo inoculado com o isolado de *Trichoderma* TNH1 mostrou correlação positiva, já os isolados TLB17 e TLB15 obtiveram correlação negativa entre matéria orgânica e biomassa fúngica. Os demais tratamentos indicaram baixa correlação entre os fatores correlacionados.

Os coeficientes de correlações obtidos na primeira safra (2016/2017), apenas o tratamento Nem Out<sup>®</sup> obteve aumento na concentração de biomassa fúngica quando ocorre aumento da matéria orgânica, os tratamentos calda bordalesa e TLB15 apresentaram coeficientes negativos, indicando relação negativa entre os fatores concentração de matéria orgânica e biomassa fúngica no solo. Os demais tratamentos obtiveram coeficientes menos significativos.

Quanto aos resultados obtidos nos dois cultivos de feijoeiro são divergentes para a maioria dos tratamentos, exceto para o isolado de *Trichoderma* (TLB5), que se manteve com correlação negativa nos dois cultivos, pouca dependência do manejo adotado e fatores climáticos.

Segundo Sangha et al. (2005), indicadores relacionados a comunidade microbiana em ambiente agrícola geralmente são bastante sensíveis a alterações. O uso de manejos de solo, adoção de monocultivo, aração e gradagem, uso de defensivos, corretivos entre outras técnicas, podem desequilibrar a microbiota do solo, e que leva a uma diminuição na diversidade (DÍAZ-RAVIÑA et al., 2005). Características específicas de cada cultura tais como ambiente da rizosfera, produção e deposição de material, assim como, exigências de

preparo de solo e adubação, promovem alterações na comunidade microbiana e atividade das mesmas (MATSUOKA et al., 2003).

Os parâmetros produtivos (Tabela 29) da segunda safra (2015/2016), a massa seca de plantas e a produtividade não obtiveram diferenças significativas, contudo o peso de mil grão obteve diferença significativa para os tratamentos utilizados.

**Tabela 29.** Produção de massa seca de plantas inteiras antes da debulha em ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), massa de mil grãos (g) e produtividade em ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) na cultura do feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma spirale* (TNH1), *Trichoderma koningiopsis* (TLB17) e os tratamentos padrão calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L  $\text{ha}^{-1}$ ), Nem Out<sup>®</sup> (10 kg  $\text{ha}^{-1}$ ) e testemunha água. Segunda safra (2015/2016), Marechal Cândido Rondon – PR.

Tratamentos	Massa seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Massa de mil grãos (g)	Produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ )
TNH1	5716,66	158,85 a	2175,57
Nem Out <sup>®</sup>	5832,77	152,90 ab	2353,30
Agro Mos <sup>®</sup>	6446,66	156,55 ab	2921,24
TLB15	6806,11	159,00 a	2873,39
Calda bordalesa	6932,22	165,05 a	2835,72
TLB6	6986,11	170,55 a	3174,98
Testemunha	7122,77	133,45 b	1851,28
TLB17	7784,44	168,65 a	3479,42
Média	6703,47	158,12	2708,11
CV (%)	20,58	5,56	27,57

Letras minúsculas na coluna indica diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%.

Os parâmetros produção de massa seca e produtividade não apresentaram resultados significativos, no entanto para o parâmetro massa de mil grãos os tratamentos TNH1, TLB15, calda bordalesa, TLB6 e TLB17, obtiveram incremento em relação a testemunha.

Os parâmetros produtivos (Tabela 30), na primeira safra (2016/2017), não obtiveram resultados significativos, para as variáveis analisadas.

**Tabela 30.** Produção de massa seca de plantas inteiras antes da debulha em (kg ha<sup>-1</sup>), massa de mil grãos (g) e produtividade em (kg ha<sup>-1</sup>) na cultura do feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma spirale* (TNH1), *Trichoderma koningiopsis* (TLB17) e os tratamentos padrão calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Primeira safra (2016/2017), Marechal Cândido Rondon – PR.

Tratamentos	Massa seca (kg ha <sup>-1</sup> )	Massa de mil grãos (g)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
TLB15	11738,89	208,49	2818,31
TLB6	11933,00	185,69	2488,31
Nem Out <sup>®</sup>	12775,55	221,32	3230,15
Calda bordalesa	12846,66	222,29	3355,94
Agro Mos <sup>®</sup>	13,435,55	212,70	3581,92
TLB17	13563,88	220,14	3407,71
Testemunha	14370,00	217,27	3040,39
TNH1	16809,44	209,96	4117,01
Média	13434,23	212,23	3254,97
CV (%)	20,83	10,03	27,84

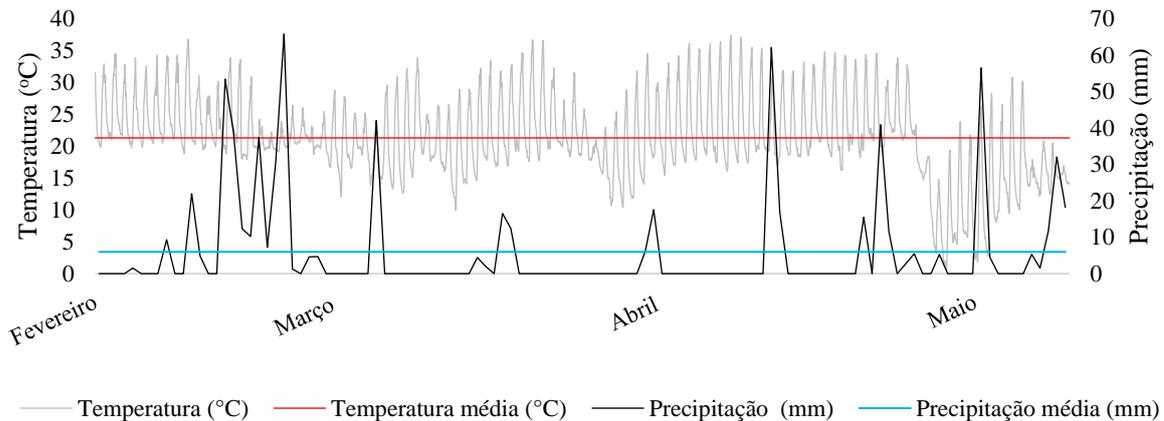
Os parâmetros produção de massa seca, massa de mil grãos e produtividade não apresentaram resultados significativos. Estando de acordo com Bernardes et al. (2010), que não observou diferença significativa para os parâmetros produtivos, em feijoeiro inoculado com *Trichoderma* sp.

A inoculação da semente de feijoeiro por *Trichoderma*, em LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de textura muito argilosa repedidos em anos consecutivos, não apresentou resultados significativos para parâmetros produtivos (HENKEMEIER, 2015). Segundo Chagas Junior et al. (2014), as respostas em parâmetros produtivos de feijoeiro tratado com *Trichoderma* é dependente da cultivar de feijoeiro, podendo ser mais ou menos favorecida pela inoculação.

A cultura do feijoeiro é bastante suscetível a variáveis ambientais desfavoráveis, tais como temperatura, umidade do solo e umidade relativa do ar. De acordo com Carvalho et al. (2015); Bernardes et al. (2010), essas condições ambientais podem ser mais limitantes do que a ocorrência de doenças.

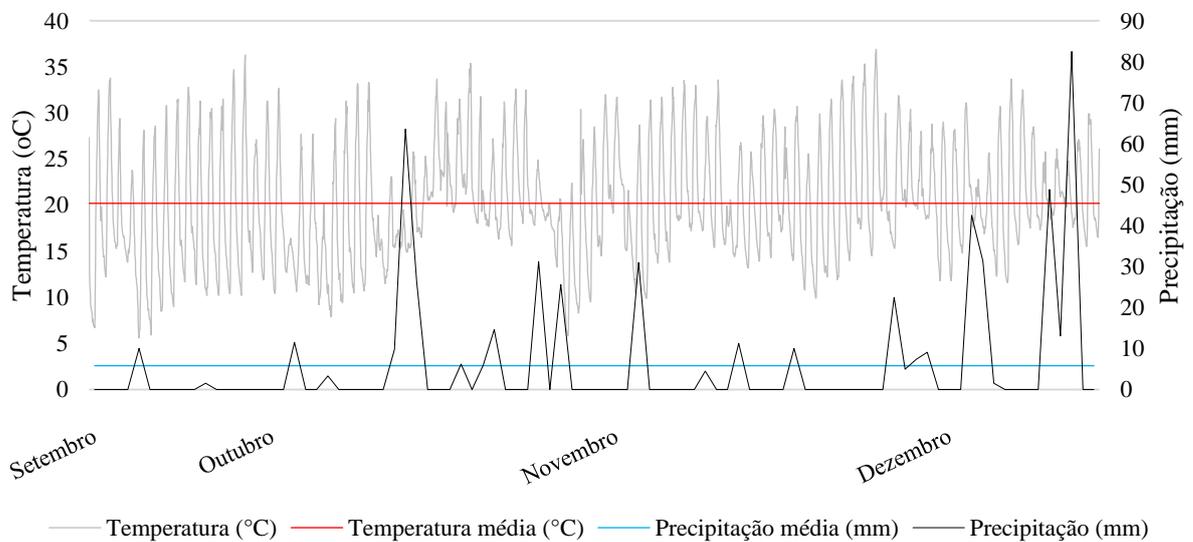
### 6.2.3 Interação *Trichoderma*-feijoeiro nas condições ambientais de Marquinho - PR

A Figura 7 expõe os dados obtidos de temperatura (°C), precipitação pluviométrica (mm), para a segunda safra (2015/2016) no período de 02 de fevereiro à 10 de maio de 2016.



**Figura 8.** Temperatura ambiente (°C), precipitação pluviométrica (mm), no período de 02 de fevereiro a 10 de maio de 2016. Segunda safra (2015/2016) da cultura do feijoeiro. Marquinho – PR.

A Figura 8 expõe os dados obtidos de temperatura (°C), precipitação pluviométrica (mm), para a segunda safra (2015/2016) no período de 15 de setembro a 14 de dezembro de 2016.



**Figura 9.** Temperatura ambiente (°C), precipitação pluviométrica (mm), no período de 15 de setembro a 14 de dezembro de 2016. Primeira safra (2016/2017) da cultura do feijoeiro. Marquinho – PR.

As médias de temperaturas para a safra da seca e safra das águas foram de 21,3 °C e 20,2 °C sucessivamente, de acordo com Andrade et al. (2015), as médias estão próximas da média recomendada para a cultura. Contudo ressalta-se que a segunda safra (2015/2016) foi marcada por temperatura bem acima da temperatura máxima ideal para a cultura que 29 °C, e

ao final do enchimento de grãos temperaturas próximas a zero. Para a primeira safra (2016/2017) houveram extremos que prejudicaram o desenvolvimento, com períodos de temperaturas abaixo dos 15 °C e acima dos 29 °C, que proporcionam fator estresse para a cultura.

A segunda safra obteve bons índices pluviométricos no início do desenvolvimento da cultura, com poucas chuvas do final do mês de março até o final do mês de abril com um volume acumulado de (695,2 mm) ao longo do ciclo. Para a primeira safra (2016/2017), foi marcada pelo período inicial com pouca ou nem uma precipitação para o final do mês de setembro e metade do mês de outubro, e para o restante do ciclo da cultura com chuvas frequentes e maior normalidade, o acumulado foi de 530,2 mm. Segundo Balardin et al. (2000), os níveis máximos acumulados exigidos pela cultura fica em torno de 500 mm, indicando que no presente trabalho houve umidade excedente por alguns períodos, e períodos em que houve déficit hídrico.

A segunda safra (2015/2016) foi marcada com parte do desenvolvimento vegetativo até o estágio de formação das vagens com pouca chuva e para a primeira safra (2016/2017) a falta de chuva para o desenvolvimento vegetativo da cultura, no primeiro caso o comprometimento da produtividade da cultura foi maior do que para a primeira safra (2016/2017), de acordo com Balardin et al. (2000), o período crítico em que a cultura requer mais água é fase reprodutiva.

A AACPD de cretamento bacteriano comum (Tabela 31), para a segunda safra (2015/2016), os tratamentos utilizados apresentaram redução de severidade em nas partes inferior e superior da parte aérea, assim como na média da planta inteira, no entanto para a parte superior obteve-se diferença no comportamento dos tratamentos.

**Tabela 31.** Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para o crestamento bacteriano comum nas partes superior e inferior da parte aérea e a média em plantas de feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens*(TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma harzianum* (TLB12), *Trichoderma koningiopsis* (TLB14) e os tratamentos padrão calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Segunda safra (2015/2016), Marquinho – PR.

Tratamentos	AACPD Inferior	AACPD Superior	AACPD Média
Agro Mos <sup>®</sup>	27,76 a	5,96 a	16,87 a
TLB14	36,21 a	7,41 a	21,82 a
TLB15	39,28 a	5,75 a	22,52 a
Nem Out <sup>®</sup>	44,61 a	10,00 ab	27,31 a
TLB6	48,38 a	9,70 ab	29,04 a
Calda bordalesa	57,83 a	10,18 ab	34,01 a
TLB12	61,93 a	10,15 ab	36,04 a
Testemunha	110,10 b	22,81 b	66,46 b
CV (%)	26,65	50,59	28,41
Média geral		31,76	

Letras minúsculas na coluna indica diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%.

A AACPD de crestamento bacteriano comum foi significativa, para parte inferior e média da planta, todos os tratamentos diferiram da testemunha. A AACPD no feijoeiro tratado com Agro Mos<sup>®</sup>, TLB14 e TLB15 foi inferior a testemunha, no entanto quando tratados com Nem Out, TLB6, calda bordalesa, e TLB12 não diferiram da testemunha e dos demais tratamentos.

A AACPD de crestamento bacteriano comum (Tabela 32), para a primeira safra (2016/2017), os tratamentos utilizados apresentaram redução de severidade.

**Tabela 32.** Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para o crestamento bacteriano comum nas partes superior e inferior da parte aérea e a média em plantas de feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens*(TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma harzianum* (TLB12), *Trichoderma koningiopsis* (TLB14) e os tratamentos padrão calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Primeira safra (2016/2017), Marquinho – PR.

Tratamentos	AACPD Inferior	AACPD Superior	AACPD Média
TLB12	38,00	8,50	23,25
Nem Out <sup>®</sup>	39,50	9,50	24,50
Agro Mos <sup>®</sup>	43,00	9,70	26,35
TLB14	47,66	5,53	26,60
TLB15	54,55	6,33	30,33
TLB6	53,16	10,10	31,63
Testemunha	64,66	9,16	36,91
Calda bordalesa	68,33	11,16	39,75
CV(%)	36,98	70,39	38,41
Média geral		29,91	

Letras minúsculas na coluna indica diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%.

A AACPD de crestamento bacteriano comum do feijoeiro não obteve resultados significativos para o presente trabalho. Contudo observa-se que a severidade foi menor em relação à safra anterior, isso se deve a temperaturas amenas durante a noite, que prejudicam o desenvolvimento do patógeno, mesmo havendo condições de umidade alta e frequentes chuvas durante este período.

Assim como nas condições de campo em Marechal Cândido Rondon, as condições mais limitantes de clima em Marquinho, mesmo em solo com maior concentração de matéria orgânica e maior concentração de silte e areia, a cultura responde significativamente ao de indutores de resistência quando ocorrem restrição hídrica em fases críticas da cultura.

A efetiva indução de resistência da cultura depende da interação *Trichoderma*-feijoeiro. De acordo com Brotman et al. (2009), ocorre pela colonização da epiderme da raiz e as células do córtex. A interação com a planta é estabelecida através da comunicação química e sistêmica, proporcionando resistência a estresses bióticos e abióticos (CARVALHO FILHO 2013; BROTMAN et al. 2010). Dessa forma, sugere-se que a interação *Trichoderma*-feijoeiro, torna-se mais efetiva quando ocorre limitação hídrica.

A concentração de biomassa fúngica (Tabela 33), em solo cultivado com feijoeiro na segunda safra (2015/2016), não foi significativo entre os estádios fenológicos avaliados, contudo o tratamento TLB6 diferiu significativamente da testemunha.

**Tabela 33.** Biomassa microbiana (mg micélio seco por g de solo) em solo cultivado com feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma harzianum* (TLB12), *Trichoderma koningiopsis* (TLB14) e os tratamentos padrão calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Segunda safra (2015/2016), Marquinho – PR.

Tratamento	V2 (mg g <sup>-1</sup> de solo)	R5 (mg g <sup>-1</sup> de solo)	R7 (mg g <sup>-1</sup> de solo)	Média (mg g <sup>-1</sup> de solo)
Calda bordalesa	20,75 A	16,37 A	19,21 A	18,77
TLB14	22,86 A	13,00 B	18,06 AB	17,97
Nem Out <sup>®</sup>	23,80 A	17,19 A	21,54 A	20,84
TLB15	24,39 A	19,70 A	23,86 A	22,65
TLB12	25,07 A	17,87 A	23,77 A	22,64
TLB6	26,41 A	16,05 B	25,17 A	22,54
Agro Mos <sup>®</sup>	26,96 A	15,80 B	18,12 B	20,29
Testemunha	27,50 A	15,56 B	16,65 B	19,90
Média	24,72 A	16,44 C	20,80 B	
CV(%)		20,72		

Letra maiúsculas na linha indica diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%.

Quando analisado apenas o fator estágio fenológico, a concentração de biomassa fúngica foi superior no estágio V2 em relação ao estágio R7, sendo ambos os estádios obtidos maiores concentrações em relação ao estágio R5.

O comportamento obtido para a biomassa fúngica foi definido pelo revolvimento do solo, e as condições climáticas, após o preparo de solo a umidade era constante, contudo no final da fase vegetativa e início da fase reprodutiva, ocorreram períodos de restrição hídrica, que reduziram a biomassa fúngica, quando a umidade do solo foi reestabelecida, a concentração de biomassa fúngica tem um acréscimo no estágio R7 em relação ao estágio R5 da cultura do feijoeiro.

A concentração de biomassa fúngica (Tabela 34), em solo cultivado com feijoeiro na primeira safra (2016/2017), não obteve resultados significativos para as variáveis analisadas.

**Tabela 34.** Biomassa microbiana (mg micélio seco por g de solo) em solo cultivado de feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma harzianum* (TLB12), *Trichoderma koningiopsis* (TLB14) e os tratamentos padrão calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Primeira safra (2016/2017), Marquinho – PR.

Tratamentos	V2 (mg g <sup>-1</sup> de solo)	R5 (mg g <sup>-1</sup> de solo)	R7 (mg g <sup>-1</sup> de solo)	Média (mg g <sup>-1</sup> de solo)
Calda bordalesa	9,97	12,78	17,84	13,53
Agro Mos <sup>®</sup>	11,63	11,26	14,07	12,32
TLB12	11,71	9,69	15,86	12,42
TLB6	12,76	11,96	11,16	11,96
TLB14	12,87	14,43	12,19	13,16
Testemunha	13,14	13,81	13,34	13,43
Nem Out <sup>®</sup>	13,91	12,20	13,16	13,09
TLB15	15,44	9,11	15,04	13,20
Média	12,68	11,91	14,08	
CV(%)			23,74	

Letra maiúsculas na linha indica diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%.

A concentração de biomassa fúngica não obteve diferença significativa nos estádios avaliados, indicando que nas condições do experimento, como solo revolvido, aliados a umidade e temperaturas amenas durante as noites, mantiveram a biomassa fúngica inalterada.

A concentração de biomassa fúngica não variou quando obteve-se maior uniformidade climática, no entanto quando na segunda safra (2015/2016), quando houve período de restrição hídrica, demonstrando para esse caso em que se utilizou preparo de solo semelhante para as duas safras, o fator clima foi um fator relevante para a biomassa fúngica metabolicamente ativa do solo. Estando de acordo com Stefanowicz (2006), que atribui as

características naturais como temperatura e umidade a oscilação da biomassa fúngica do solo. Contudo ressalta-se que na safra (2015/2016) do presente trabalho a inoculação dos isolados de *Trichoderma* TLB6, reestabeleceu a biomassa microbiana em um período de tempo mais curto quando comparado a testemunha e ao tratamento Agro Mos<sup>®</sup>. E esse comportamento está associados aos atributos físicos de solo, que são determinantes para as alterações da microbiologia do solo (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007). Entre os fatores de maior destaque está o teor de matéria orgânica, que é fonte de nutrientes para a microbiota, e contribui para a melhora nas características biológicas do solo (LOBO JUNIOR et al., 2009).

O percentual de matéria orgânica (Tabela 35), na segunda safra (2015/2016) não foi significativo dentro dos estádios fenológicos da cultura, contudo observa-se diferenças significativas de tratamentos dentro dos estádios fenológicos da cultura.

**Tabela 35.** Matéria orgânica do solo no estádios V2, R5 e R7 de desenvolvimento da cultura do feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma harzianum* (TLB12), *Trichoderma koningiopsis* (TLB14) e os tratamentos padrão calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Segunda safra (2015/2016), Marquinho – PR.

Tratamentos	Estádios fenológicos		
	V2 (%)	R5 (%)	R7 (%)
Agro Mos <sup>®</sup>	4,21 A	3,37 B	3,87 AB
Testemunha	4,05 AB	3,41 B	4,32 A
TLB12	4,51 A	3,46 B	4,32 A
TLB14	4,19 A	3,50 A	4,05 A
Nem Out <sup>®</sup>	3,96 A	3,50 A	4,19 A
Calda Bordalesa	4,23 A	3,64 A	3,78 A
TLB6	4,51 A	3,64 B	4,05 AB
TLB15	4,51 A	3,78 AB	3,69 B
Média	4,27 A	3,54 B	4,03 A
CV(%)		10,39	

Letra maiúsculas na linha indica diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%.

Quando isolado o fator estádios fenológicos, a concentração nos estádios V2 e R7 foram superiores ao estágio R5.

O percentual de matéria orgânica (Tabela 36), na segunda safra (2016/2017) não obteve resultados significativos dentro dos estádios fenológicos da cultura assim como dos tratamentos nos estádios de desenvolvimento da cultura, contudo, observa-se variação significativa para as médias dos estádios de desenvolvimento da cultura.

**Tabela 36.** Matéria orgânica do solo no estádios V2, R5 e R7 de desenvolvimento da cultura do feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma harzianum* (TLB12), *Trichoderma koningiopsis* (TLB14) e os tratamentos padrão calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Primeira safra (2016/2017), Marquinho – PR.

Tratamentos	Estádios fenológicos		
	V2 (%)	R5 (%)	R7 (%)
Nem Out <sup>®</sup>	5,10	5,01	5,10
Calda Bordalesa	5,69	5,05	5,46
Testemunha	5,55	5,14	5,14
TLB6	5,83	5,24	5,05
TLB15	5,37	5,33	5,05
TLB14	5,83	5,37	5,10
TLB12	5,74	5,51	5,10
Agro Mos <sup>®</sup>	5,65	5,60	4,69
Média	5,59 A	5,28 AB	5,09 B
CV(%)		11,88	

Letras maiúsculas na linha indica diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%.

A concentração de matéria orgânica foi significativa quando isolado o fator estádios fenológico tendo maior concentração no estádio V2 em relação ao estádio R7, e não diferem do estádio R5, sugerindo dessa forma, que nessas condições existe consumo significativo de matéria orgânica ao longo do ciclo da cultura.

A concentração de matéria orgânica no decorrer do desenvolvimento da cultura do feijoeiro foi alterada de maneira mais significativa, quando associada a períodos de restrição hídrica na cultura. Comportamento semelhante foi observado para a variável biomassa fúngica do solo e este por sua vez ocorre devido ao papel dos fungos na dinâmica da matéria orgânica do solo, sendo estes, responsáveis tanto pelo acúmulo, quando pela decomposição dos restos vegetais do solo (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007). Evidenciando no presente trabalho, que havendo matéria orgânica no solo, se esse não oferecer condições para que a microbiota do solo desempenhe sua função, haverá oscilação na concentração de carbono disponível no solo.

O coeficiente de correlação entre percentual de matéria orgânica e biomassa fúngica do solo (Tabela 37), para a segunda safra (2015/2016) e primeira safra (2016/2017), apenas a testemunha e o isolado de *Trichoderma* (TLB14), apresentaram coeficientes semelhantes para as duas safras.

**Tabela 37.** Coeficiente de correlação entre os fatores percentual de matéria orgânica e biomassa fúngica de solo cultivado com feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma harzianum* (TLB12), *Trichoderma koningiopsis* (TLB14) e os tratamentos padrão calda bordalesa (1,5%), Agro Mos® (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out® (10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Safra da seca (2015/2016), Marquinho – PR.

Tratamentos	Coeficiente de correlação segunda safra (2015/2016)	Coeficiente de correlação primeira safra (2016/2017)
Nem Out®	-0,590	0,184
Agro Mos®	-0,349	0,044
TLB12	-0,252	0,648
TLB14	-0,109	-0,103
Testemunha	-0,050	0,099
TLB15	0,081	0,424
Calda bordalesa	0,210	-0,273
TLB6	0,455	0,152

Os coeficientes de correlação para a segunda safra (2015/2016) com índices negativos que apresentaram-se mais expressivos para os tratamentos TLB12, Agro Mos® e Calda bordalesa, esses por sua vez obtiveram efeito negativo de biomassa fúngica quando aumentado o percentual de matéria orgânica do solo. Os coeficientes de correlação positivos mais significativos foram os tratamentos Nem Out® e TLB6 que obtiveram aumento da biomassa fúngica em função do aumento da matéria orgânica presente no solo.

Na primeira safra (2016/2017) os tratamentos TLB14 e calda bordalesa obtiveram correlação negativa pouco significativa, e os demais tratamentos obtiveram coeficientes de correlação positivos nessa condição, sendo os mais expressivos obtidos quando tratados com Agro Mos®, Nem Out® e TLB12.

O comportamento da testemunha e do isolado de *T. koningiopsis* TLB14 tiveram comportamento semelhante para os dois cultivos de feijoeiro, contudo os demais tratamentos apresentaram variação em função do cultivo e das condições de cada cultivo.

Nas condições dos cultivos avaliados o manejo do solo foi mantido para os dois cultivos com revolvimento do solo, no entanto, o ambiente da primeira safra obtiveram maiores variações de temperatura e precipitação, havendo pontos onde havia déficit hídrico no final do desenvolvimento vegetativo e parte do desenvolvimento reprodutivo, sendo esse um dos fatores que tiveram maior impacto. Isso deve-se a sensibilidade peculiar dos microrganismos presentes no solo (SANGHA et al., 2005). E esse pode ter sido agravado com o manejo convencional com revolvimento por gradagem, que deixa o solo exposto a incidência direta da luz solar, aumentando a oscilação da umidade principalmente. Estando esses de acordo com os descritos por Díaz-Raviña et al. (2005), que associa os manejos

convencionais do solo com revolvimento ao desequilíbrio e a diminuição da diversidade microbiota. E essa por sua vez, podem ser agravadas pelas características específicas da interação da cultura com o ambiente agrícola (MATSUOKA et al., 2003).

Os parâmetros produtivos (Tabela 38), para a segunda safra (2015/2016), não obtiveram resultados significativos para massa de mil grão, no entanto massa seca e produtividade apresentaram significância pelo teste de Tukey a 5%.

**Tabela 38.** Produção de massa seca de plantas inteiras antes da debulha em (kg ha<sup>-1</sup>), massa de mil grãos (g) e produtividade em (kg ha<sup>-1</sup>) na cultura do feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma harzianum* (TLB12), *Trichoderma koningiopsis* (TLB14) e os tratamentos padrão calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Segunda safra (2015/2016), Marquinho – PR.

Tratamentos	Massa seca (kg ha <sup>-1</sup> )	Massa de mil grãos (g)	Produtividade em (kg ha <sup>-1</sup> )
TLB12	3621,48 c	152,13	1331,60 bc
TLB6	4062,22 c	173,75	1858,95 ab
Calda bordalesa	4237,77 c	157,45	1250,86 c
Nem Out <sup>®</sup>	4370,37 c	180,40	1518,03 abc
Testemunha	4406,66 c	167,60	1366,79 bc
TLB14	4492,59 c	175,20	1584,70 abc
TLB15	5540,28 b	170,45	1759,18 abc
Agro Mos <sup>®</sup>	6717,78 a	192,93	2066,69 a
Média	4681,14	171,23	1592,10
CV(%)	8,8	13,77	16,06

Letras minúsculas na coluna indica diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%.

A variável massa de mil grãos não teve efeito significativo quando tratados, para a variável produção de massa seca, os tratamentos TLB12, TLB6, calda bordalesa, Nem Out<sup>®</sup> e TLB14 obtiveram as menores médias, no entanto não diferiram da testemunha, o tratamento Agro Mos<sup>®</sup> obteve a maior média de produção de massa seca seguido do isolado de *Trichoderma* TLB15. A variável produtividade o tratamento Agro Mos<sup>®</sup> foi superior aos tratamentos TLB12 e calda bordalesa, que apresentaram respostas semelhantes a testemunha.

A análise dos parâmetros produtivos (Tabela 39), para a primeira safra (2016/2017), não apresentaram médias significativas para as variáveis analisadas pelo teste de Tukey a (%).

**Tabela 39.** Produção de massa seca de plantas inteiras antes da debulha em (kg ha<sup>-1</sup>), massa de mil grãos (g) e produtividade em (kg ha<sup>-1</sup>) na cultura do feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6), *Trichoderma harzianum* (TLB12), *Trichoderma koningiopsis* (TLB14) e os tratamentos padrão calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup>(10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Primeira safra (2016/2017), Marquinho – PR.

Tratamentos	Massa seca (kg ha <sup>-1</sup> )	Massa de mil grãos (g)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
Nem Out	13013,33	246,30	4364,76
TLB6	13240,74	247,26	4619,82
TLB15	13982,22	260,83	4795,20
Testemunha	14713,33	242,28	4707,64
TLB14	16430,37	257,28	5573,68
Agro Mos	16600,00	249,41	5484,03
TLB12	17638,52	247,80	5690,29
Calda bordalesa	21185,18	251,20	6843,07
Média	15850,46	250,29	5259,81
CV(%)	21,75	4,38	22,16

Os fatores produção de massa seca, massa de mil grãos e produtividade não tiveram resultados significativos para os tratamentos utilizados.

No presente trabalho o fator produtividade foi alterado quando faltou chuva no final do estágio vegetativo até parte do estágio reprodutivo, contudo ressalta-se que os isolados de *Trichoderma* não diferiram da testemunha, e o tratamento calda bordalesa obteve menor produtividade em relação ao tratamento Agro Mos<sup>®</sup>. Em condições próximas ao ideal para o desenvolvimento da cultura, e se a pressão exercida por patógenos é baixa, tornam menos evidentes os benefícios da inoculação (LOBO JUNIOR et al., 2009). E o fator estressante pode ser mais ou menos impactante de acordo com o genótipo de feijoeiro (CHAGAS JUNIOR et al., 2014).

Resultados obtidos por Henkemeier (2015), utilizando as cultivares de feijoeiro IPR Tuiuiú e IAPAR 81 inoculados com *Trichoderma*, via sementes durante a semeadura, não obteve resultados significativos para os parâmetros produtivos, avaliados em NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico. Corroborando com estes Bernardes et al. (2010), não observaram diferença significativa para os parâmetros produtivos, em feijoeiro inoculado com *Trichoderma* sp.

### 6.3 ANÁLISE CONJUNTA DE BIOMASSA RESULTANTE *Trichoderma*-FEIJOEIRO-AMBIENTE EM CONDIÇÕES DE CAMPO

#### 6.3.1 Concentração de biomassa fúngica considerando três solos distintos considerando tratamentos em comum e estádios da cultura

A concentração de biomassa fúngica no solo (Tabela 40), analisando o efeito dos tratamentos em solos distintos durante os estádios de desenvolvimento da cultura, na segunda safra (2015/2016) apresentaram resultados significativos a segundo teste de Tukey a (%).

**Tabela 40.** Análise conjunta de biomassa fúngica (mg de massa seca g<sup>-1</sup> de solo) cultivado com feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6) e os padrões calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup> (10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Segunda safra (2015/2016), nos estádios (V2, R5 e R7), nos municípios de Mundo Novo – MS, Marechal Cândido Rondon – PR e Marquinho – PR.

Tratamentos						
Locais	Testemunha (mg g <sup>-1</sup> de solo)	TLB15 (mg g <sup>-1</sup> de solo)	TLB6 (mg g <sup>-1</sup> de solo)	Nem Out <sup>®</sup> (mg g <sup>-1</sup> de solo)	Agro Mos <sup>®</sup> (mg g <sup>-1</sup> de solo)	Calda bordalesa (mg g <sup>-1</sup> de solo)
Mundo Novo	2,03 c	2,22 c	2,39 c	2,77 c	3,09 c	3,29 c
M.C.Rondon	8,05 b	9,17 b	8,19 b	10,19 b	11,17 b	7,91 b
Marquinho	19,90 a	22,65 a	22,54 a	20,84 a	20,29 a	18,77 a
Média	10,00	11,35	11,04	11,27	11,52	9,99

Tratamentos						
Estádios	Testemunha (mg g <sup>-1</sup> de solo)	TLB15 (mg g <sup>-1</sup> de solo)	TLB6 (mg g <sup>-1</sup> de solo)	Nem Out <sup>®</sup> (mg g <sup>-1</sup> de solo)	Agro Mos <sup>®</sup> (mg g <sup>-1</sup> de solo)	Calda bordalesa (mg g <sup>-1</sup> de solo)
V2	13,25 a	11,84 a	12,10 ab	12,44 a	13,57 a	9,95 a
R5	8,16 b	9,89 a	8,34 b	9,26 a	9,34 b	8,64 a
R7	8,57 b	12,31 a	12,67 a	12,10 a	11,65 ab	11,39 a

Estádios				
Local	V2 (mg g <sup>-1</sup> de solo)	R5 (mg g <sup>-1</sup> de solo)	R7 (mg g <sup>-1</sup> de solo)	Média (mg g <sup>-1</sup> de solo)
Mundo Novo	2,80 c A	2,30 c A	2,79 c A	2,63 c
M.C.Rondon	8,81 b AB	7,73 b B	10,80 b A	9,11 b
Marquinho	24,97 a A	16,78 a C	20,76 a B	20,83 a
Média	12,19 A	8,94 B	11,45 A	
CV (%)	34,50			

Letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna indica diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%.

As concentrações de biomassa fúngica obtiveram resultados semelhantes para todos os tratamentos quando comparados tratamentos dentro de locais, com a maior concentração foi obtida em solo submetido ao cultivo de feijoeiro em Marquinho, seguido por Marechal

Cândido Rondon com as concentrações intermediárias, e com a menor concentração em Mundo Novo.

Concentrações de biomassa fúngica nos três locais separados em estádios fenológicos da cultura do feijoeiro a testemunha apresentou maior concentração no estádio V2 e com menor concentração para os estádios R5 e R7 indicando que a cultura tende a diminuir a quantidade de biomassa fúngica presente no solo. Quando a cultura foi tratada o comportamento da biomassa fúngica se alterou, os tratamentos TLB15, Nem Out e calda bordalesa, mantiveram as concentrações de biomassa fúngica semelhantes ao longo dos estádios de desenvolvimento da cultura do feijoeiro. Quando tratado com o *Trichoderma* TLB6 a concentração de biomassa fúngica no solo foi superior no estádio R7 em relação ao estádio R5, sendo essas concentrações semelhantes a concentração obtida no estádio V2. Quando utilizado o tratamento Agro Mos, a concentração de biomassa fúngica obtida no estádio V2 foi superior ao obtido no estádio R5, no entanto esses não diferiram da concentração obtida no estádio R7. As médias obtidas para todos os tratamentos ao longo do ciclo da cultura apresentaram semelhança entre os estádios V2 e R7, contudo a concentração diminuí no estádio R5.

As concentrações de biomassa fúngica nos em locais dentro de estádios fenológico da cultura do feijoeiro obteve resultados semelhantes quando comparados as concentrações obtidas em cada local em estádios fenológicos, sendo superiores no solo cultivado em Marquinho, seguidos das médias obtidas em Marechal Cândido Rondon, e com a menor concentração em Mundo Novo. Quando comparados a concentração de cada local em estádios fenológicos da cultura, as concentrações de biomassa fúngica foram semelhantes nos estádios fenológicos avaliados em Mundo Novo. Em Marechal Cândido Rondon a concentração de biomassa foi superior no estádio R7 em relação ao estádio R5, e não diferiram do estádio V2. Em Marquinho a maior concentração de biomassa fúngica foi obtida no estádio V2, seguida da concentração obtida no estádio R7 e a menor concentração obtida no estádio R5.

A concentração de biomassa fúngica no solo (Tabela 41), para a analisando o efeito dos tratamentos em solos distintos durante os estádios de desenvolvimento da cultura, para a primeira safra (2016/2017) foram significativos a segundo teste de Tukey a 5 (%).

**Tabela 41.** Análise conjunta de biomassa fúngica metabolicamente ativa em (mg de massa seca g<sup>-1</sup> de solo) cultivado com feijoeiro inoculado com *Trichoderma virens* (TLB15), *Trichoderma asperellum* (TLB6) e os padrões calda bordalesa (1,5%), Agro Mos<sup>®</sup> (1 L ha<sup>-1</sup>), Nem Out<sup>®</sup> (10 kg ha<sup>-1</sup>) e testemunha água. Primeira safra (2016/2017), nos estádios (V2, R5 e R7), nos municípios de Mundo Novo – MS, Marechal Cândido Rondon – PR e Marquinho – PR.

Tratamentos						
Locais	Testemunha (mg g <sup>-1</sup> de solo)	TLB15 (mg g <sup>-1</sup> de solo)	TLB6 (mg g <sup>-1</sup> de solo)	Nem Out <sup>®</sup> (mg g <sup>-1</sup> de solo)	Agro Mos <sup>®</sup> (mg g <sup>-1</sup> de solo)	Calda bordalesa (mg g <sup>-1</sup> de solo)
Mundo Novo	4,83 b	7,55 b	7,51b	6,39 b	5,75 b	3,94 b
M.C.Rondon	7,71 b	9,21 b	6,68 b	6,38 b	8,65 ab	7,87 b
Marquinho	13,43 a	13,20 a	11,96 a	13,09 a	12,32 a	13,53 a
Média	8,66	9,99	8,72	8,62	8,91	8,45

Tratamentos						
Estádios	Testemunha (mg g <sup>-1</sup> de solo)	TLB15 (mg g <sup>-1</sup> de solo)	TLB6 (mg g <sup>-1</sup> de solo)	Nem Out <sup>®</sup> (mg g <sup>-1</sup> de solo)	Agro Mos <sup>®</sup> (mg g <sup>-1</sup> de solo)	Calda bordalesa (mg g <sup>-1</sup> de solo)
V2	8,09	10,40	11,40 a	8,76	9,71	6,77 b
R5	8,15	7,80	6,92 b	9,24	6,75	7,28 b
R7	9,72	11,76	7,83 ab	7,86	10,27	11,29 a

Estádios				
Local	V2 (mg g <sup>-1</sup> de solo)	R5 (mg g <sup>-1</sup> de solo)	R7 (mg g <sup>-1</sup> de solo)	Média (mg g <sup>-1</sup> de solo)
Mundo Novo	8,35 b A	5,42 b B	4,21 c B	5,99 c
M.C.Rondon	6,40 b B	5,80 b B	11,05 b A	7,75 b
Marquinho	12,81 a A	11,86 a A	14,10 a A	12,92 a
Média	9,19 AB	7,69 B	9,79 A	
CV (%)	39,89			

Letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna indica diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%.

A concentração de biomassa fúngica nos estádios fenológicos dentro dos tratamentos TLB15, Agro Mos e Nem Out não obtiveram diferença significativa, esses semelhantes ao comportamento da testemunha. Quando tratado com calda bordalesa a concentração no estádio R7 foi superior aos estádios V2 e R5. O tratamento TLB6 obteve maior concentração de biomassa fúngica no estádio V2 em relação ao estádio R5 e esses não diferiram do estádio R7.

O desdobramento de estádio fenológico dentro de cada local obteve concentrações semelhantes em Marechal Cândido Rondon e Mundo Novo nos estádios V2 e R5, e esses foram inferiores ao obtido em Marquinho. No estádio R7 a concentração de biomassa fúngica foi superior em Marquinho, seguido da concentração obtida em Marechal Cândido Rondon e com a menor concentração o solo de Mundo Novo. Quando analisado local dentro de estádios fenológicos em Mundo Novo a concentração de biomassa fúngica no estádio V2 foi superior aos estádios R5 e R7. Em Marechal Cândido Rondon a concentração de biomassa fúngica no estádio R7 foi superior aos estádios V2 e R5. Em Marquinho a concentração de biomassa

fúngica foi superior no estágio R7 em relação ao estágio R5 e esses não diferiram na concentração obtida no estágio V2.

Os resultados estão de acordo Stefanowicz (2006), que associa os fatores naturais como temperatura, umidade, composição da matéria orgânica e propriedades do solo como fatores determinantes para características endêmicas de biomassa microbiana, sendo esses responsáveis pela dinâmica do solo.

No presente trabalho fica evidente que as condições naturais para ARGISSOLO de textura arenosa, são menos favoráveis para o acúmulo de biomassa fúngica, enquanto as condições fornecidas NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico obtiveram maior concentração de biomassa, e as condições oferecida pelo LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de textura argilosa foi dependente das condições ocorridas nos cultivos de feijoeiro. O comportamento dos solos distintos está estreitamente associado aos seus atributos físicos de solo, que são determinantes para as alterações da microbiologia do solo (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007). A condição em que há maior quantidade de restos vegetais acumulados sobre o solo, é maior a atividade microbiana no solo (CHÁVEZ et al., 2011). Esses microrganismos são os responsáveis pela dinâmica da matéria orgânica no solo (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

## 7 CONCLUSÕES

Os isolados de *Trichoderma* mostraram-se promissores, em reduzir a severidade do cretamento bacteriano comum do feijoeiro, em diferentes condições edafoclimáticas.

As características específicas do solo e clima tiveram efeito nas variações na biomassa fúngica presente no solo.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRASEM. Anuário 2016. **Associação Brasileira de Sementes e Mudanças**, Pelotas, Editora Becker & Peske, 2016, 128p.
- AGUASDOPARANA. Disponível no site: <http://www.sihweb.aguasparana.pr.gov.br/sihweb/gerarRelatorioAlturasDiariasPrecipitacao.do?action=carregarInterfaceInicial>
- AGRIOS, G.N. **Plant pathology**. San Diego: Editora Academic Press, 1997. 635p.
- AGROFIT. Disponível em [http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons) acesso 07/10/2017.
- ALBRECHT, A.; KANDJI, S.T. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, Amsterdam, v. 99, n. 1, p. 15-27, 2003.
- AMORIM, L.; BERGAMIM FILHO, A. Fenologia, patometria e quantificação de danos. In: AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIM FILHO, A. **Manual de fitopatologia**. v.1. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres 4 ed., p. 517-540, 2011.
- ANDERSON, J.P.E.; DOMSCH, K.H. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. **Soil Biology & Biochemistry**, Biochem. v.21, n.4, p. 471-479, 1989.
- ANDRADE, M.J.B.; OLIVEIRA, D.P.; FIGUEIREDO, M.A.; MARTINS, F.A.D. Exigências edafoclimáticas. In: CARNEIRO, J.E.S.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. **Feijão do plantio à colheita**. Editora UFV, Viçosa. 2015. p.67-95.
- ANDREOTE, F.D.; CARDOSO, E.J.B.N. Introdução à biologia do solo. In: CARDOSO, W.J.BN.; ANDREOTE, F.D. **Microbiologia do solo**. Piracicaba: Esalq 2º ed., 2016. p.9-22.
- ARAÚJO, A.S.F.; MELO, W.J. Soil microbial biomass in organic farming system. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 12, p. 2419-2426, 2010.
- ARAÚJO, A.S.F.; MONTEIRO, R.T.R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 1, p. 66-75, 2007.
- ARGUMEDO-DELIRA, R.; ALARCÓN, A.; FERRERA-CERRATO, R.; PEÑACABRIALES, J.J. El género fúngico *Trichoderma* y su relación con contaminantes orgánicos e inorgánicos. **Revista Internacional de Contaminación Ambiental**, Toluca, v.24, n.4, p.257-269, 2009.
- AZEVEDO, J.L. (1998). Microorganismos endofíticos. In: MELO, I.S.; AZEVEDO, J.L. **Ecologia Microbiana**. Editora EMBRAPA, Jaguariuna, p.117-137, 1998.
- BAIS, H.P.; WEIR, T.L.; PERRY, L.G.; GILROY, S.; VIVANCO, J.M. The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v.57, p.233–266, 2006.
- BAKER, K.F.; COOK, R.J. **Biological Control of Plant Pathogens**. San Francisco. Freeman. 1974.

BALARDIN, R.S.; COSTA, E.C.C.; RIBEIRO, N.D. **Feijão, recomendações técnicas para cultivo no Rio Grande do Sul**. Comissão Estadual de Pesquisa do Feijão – CEPEF, 2000. 80 p.

BARRET, M.; MORRISSEY, J.P.; O’GARA, F. Functional genomic analysis of plant growth-promoting rhizobacterial traits involved in rhizosphere competence. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.47, p.729–743, 2011.

BEDENDO, I.P. Bactérias fitopatogênicas. In: AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIM FILHO, A. **Manual de fitopatologia**. v.1.Piracicaba: Editora Agronômica Ceres 4 ed., p.207-225, 2011.

BEDENDO, I.P.; AMORIM, L. Ambiente e doença. In: AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIM FILHO, A. **Manual de fitopatologia**. v.1.Piracicaba: Editora Agronômica Ceres 4 ed., p.133-147, 2011.

BERENDSEN, R.L.; PIETERSE, C.M.J.; BAKKER, P.A.H.M. The rhizosphere microbiome and plant health. **Trends in Plant Science**, Oxford, v.8, p.478-486, 2012.

BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M. Importância das doenças de plantas. In: AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIM FILHO, A. **Manual de fitopatologia**. v.1. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres 4 ed., p.19-36, 2011.

BERNARDES, T.G.; SIVEIRA, P.M.; MESQUITA, M.A.M. Regulador de crescimento e *Trichoderma harzianum* aplicados em sementes de feijoeiro cultivado em sucessão a culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia. v.40, n.4, p.439-446, 2010.

BETTIOL, W. **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna. 2009, 341p.

BETTIOL, W; GHINI, R. Solos supressivos. In: MICHEREFF, F.; ANDRADE, D.E.G.T; MENEZES, M. **Ecologia e Manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. Imprensa Universitária da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Recife. 2005, p.125-152.

BLUM, L.E. Conceitos sobre resistência de plantas as doenças. 2007. In: BLUM, L.E.B.; CARES, J.E.; UESUGI, C. H. **Fitopatologia: O estudo das doenças de plantas**. Brasília: Otimismo 2 ed., p.249-260, 2007.

BONALDO, S.M.; PASCHOLATI, S.F.; ROMEIRO, R. S. Indução de resistência: noções básicas e perspectivas. In: CAVALCANTI, L. S.; DI PIERO, R. M.; CIA, P.; PASCHOLATI, S.F.; RESENDE, M.L.V.; ROMEIRO, R.S. (Ed). **Indução de Resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: Editora FEALQ, p.11-28, 2005.

BORÉM, A.; CARNEIRO, J.E.S. A cultura. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T.J.; BORÉM, A. **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa: Editora UFV, 2.ed., p.13-18, 2006.

BORÉM, A.; CARNEIRO, J.E.S. A cultura. In: CARNEIRO, J.E.S.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. **Feijão do plantio a colheita**. Viçosa: Editora UFV, p.09-15, 2015.

BRANDANI, C.B.; SANTOS, D.G. Transformações do carbono no solo. In: CARDOSO, W.J.BN.; ANDREOTE, F.D. **Microbiologia do solo**. Piracicaba: Esalq 2º ed., p.81-98, 2016.

BREED, R.S.; MURRAY, E.G.D.; SMITH, N.R. **Bergey's manual of determinative bacteriology**, 7th ed. Baltimore: The William e Wilkins Co., 1967.

BROETTO, L. **Antagonismo a *Macrophomina phaseolina* e promoção de crescimento em feijoeiro mediadas por *Trichoderma* spp.** 2013. 59f. Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em produção vegetal. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Marechal Cândido Rondon, PR, 2013.

BROETTO, L. **Indução de resistência a *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* mediado por diferentes espécies de *Trichoderma* na cultura do feijoeiro.** 2017. 76f. Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em produção vegetal. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Marechal Cândido Rondon, PR, 2017.

BROETTO, L.; COLTRO-RONCATO, S.; MEINERZ, C.C.; DILDEY, O.D.F.; PAZDIORA, P.C.; GOLÇALVES, E.D.V.; MORAES, A.J.; HENKEMEIER, N.P.; KUHN, O.D.; STANGARLIN, J.R. Crescimento micelial e produção de microescleródios de *Macrophomina phaseolina* confrontado com diferentes isolados de *Trichoderma* sp. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon. v.13, n.4, p.310-317, 2014.

BROTMAN, Y.; KAPUGANTI, J.G.; VITERBO, A. *Trichoderma*. **Current Biology**, Massachusetts, v.20, n.9, p.390-391, 2010.

BROTMAN, Y.; LISEC, J.; MÉRET, M.; CHET, I.; WILLMITZER, L.; VITERBO, A. Transcript and metabolite analysis of the *Trichoderma*-induced systemic resistance response to *Pseudomonas syringae* in *Arabidopsis thaliana*. **Microbiology**, Copenhagen. v.158, p.139-146, 2012.

BROOKES, P.C. The soil microbial biomass: concept, measurement and applications in soil ecosystem research. **Applied Environmental and Microbiology**, New York, v.16, n.1, p.131-140. 2001.

CARDOSO, I.M.; KUYPER, T.W. Mycorrhizas and tropical soil fertility. **Agriculture Ecosystems & Environment**, Amsterdam. v.116, p.72-84, 2006.

CARDOSO, M.O. Métodos para quantificação da biomassa microbiana do solo. **Agropecuária Técnica**, Areia, v.25, n.1, p.1-12, 2004.

CARVALHO, D.D.C.; GERALDINE, A.M.; LOBO JUNIOR, M.; MELLO, S.C.M. Biological control of White mold by *Trichoderma harzianum* in common bean under field conditions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v.50, n.12, p.1220-1224, 2015.

CARVALHO FILHO, M.R. **Identificação e relações filogenéticas, potencial de uso de isolados de *Trichoderma* no controle de mofo branco e como promotores de crescimento do feijoeiro.** 2013. 111f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia. Universidade de Brasília, DF, 2013.

CAVALCANTI, L.S.; DI PIETRO, R.M.; CIA, P.; PASCHOLATI, S.F.; RESENDE, M.L.V.; ROMEIRO, R.S. **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos.** Piracicaba, Fealq, 2005, 263p.

CHAGAS JUNIOR, A.F.; OLIVEIRA, A.G.; REIS, H.B.; SANTOS, G.R.; CHAGAS, L.F.B.; MILLER, G.R. Eficiência da inoculação combinada de rizóbio e *Trichoderma* spp. em diferentes cultivares de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) no cerrado (Sacana Brasileira). **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa. v.37, n.1, p.20-28, 2014.

CHÁVEZ, L.F.; ESCOBAR, L.F.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F.; MEURER, E.J. Diversidade metabólica e atividade microbiana no solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob intensidade de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v.46, n.10, p.1254-1261, 2011.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Perspectivas para a safra 2015/2016**. Brasília, v.3, 2015.

CORREIA, M.E.F.; OLIVEIRA, L.C.M. Fauna do solo: aspectos gerais e metodológicos. Seropédica, **Embrapa agrobiologia**, 2000. 46p.

COSTA, C. P.; FERREIRA, M. C. Preservação de microrganismos: revisão. *Revista de Microbiologia*, São Paulo, v.22, n.3, p.263-268, 1991.

COTTA, S.R. O solo como ambiente para a vida microbiana. In: CARDOSO, W.J.BN.; ANDREOTE, F.D. **Microbiologia do solo**. Piracicaba: Esalq 2º ed., p.23-36, 2016.

CTSBF, Comissão Técnica Sul-Brasileira De Feijão. **Informações técnicas para o cultivo de feijão na Região Sul brasileira**. 2.ed. Florianópolis: Epagri, 2012. 157p.

DÍAZ, C.G.; BASSANEZI, R.B.; BERGAMIN FILHO, A. Desenvolvimento e validação de uma escala diagramática para *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.27, n.1, p. 35-39, 2001.

DÍAZ-RAVIÑA, M.; BUENO, J.; GONZÁLEZ-PRIETO, S.J.; CARBALLAS, T. Cultivation effects on biochemical properties, C storage and 15N natural abundance in the 0- 5 cm layer of an acidic soil from temperate humid zone. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v.84, n.2, p.216-221, 2005.

DJAJAKIRANA, G.; JOERGENSEN, R.G.; MAYER, B. Ergosterol and microbial biomass relationship in soil. **Biology and Fertility of Soils**, London, v.22, p.299-304, 1996.

DONAGEMMA, G.K.; CHAER, G.M.; BALIEIRO, F.C.; PRADO, R.B.; ANDRADE, A.G.; FERNANDES, M.F.; COUTINHO, H.L.C.; CORREIA, E. Indicadores de qualidade do solo: descrição, uso e integração para fins de estudo em agrossistemas. In: FERREIRA, J. M. L. et al. (Eds.). **Indicadores de sustentabilidade em sistemas de produção agrícola**. Belo Horizonte, EPAMIG, 2010. p.143-201.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A.L. Manejo de doenças. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de feijão**. Piracicaba, 2007, p.253-287.

EASH, N.S.; STAHL, P.D.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L. A simplified method for extraction of ergosterol from soil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.60, p.468-471, 1996.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. ed. 2, EMBRAPA: Rio de Janeiro, 1997.

ETHUR, L.Z.; BLUME, E.; MUNIZ, M.; SILA, A.C.F.; STEFANELO, D.R.; ROCHA, E.K. Fungos antagonistas a *Sclerotinia sclerotiorum* em pepineiro cultivado em estufa. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.30, p.127-133, 2005.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de feijão**. Piracicaba, Livroceres p.386, 2007.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FIALHO, J.S.; GOMES, V.F.F.; OLIVEIRA, T.S.; SILVA JUNIOR, F.M.T. Indicadores da qualidade do solo em áreas sob vegetação natural e cultivo de bananeiras na Chapada do Apodi-CE. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.37, n.3, p. 250-257, 2006.

GAMA, M.A.S.; OLIVEIRA, W.J.; CARVALHO, M.H.J.L.; NICOLI, A. Genética da interação bactéria-planta. In: GAMA, M.A.S.; NICOLI, A.; GUIMARÃES, L.M.P.; LOPES, U.P.; MICHEREFF, S.J. **Estado da arte em fitobacterioses tropicais**, Recife: Editora EDUFRPE, p.43-64, 2016.

GAVA, C.A.T; MENEZES, M.E.L. Eficiência de isolados de *Trichoderma* spp. no controle de patógenos de solo em meloeiro amarelo. **Revista Ciências Agronômica**, Fortaleza, v.43, n.4, p.633-640, 2012.

GERALDINE, A.M.; SILVA, L.L.; YOSHIDA, F.; BARBOSA, E.T.; CUMHA, L.A.; SANTOS, P.F.; CIVARDI, E.A.; LOBO JUNIOR, M. Modelos de sobrevivência de *Trichoderma* spp. e sua relação com fatores físico-químicos de diferentes solos. In: **6º Seminário jovens talentos**. Santo Antônio de Goiás, 2012.

GERALDINE, A.M.; YOSHIDA, F.; CIVARDI, E.A.; SILVA, L.L.; BARBOSA, E.T.; LOBO JUNIOR, M. Efeito multivariado dos fatores físico-químicos de solos na sobrevivência de *Trichoderma* sp. e no parasitismo de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum*. **Tropical Plant Pathology**, Ouro Preto. v.38, suplemento, 2013.

GRIGOLETTI Jr., A.; SANTOS, A.F.; AUER, C.G. Perspectivas do uso do controle biológico contra doenças florestais. **Revista Floresta**, Curitiba, v.30, p.135-165, 2000.

HENKEMEIER, N.P. **Associação entre feijoeiro e isolados de *Trichoderma* sp. no desenvolvimento, produtividade e severidade de antracnose e crestamento bacteriano comum**. 2015. 43 f. Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em produção vegetal. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Marechal Cândido Rondon, PR.

HERMOSA, R.; VITERBO, A.; CHET, I.; MONTE, E. Plant-beneficial effects of *Trichoderma* and of its genes. **Microbiology**, Copenhagen, v.158, p.17-25, 2012.

HOWELL, C.R. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant disease: the history and Evolution of current concepts. **Plant Disease**, New York. v.87, n.1, p.4-10, 2003.

HÖPER, H; ALABOUVETTE, C. Importance of physical and chemical soil properties in the suppressiveness of soil to plant diseases. **European Journal of Soil Biology**. v.32, p.41-58, 1996.

IAPAR no Estado do Paraná. Disponível no site: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1070> Acesso em: 19 maio 2015.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**, Rio de Janeiro, v.30, n.1, p.1-81, janeiro, 2017.

JUÁREZ, M.F-D.; WALDHUBER, S.; KNAPP, A.; PARTL, C.; GÓMES-BRANDÓN, M.; INSAM, H. Wood ash effects on chemical and microbiological properties of digestate- and manure-amended soil. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 49, p. 575-585, 2013.

KIMATI, H.; BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. Princípios gerais de controle. In: AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIM FILHO, A. **Manual de fitopatologia**. v.1. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 4ed., p. 19-36, 2011.

KRUNGNER, T.L.; BACCHI, L.M.A. Fungos. In: BERGAMIM FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de Fitopatologia**. 3. ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, p. 45-95, 1995.

LEITE, L. F. C.; FREITAS, R. C. A.; SAGRILO, E.; GALVÃO, S. R. S. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no Cerrado Maranhense. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.41, n.1, p.29-35, 2010.

LOBO JUNIOR, M.; BRANDÃO, R.S.; CORRÊA, C.A.; GORDEN, C.A.; CIVARDI, E.A.; OLIVEIRA, P. Uso de braquiárias para controle e manejo de doenças causadas por patógenos habitantes do solo. **Comunicado Técnico 183**, Santo Antônio de Goiás, 2009.

MACHADO, D.F.M.; PARZIANELLO, F.R.; SILVA, A.C.F.; ANTONIOLLI, Z.I. *Trichoderma* no Brasil: O fungo e o bioagente. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém. v.35, n.26, 2012.

MADIGAN, M.T.; MARTINKO, J.M.; BENDER, K.S.; BUCKLEY, D.H.; STAHL, D.A. **Microbiologia de Brock**. 14<sup>th</sup> ed. San Francisco: Benjamin Cummings, 2016. 987p.

MARTÍNEZ-MEDINA, A.; FERNÁNDEZ, I.; SÁNCHEZ-GUZMÁN, M.J.; JUNG, S.C.; PASCUAL, J.A.; POZO, M.J. Deciphering the hormonal signaling network behind the systemic resistance induced by *Trichoderma harzianum* in tomato. **Frontiers in Plant Science**, Netherlands. v.4, 2013

MARTINS-CORDER, M.P.; MELO, I.S. Antagonismo *in vitro* de *Trichoderma* sp. A *Verticilliumdahliae* Kleb. **Scientia Agrícola**, São Paulo, v.55, p.1-7, 1998.

MATOS, E.R.; DURRER, A.; ANDREOTE, F.D. Ecologia microbiana. In: CARDOSO, W.J.BN.; ANDREOTE, F.D. **Microbiologia do solo**. Piracicaba: Esalq 2<sup>o</sup> ed., p.37-46, 2016.

MATSUOKA, M.; MENDES, I.C.; LOUREIRO, M.F.R. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.3, p.425-433, 2003.

MILLE-LIBDLOM, C.; WACHENFELDT, E.; TRANVIK, L.J. Ergosterol as a measure of living fungal biomass: persistence in environmental samples after fungal death. **Jornal of Microbiological Methods**, Amsterdam, v.59, p. 253-262, 2004.

MIRANSARI, M. Soil microbes and the availability of soil nutrients. **Acta Physiologiae Plantarum**, Paris, v.35, p.3075-3084, 2013.

MOESKOPS, B.; BUCHAN, D.; SUKRISTIYONUBOWO.; NEVE, S.D.; GUSSEME, B.D.; WIDOWATI, L.R.; SETYORINI, D.; SLEUTEL, S. Soil quality indicators for intensive vegetable production systems in Java, Indonesia. **Ecological Indicators**, London, v.18, p.218-226, 2012.

MONTE, E. Understanding *Trichoderma*: between biotechnology and microbial ecology. **International Microbiology**, Berlin, v.4, p.1-4, 2001.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: Ed. UFLA, 2006. 626 p.

MOURA, A.D.; BRITO, L.M. Aspectos socioeconômicos. In: CARNEIRO, J.E.S.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. **Feijão do plantio a colheita**. Viçosa: Editora UFV, p.16-36, 2015.

MUCHA, M.H.; BIASSI, B.M.; MUCHA, N.M.; MANDINELLI, M.G.; MORAIS, N.M.; STURZA, V.S. Desempenho agrônomo de cultivares de feijão submetidas a um sistema de manejo fitossanitário ecológico em Jaguari, Rio Grande do Sul. **Cadernos de Agroecologia**, Dourados. v.9, n.4, 2014.

PASCHOLATI, S.F. Fisiologia do parasitismo: como as plantas se defendem dos patógenos. In: AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIM FILHO, A. **Manual de fitopatologia**. v.1. Piracicaba, Editora Agronômica Ceres, 4ed., p.593-636, 2011.

PASCHOLATI, S.F.; TOFFANO, L.; Indução de resistência contra fitopatógenos em espécies arbóreas. In RODRIGUES, F.A.; ROMEIRO, R.S. **Indução de resistência em plantas a patógenos**. v.3. Viçosa: Editora UFV, 2007. cap.3, p.59-66.

PAULA JÚNIOR, T.J.; VIEIRA, R.F.; TEIXEIRA, H.; LOBO Jr, M.; WENDLAND, A. Doenças do feijoeiro: Estratégias integradas de controle In: CARNEIRO, J.E.S.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. **Feijão: do plantio a colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2015. p.270-299

POLETTI, I. **Caracterização e manejo do patossistema erva-mate/podridão-de-raízes**. 2010. 97f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2010.

POWLSON, D. S.; BROOKES, P. C.; CHRISTENSES, B. T. Measuring of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.19, n.1, p.159-164. 1987.

RASCHE, F.; CADISCH, G. The molecular microbial perspective of organic matter turnover and nutrient cycling in tropical agroecosystems. What do we know? **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.49, p.251-262, 2013.

REIS, E. Solos supressivos e seu aproveitamento no controle de doenças de plantas. In: BETTIOL, W. (Coord.) **Controle Biológico de Doenças de Plantas**. Jaguariúna. EMBRAPA-CNPDA. 1991. p.181- 193.

ROMAGNOLI, E.M.; ANDREOTE, F.D. Rizosfera. In: CARDOSO, W.J.BN.; ANDREOTE, F.D. **Microbiologia do solo**. Piracicaba: Esalq 2º ed., p.47-60, 2016.

ROMEIRO, R.S. Importância econômica das bacterioses de plantas e perspectivas para seu controle. In: ROMEIRO, R.S. **Bactérias fitopatogênicas**. Viçosa: Editora UFV, 2 ed. p.35-52, 2011.

ROMEIRO, R.S. **Controle biológico de enfermidades em plantas: fundamentos**. Viçosa: Editora UFV, 269p. 2007.

ROMEIRO, R.S. Indução de resistência em plantas a patógenos. In: PASCHOLATI, S.F.; LEITE, B.; STANGARLIN, J.R.; CIA, P. **Interação planta-patógeno: fisiologia, bioquímica e biologia molecular**. Piracicaba: Editora FEALQ, p.411-429, 2008.

RONQUIM, C.C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas, Embrapa monitoramento por satélite, 2010. 26p.

RUZICKA, S.; EDGERTON, D.; NORMAN, M.; HILL, T. The utility of ergosterol as a bioindicator of fungi in temperate soils. **Soil Biology & Biochemistry**, London, v.32, p.989-1005, 2000.

WENDLAND, A.; MOREIRA, A. S.; BIANCHINI, A.; GIAMPAN, J. S.; LOBO JUNIOR, M. Doenças do feijoeiro. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 5. ed. Ouro Fino: Agronômica Ceres, 2016. v. 2. p. 383-396.

SANGHA, K.K.; MIDMORE, D.J.; ROLFE, J.; JALOTA, R.K. Tradeoffs between pasture production and plant diversity and soil health attributes of pasture systems of Central Queensland, Australia. **Agriculture Ecosystems Environmental**, Amsterdam, v.111, n.1, p.93-103, 2005.

SANTOS, J.B.; GAVILANES, M.L.; VIEIRA, R.F.; PINHEIRO, L.R. Botânica. In: CARNEIRO, J.E.S.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. **Feijão do plantio a colheita**. Viçosa: Editora UFV, p.37 – 67, 2015.

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.B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353p.

SCHNEIDER, R.W. (Ed.) **Suppressive Soils and Plant Disease**. St. Paul. APS Press, 1982.

SEMADE, disponível em: [http://www.semade.ms.gov.br/wp-content/uploads/sites/20/2015/03/regiao\\_cone\\_sul\\_caderno\\_geoambiental1.pdf](http://www.semade.ms.gov.br/wp-content/uploads/sites/20/2015/03/regiao_cone_sul_caderno_geoambiental1.pdf). 02/01/2018.

SHANER, G.; FINNEY, R.E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing in knox wheat. **Phytopathology**, Palo Alto, v.67, p.1050-1056, 1977.

SIQUEIRA, J.O.; MORREIRA, F.M.S.; GRISI, B.M.; HUNGRIA, M.; ARAUJO, R.S. **Microorganismos e processos biológicos do solo**, EMBRAPA. Brasília. 1994.

SMITH, V. C.; BRADFORD, M. A. Litter quality impacts on grassland litter decomposition are differently dependent on soil fauna across time. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 24, n. 2, p. 197-203, 2003.

STANGARLIN, J.R. **Atividades de ribulose-1,5-bifosfato carboxilase (rubisco), clorofilase,  $\beta$ -1,3 glucanase e quitinase e conteúdo de clorofila em cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) infectados com *Uromyces appendiculatus* ou *Phaeoisariopsis griseola***. 1999, 119p. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1999.

STANGARLIN, J.R.; KUHN, O.J.; TOLEDO, M.V.; PORTZ, R.L.; SCHWAN-STRADA, K.R.F.; PASCHOLATI, S.F. A defesa vegetal contra fitopatógenos. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v.10, n.1, p.18-46, 2011.

STANGARLIN, J.R.; PASCHOLATI, S.F. Proteção de plântulas de milho pipoca contra *Exserohilum turcicum* pelo uso de *Saccharomyces cerevisiae*. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v.20, n.1, 1994.

STEFANOWICZ, A. The biolog plates technique as a tool in ecological studies of microbial communities. **Polish Journal**, v.15, p.669- 676, 2006.

SUETH-SANTIAGO, V.; FRANKLIM, T.N.; LOPES, N.D.; LIMA, M.E.F. CYP51: Uma boa ideia?. **Revista Virtual de Química**, Seropédica, v.7, n.2, p.539-575, 2015.

WALTERS, D.R.; RATSEP, J.; HAVIS, N.D. Controlling crop diseases using induced resistance: challenges for the future. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v.64, n.5, p. 1263-1280, 2013.

WENDLAND, A.; MOREIRA, A.S.; BIANCHINI, A.; GIAMPAN, J.S.; LOBO JUNIOR, M. Doenças do feijoeiro. In: AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A; CAMARGO, L.E.A. **Manual de Fitopatologia**. v2. 5ed. Ouro Fino: Editora Agronômica Ceres Ltda, 2016, p.383-396.

ZILLI, J.É.; RUMJANEK, N.G.; XAVIER, G.R.; COUTINHO, H.L.C.; NEVES, M.C.P.; Diversidade microbiana como indicador de qualidade do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v.20, n.3, p. 391-411, 2003.