Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Influência do sistema de produção de batata na supressividade do solo à murcha bacteriana

Juliana Zucolotto

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestra em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2019

Juliana Zucolotto
Engenheira Agrônoma

Influência do sistema de produção de batata na supressividade do solo à murcha bacteriana

Orientador:
Prof. Dr. **PAULO CÉSAR TAVARES DE MELO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestra em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Zucolotto, Juliana

Influência do sistema de produção de batata na supressividade do solo à murcha bacteriana / Juliana Zucolotto. - - Piracicaba, 2019.

44 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

1. Sistemas alternativos 2. *Ralstonia solanacearum* 3. *Solanum tuberosum* L. I. Título

DEDICATÓRIA

Aos meus pais pela compreensão e apoio prestados a mim a cada segundo e em cada aventura que eu traçava, mas principalmente por todo amor depositado nas palavras, abraços e sorrisos. Sem vocês eu seria apenas uma parte, obrigada por serem o meu todo.

Amo vocês

AGRADECIMENTOS

Às forças divinas, pela vida, oportunidades, proteção, desafios e suporte.

Ao professor e orientador Dr. Paulo César Tavares de Melo, por todos os ensinamentos, paciência, humildade, apoio e motivação, tanto no âmbito profissional como pessoal. Sem esquecer das oportunidades a mim cedidas.

À Universidade de São Paulo – USP, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz" pela oportunidade de realização da graduação e do mestrado. Em especial ao Departamento de Produção vegetal.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de mestrado.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Hortaliças e Cerrados) por terem me acolhido durante a condução do experimento.

Aos meus familiares por todo carinho e compreensão. Destacando meus padrinhos e tios Telma e Carlos, minha irmã Carolina e meus tios Regiane e Renato, vocês foram e sempre serão meus anjos da guarda.

Ao Felipe Leiber por ter escutado minhas palavras intermináveis e me dado suporte e conselhos quando eu mais precisava.

Aos meus grandes amigos de Brasília, Renato Soares, Gabriel Emiliano, em especial ao Carlos Ragassi e Felipe Kenzo, por terem me acolhido como membro da família e não me deixarem faltar cuidado, carregarei vocês no coração pelo resto da vida e não encontro palavras que expressem a minha gratidão.

Aos meus amigos que conquistei durante a graduação e mestrado na ESALQ, os quais nunca me deixaram faltar risadas e desabafos, em especial a Renata Lupp, Guilherme Carrara, Andréia Mucare, Mayra Maniero, Caio Cugler, Natália Salib, Albânia, Aldeir e membros do grupo Paces.

À Brenda Di Giulio por ter sido minha companheira de apartamento, conversas, chás, limpeza e filmes. Também, por todo apoio prestado a mim durante esses dois anos.

Ao Professor Dr. Fernando Piotto e Dr. Carlos Aberto Lopes por terem me ajudado com a condução de todo experimento e me guiado durante o mestrado junto ao meu orientador.

Aos funcionários, da biblioteca e da pós-graduação, e a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho e que o papel limitou expressar minha gratidão.

Obrigada a todos!

“***Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim”***

Chico Xavier

SUMÁRIO

RESUMO 7
ABSTRACT 8
1 INTRODUÇÃO 9
2 DESENVOLVIMENTO 11
2.1 Revisão Bibliográfica 11
2.1.1 Aspectos gerais da cultura da batata 11
2.1.2 Murcha Bacteriana 12
2.1.3 Sistemas de produção agrícolas 14
2.1.3.1 Sistema convencional de produção de batata 15
2.1.3.2 Sistema orgânico de produção de batata 16
2.1.3.3 Sistema Paces 17
2.1.3.3.1 Preparo profundo do solo 17
2.1.3.3.2 Sucessão e rotação de culturas 18
2.1.4 Microbiota do solo 19
2.1.5 Supressividade do solo a organismos patógenos de solo 20
2.2 Material e métodos 20
2.2.1 Área experimental 20
2.2.2 Delineamento experimental 21
2.2.3 Caracterização dos tratamentos 21
2.2.4 Coleta dos solos 22
2.2.5 Condução e avaliações do experimento 23
2.2.6 Análise estatística 23
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 25
4 CONCLUSÃO 31
REFERÊNCIAS 33
APÊNDICES 41

RESUMO

Influência do sistema de produção de batata na supressividade do solo à murcha bacteriana

A cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.) é a terceira fonte principal de alimento humano do mundo, posteriormente ao trigo e arroz. No Brasil, é a olerícola com maior área plantada e gera cerca de 160 mil empregos diretos e indiretos. A batateira é afetada por doenças transmitidas por patogénos do solo, ocasionando a migração da cultura para áreas nunca cultivadas ou sem o plantio de Solanaceae de dois a cinco anos consecutivos. A murcha bacteriana, causada pelo complexo de bactérias da *Ralstoni*a spp., é uma das principais doenças que afetam a cultura da batata no mundo. No Brasil, o sistema convencional de produção de batata, adotado em quase totalidade nacional, gera condições ambietais ideias para a proliferação e desenvolvimento do complexo da *Ralstonia* ssp.. Dessa forma, precisam ser estudados sistemas alternativos de produção que reduzam a incidência de murcha bacteriana e cessem a migração contínua da cultura da batata. O aumento da biodiversidade e abundância dos microrganismo no solo é capaz de suprimir a ação dos patógenos nativos do solo. Para isso, são necessárias práticas de manejo que aumentem ou mantenham a matéria orgânica do solo, como a rotação e sucessão de culturas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade supressiva do solo à murcha bacteriana nos sistemas alternativos de produção de batata, Paces e orgânico, em comparação ao sistema convencional, sistema não-perturbado sob vegetação natural e solo esterilizado. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com três repetições, em esquema fatorial 4 x 4 + 1; o primeiro fator representou os solos sob diferentes sistemas de produção, enquanto o segundo correspondeu às doses de 0,25,50 e 75% de solo contaminado com *R. solanacearum* adicionadas a cada tratamento. O tratamento adicional constituiu-se do solo do sistema convencional com alta incidência de *R. solanacearum*. Concluiu-se que a dose de 75% foi a que melhor representou a capacidade supressiva do solo à murcha bacteriana para todos os tratamentos. Nessa dose, as maiores incidências de plantas com sintomas de murcha foram para os solos autoclavado e convencional, que não diferiram entre si. O Sistema Paces, dentre todos os estudados, foi o que apresentou maior potencial de supressividade do solo à murcha bacteriana na batateira.

Palavras-chave: Solanaceae*;* Sistemas alternativos; *Ralstonia solanacearum*

ABSTRACT

Influence of the potato production system on soil suppressiveness to bacterial wil

The potato crop (*Solanum tuberosum* L.) is the third most important source of human food in the world, after wheat and rice. In Brazil, it is the vegetable with largest area of growing and generates about 160 thousand direct and indirect jobs. The potato is affected by diseases transmitted by soil pathogens, causing the migration of the crop to areas never cultivated or without Solanaceaes from two to five consecutive years. The bacterial complex of *Ralstonia* spp., is one of the major diseases affecting the potato culture in the world. In Brazil, the conventional system of potato production, adopted in almost national conditions, promotes environmental conditions for the proliferation and development of the *Ralstonia* ssp. complex. In this way, alternative systems of production that reduce the incidence of bacterial wilt and decrease the intensity of the culture should be studied. Increased biodiversity and abundance of microorganisms in the soil is capable of suppressing an action of native soil pathogens. For this, management practices are applied that increase or decrease the production of soil extracts and of expression in bacteria in the alternative systems of production of potatoes, Paces and organic, were compared to conventional, unperturbed system in natural vegetation and sterilized soil. The experimental design was a randomized block design with three replications, in a 4 x 4 + 1 factorial scheme, the first factor represented the soils under different systems of production, while the second corresponded to the doses of 0.25,50 and 75% of soil contaminated with *R. solanacearum* added to each action. The additional was conventional soil with high incidence of *R. solanacearum*. It was concluded that a dose of 75% was the one that best represented a suppressiveness capacity of the soil to bacterial wilt in all the treatments, to the extent that the incidence of plants with wilt were for the treatments of autoclaved and conventional soil, that did not differ each other. The Paces System, was the one that had the greater potential of soil suppressiveness to the bacterial wilt in the potato.

Keyword: Solanaceae*;* Alternative systems; *Ralstonia solanacearum*

1 INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é a terceira fonte de alimento humano mais importante do mundo, posterior ao arroz e ao trigo (FAO,2019). Do ponto de vista econômico, a cultura da batata constituiu a primeira *commodity* não-grão do mundo. No Brasil, em 2018, foi a hortaliça com maior área plantada, 127 mil hectares, e produção de 3,84 milhões de toneladas (IBGE, 2018). Do cultivo à comercialização, a cultura da batata gera 160 mil empregos diretos e indiretos e contribui com 1,06% do valor bruta na produção agropecurária brasileiro (SILVA et al., 2011; IBGE, 2018).

As cultivares mais produzidas no mundo, atualmente, foram desenvolvidas na Europa, sob baixa pressão de pragas, doenças e fotoperíodo longo. O clima do Brasil é classificado majoritariamente em tropical, tendo, apenas, a região Sul do país clima subtropical. Em tais condições climáticas, ocorre alta incidência de pragas e doenças, elevas temperaturas e fotoperíodo curto. Ou seja, as cultivares trazidas da Europa, em regiões tropicais e subtropicais apresentam menor desempenho produtivo e limitações para o cultivo. A incidência de doenças transmitidas por patógenos nativos do solo está entre as limitações mais prejudicais à cultura da batata no Brasil (RAGASSI et al., 2011; SILVA et al., 2014). Desse modo, torna-se inviável o cultivo sucessivo de batata na mesma área (UWAMAHORO et al., 2018).

A murcha bacteriana causada pela bactéria *Ralstonia solanacearum* é uma das principais doenças que afetam a batateira no mundo (CARVALHO et al., 2017). O patógeno, nativo de solos, infecta a planta através das raízes e pode desencadear a perda total da produção da cultura da batata (MARQUES et al., 2012). O elevado tempo de sobrevivência no solo e a ampla gama de hospedeiro da *R. solanacearum* dificultam o controle da doença (CARVALHO et al., 2017; WU et al., 2014).

Uma forma de controlar a incidência de bactérias patogênicas consiste na adoção de práticas de manejo que favoreçam a diversidade e a abundância de espécies da microbiota do solo. Isto é, adotar sistemas de produção que promovam condições físicas, químicas e biológicas ideais para o desenvolvimento de organismos benéficos ao solo capazes de suprimir a ação da *R. solanacearum* durante o cultivo da batata (TOFOLI et al., 2012).

O sistema convencional de produção de batata é caracterizado pelo uso de implementos de ação pouco profunda, como o arado e a grade. Esse sistema ocasiona a compactação da camada subsuperficial do solo, que limita desenvolvimento do sistema radicular. Assim, as plantas de batata tornam-se menos vigorosas e mais suscetíveis ao ataque de pragas e doenças. A compactação associada à alta pluviosidade, ocasiona o encharcamento de algumas regiões do solo, propiciando ambiente ideal para o desenvolvimento da *R.*

solanacearum. Com base no que foi exposto, há necessidade de estudar sistemas alternativos de produção de batata em condições tropicais e subtropicais (COSTA et al., 2017).

Dentre os sistemas de produção já consolidados, o orgânico ganha destaque, principalmente, do ponto de vista ambiental, pois dispensa o uso de insumos agrícolas sintéticos e preza pelo meio ambiente pois utiliza práticas de manejo que integra o solo, planta e ambiente (MARIANI; HENKES, 2017). Na produção de oleráceas, ainda é um sistema pouco empregado devido à difícil obtenção de tubérculos-sementes orgânicos, falta de legislação, padronização e organização da cadeia (DAROLT et al., 2008).

Outra alternativa constitui o sistema de preparo profundo de solo e sucessão com milho, denominado Sistema Paces, proposto em 2006 na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Esse sistema visa cessar a migração da cultura da batata através de melhorias físicas e biológicas, tanto no horizonte superficial como subsuperficial, do solo (COSTA et al., 2017, 2015, RAGASSI et al., 2011, 2009; ZUCOLOTTO et al., 2018). Contudo, existem poucas informações a respeito desse sistema proposto, o que impossibilita a sua adoção em escala comercial.

Tanto o sistema orgânico como o Sistema Paces adotam as práticas de sucessão ou rotação de culturas e a incorporação de material orgânico no solo com o objetivo de aumentar a atividade microbiana do mesmo. Assim, os microrganismos benéficos são capazes de suprimir a ação dos organismos patogênicos presentes no solo. Contudo são escassos estudos sobre o potencial de supressão do solo à murcha bacteriana sob os sistemas de produção de batata em condições tropicais e subtropicais.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade supressiva do solo à murcha bacteriana nos sistemas alternativos de produção de batata Paces e orgânico em comparação ao sistema convencional, sistema não-perturbado sob vegetação natural e solo esterilizado.

.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão Bibliográfica

2.1.1 Aspectos gerais da cultura da batata

A batateira possui ciclo anual e pertence à família Solanaceae. Tecnicamente, pode ser classificada como hortaliça tuberosa devido ao desenvolvimento do tubérculo, órgão de interesse agronômico, ser interno ao solo. Os tubérculos são formados pelo acúmulo de carboidratos produzidos na parte área da planta e apresentam elevada importância alimentar, econômica e propagativa (FILGUEIRA, 2008).

A cultura da batata apresenta elevada biodiversidade genética, sendo conhecidas 235 espécies. Dessas são oito cultivadas e 227 silvestres. O centro de origem das espécies cultivadas encontra-se nas proximidades do lago do Titicaca, no altiplano andina, divisa entre a Bolívia e o Peru. A domesticação da cultura ocorreu na mesma região do centro de origem, há cerca de 8.000 mil anos (CLAURE,1996; FILGUEIRA, 2008).

Em 1552, com a chegada dos espanhóis à Cordilheiras dos Andes houve o primeiro registro da batata, enfatizada como o principal mantimento dos povos andinos. Em 1567, a batateira foi observada nas Ilhas Canárias e posteriormente, em 1573, no continente espanhol, de onde foi dispersa por toda Europa e mundo. Entretanto, foi apenas 100 anos após a entrada da batata na Europa, que o valor alimentar da cultura foi reconhecido, sendo aceita em todos os países europeus (BARKER, 2002; AMES; SPOONER, 2008).

O demorado período entre a entrada e a aceitação da batata em toda Europa foi decorrente da adaptação da cultura às divergências climáticas do centro de origem e domesticação em relação à Europa. Tal fato, ocasionou o desenvolvimento de cultivares altamente produtivas sob dias longos (13 a 17 horas), baixa pressão de pragas e doenças e temperaturas médias entre 15 °C e 18 °C. Posteriormente, essas cultivares foram disseminadas pelo mundo inteiro e a batata tornou-se a base alimentar de muitos países (RÍOS et al., 2007).

Atualmente a batata é a terceira fonte alimentar da humanidade, após o arroz e trigo. Os cinco maiores produtores de batata no mundo, em 2017, foram China (99,20 milhões de t), Índia (48,60 milhões de t), Federação Russa (29,59 milhões de t), Ucrânia (22,21 milhões de t) e Estados Unidos da América (20,01 milhões de t) (FAO, 2019).

No Brasil, em 2018, a batata foi a hortaliça com maior área plantada, 127 mil hectares, e produção de 3,84 milhões de toneladas distribuídas em três safras (IBGE, 2018). As safras podem ser distinguidas de acordo com a época de plantio, sendo classificadas em a) plantio das águas: corresponde a 55% da safra total e é realizado nos meses de setembro a novembro e

muitas vezes dispensa o uso de irrigação; b) plantio na seca: realizado de fevereiro a abril e representa 32% da safra total e c) plantio de inverno: representa 13% da safra, ocorre entre os meses de maio a julho e a irrigação é indispensável (FILGUEIRA, 2008).

Segundo o IBGE (2018), os três estados líderes de produção, em 2018, foram Minas Gerais (1,15 milhões de t), São Paulo (0,93 milhões de t) e Paraná (0,79 milhões de t).Dentre as limitações do cultivo da batateira no Brasil tem-se a alta incidência de doenças transmitidas por patógenos do solo e o predomínio de cultivares oriundas da Europa. Essas cultivares, em geral, apresentam baixo desempenho produtivo, pois foram melhoradas sob condições de clima temperado. Assim, quando cultivadas sob condições tropicais e subtropicais apresentam redução na fase vegetativa de desenvolvimento, ocorrendo, em consequência menor atividade fotossintética o que resulta em menor rendimento (SILVA et al., 2014).

2.1.2 Murcha Bacteriana

A murcha bacteriana da batata causada por *Ralstonia* spp. é uma das principais doenças da cultura no mundo, especialmente nas regiões tropicais e subtropicais, que apresentam as condições ambientais ideais para a proliferação e disseminação da doença (CARVALHO et al., 2017). O patógeno invade a planta através das raízes em pontos de emergência de raízes secundárias e feridas causadas por nematóides, insetos e danos mecânicos durante práticas culturais (MARQUES et al., 2012). Ao chegar ao xilema, a bactéria se multiplica e compromete o fluxo de água para as folhas, resultando em murchamento e, posteriormente, morte da planta (KELMAN, 1954).

A *Ralstonia* spp. apresenta alta diversidade genética existindo cerca de 33 genótipos que podem afetar 250 espécies hospedeiras de 54 famílias botânicas (PRIOR et al., 2016). Tradicionalmente, os isolados da bactéria são divididos em cinco raças, com base na capacidade de atacar diferentes espécies de plantas (BUDDENHAGEN et al., 1962), ou em cinco biovares, com base na capacidade diferencial de usar açúcares e álcoois como fontes de carbono (HAYWARD, 1991). Não há relação entre as raças e a classificação em biovares. Sendo assim, uma mesma raça pode apresentar todos os biovares (HAYWARD, 1994).

Apoiados em estudos de homologia de DNA-DNA, Fegan & Prior (2005) revelaram que *Ralstonia* spp é um complexo de espécies e não uma espécie única. O complexo foi composto por quatro filotipos (I, II, III e IV) e 57 sequevares (WICKER et al., 2012; SANTIAGO et al., 2017). A classificação em filotipos se baseia na variação de tamanho de amplicons gerados da sequência ITS (*Intergenic Transcribed Spacer*) do cromossomo entre os

genes de RNA ribossomal 16S e 23S com os "*primers"* Nmult. As sequevares compõem um nível taxonômico inferior aos filotipos e estão relacionadas com polimorfismos na sequência do gene da endoglucanase (*Egl*) (WICKER et al., 2007).

Mais recentemente, Safni et al. (2014) consideraram a divisão dos filotipos criada por Fegan e Prior (2005) e estudaram a evolução do patógeno, demonstrando as similaridades genéticas entre os filotipos I e III pela média de identidade nucleotídica acima de 95% e os agruparam em uma nova espécie (*Ralstonia pseudosolanacearum)* que junto a *Ralstonia solanacearum* e *Ralstonia syzygii* formam o complexo de espécies de *Ralstonia* (REMENANT et al., 2011). A cultura da batata é afetada principalmente pelas biovares I e II, que correspondem aos filotipos II, III e IV da classificação de Safni et al. (2014). Mais especificamente, no Brasil, a cultura é atacada apenas pelo filotipo II de *R. solanacearum* (SANTIAGO et al., 2017).

O patógeno é capaz de permanecer no solo por um longo período, devido à capacidade saprófita e de sobreviver como epífito na rizosfera. Essas características associadas a uma ampla gama de espécies hospedeiras dificultam muito o controle da murcha bacteriana (CARVALHO et al., 2017; WU et al., 2014).

O plantio sucessivo de batata em áreas infestadas com patógenos do solo é inviável econômica e ambientalmente, devido à drástica perda de produção proveniente, principalmente, de *R. solanacearum* além de outras doenças de solo causadas por *Rizoctonia solani*, *Streptomyces* spp., *Pectobacterium* spp., *Meloidogyne* spp. e *Pratylenchus* spp.. Assim, para o cultivo da batata, os produtores estão em busca contínua por áreas novas, livres de patógenos (UWAMAHORO et al., 2018). No entanto, a adoção de práticas de manejo que favoreçam as características físicas e a diversidade da microbiota do solo, como aporte de carbono, tem potencial de cessar a migração da cultura da batata (TOFOLI et al., 2012).

2.1.3 Sistemas de produção agrícolas

Os sistemas de produção agrícola podem ser definidos como a relação entre os fatores de produção (terra, mão de obra e capital) e o conjunto dos sistemas de cultivo governados pelo mesmo processo de gestão. Os sistemas de cultivo (Figura 1) constituem a integração de todas as práticas de manejo adotadas para uma atividade agrícola a fim de garantir a produção de uma determinada espécie em determinada área, como o manejo da área, plantio, adubação, controle fitossanitário e colheita (EMBRAPA, 2012).

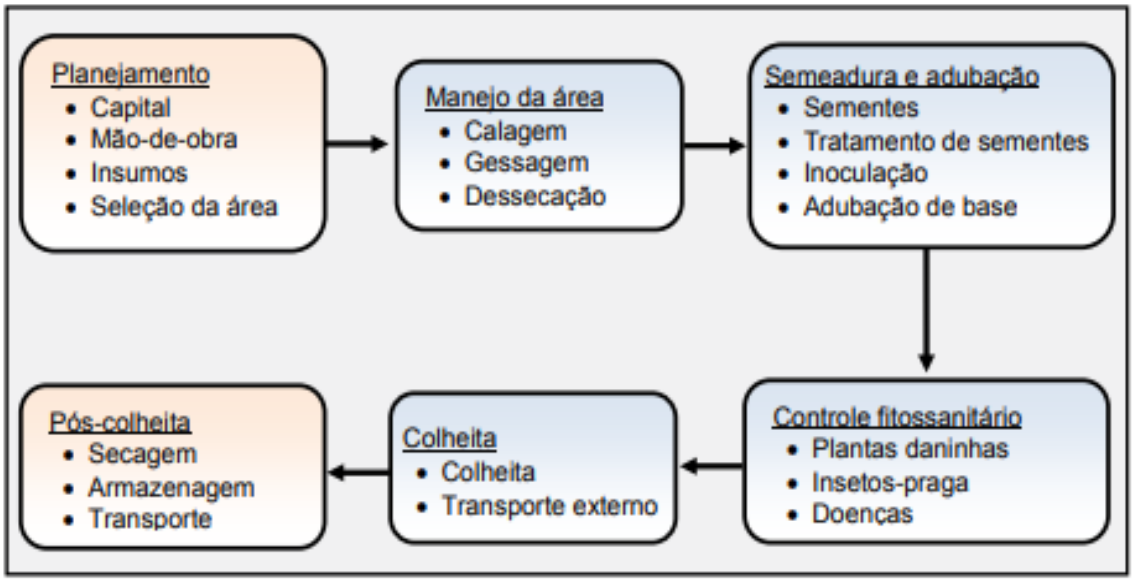

Figura 1 - Fluxograma de um sistema de cultivo em azul e atividades complementares em vermelho

Fonte: Embrapa, (2012)

Os sistemas de produção agrícola são classificados em cinco categoriais, de acordo com a complexidade entre as atividades agrícolas desenvolvidas na mesma área em um período de tempo determinado, geralmente um ano agrícola. A classificação descrita pela Embrapa (2012) é definida como:

a) **Sistemas em monocultura**: execução de apenas uma atividade agrícola ao longo de um ano agrícola;
b) **Sistema em sucessão de culturas**: repetição sazonal, durante vários anos agrícolas, de uma sequência de duas atividades agrícolas;
c) **Sistema em rotação de culturas**: repetição sazonal e alternada, durante vários anos agrícolas, de uma sequência de três ou mais atividades agrícolas.

d) **Sistema de consórcio de culturas:** duas ou mais culturas são produzidas, concomitantemente, dentro de uma determinada área;
e) **Sistema de interação de culturas**: dois sistemas de cultivo com finalidade diferentes (pecuária, agricultura e floresta) ocorrem concomitantemente na mesma área.

2.1.3.1 Sistema convencional de produção de batata

O sistema convencional de produção de batata é classificado em monocultura e apresenta baixa complexidade. Caracteriza-se pelo preparo do solo pouco profundo (até 20 cm de profundidade), por intermédio dos implementos agrícolas arado e grade, somado ao aspecto "nômade" da cultura. O nomadismo consiste em mudar a área de plantio de batata devido ao aumento drástico na incidência de doenças transmitidas pelo solo que inviabilizam a atividade agrícola. Desta maneira, é realizado a suspensão do cultivo da batata de duas a cinco safras consecutivas na área em que já houve o cultivo da solanácea, a fim de reduzir a densidade de inóculos de microrganismos patogênicos no solo e garantir condições biológicas favoráveis para o retorno da atividade agrícola na área anteriormente cultivada (COSTA et al., 2015). Sob o aspecto ambiental, o modo convencional de produção de batata em regiões tropicais pode ser considerado como um dos sistemas agrícolas mais agressivos ao ambiente e ao homem (JADOSKI et al., 2012).

Desde 1920, quando a cultura da batata foi introduzida em escala comercial no Brasil, a aração e/ou gradeação de discos em área total começou a ser utilizada, favorecendo a formação de uma camada compactada abaixo da camada revolvida devido à destruição da estrutura do solo e consequente movimentação de partículas de argila, depositadas abaixo da camada trabalhada (THORNTON et al., 2008). A resistência mecânica causada pela compactação da subsuperfície do solo afeta diretamente o crescimento radicular da batateira. Solos com resistência à penetração superiores a 1,5 MPa tendem reduzir pela metade o crescimento radicular da cultura (STALHAM et al., 2007).

A compactação influencia negativamente a difusão de gases no solo, reduzindo sua disponibilidade para as raízes das plantas. Dentre os gases no solo, destaca-se o oxigênio (O_2), elemento fundamental para respiração das plantas. A demanda da batateira por oxigênio é da ordem de 6,7 a 12 mL O_2 h^{-1} g^{-1} de matéria seca de raízes, o que equivale de cinco a cem vezes os valores obtidos para outras plantas anuais (BUSHNELL, 1956). A energia produzida pela respiração é distribuída, parcialmente, para absorção ativa de nutrientes do solo. Assim, o baixo

fornecimento de oxigênio para as raízes diminui a quantidade total de macro e micronutrientes nos tecidos da planta (LABANAUSKAS et al., 1966).

A associação entre compactação e elevados índices pluviométricos resulta na má drenagem e, encharcamento do solo, contribuindo para aumentar a incidência de doenças favorecidas pela alta umidade, especialmente, a murcha bacteriana (NETTO et al., 2003). Diante do exposto, fica evidente que o sistema convencional de produção de batata usado no Brasil deveria ser reformulado a fim de promover melhorias nas condições químicas, físicas e biológicas do solo e não limitar a produção devido a doenças causadas por patógenos de solo (RAGASSI et al., 2011).

2.1.3.2 Sistema orgânico de produção de batata

Os sistemas orgânicos de produção, no Brasil, são fundamentados pela Lei n° 10.831, de 23 de dezembro de 2003, e caracterizado como todo aquele em que se adotam técnicas específicas, mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivo a sustentabilidade econômica e ecológica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não-renovável, empregando, sempre que possível, métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos, a eliminação do uso de organismos geneticamente modificados e radiações ionizantes, em qualquer fase do processo de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização, e a proteção do meio ambiente (BRASIL,2013).

O mercado global de orgânicos movimentou, em 2017, US$ 97 bilhões e a área plantada foi 70 milhões de hectares. Os países líderes na produção de orgânicos são Estados Unidos da América, Alemanha, França e China (IFOAM,2018). O Brasil, em 2018, faturou, com a área de 800 mil hectares, R$ 4 bilhões, o que corresponde a um crescimento de 20% do mercado orgânico em relação ao ano de 2017 (MAPA,2019).

O crescimento dos sistemas orgânicos está relacionado com a maior conscientização e exigência dos consumidores pela busca crescente por produtos saudáveis e seguros quanto à adição de resíduos agrícolas, como agrotóxicos (MELO et al., 2009). Quanto à conscientização, os sistemas que causem menores danos e melhorias ao meio ambiente devem ser preferidos diante dos convencionalmente utilizados (ROSSI et al., 2011).

De maneira geral, esses sistemas, para produção de batata, podem ser classificados, segundo a Embrapa, (2012) em sistemas agrícolas em rotação ou sucessão de cultura, com

maior complexidade que o convencional. Do ponto de vista agronômico, o sistema orgânico dispensa o uso de insumos agrícolas sintéticos, prioriza o uso de métodos culturais e biológicos para o controle de pragas e doenças (MARIANI; HENKES, 2017). Nesse sistema, a fertilização do solo é baseada no plantio de adubos verdes, aplicação de resíduos culturais, compostos orgânicos e resíduos da agroindústria tratados (EL-SAYED et al., 2015; PEREIRA et al., 2015).

O sistema de produção orgânico vem apresentando vantagens econômicas em relação ao convencional para as principais solanáceas, como tomate (LUZ et al.,,2007) e batata (DAROLT et al., 2008). Contudo, apresenta muitas limitações em decorrência da difícil obtenção de tubérculos-sementes, produção complexa e falta de organização da cadeia de produção de batata orgânica (DAROLT et al., 2008).

2.1.3.3 Sistema Paces (Projetando Agricultura Compromissada em Sustentabilidade)

O Sistema PACES foi proposto em 2006, no Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP) localizada em Piracicaba – SP (22°43’30” Sul e 47°38’51” Oeste). Foi projetado para cessar o nomadismo da cultura da batata através de melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. O Sistema Paces consiste na sucessão da cultura da batata com milho e já foi conduzido durante 13 anos consecutivos, sem apresentar incidência de doenças (RAGASSI et al., 2009). Esse sistema tem como pilares o preparo profundo do solo e a sucessão de culturas com Poaceaes (Anexo A).

2.1.3.3.1 Preparo profundo do solo

O preparo profundo do solo é realizado com máquinas agrícolas projetadas especificamente para o Sistema Paces (Apêndice B) e, consiste na subsolagem e aplicação de insumos agrícolas a 70 cm de profundidade, junto a incorporação de biomassa seca, da cultura em sucessão com a batata, na profundidade de 40 cm (RAGASSI, et al., 2011).

Em experimento com café, Fernandes et al., (2012) obtiveram produção de 26 a 65% superior para os tratamentos com subsolagem em relação à testemunha, sem descompactação. A subsolagem tem como funções facilitar o desenvolvimento radicular e dos tubérculos, normalizar a penetração e drenagem de água e promover arejamento do solo. A Figura 2 representa, esquematicamente, a comparação do solo com a subsolagem em profundidade (Sistema Paces) e o sistema de preparo de solo convencional.

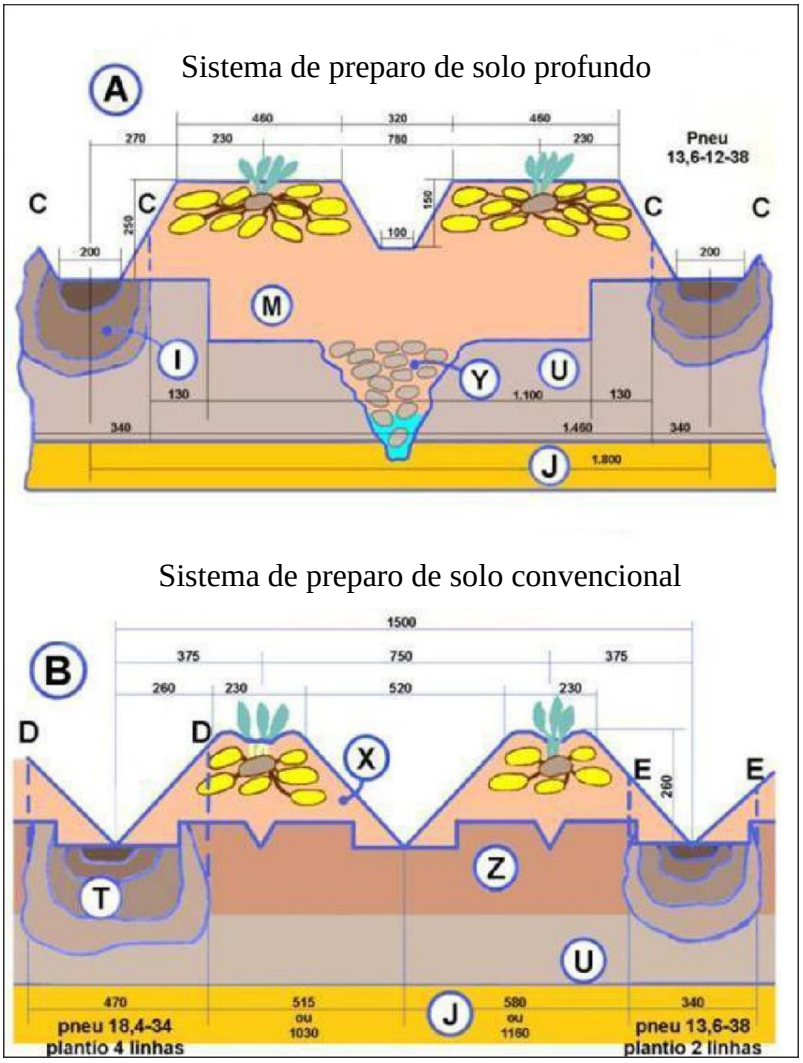

Figura 2 - A: Dimensões do sistema de preparo de solo profundo para produção da cultura da batata (mm). B: Dimensões do sistema convencional e D: Área disponível para o tráfego. I e T: Área compactada pela ação do tráfego. J: Camada profunda que não sofreu compactação. U: Área que não recebeu mobilização de solo. X e M: Área com baixa resistência do solo a penetração radicular. Y: Região que recebeu a ação direta da haste do subsolador. Z: Camada compactada existente somente no sistema convencional. Observa-se maior área para o desenvolvimento da cultura da batata proporcionada pelo sistema de preparo de solo profundo

Fonte: RAGASSI et al., (2009)

2.1.3.3.2 Sucessão e rotação de culturas

A sucessão e a rotação de culturas, superficialmente, reduzem o tempo de exposição do solo, o que influência na redução na incidência de plantas daninhas. Do ponto de vista subsuperficial, Moreira e Siqueira (2006a) consideram o solo, que não está na zona da rizosfera,

como um deserto nutricional. Logo, segundo os autores, é imprescindível a incorporação da matéria orgânica para o estabelecimento de uma população de microrganismos.

Ambos os sistemas de produção de batata, orgânico e Paces, adotam a sucessão (ou rotação, no caso do sistema orgânico) de culturas e a incorporação de resíduos vegetais visando reduzir a reprodução e desenvolvimento de microrganismos patogênicos à batateira. Esse processo ocorre através de três mecanismos: a) redução da reprodução de patógenos pelo uso de espécies em sucessão não hospedeiras; b) liberação de exsudatos radiculares tóxicos para os patógenos e, c) aumento da população microbiana do solo por meio do aporte de carbono da cultura em sucessão (DEBERDT et al., 2015).

2.1.4 Microbiota do solo

A população microbiana do solo representa 70% da biomassa viva do solo e é composta por organismos invertebrados como fungos, arqueas, bactérias, vírus, nematoides e protozoários (HENDRIX et al., 1990; AQUINO, 2005). Um grama de solo, em média, contém de 10^7 a 10^9 células vivas e 10.000 espécies bacterianas. Essa diversidade e abundância de microrganismo é o que garante a funcionalidade do solo.

Foi apenas nas últimas duas décadas que os microrganismos do solo perderam a rotulação de causadores de doenças em plantas, pois, a interação entre esses organismos com as plantas era estudada apenas na fitopatologia. Contudo, menos de 1% da microbiota existente no solo pode ser titulada como patógena de planta. Ou seja, 99% da vida do solo e as interações entre os mesmos tendem a trazer benefícios à produção (ANDREOTE e PEREIRA E SILVA,2017).

Dentre as funções exercidas por essa fração do solo destacam-se a participação no ciclo do nitrogênio, fósforo, carbono e enxofre, biocontrole, polinização, agregação e bioturbação do solo, biorremediação e biotecnologia (CARDOSO; ANDREOTE, 2016). Pepper et al., (2009) estimam que a contribuição do solo para o homem é de 20 trilhões de dólares ao ano, sendo que, as funções desempenhadas pela microbiota representam 75% desse valor. Entretanto, a função almejada com a incorporação de material orgânico é o aumento do aporte de carbono lábil no solo, que funciona como fonte de energia e ocasiona aumento da população de bactérias e fungos benéficos, os quais suprimem a ação dos organismos oportunistas do solo (SILVA et al., 2017).

2.1.5 Supressividade do solo a organismos patógenos de solo

O termo "supressividade do solo" foi introduzido por Menzies (1959), mas foi popularizado por Baker e Cook (1974) .É definido como a capacidade do solo em manter baixa a incidência ou severidade de determinada doença, mesmo com a presença da plantas hospedeiras e condições ambientais favoráveis para o desenvolvimento do patógeno presente no sistema. A supressividade da microbiota do solo pode ser manifestada de três maneiras: a) o patógeno não consegue se estabelecer no solo; b) o patógeno se estabelece, mas não é capaz de ocasionar a doença e, c) o patógeno se estabelece e manifesta a doença, mas os danos ocorrem apenas por um determinado período, sem causar grandes prejuízos à cultura implantada (BETTIOL; GHINI, 2003).

Vários exemplos de supressividade natural foram observadas em diferentes condições de solo e clima, sendo considerada um fenômeno universal. Mas, muitos relatos indicam que a supressividade também pode ser induzida pelo sistema de produção, ou seja, é decorrente de variáveis que interferem na microbiota do solo, tais como plantas cultivadas, práticas de manejo e características do solo (KINKEL et al., 2011).

Em experimentos com pastagens, Dignam et al., (2018), avaliaram a influência das práticas de manejo na microbiota do solo, concluindo que o ponto chave da supressão de patógenos é a adição de elevada quantidade e qualidade (relação C/N) de material vegetal depositado no solo. Em adição, Choudhary et al., (2018) avaliaram a mudança da composição microbiana do solo sob cultivo mínimo e intensivo e, constataram que a adoção de práticas de manejo que perturbem pouco o solo favorece a proliferação de organismos nativos que não são patogênicos.

Em ecossistemas naturais, sem perturbação humana, a ocorrência de doenças é baixa em comparação aos sistemas agrícolas convencionais, devido à maior diversidade e atividade biológica do solo. Logo, a mata nativa é o exemplo ideal de supressividade, devido ao equilíbrio da microbiota (MATTOS et al., 2015).

2.2 Material e métodos

2.2.1 Área experimental

O experimento foi conduzido nas instalações da Embrapa Hortaliças, em Brasília, Distrito Federal (15°46’48” Sul e 47°55’45” Oeste) em casa de vegetação com temperatura controlada de 20 °C a 40 °C durante o período de julho a dezembro de 2018. O clima é

classificado em Aw com temperatura média anual de 21,1 °C e média de pluviosidade anual de 1668 mm (KÖPPEN;GEIGER, 1928).

2.2.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três repetições em esquema fatorial 4 x 4 + 1. O primeiro fator representou o solo dos diferentes sistemas de produção (orgânico, mata nativa, Paces e esterilizado). O segundo fator correspondeu à dose de solo contaminado (0, 25, 50 e 75%) com *R. solanacearum* e o tratamento adicional referiu-se ao solo do sistema convencional de produção de batata com alta incidência de *R. solanacearum* (dose de 100%), totalizando 51 unidades experimentais (Figura 3).

Figura 3 - Representação do delineamento experimental e arranjo espacial das 51 parcelas dividas em três blocos. Brasília, DF, 2018

2.2.3 Caracterização dos tratamentos

As amostras de solo que compuseram os tratamentos foram coletadas em quatro áreas correspondentes a diferentes sistemas de produção , sendo: a) solo de sistema convencional com mais de 20 anos de cultivo de batata no bioma Cerrado, em Brasília, DF apresentando historicamente alta incidência do patógeno da murcha bacteriana, identificado como *R. solanacearum* raça 1, biovar 1, filotipo II através de testes bioquímicos e análise de PCR multiplex, realizados na Embrapa Hortaliças (LOPES, 2005). O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo típico franco-arenoso; b) solo de uma área sob produção orgânica

por mais de 15 anos, com as mesmas condições edafoclimáticas e classificação do solo do sistema convencional; c) solo de área não perturbada com vegetação nativa do bioma Mata Atlântica na cidade de Piracicaba, São Paulo e, d) área cultivada com batata durante 13 anos, em Piracicaba, SP, através do Sistema Paces, em localização adjacente a área de mata nativa .Os sistemas de produção "c" e "d" possuíam o mesmo tipo de solo, classificado como Nitossolo Vermelho Eutrófico Típico. Adicionalmente, uma replicação das amostras coletadas no Sistema Paces foi esterilizada em autoclave (60 minutos a 121 °C) compondo o tratamento "e" denominado "solo esterilizado". As amostras dos tratamentos “b”, “c”, “d”, “e” foram misturadas nas doses de 0, 25, 50 e 75% de solo "a", para se avaliar a supressividade do solo em distintas e crescentes densidades de inóculo do patógeno *R. solanacearum.*

2.2.4 Coleta dos solos

As amostras de solo foram coletadas manualmente com o auxílio de enxadas e pás (Figura 4) e colocadas em caixas ou sacos plásticos permeáveis e armazenadas em local ventilado, sem incidência direta de luz solar a fim de manter a temperatura e a umidade estáveis. As amostras coletadas em Piracicaba, SP (tratamentos “c”, “d”, “e”) foram transportadas para Brasília, DF, um dia após a coleta, permanecendo armazenadas por cinco dias até a coleta dos solos dos tratamentos “a” e “b”, bem como a autoclavagem do tratamento “e”. Os solos coletados foram acondicionados em caixas plásticas e permaneceram, na casa de vegetação, sete dias com irrigação diária até o plantio dos tubérculos sementes.

Figura 4 - Coleta de amostras do solo em caixas plásticas. Brasília - DF, 2018

2.2.5 Condução e avaliações do experimento

Para avaliar a supressividade do solo, seguiu-se a metodologia de Cardoso e Echandi (1989) com modificações para inclusão das diferentes doses de solo contaminado com *R. solanacearum*. Foram utilizadas caixas plásticas com dimensões de 0,40 x 0,20 x 0,15 m e capacidade para 8 litros como recipientes para o transplantio de 8 tubérculos de batata germinados da cv. Agata com cerca de 30 mm de diâmetro (Figura 5). Cada caixa correspondeu a uma unidade experimental.

A irrigação foi realizada diariamente para manter o solo com alta umidade, ambiente ideal para *R. solanacearum.* A porcentagem de plantas com sintoma de murcha foram avaliadas a cada cinco dias a partir do surgimento dos sintomas, aos 25 dias após o plantio (DAP) (Figura 6), até a estabilização do número de plantas sintomáticas (50 DAP) (Figura 7)

Figura 5 – Tubérculos-sementes utilizados para o plantio de cada unidade experimental (A) e representação de uma unidade experimental contendo oito tubérculos (B). Brasília, DF, 2018

2.2.6 Análise estatística

Os dados de porcentagem foram transformados em arcoseno ($\sqrt{x}$). Em seguida, se realizaram as análises de variância e regressão para estabelecer a dose da mistura dos solos que melhor expressou a capacidade supressora entre os sistemas e que de fato estava contaminada com *R. solanacearum*. Após a determinação dessa dose, foram realizadas as análises de

variância e a comparação de médias por contrastes entre os cinco tratamentos. Todas as análises foram realizadas através do *software* estatístico Sisvar (FERREIRA, 2014).

Figura 6 - Plantas de batata (*Solanum tuberosum* L.) 25 dias após o plantio em caixas plásticas. Brasília, DF, 2018

Figura 7 - Plantas de batata (*Solanum tuberosum* L.) 50 dias após o plantio em caixas plásticas. Brasília, DF, 2018

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de plantas murchas aumentou homogeneamente entre os tratamentos ao longo do período experimental (Figura 8), acelerando especialmente 40 dias após o plantio. Isso deve ter ocorrido devido às plantas de batata se tornarem independentes do tubérculo-mãe (35 a 42 DAP) e passarem a depender do sistema radicular formado, que por sua vez está em contato com o patógeno (CARVALHO et al., 2017). A porcentagem média de plantas murchas variou de 0 a 72,2% considerando todos os tratamentos.

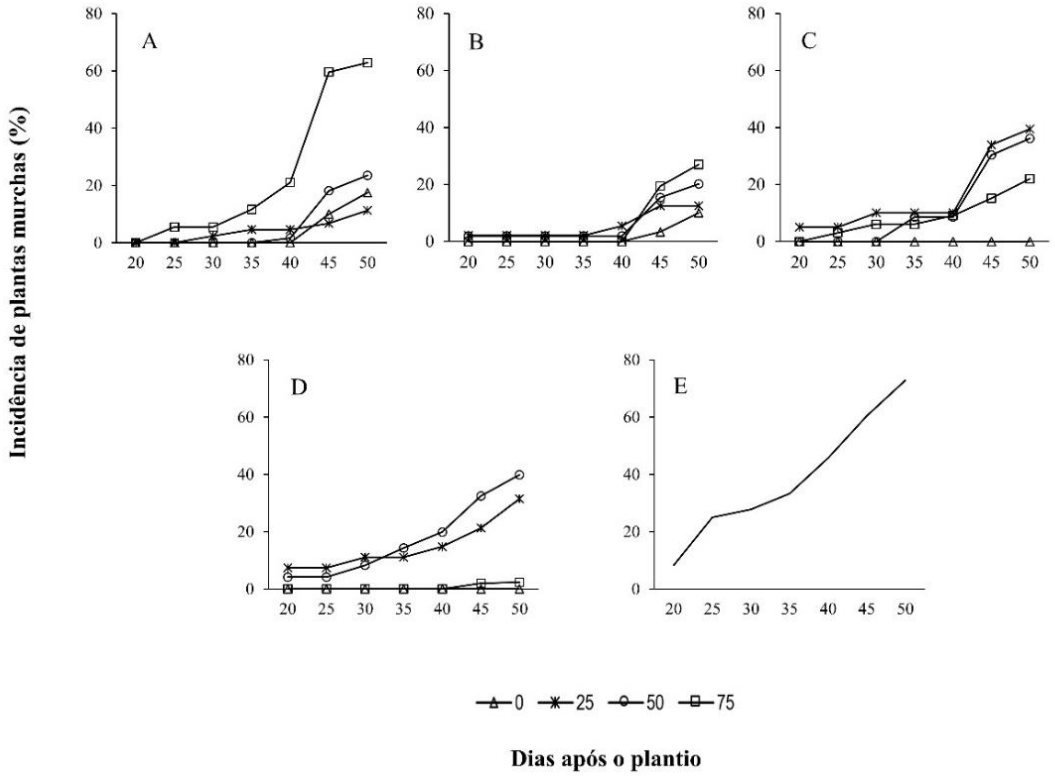

Figura 8 – Curvas de progresso da murcha bacteriana em batata cv. Agata cultivada em cinco tratamentos de solo, sendo Sistema Paces autoclavado (A), sistema orgânico (B), mata nativa (C), Sistema Paces (D) e sistema convencional com histórico de ocorrência de murcha bacteriana (E). Os valores de 0 a 75 correspondem à porcentagem de solo infestado em mistura com o tratamento de solo estudado

Houve interação significativa entre os solos coletados e as doses, conforme pode ser verificado com as curvas de regressão elaboradas (Figura 9). Todos os tratamentos apresentaram ajuste linear, demonstrando que a incidência de murcha bacteriana aumentou diretamente proporcional às doses de solo infestado adicionadas. Resultados semelhantes foram

reportados por Costa e Costa (2004) e Reis et al., (2011) ao diagnosticarem que o aumento da população de *R. solanacearum* é proporcional a maior incidência de plantas murchas.

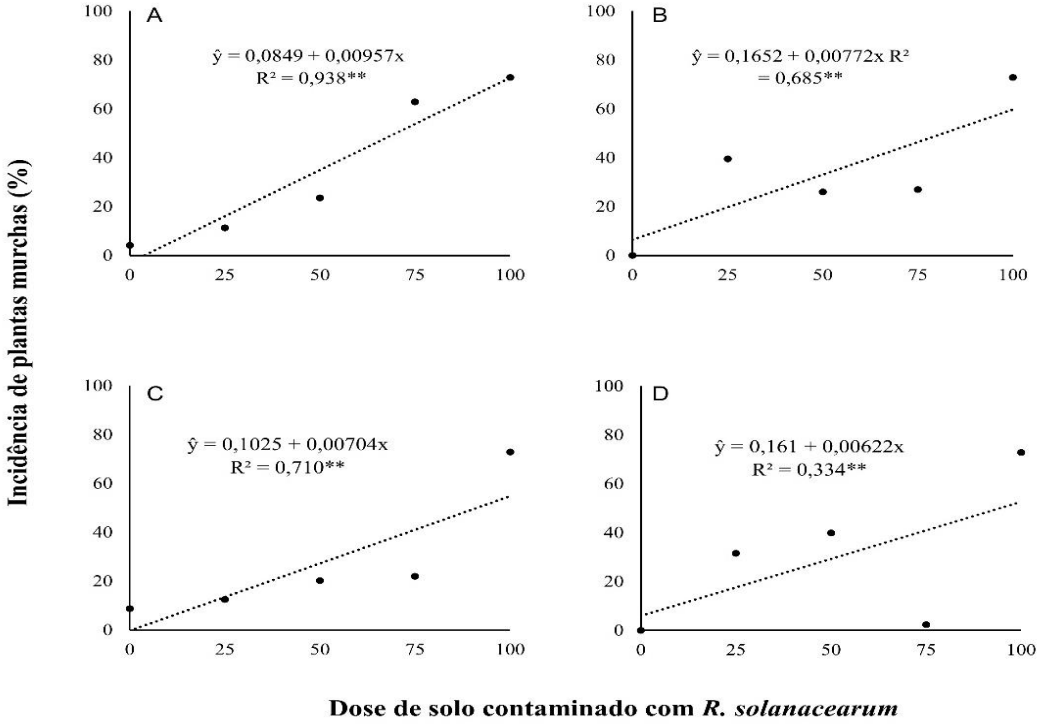

Figura 9 - Incidência de murcha bacteriana em batata cv. Agata em função da dose de solo infestado utilizada em mistura com os tratamentos de solo Sistema Paces autoclavado (A), sistema orgânico (B), mata nativa (C) e Sistema Paces (D). Coeficiente de variação de 63,32%

Após a primeira etapa da análise estatística foi possível verificar diferença estatística significativa entre os sistemas de produção estudados apenas na adição de 75% de solo infestado, estabelecendo esta dose como a ideal para o estudo da influência dos sistemas de produção na capacidade de supressão á *R. solanacearum* (Figura 10). Por esse motivo, a comparação de médias por contraste foi realizada entre os tratamentos apenas nessa dose.

Considerando a comparação de médias por contraste (Tabela 1), o tratamento convencional foi o que apresentou maior incidência de murcha bacteriana, e se distinguiu de todos os demais, exceto do esterilizado. Ou seja, a supressividade pode ser considerada como um fenômeno totalmente dependente da presença e composição dos microrganismos do solo, como já descrito na literatura por Bettiol e Moradi (2009); Latz et al., (2012); Rech et al., (2013); Ferreira et al., (2017) e Peralta et al., (2018). Assim, os sistemas alternativos de produção de batata, orgânico e Paces, apresentaram condições biológicas mais favoráveis à supressão da murcha bacteriana do que o sistema de produção convencional.

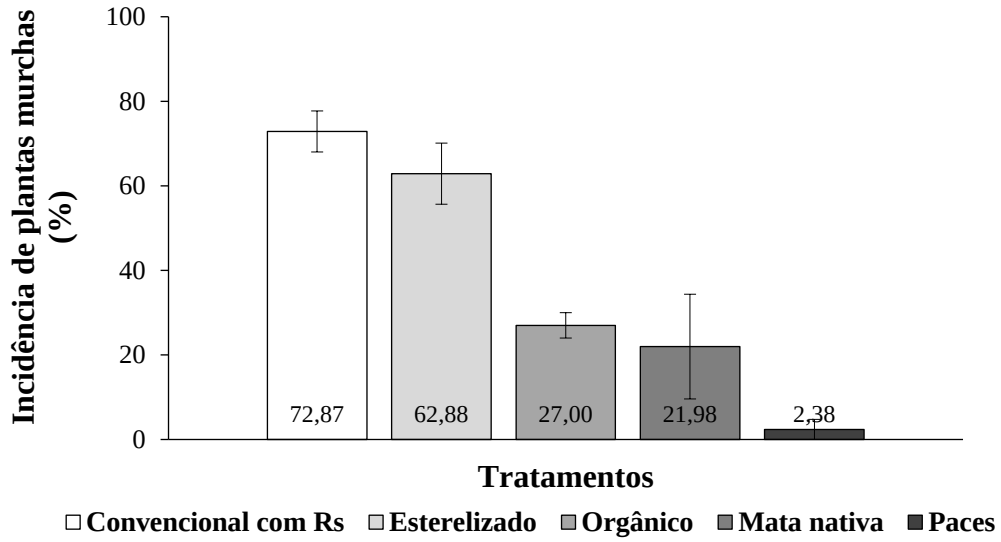

Figura 10 – Incidência de plantas murchas de batata cv. Agata cultivada em diferentes solos sob distintos sistemas de produção representados por convencional, esterilizado, orgânico, mata nativa e Paces

Lantz et al., (2012) compararam a atividade biológica do solo no sudoeste da Amazônia sob quatro diferentes manejos, representados por mata nativa, pastagem, vegetação nativa desmatada e agricultura, demonstrando maior atividade biológica para o solo de mata nativa. Resultados similares foram obtidos por Silva et al., (2010) ao observarem maior teor de carbono total e atividade microbiana do solo no bioma Cerrado, sem sofrer nenhum tipo de ação antrópica, em relação a cultivo convencional de batata e eucalipto. Esses resultados foram semelhantes aos obtidos por Ferreira et al., (2017) ao diagnosticarem que, em solos não perturbados, a população microbiana existe em perfeito equilíbrio dinâmico, de modo que os ambientes nativos são os melhores modelos de solos supressivos. Sendo assim, para as condições desse experimento, o tratamento "mata nativa" foi adotado como modelo de supressividade. A incidência de plantas com sintoma de murcha nos tratamentos orgânico e Paces foi igual ao tratamento mata nativa. Ao que tudo indica, portanto, ambos os sistemas apresentaram potencial de supressão à *R. solanacearum.*

A maior incidência de plantas com sintoma de murcha no sistema convencional em relação ao orgânico é corroborada pelos resultados relatados por Bruggen e Termorshuizen (2003). Segundo os autores, o maior potencial supressivo do sistema orgânico está relacionado com as práticas agrícolas adotadas nesse sistema, tais como rotação de culturas, aplicação

regular de matéria orgânica no solo e a ausência ou redução de aplicação de agroquímicos que estimula o controle biológico natural e evita o desequilíbrio na microbiota do solo.

Tabela 1 - Comparação de médias por contrastes, de plantas de batata com sintoma de murcha, entre os tratamentos convencional, esterilizado, mata nativa, orgânico e Paces

	Convencional	**Esterilizado**	**Mata nativa**	**Orgânico**
Esterilizado	0,3333			
Mata Nativa	0,0004**	0,0020**		
Orgânico	0,0009**	0,0046**	0,6223	
Paces	0,0001**	0,0001**	0,0753	0,0318*
C.V. (%)		32,71		

NOTA: *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de *t* Student; **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de *t* Student

No sistema orgânico estudado, a fertilização é realizada por compostos orgânicos (COUTO et al., 2008), termofosfato de magnésio e Bokashi (HENZ et al., 2007) e nenhum controle fitossanitário é realizado, exceto o controle mecânico de plantas daninhas. Segundo D'andrea et al., (2002), a biomassa microbiana é intensificada na presença de fertilizantes orgânicos em comparação aos inorgânicos, devido ao aumento na proporção de carbono lábil e nitrogênio adicionado ao solo.

Resultados obtidos por Gorissen et al., (2004) indicaram redução na população de *R. solanacearum* biovar 2 e no número de plantas de batata infectadas com a adição de 17 t ha^{-1} de esterco líquido de porco no solo livre de compactação. Outro resultado que evidência a importância da adição de matéria orgânico na supressividade do solo a doenças, foi relatado por Montenegro-Coca et al., (2012), ao aplicarem esterco de galinha em solo cultivado com batata, constataram a redução significativa de doenças transmitidas por patógenos de solo em relação ao tratamento testemunha (sem aplicação de esterco).

Diferentemente do sistema orgânico, o sistema convencional faz o uso de insumos agrícolas inorgânicos e sintéticos, tanto na fertilização do solo como os adubos químicos (ureia, cloreto de potássio e superfosfato), quanto no controle fitossanitário através do uso de agrotóxicos, o que prejudica a diversidade e atuação dos organismos do solo implicando diretamente na menor capacidade supressiva do solo a doenças. Vivian et al., (2006) demostraram a ação tóxica do herbicida sulfentrazone, aplicado em Argissolo Vermelho-Amarelo, na microbiota do solo. Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por Galon et al., (2014) ao observarem redução no quociente metabólico do solo em função do tempo,

concluindo que o efeito tóxico do herbicida é capaz de alterar a microbiota do solo a longo prazo. Tironi et al., (2009) relataram uma diminuição na taxa respiratória do solo com a aplicação de herbicida do grupo químico sulfoniluréia em comparação ao tratamento sem aplicação de agrotóxicos. Dallman et al., (2009) avaliaram a influência da aplicação do herbicida glifosato nas doses de 0, 0,960 e 1,920 kg de ingrediente ativo ha^{-1} na produção de CO_2 e biomassa da microbiana do solo, e concluíram que quanto maior a dose do herbicida, menor a atividade dos organismos do solo. O mesmo resultado foi encontrado por Braga et al., (2014) ao avaliarem os herbicidas paraquat, fomesafen e fluazifop-P-butil.

O Sistema Paces apresentou menor ocorrência de plantas com sintoma de murcha quando comparado ao orgânico e convencional. Isso pode estar relacionado as características distintas dos solos, Latossolo nos sistemas orgânico e convencional e, Nitossolo no sistema Paces. Todavia, Dignam et al., (2017), concluíram que o tipo de solo influencia muito pouco a microbiota do solo em relação às práticas de manejo. Ou seja, o que promoveu, efetivamente, a maior capacidade supressiva à murcha bacteriana no sistema Paces foi o preparo profundo associado a sucessão de culturas. Pois, deve ser destacado que a sucessão de cultura também é prática recorrente no sistema orgânico, que apresentou, significativamente, maior incidência de murcha bacteriana em relação ao Sistema Paces.

Em relação à descompactação em profundidade, Ragassi et al., (2009), avaliaram o efeito de tal prática agrícola na resistência do solo à penetração radicular, produtividade de tubérculos e ocorrência de pragas e doenças em área sob cultivo de batata, tanto para o sistema Paces como para o convencional. Os resultados obtidos revelaram menor resistência do solo no Sistema Paces, que obteve produtividade de batata estatisticamente superior ao convencional. Os autores atribuíram a maior produtividade e baixa incidência de pragas e doenças do Sistema Paces ao melhor desenvolvimento do sistema radicular que gerou plantas mais vigorosas. Ademais, o maior crescimento radicular está diretamente relacionado com os efeitos positivos proporcionados pela subsolagem em profundidade, tais como maiores taxas de infiltração de água no solo, menor resistência à penetração radicular inferior a 1,5 MPa e maior movimento de água, ar e nutrientes no solo.

Além da subsolagem, o preparo profundo do solo abrange a incorporação de material orgânico em profundidade a fim de aumentar a atividade dos organismos do solo capazes de suprimir a ação de organismos patogênicos. Silva et al., (2013) obtiveram maior taxa de respiração e quociente metabólico do solo, na camada de 0 a 20 cm, para os tratamentos com a adição de resíduos orgânicos em comparação ao tratamento sem aporte de material vegetal. Por sua vez, Zucolotto et al., (2018) ao estudarem a produção de CO_2 pelos organismos do solo nas

camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm nos sistemas Paces e convencional, obtiveram maior taxa respiratória no sistema de preparo profundo, principalmente para a camada mais profunda, ou seja, a incorporação de material vegetal aumentou a atividade dos organismos do solo até 40 cm. Desse modo, é provável que a maior atividade microbiana até 40 cm de profundidade, derivada da subsolagem e incorporação de material vegetal em profundidade, tenha promovido maior capacidade do solo à supressão da murcha bacteriana.

4 CONCLUSÃO

A comparação entre os sistemas de produção de batata convencional, orgânico e Paces com os solos esterilizado e de mata nativa demostrou que o Sistema Paces foi o que apresentou maior potencial de supressão à murcha bacteriana na cultura da batata.

REFERÊNCIAS

AMES, M.; SPOONER, D. M. DNA from herbarium specimens settles a controversy about origins of the European potato. **American Journal of Botany**, v. 95, n. 2, p. 252-257, 2008.

ANDREOTE, F. D.; PEREIRA E SILVA, M. C. Microbial communities associated with plants: learning from nature to apply it in agriculture. **Current Opinion in Microbiology**, v. 37, p. 29-34, 2017.

AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. (Ed.). **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, p. 47-75, 2005.

BAKER, K.; COOK, R. J. **Biological control of plant pathogens**. 1. ed. San Francisco: W.H. Freeman and Company, 1974. 433 p.

BARKER, A. **Manual prático da batata**. Lisboa: Ed. Estampa, 2002. 256 p.

BETTIOL, W.; GHINI, R. **Proteção de plantas em sistemas agrícolas alternativos**. In: CAMPANHOLA C, B. W. (Ed.). Métodos alternativos de controle fitossanitário. 1. ed. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p. 79-95, 2003.

BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. **Biocontrole de doenças de plantas: usos e perspectivas**. 1 ed. Jaguriuna: Embrapa meio ambiente, 2009. 334 p.

BRAGA, R. R.; SILVA, D. V.; FERREIRA, E. A.; PEREIRA, G. A. M.; BIBIANO, C. S.; SANTOS, J. B.; DIAMANTINA, S. S.; MATOS, C. D. Atividade microbiana do solo, controle de plantas daninhas e crescimento da mandioca após a aplicação de herbicidas. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 4, p. 1050-1058, 2014.

BRASIL. Lei n. 10.831, de 23 de dezembro de 2003. **Diário Oficial da União**, 24 dez. 2003.

BRUGGEN, A. H. C.; TERMORSHUIZEN, A. J. Integrated approaches to root disease management in organic farming systems. **Australian Plant Pathology**, v. 32, p. 141-156, 2003.

BUDDENHAGEN, I.W.; ELSASSER, T.A. An insect-spread bacterial wilt epiphytotic of Bluggoe banana. **Nature**, n.194, p.164-165, 1962.

BUSHNELL, J. Exploratory study of the rate of oxygen consumption by potato roots. **American Potato Journal**, v.33, p.203-210, 1956.

CARDOSO, J. E, ECHANDI, E.A greenhouse method for selecting biological agents to control *Rhizoctonia* root rot of beans. **Fitopatologia Brasileira**, v.15, p. 42-45, 1989.

CARDOSO, E.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo**. 2. ed. Piracicaba, São Paulo: Universidade de São Paulo, 2016. 359 p.

CARVALHO, A. D. F.; LOPES, C. A.; RAGASSI, C. F. Desempenho de cultivares de batata sob diferentes espaçamentos em solo naturalmente infestado com *Ralstonia Solanacearum*. **Horticultura Brasileira,** v. 35, p. 507-511, 2017.

CHOUDHARY, M.; DATTA, A.; JAT, H. S.; YADAV, A. K.; GATHALA, M. K.; SAPKOTA, T. B.; DAS, A. K.; SHARMA, P. C.; JAT, M. L.; SINGH, R.; LADHA, J. K. Changes in soil biology under conservation agriculture based sustainable intensification of cereal systems in Indo-Gangetic Plains. **Geoderma**, v. 313, p. 193-204, 2018.

CLAURE, L. L. Historia de la papa. **FEDEPAPA**, n. 19, p. 1-26, 1996.

COSTA, C. F. A.; MELO, P. C. T.; RAGASSI, C. F.; LAZZARINI, P. R. C.; FERRONATO, E. M.; MARTINS, E. A. S.; ARAÚJO, T. H. Crescimento da batateira em sistema de preparo profundo de solo e sucessão de poáceas. **Horticultura Brasileira**, v. 33, p. 51-58, 2015.

COSTA, C. F.; MELO, P. C.; GUERRA, H. P.; RAGASSI. Soil properties and agronomic attributes of potato grown under deep tillage in succession of grass species. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 75-81, 2017.

COSTA, G. R.; COSTA, J. L.S. Influência da densidade de inóculo de *Furasium solani* f.sp. *phaseoli* na severidade da podridão radicular seca do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, v. 34, n. 2, p. 89-92, 2004. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/2330>. Acesso em: 25 mar. 2019.

COUTO, J. R.; RESENDE, F. V.; SOUZA, R. B.; SAMINEZ, T. C. O. **Instruções práticas para produção de composto orgânico em pequenas propriedades**, Embrapa Hortaliças: Brasília, 2008. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPH-2009/34479/1/cot_53.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2019.

D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SIQUEIRA, J. O.; CARNEIRO, M. A. C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 4, p. 913-923, 2002.

DALLMANN, C. M.; SCHENEIDER, L.; BOHM, G. M. B.; KUHN, C. R. Impacto da aplicação de glifosato na microbiota do solo cultivado com soja geneticamente modificada. **Revista Thema**, v. 7, n. 1, p. 1-7, 2009.

DAROLT, M.; RODRIGUES, A.; NAZARENO, N.; BRISOLLA, A.; RÜPPEL, O. **Análise comparativa entre o sistema orgâncio e convencional de batata comum**, IAPAR, 2008. Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/Darolt - BatataOrganica FINAL.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2019.

DEBERDT, P.; GOZÉ, E.; CORANSON-BEAUDU, R.; PERRIN, B.; FERNANDES, P.; LUCAS, P.; RATNADASS, A. *Crotalaria spectabilis* and *Raphanus sativus* as previous crops show promise for the control of bacterial wilt of tomato without reducing bacterial populations. **Journal of Phytopathology**, v. 163, n. 5, p. 377-385, 2015. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1111/jph.12333>. Acesso em: 24 mar. 2019.

DIGNAM, B. E. A.; O'CALLAGHAN, M.; CONDRON, L. M.; KOWALCHUK, G. A.; NOSTRAND, J. D.; ZHOU, J.; WAKELIN, S. A. Effect of land use and soil organic matter quality on the structure and function of microbial communities in pastoral soils: Implications for disease suppression. **PLOS ONE**, v. 13, n. 5, p. e0196581, 2018.

EL-SAYED, S. F.; HASSAN, H. A.; EL-MOGY, M. M. Impact of bio and organic fertilizers on potato yield, quality and tuber weight loss after harvest. **Potato Research**, v. 58, n. 1, p. 67-81, 2015. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11540-014-9272-2>. Acesso em: 24 mar. 2019.

EMBRAPA. Sistemas de produção: conceitos e definições no contexto agrícola. **Sistemas de Produção Embrapa**, 2012. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/69333/1/Doc-335-OL.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2019.

FAO. **Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura**. 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/publications/sofa/es/>. Acesso em: 24 mar. 2019.

FEGAN, M.; PRIOR, P. **How complex is the *Ralstonia solanacearum* species complex?** In: Bacterial wilt disease and the Ralstonia specie complex. 1. ed. Saint Paul. p. 449-461, 2005.

FERNANDES, A. L. T.; SANTINATO, F.; SANTINATO, R.; SANTINATO, R. Utilização da subsolagem na redução da compactação do solo para produão de café cultivado no Cerrado Mineiro. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 1648-1656, 2012.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542014000200001&lng=en&tlng=en>. Acesso em: 25 mar. 2019.

FERREIRA, E. P. B.; STONE, L. F.; MARTIN-DIDONET, C. C. G. População e atividade microbiana do solo em sistema agroecológico de produção. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 1, p. 22-31, 2017. Disponível em: <www.ccarevista.ufc.br>. Acesso em: 25 mar. 2019.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2008. 411 p.

GALON, L.; SILVA, A. F.; CONCENÇO, G.; FERREIRA, E. A.; SILVA, D. V.; ASPIAZÚ, I.; SILVA, A. A. Efeito de herbicidas na atividade microbiana do solo cultivado com diferentes genótipos de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 13, n. 1, p. 47-57, 2014.

GORISSEN, A.; OVERBEEK, L. S.; ELSAS, J. D. Pig slurry reduces the survival of *Ralstonia solanacearum* biovar 2 in soil. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 50, n. 8, p. 587-593, 2004.

HAYWARD, A.C. Biology and epidemiology of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. **Annual Review of Phytopathology**, v.9, p.65-87, 1991.

HAYWARD, A.C. **Systematics and phylogeny of *Pseudomonas solanacearum* and related bacteria**. In: HAYWARD, A.C.; HARTMAN, G.L. (Eds.). Bacterial wilt: The disease and its causative agent, *Pseudomonas solanacearum*. Wallingford. CAB, p. 123-135, 1994.

HENDRIX, P. F.; CROSSLEY JÚNIOR, D. A.; BLAIR, J. M., COLEMAN, D. C. **Soil biota as component of sustainable agroecosystems.** In: EDWARDS, C. A.; LAL, R.; MADDEN, P.; MILLER, R. H.; HOUSE, G., (Ed.). Sustainable agricultural systems. Ankeny: Soil and Water Conservation Society, p. 637-654, 1990.

HENZ, G.; ALCÂNTARA, F. A.; RESENDE, F. V. **Produção orgânica de hortaliças.** Brasília: Embrapa Hortaliças, 2007.

IBGE. **Área plantada, área colhida e produção, por ano da safra e produto das lavouras**. 2018.. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618#resultado>. Acesso em: 20 mar. 2019.

IFOAM – **International Federation of organic Agriculture Movements**. Cultivanting change. Disponível em:< https://www.ifoam.bio/en/what-we-do/programs>. Acesso em 8 mai. 2019.

JADOSKI, S. O.; SAITO, L. R.; MAGGI, M. F.; WAGNER, M. V.; REFFATTI, T. N. Formas de mecanização e manejo do solo para a cultura da batata I - características da produção. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 5, p. 889–899, 2012.

JADOSKI, S. O.; SOUZA REZENDE SALES, L. L.; ROMÃO SAITO, L.; DE RAMOS, M. S.; ANDRÉ POTT, C. Desenvolvimento vegetativo da cultura da batata em função da amontoa e espaçamento de plantas. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 1, p. 83–92, 2014.

KELMAN, A. The relationship of pathogenicty in *Pseudomonas solanacearum* to colony appearance on a tetrazolium medium. **Phytopathology**, v. 44, p. 693–695, 1954.

KINKEL, L. L.; BAKKER, M. G.; SCHLATTER, D. C. A Coevolutionary framework for managing disease-suppressive soils. **Annual Review of Phytopathology**, v. 49, n. 1, p. 47-67, 2011.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde.** Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

LABANAUSKAS, C.K; STOLZY, L.H.; KLOTZ, L.J.; DEWOLFE, T.A. Effects of soiloxygen and irrigation on the accumulation of macro and micronutrientes in citrus seedlings (*Citrus sinensis* var. Osbeck). **Soil Science**, v. 101, p. 378-384. 1966.

LATZ, E.; EISENHAUER, N.; RALL, B. C.; ALLAN, E.; ROSCHER, C.; SCHEU, S.; JOUSSET, A. Plant diversity improves protection against soil-borne pathogens by fostering antagonistic bacterial communities. **Journal of Ecology**, v. 100, n. 3, p. 597-604, 2012.

LOPES, C.A. **Murchadeira da batata**. Itapetininga: Associação Brasileira da Batata, 2005. 66 p.

LUZ, J. M. Q.; SHINZATO, A. V.; SILVA, M. A. D. Comparação Dos Sistemas De Produção De Tomate Convencional E Orgânico Em Cultivo Protegido Comparison of Conventional and Organic Tomato Growing Under. **Bioscience Journal**, v. 1, p. 7-15, 2007.

MAPA. **Ficha agroecológica**. Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos>. Acesso em 10 mai. 2019.

MARIANI, C. M.; HENKES, J. A. Agricultura orgânica X Agricultura convencional Soluções para minimizar o uso de insumos industrializados. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 3, n. 2, p. 315-338, 2017.

MARQUES, E.; UESUGI, C. H.; FERREIRA, M. A. S. V.; REZENDE, D. V. Characterization of isolates of *Ralstonia solanacearum* biovar 2, pathogenic to Eucalyptus hybrids. **Tropical Plant Pathology**, v. 37, n. 6, p. 399-408, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-56762012000600004&lng=en&nrm=iso&tlng=en>. Acesso em: 24 mar. 2019.

MATTOS, M. L. T. **Microbiologia do solo**. In: NUNES, R. R.; REZENDE, M. O. O. (Eds.). Recurso solo: propriedades e usos. 1. ed. São Carlos: Editora Cubo, p. 251-259, 2015.

MELO, P. C. T.; TAMISO, L. G.; AMBROSANO, E. J.; SCHAMMASS, E. A.; INOMOTO, M. M.; SASAKI, M. E.; ROSSI, F. Desempenho de cultivares de tomateiro em sistema orgânico sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira,** v. 27, n. 4, p. 553-559, 2010.

MENZIES, J.D. Ocurrence and transfer of a biological factor in soil that suppresses potato scab. **Journal of Phytopathology**, v.49, p.648-652,1959.

MONTENEGRO-COCA, D.; RAGASSI, C.F.; LOPES, C. A. Utilização de esterco como medida auxiliar no controle da murcha bacteriana em genótipos de batata. **Revista Latinoamericana de la papa,** v. 17, n. 1, p. 152-169, 2012. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/935828/1/RevLatinoamericanadelapapav17n1p1521692012.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2019.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Ecologia do solo**. In: Microbiologia e bioquímica do solo. 2. ed. Lavras: Editora UFLA, p. 83-161, 2006a.

NETTO, R. A. C.; PEREIRA, B. G.; NODA, H.; BOHER, B. Caracterização de isolados de *Ralstonia solanacearum* obtidos de tomateiros em várzea e em terra firme, no Estado do Amazonas. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, n. 4, p. 362-366, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-41582003000400003&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 24 mar. 2019.

PEPPER, I. L.; GERBA, C. P.; NEWBY, D. T.; RICE, C. W. Soil: A public health threat or savior? **Critical Reviews in Environmental Science and Technology,** v. 39, n. 5, p. 416-432, 2009.

PERALTA, A. L.; SUN, Y.; MCDANIEL, M. D.; LENNON, J. T. Crop rotational diversity increases disease suppressive capacity of soil microbiomes. **Ecosphere**, v. 9, n.5, p 1-14, 2018.

PEREIRA, L. B.; ARF, O.; SANTOS, N. C. B.; OLIVEIRA, A. E.; KOMURO, L. K. Manejo da adubação na cultura do feijão em sistema de produção orgânico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 1, p. 29-38, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-40632015v4528018>. Acesso em: 24 mar. 2019.

PRIOR, P.; AILLOUD, F.; DALSING, B. L.; REMENANT, B.; SANCHEZ, B.; ALLEN, C. Genomic and proteomic evidence supporting the division of the plant pathogen *Ralstonia solanacearum* into three species. **BMC Genomics**, v. 17, p. 90-97, 2016. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26830494>. Acesso em: 1 abr. 2019.

RAGASSI, C. F.; FAVARIN, J. L.; MELO, P. C. T.; SHIRAISHI, F. A.; SAKO, H. Qualidade do solo e sustentabilidade na cultura da batata. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 10, n. 2, p. 88-103, 2011. Disponível em: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/5540>. Acesso em: 24 mar. 2019.

RAGASSI, C. R.; FAVARIN, J. L.; SHIRAISHI, F. A.; MOITA, A. W.; SAKO, H.; MELO, P. C. T. Efeito da descompactação profunda de solo na produção da cultura da batata. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. 484-489, 2009.

RECH, M.; PANSERA, M. R.; SARTORI, V. C.; RIBEIRO, R. T. S. Microbiota do solo em vinhedos agroecológico e convencional e sob vegetação nativa em Caxias do Sul, RS. **Revista Brasileira de Agroecologia,** v. 8, n. 3, p. 141-151, 2013.

REIS, E. M.; CASA, R. T.; BIANCHIN, V. Controle de doenças de plantas pela rotação de culturas. **Summa Phytopathologica**, v. 37, n. 3, p. 85-91, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-54052011000300001&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 25 mar. 2019.

REMENANT, B.; DE CAMBIAIRE, J.-C.; CELLIER, G.; JACOBS, J. M.; MANGENOT, S.; BARBE, V.; LAJUS, A.; VALLENET, D.; MEDIGUE, C.; FEGAN, M.; ALLEN, C.; PRIOR, P. *Ralstonia syzygii*, the blood disease bacterium and some Asian *R. solanacearum* strains form a single genomic species despite divergent lifestyles. **PLoS ONE**,v. 6, n. 9, p. e24356, 2011. Disponível em: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0024356>. Acesso em: 1 abr. 2019

RÍOS, D.; GHISLAIN, M.; RODRIGUEZ, F.; SPOONER, D.M. What the origin of the European potato? Evidence from Canary Island Landraces. **Crop Science**, v. 47, p. 1271-1280, 2007.

ROSSI, F.; MELO, P. C. T.; AZEVEDO FILHO, J. A.; AMBROSANO, E. J.; GUIRADO, N.; SCHAMMASS, E. A.; CAMARGO, L. F. Cultivares de batata para sistemas orgânicos de produção. **Horticultura Brasileira,** v. 29, n. 3, p. 372-376, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362011000300019&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 10 maio. 2019.

SAFNI, I.; CLEENWERCK, I.; VOS, P.; FEGAN, M.; SLY, L.; KAPPLER, U. Polyphasic taxonomic revision of the *Ralstonia solanacearum* species complex: proposal to emend the descriptions of *Ralstonia solanacearum* and *Ralstonia syzygii* and reclassify current *R. syzygii* strains as *Ralstonia syzygii* subsp. *syzygii* subsp. nov., *R. solanacearum* phylotype IV strains as *Ralstonia syzygii* subsp. indonesiensis subsp. nov., banana blood disease bacterium strains as *Ralstonia syzygii* subsp. celebesensis subsp. nov. and *R. solanacearum* phylotype I and III strains as *Ralstonia pseudosolanacearum* sp. nov. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology,** v. 64, p. 3087-3103, 2014.

SANTIAGO, T. R.; LOPES, C. A.; CAETANO-ANOLLÉS, G.; MIZUBUTI, E. S. G. Phylotype and sequevar variability of *Ralstonia solanacearum* in Brazil, an ancient centre of diversity of the pathogen. **Plant Pathology,** v. 66, n. 3, p. 383-392, 2017. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1111/ppa.12586>. Acesso em: 24 mar. 2019.

SILVA, C. A. D.; MEDEIROS, E. V.; BEZERRA, C. B.; SILVA, W. M.; BARROS, J. A.; SANTOS, U. J. Interferência da incorporação de matéria orgânica no solo no controle da podridão negra da mandioca, causada por *Scytalidium lignicola*. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 6, p. 1823-1831, 2013.

SILVA, G. O.; BORTOLETTO, A. C.; PONIJALEKI, R.; MOGOR, A. F.; PEREIRA, A. da S. Desempenho de cultivares nacionais de batata para produtividade de tubérculos. **Revista Ceres**, v. 61, n. 5, p. 752-752, 2014.

SILVA, I. P. F.; JUNIOR, J.F.S.; ARALDI, R.; TANAKA, A.A.; GIROTTO, M.; BOSQUÊ, G.G.; LIMA, F.C.C. Preparo de solo e calagem na cultura da batata. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 5, n. 20, 2011. Disponível em: <www.revista.inf.br-www.editorafaef.com.br-www.faef.edu.br.>. Acesso em: 11 maio. 2019.

SILVA, J. M.; MEDEIROS, E. V.; DUDA, G. P.; BARROS, J. A.; SANTOS, U. J. Fames and microbial activities involved in the suppression of cassava root rot by organic matter. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 3, p. 708-717, 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21252017000300708&lng=en&tlng=en>. Acesso em: 25 mar. 2019.

SILVA, R. R.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; MOREIRA, F. M. S.; CURI, N.; ALOVISI, A. M. T. Biomassa e atividade microbiana em solos sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica Campos das Vertentes-MG. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 34, p. 1585-1592, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v34n5/11.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2019.

STALHAM, M.A.; ALLEN, E.J.; ROSENFELD, A.B.; HERRY, F.X. Effects of soil compaction in potato (*Solanum tuberosum*) crops. **Journal of Agricultural Science**, v. 145, p. 295-312, 2007.

TERMORSHUIZEN, J. W.; OPDAM, P. Landscape services as a bridge between landscape ecology and sustainable development. **Landscape Ecology**, v. 24, n. 8, p. 1037-1052, 2009. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10980-008-9314-8>. Acesso em: 24 mar. 2019.

THORNTON, M.; STARK, J.; HOPKINS, B.G.; THORNTON, R.E. **Selecting and preparing the planting site**. In: MARY, L.; POWELSON, D.; JOHNSON, A. (Eds.). Potato health management. 1. ed. Saint Paul: The American psychopathological society, 2008. 261 p.

TIRONI, S.; BELO, A.; FIALHO, C. M.; GALON, L.; FERREIRA, E.; SILVA, A.; COSTA, M.; BARBOSA, M. H. Efeito de herbicidas na atividade microbiana do solo. **Planta Daninha**, v. 27, p. 995-1004, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582009000500013&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 25 mar. 2019.

TOFOLI, J. G.; DOMINGUES, R. J.; FERRARI, J. T.; NOGUEIRA, E. M. C. **Doenças fúngicas da cultura da batata: sintomas, etiologia e mane**jo. Istituto Biológico: Campinas, v. 74, p. 63-73, 2012.

UWAMAHORO, F.; BERLIN, A.; BUCAGU, C.; BYLUND, H.; YUEN, J. Potato bacterial wilt in Rwanda: occurrence, risk factors, farmers' knowledge and attitudes. **Food Security**, v. 10, p. 1221-1235, 2018.

VIVIAN, R.; REIS, M. R.; JAKELAITIS, A.; SILVA, A. F.; GUIMARÃES, A. A.; SANTOS, J. B.; SILVA, A. A. Persistência de sulfentrazone em Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar**. Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 741-750, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582006000400015&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 25 mar. 2019.

WICKER, E.; GRASSART, L.; CORANSON-BEAUDU, R.; LE MIAN, D.; GUILBAUD, C.; FEGAN, M.; PRIOR, P. *Ralstonia solanacearum* strains from Martinique (French West Indies) exhibiting a new pathogenic potential. **Applied and enviromental microbiology**, v. 73, n. 21, p. 6790-6801, 2007.

WICKER, E.; LEFEUVRE, P.; CAMBIAIRE, J.C.; LEMAIRE, C.; POUSSIER, S.; PRIOR, P. Contrasting recombination patterns and demographic histories of the plant pathogen *Ralstonia solanacearum* inferred from MLSA. **The ISME journal**, v. 6, n. 5, p. 961-974, 2012. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22094345>. Acesso em: 24 mar. 2019.

WU, K.; SHI, W.; GUAN, H.; XUN, G.; PAN, B.; SHEN, Q.; SHEN, B.; YUAN, S. Root exudates from two tobacco cultivars affect colonization of *Ralstonia solanacearum* and the disease index. **European Journal of Plant Pathology**, v. 141, n. 4, p. 667-677, 2014.

ZUCOLOTTO, J.; TAKAHASHI, R. S.; RAGASSI, C. F.; ANTUNES, P. H. S. S.; MELO, P.; CARDOSO, E.; FAVARIN, J. L. Influência da incorporação de materiais orgânicos associada ao manejo do solo na atividade microbiana durante o ciclo da batata. **Revista Agrária Acadêmica**, v. 1, n. 4, p. 29-38, 2018.

APÊNDICES

Apêndice A - Caracterização das etapas realizadas no sistema de preparo profundo do solo associado à sucessão com milho para a produção de batata:

Corte da cultura sucessora

Após a colheita manual das espigas de milho faz-se o corte das plantas de milho com o ceifador mecânico denominado “Trincha” (Apêndice B) desenvolvido pela empresa Mafes Inteligência agronômica.

Trituração da cultura sucessora

Para aumentar a área superficial e facilitar a secagem dos restos culturais do milho, para posterior incorporação faz-se a trituração do resíduo vegetal. Essa operação é realizada através de um triturados mecânico desenvolvido pela empresa Mafes inteligência agronômica denominado “Tribar” (Apêndice B),

Subsolagem do solo

Visando romper a camada compactada e favorecer o crescimento radicular da batata e infiltração de água no solo realizou subsolagem do solo, através do subsolador “Dreno” (Apêndice B), desenvolvido pela empresa Mafes Inteligência agronômica, que possui apenas uma haste de 90 cm, com largura de trabalho de 1,8 metros e potência requerida de 110 cv.

Incorporação em profundidade de resíduos vegetais

A incorporação dos restos vegetais secos do milho foi realizada a 40 cm de profundidade com o auxílio de uma enxada rotativa denominada Turbo (Apêndice B), desenvolvida pela Mafes Inteligência Agronômica.

Encanteiramento e adubação

Com o objetivo de formar camalhões para o plantio da batata, fez-se a utilização da Enxada rotativa modelo Roto (Mafes - inteligência agronômica). O implemento agrícola possui uma caixa de adubadora, permitindo realizar a adubação e incorporação de adubos na mesma operação. Desta forma, durante todos os anos estudados, foram aplicados de 350 a 500 kg de cloreto de potássio por ciclo de batata na área de 0,69 hectares.

Plantio da batata

O plantio da batata iniciou com a transferência dos “bags” contendo tubérculos-sementes para área de plantio. Para isso, utilizou o caminhão Munck HB 46OE8 com capacidade de carga de 20 toneladas. As batatas foram transferidas para a plantadora adubadora modelo Ecoplan (Mafes inteligência agronômica) com capacidade para 120 kg de batata e com duas linhas de plantio espaçadas a 0,9 m e reguladas para o plantio de 5 tubérculos por metro linear. A plantadora requer ao menos 100 cv de potência para o plantio e 1 homem em cada orifício de saída da linha de plantio, para prevenir entupimento ou queda irregular dos tubérculos. A adubação de plantio entre os anos variou entre 165 a 200 kg de ureia e 400 a 580 kg de superfosfato simples na área de 0,69 hectares. Para a reposição de batata semente, adubo e verificação da profundidade e uniformidade dos tubérculos foram utilizados mais 5 homens durante toda operação, totalizando 8 funcionários por hectare.

Amontoa

A amontoa é o processo no qual o solo é movimentado e direcionado para a base das plantas em ambos os lados da fileira de plantas, formando um camalhão com cerca de 20 cm de altura, estimulando o desenvolvimento de estolões e protegendo os tubérculos do sol, além de também auxiliar no controle das plantas daninhas (JADOSKI et al., 2014). O implemento agrícola responsável pela operação foi a enxada rotativa “Gaia” desenvolvida pela Mafes Inteligência Agronômica, que consiste da troca de facas do implemento utilizado anteriormente (Roto). O implemento agrícola possui uma caixa de adubadora, permitindo realizar a adubação e incorporação de adubos na mesma operação, dessa forma, foi aplicado de 326 a 450 kg do fertilizante cloreto de potássio todos os anos na área de 0,69 ha. Para que seja feita a reposição do fertilizante granulado na Roto, demanda mão de obra de pelo menos 2 homens durante toda operação.

Controle fitossanitário e dessecação da batata para colheita

Para todas as pulverizações, foi utilizado o pulverizador de barras com levante hidráulico modelo 600IH12 da empresa KO máquinas agrícolas. Para a dessecação da cultura foi utilizado o produto Paraquat. As principais plantas daninhas de maior incidência na área foram picão preto, guanxuma, caruru, caruru de mancha, quebra pedra, tiririca e corda de viola. Os principais fungicidas utilizados foram para o controle de *Phytophthora infestans* e *Alternaria solani*, respectivamente requeima e pinta preta.

Colheita da batata

A colheita da batata, em todos os anos, foi semi-mecanizada. Primeiramente, os tubérculos foram expostos à superfície do solo por intermédio de uma esteira e, posteriormente foi realizada a colheita manual dos tubérculos. Para isso foram necessários 25 homens por hectare.

Apêndice B - Sequência de operações e implementos agrícolas desenvolvidos para o Sistema Paces

Ceifadora mecânica “Trincha” (A); trituradora mecânica “Tribar” (B); subsolador “Dreno” (C); incorporador de resíduos vegetais em profundidade “Turbo” (D); formação de canteiros “Roto” e enxada rotativa para amontoa “Gaia” (E); plantadora-adubadora de batata “Ecoplan” (F); pulverizador (G); esteira colhedora de batata (H).