

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA

**PLANTAS DE COBERTURA NO CONTROLE DE
DOENÇAS CAUSADAS POR PATÓGENOS DE SOLO NA
CULTURA DA BATATA**

Autor: Breno Junqueira Melo
Orientador: Dr. Nadson de Carvalho Pontes

MORRINHOS - GO
2024

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA

**PLANTAS DE COBERTURA NO CONTROLE DE
DOENÇAS CAUSADAS POR PATÓGENOS DE SOLO NA
CULTURA DA BATATA**

Autor: Breno Junqueira Melo
Orientador: Dr. Nadson de Carvalho Pontes

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM OLERICULTURA, no Programa de Pós-Graduação em Olericultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos – Área de Concentração: Olericultura.

MORRINHOS - GO
2024

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas (SIBI) – Instituto Federal Goiano**

M528p

Melo, Breno Junqueira.

Plantas de cobertura no controle de doenças causadas por patógenos de solo na cultura da batata [manuscrito] / Breno Junqueira Melo. -- Morrinhos, GO: IF Goiano, 2024.

37 fls. : tabs.

Orientador: Prof. Dr. Nadson de Carvalho Pontes.

Dissertação (Mestrado em Olericultura) – Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos, 2024.

1. Solanum tuberosum. 2. Saúde do Solo. 3. Sustentabilidade. 4. Ciências Agrárias. I. Pontes, Nadson de Carvalho. II. Título.

CDU 631.8/632



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Formulário 10/2024 - GPGPI-MO/CMPMHOS/IFGOIANO

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA

Plantas de cobertura no controle de doenças causadas por patógenos de solo na cultura da batata

Autor: Breno Junqueira Melo.

Orientador: Nadson de Carvalho Pontes.

TITULAÇÃO: Mestre em Olericultura.

Aprovado em , 26 de Agosto de 2024.

(Assinado Eletronicamente)

Prof. Dr. Nadson de Carvalho Pontes.
Presidente da Banca
IF Goiano- Campus Morrinhos.

(Assinado Eletronicamente)

Prof. Dr. Erasmo Ribeiro da Paz Filho.
Avaliador Externo.
IF Goiano- Campus Morrinhos.

(Assinado Eletronicamente)

Prof. Drª Tenille Ribeiro de Souza.
Avaliadora externo.
IF Goiano- Campus Morrinhos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre abençoar e iluminar o meu caminho.

Ao meu orientador, Dr. Nadson de Carvalho Pontes, pela oportunidade, paciência, competência e dedicação em ensinar.

Ao Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, professores, funcionários e colegas, por todo o suporte e infraestrutura oferecidos.

A equipe do laboratório de Fitopatologia (LAFIP), pela participação e ajuda nas atividades relacionadas ao meu projeto.

Aos membros da banca, Dra. Tenille Ribeiro e Dr. Erasmo Ribeiro, por concordarem em fazer parte desse momento tão especial.

A minha família, por sempre terem me incentivado e acreditado no meu potencial.

A minha esposa Thayssa, por todo auxílio, amor, cuidado, companheirismo e compreensão, em todas as etapas da minha vida.

E, a minha amada cadelinha Princesa, por ser sempre nossa companheira.

Muito obrigado!

BIOGRAFIA DO AUTOR

BRENO JUNQUEIRA MELO, filho de Nilton Junqueira Genari e Silvânia de Cássia Melo Junqueira, nascido em Morrinhos, Goiás, em 09 de outubro de 1987.

No ano de 2010, ingressou no Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos no Curso Bacharelado em Agronomia. Durante a graduação participou de diversos projetos de pesquisa na área de Fitopatologia, trabalhando com a cultura do café e tomate para processamento industrial sob a orientação do professor Dr. Adelmo Golynski. Graduou-se em Agronomia em março de 2015.

Em março de 2022, ingressou no curso de Pós-graduação em Olericultura em nível de Mestrado profissional, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Morrinhos. Trabalhou com plantas de cobertura na cultura da batata sob a orientação do professor Dr. Nadson Pontes e defendeu a dissertação em 19 de agosto de 2024.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS.....	V
LISTA DE FIGURAS.....	VI
RESUMO.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1 Cultura da batata	2
2.2 Principais fitopatógenos.....	4
2.3 Plantas de cobertura	5
2.4 Equilíbrio do solo.....	6
2.5 Referências bibliográficas.....	7
3. CAPÍTULO 1.....	10
3.1 Introdução	12
3.2 Material e métodos.....	14
3.3 Resultados e discussão.....	18
3.4 Conclusão.....	23
3.5 Referências bibliográficas.....	24

LISTA DE TABELAS

	Página
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
Tabela 1. Estados produtores de batata e a área colhida, produção e produtividade em 2024.....	3
3. CAPÍTULO 1.....	10
Tabela 1. Médias de incidência (% de tubérculos com sintomas por parcela) de sarna-comum (<i>S. scabies</i>), de pipoca, de rizoctoniose (<i>R. solani</i>) e de podridão-mole observadas nas parcelas submetidas aos diferentes tratamentos. Morrinhos/GO, 2023.	20
Tabela 2. Números médios de nematoides (número de juvenis em 150 cm ³ de solo) das lesões (<i>Pratylenchus</i> spp.) e de galhas (<i>Meloidogyne</i> spp.) observados nas parcelas submetidas aos diferentes tratamentos. Morrinhos/GO, 2023.	20
Tabela 3. Propriedade químicas do solo, na camada de 0 a 10 cm, observadas nas parcelas submetidas aos diferentes tratamentos. Morrinhos/GO, 2023.	21
Tabela 4. Médias de arilsulfatase observadas das parcelas submetidas aos diferentes tratamentos. Morrinhos/GO, 2023.	22
Tabela 5. Médias de produtividade (toneladas por hectare) e de incremento de produtividade dos tratamentos em relação a testemunha (pousio) observados nas parcelas submetidas aos diferentes tratamentos. Morrinhos/GO, 2023.	23

LISTA DE FIGURAS

	Página
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
Figura 1. a. Lesões de sarna-comum em tubérculos. b. Sintomas de podridão-mole em tubérculos. c. Caule subterrâneo com presença de cancos de cor marrom causados pela rizoctoniose. d. "Pipoca" em tubérculos de batata causada pelo nematoide de galhas.....	5
3. CAPÍTULO 1.....	10
Figura 1. Médias diárias de precipitação pluviométrica (Precip.), umidade relativa do ar (UR), temperatura média (T. média), máxima (T. máx) e mínima (T. min), observadas ao longo do período de realização do experimento (cultivo de batata anterior ao plantio das coberturas, cultivo das plantas de cobertura e cultivo de batata posterior ao plantio das coberturas).	16
Figura 2. Croqui com a distribuição dos tratamentos. Erro! Indicador não definido.	
Figura 3. a. Lesões de sarna-comum em tubérculos. b. "Pipoca" em tubérculos de batata causada pelo nematoide de galhas. c. Mancha escura em tubérculos causada pela rizoctoniose. d. Sintomas de podridão-mole em tubérculos.	19

RESUMO

MELO, BRENO JUNQUEIRA. Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, agosto de 2024. **Plantas de cobertura no controle de doenças causadas por patógenos de solo na cultura da batata.** Orientador: Dr. Nadson de Carvalho Pontes.

A batata é a principal hortaliça cultivada no Brasil e no mundo. Seu alto custo de produção deixa margem de lucro reduzida para o produtor. Buscando aumentar a sustentabilidade do sistema produtivo e reduzir riscos, objetivou-se verificar o efeito da utilização de plantas de cobertura sobre fitopatógenos no solo de cultivo da batata. O trabalho foi desenvolvido no Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos. A condição de cultivo foi reproduzida em tubos de concreto armado (manilhas) preenchidos com terra de subsolo com acidez e fertilidade corrigidas. Nesses, foram distribuídas as batatas com posterior inoculação de fitopatógenos de solo. Após o cultivo e observação da ocorrência de danos às culturas, foi realizada análise prévia de atributos biológicos do solo e retirada das batatas para plantio das culturas de cobertura. Ao fim do ciclo destas culturas, foi repetida a bioanálise do solo. Foi avaliado o retorno da cultura da batata às manilhas em relação a incidência de doença e produtividade. Foram obtidos protocolos de redução de inóculo de patógenos de solo com a utilização de diferentes coberturas, trazendo previsibilidade à cadeia e permitindo que o produtor possa mitigar riscos no cultivo da cultura da batata, apresentando mais uma alternativa a ser usada em associação/ou substituição a produtos fitossanitários.

PALAVRAS-CHAVE: *Solanum tuberosum*, saúde do solo, sustentabilidade.

ABSTRACT

MELO, BRENO JUNQUEIRA. Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, august, 2024. **Cover crops in the control of diseases caused by soil pathogens of potato crop.** Advisor: PhD. Nadson de Carvalho Pontes.

Potato is the main vegetable grown in Brazil and in the world. Its high cost of production leaves a tight profit margin for the producer. Seeking to increase the production system sustainability and reduce risks, the objective was to verify the effect of the use of cover crops on phytopathogens in potato growing soil. The work was developed at Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos. The cultivation condition was reproduced in reinforced concrete tubes filled with subsoil with corrected acidity and fertility. In these, the potatoes were distributed and followed by the inoculation of soil phytopathogens. After the cultivation and observation of the damage occurrence to the crops, a preliminary analysis of the biological attributes of the soil was carried out and the potatoes were removed for planting cover crops. After the cycle of these cultures, the soil bioanalysis was repeated. After the return of the potato to the concrete tubes, the disease incidence and productivity were evaluated. Protocols were established to reduce soil pathogens with the use of different coverages, bringing predictability to the production chain and allowing the producer to mitigate risks in the potato cultivation, presenting itself as another alternative to be used in association/or substitute for different phytosanitary products.

KEYWORDS: *Solanum tuberosum*, soil health, sustainability

1. INTRODUÇÃO GERAL

A batata é a principal hortaliça cultivada no Brasil e no Mundo (FAO, 2022). Rica em carboidratos, pode ser consumida de diferentes maneiras, incluindo a utilização como matéria-prima de diferentes produtos. Em relação ao segmento industrial, tem destaque a produção de batata para *chips*. No Brasil, toda batata usada para processamento na forma de chips é oriunda de produção nacional, equivalendo à aproximadamente 8,5% da produção brasileira de batata (SILVA; LOPES, 2015).

Por ser uma cultura exigente em adubação, é necessária a disponibilização de grande quantidade de fertilizantes. Os custos associados à fertilizantes e defensivos ultrapassam 25% dos custos totais da produção de batata. O custo de produção é alto, deixando margem reduzida para o produtor em relação a possíveis perdas. Mesmo com todo esse investimento em nutrição e proteção de cultivos, não são raros os relatos de baixos índices de produtividade e de perdas relacionadas com patógenos de solo (PINHEIRO, 2017).

Observando-se o uso intensivo das áreas de cultivo de batata, em sistema com pouca diversidade de cultivos em rotação, o equilíbrio biológico do solo fica comprometido, resultando em cultivos em que não se obtém aproveitamento ideal, frente aos insumos utilizados. O uso de plantas de cobertura possui diversos benefícios as propriedades do solo e, além disso, traz melhorias nas populações antagonistas de patógenos, possibilitando redução na pressão de inóculo de fitopatógenos (COLLINS *et al.* 2006; LAMAS, 2017). Visando o estabelecimento de procedimentos de recuperação do solo, buscando trazer ou recuperar o equilíbrio à microbiota do solo, além de aumentar o antagonismo a fitopatógenos, por meio da utilização de diferentes plantas de cobertura.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultura da batata

A batata (*Solanum tuberosum* L.) também conhecida como batatinha ou batata-inglesa, é uma planta herbácea, pertencente à família das solanáceas (FILGUEIRA, 2008). É a terceira cultura alimentar mais importante no mundo, atrás apenas do arroz e do trigo, e é considerada a principal hortaliça cultivada no Brasil e no mundo (FAO, 2022). Apesar de ser um alimento basicamente energético, é rico em proteínas e sais minerais e baixo em gorduras (SILVA; LOPES, 2015; FAO, 2022).

Nativa da Cordilheira dos Andes, na América do Sul, a batata já era consumida pela população nativa há mais de 8.000 anos atrás. Por volta de 1570 foi introduzida na Europa, provavelmente por meio de colonizadores espanhóis, tornando-se importante alimento, principalmente na Inglaterra, e, por isso, recebendo o nome de batata-inglesa. Por volta de 1620, foi levada da Europa para a América do Norte, e a partir de então, espalhou-se para outros países, popularizando-se ainda mais (FILGUEIRA, 2008; EMBRAPA, 2024).

A cultura da batata divide-se em três safras: safra das águas entre dezembro e março, safra da seca de abril a agosto e safra de inverno entre setembro e novembro (VALADARES; LANDAU, 2020). Na safra 2023/24, a produção nacional de batata (considerando as três safras) foi de 4.278.444 toneladas em uma área de aproximadamente 132 mil hectares. O estado de Goiás destaca-se com a terceira maior produtividade nacional, com 42 t/ha. É o sétimo maior produtor do país com produção de 208.349 ton em 4960 ha de área plantada, correspondendo a 4,87% da produção total (Tabela 1) (IBGE, 2024).

Tabela 1. Estados produtores de batata e a área colhida, produção e produtividade em 2024.

Unidades da Federação	Área colhida (ha)	Produção (ton)	Produtividade (ton/ha)
Minas Gerais	38141	1392983	36,522
São Paulo	31847	999468	31,383
Paraná	25200	711500	28,234
Rio Grande do Sul	17730	456391	25,741
Bahia	7950	334587	42,086
Santa Catarina	5432	163314	30,065
Goiás	4960	208349	42,006
Espírito Santo	312	7633	24,465
Distrito Federal	100	4219	42,190
Total	131672	4278444	-

Fonte: Adaptado de IBGE - Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, 2024.

Rica em carboidratos, pode ser consumida de diferentes maneiras, incluindo a utilização como matéria-prima de diferentes produtos. Em relação ao segmento industrial, tem destaque a produção de batata para chips. No Brasil, toda batata usada para processamento na forma de *chips* é oriunda de produção nacional, equivalendo à aproximadamente 8,5% da produção brasileira de batata (SILVA; LOPES, 2015).

Apesar de originária dos Andes, é cultivada nas mais variadas regiões, em latitudes de 65°N até 50°S e em altitudes que vão do nível do mar até os 4.000m (BRADSHAW; BRYAN; RAMSEY, 2006). A cultura é capaz de estabelecer tanto em condições de dias longos da primavera-verão de regiões temperadas, como em condições de dias curtos do outono-inverno de regiões tropicais (SORATTO *et al.*, 2020).

Existem 169 cultivares de batata (*S. tuberosum*) registradas no Brasil (MAPA, 2024), e a escolha da cultivar a ser plantada é uma das características de maior importância na cadeia produtiva da batata. Já existem programas de melhoramento nacionais, com cultivares mais adaptadas ao clima tropical e com resistência a fitopatógenos (SORATTO *et al.*, 2020), entretanto, na falta de acesso a essas tecnologias, ou como ferramentas adicionais, faz-se necessária a disponibilidade de outras medidas, principalmente, que auxiliem no controle de fitopatógenos.

2.2 Principais fitopatógenos

Além dos diversos patógenos de solo encontrados no cultivo de batata, os principais patógenos de solo de outras culturas que são utilizadas em rotação, como alho, cebola, cenoura, milho e soja são considerados como importantes causadores de danos a cultura da batata.

Podem citar bactérias como *Streptomyces* spp., causadoras da sarna da batata. Essa doença caracteriza-se por lesões reticuladas na superfície do tubérculo (Figura 1a), prejudicando o valor comercial (DESTÉFANO; CORRÊA, 2021), e também as bactérias pectinolíticas dos gêneros *Dickeya* e *Pectobacterium* (causadoras de canela preta e podridão-mole), de ocorrência comum em locais de altas temperaturas e umidade, favorecidas pela presença de ferimentos nos tecidos. Podem causar o apodrecimento da batata-semente, das ramas e dos tubérculos (Figura 1b) (SILVA; LOPES, 2015).

De ocorrência generalizada, o fungo *Rhizoctonia solani* é tipicamente encontrado em áreas de cultivo. Com maior suscetibilidade nas fases de emergência até a amontoa, os sintomas observados são lesões castanho-avermelhadas alongadas e aneladas, além de redução do estande, crescimento desigual, germinação lenta, amarelecimento e enrolamento de folhas, entre outros (Figura 1c) (TOFOLI *et al.*, 2012).

Dentre os fitonematoides, *Meloidogyne* spp. e a espécie *Pratylenchus brachyurus* merecem atenção. Esses fitonematoides possuem ampla distribuição nas regiões produtoras e são causadores de danos a maioria das culturas, especialmente a aquelas usadas em rotação com a batata, além disso, as condições ambientais necessárias ao cultivo de batata são favoráveis ao estabelecimento do patógeno nessas áreas. Por meio das lenticelas, os fitonematoides penetram nos tubérculos, migrando nos tecidos ao redor. Os fitonematoides do gênero *Pratylenchus* podem ainda ocasionar lesões escuras de formato circular visíveis, seguidas de necrose dos tecidos (Figura 1d) (PINHEIRO, 2017).

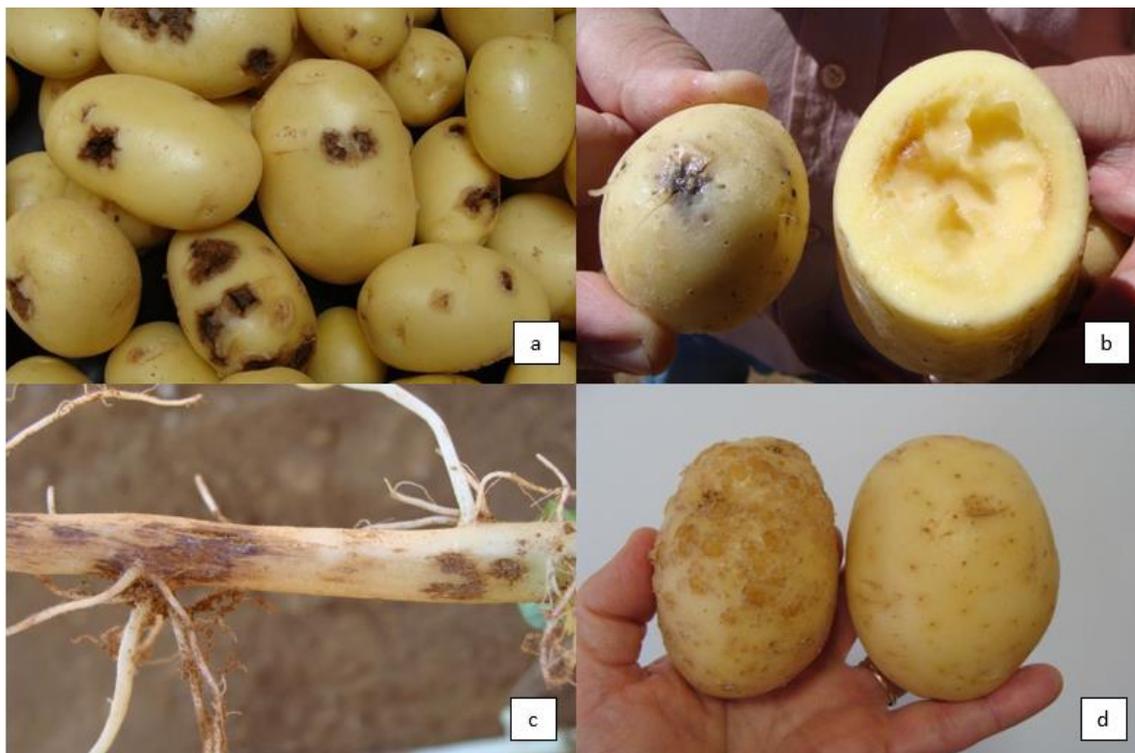


Figura 1. a. Lesões de sarna-comum em tubérculos. b. Sintomas de podridão-mole em tubérculos. c. Caule subterrâneo com presença de cancras de cor marrom causados pela rizoctoniose. d. "Pipoca" em tubérculos de batata causada pelo nematoide de galhas.

Fonte: Carlos A. Lopes. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/hortalias/batata/doencas>>. Acesso em 19 de jun. de 2024.

2.3 Plantas de cobertura

O uso de plantas de cobertura é inserido como alternativa ao controle químico e na busca pela restauração das propriedades estruturais do solo. Possui diversos benefícios como o sequestro do excesso de nitrogênio do solo, reestabelecimento das reservas de matéria orgânica e melhorias nas populações microbiais benéficas ao solo e antagonistas de patógenos (COLLINS *et al.* 2006).

Segundo Lamas (2017), por meio de procedimentos de recuperação, tal qual o uso de plantas de cobertura que não sejam hospedeiras de fitopatógenos (exemplos: *Brachiaria ruzizienis*, *Crotalaria spectabilis*, milho (*Pennisetum glaucum*), entre outras), seria possível trazer ou recuperar o equilíbrio à microbiota do solo, além de aumentar o antagonismo a fitopatógenos e a sustentabilidade do sistema produtivo.

Nenhuma medida de controle utilizada de maneira isolada tem condições de garantir níveis de eficácia adequados no longo prazo. Desta forma, a utilização de plantas de cobertura como redutora da pressão de inóculo de fitopatógenos apresentaria como

mais uma alternativa a ser usada em associação/ou substituição a diferentes produtos fitossanitários.

2.4 Importância do equilíbrio biológico do solo

As áreas cultivadas de batata vêm apresentando crescimento constante (IBGE, 2024), e juntamente ao crescimento, aumenta também a preocupação do bataticultor em relação as doenças e as pragas, pois, essas são capazes de gerar grandes prejuízos e necessitam de manejo adequado do início ao fim do ciclo da cultura (LOPES; BUSO, 1999).

Os microorganismos benéficos destacam-se como possível solução, pois favorecem a ciclagem de nutrientes essenciais, e ainda auxiliam as plantas a criarem mecanismos de defesas, propiciando maior controle contra patógenos, visto que quando não promovem o desenvolvimento de uma microbiota benéfica, outros organismos prejudiciais podem multiplicar (PEPSICO, 2022).

Devido a importância do segmento de cultivo de batata e observando o uso intensivo e sucessivo das áreas de cultivo, em sistema com pouca diversidade de cultivos em rotação, o equilíbrio biológico do solo fica comprometido, resultando em cultivos em que não consiga obter o aproveitamento ideal, frente aos insumos utilizados, perda de carbono total, mortalidade de microrganismos benéficos, fácil decomposição da matéria orgânica, além da grande probabilidade de incidência de doenças que já estavam previamente presentes no solo (RAGASSI *et al.*, 2011; PEPSICO, 2022).

A hipótese é de que solos com maior atividade biológica tenham maior supressividade a doenças, assim, solos intactos, que possuem alto grau de estruturação, são tipicamente supressivos a doenças. A bataticultura é conhecida como uma cultura migratória, sendo que solos degradados quimicamente, fisicamente e biologicamente são abandonados com o passar do tempo. Assim, com a melhoria dos atributos do solo resultantes da recuperação da sua estrutura, é possível proporcionar melhoria nos fatores relacionados a produção de batata, principalmente, relacionados a sanidade (RAGASSI *et al.*, 2011).

Visto que práticas convencionais de avaliação da qualidade do solo, baseadas apenas em parâmetros físico-químicos, não conseguem prever os problemas citados

anteriormente, e visando o efeito que culturas de cobertura tem em melhorar as propriedades biológicas do solo (MENDES *et al.*, 2018), avaliaram a utilização de plantas de cobertura sobre as propriedades biológicas do solo para o cultivo de batata e a redução do inóculo de fitopatógenos.

2.5 Referências bibliográficas

BRADSHAW, J.E.; BRYAN, G.J.; RAMSEY, G. Genetic resources (including wild and cultivated *Solanum* species) and progress in their utilization in potato breeding. **Potato Research**, 49, 49-65, 2006.

COLLINS, H. P.; et al. Soil microbial, fungal, and nematode responses to soil fumigation and cover crops under potato production. **Biology and Fertility of Soils**, 42: 247–257, 2006.

DESTÉFANO, S. A. L.; CORRÊA, D. B.A. *Streptomyces* spp., AS ESPÉCIES CAUSADORAS DA “SARNA DA BATATA” – SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS FUTURAS. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**. 27, 91-117, 2021.

EMBRAPA. **Sistema de produção de batata**. Sistemas de Produção, 8. ISSN 1678-880X Versão Eletrônica, 2ª edição. Disponível em: <[https://www.embrapa.br/hortalicas/batata/origem-e-botanica#:~:text=A%20batata%20\(Solanum%20tuberosum%20L,aos%20dias%20curtos%20da%20regi%C3%A3o.>](https://www.embrapa.br/hortalicas/batata/origem-e-botanica#:~:text=A%20batata%20(Solanum%20tuberosum%20L,aos%20dias%20curtos%20da%20regi%C3%A3o.>)>. Acesso em: 08 de julho de 2024.

FAO. **Doubling global potato production in 10 years is possible**. Disponível em: <<https://www.fao.org/newsroom/detail/doubling-global-potato-production-in-10-years-is-possible/en>>. Acesso em: 20 de jun. de 2024.

FILGUEIRA, R. A. F. 2008. Batata: o alimento universal. In: **Novo manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: Editora UFV. p. 161-193.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Dados de maio de 2024. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6588#resultado>>. Acesso em: 20 de jun. de 2024.

LAMAS, F. M. **Plantas de cobertura: O que é isto?**. Artigo. EMBRAPA AGROPECUÁRIA. 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/28512796/artigo---plantas-de-cobertura-o-que-e-isto>>. Acesso em: 20 de abr. de 2024.

LOPES, C. A.; BUSO, J. A. **A cultura da batata**. Coleção Plantar Embrapa Hortaliças. Brasília, 42, 184, 1999.

MAPA. **CultivarWeb**: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php>. Acesso em: 20 de jun. de 2024.

MENDES, I. C. et al. **Bioanálise de solo: como acessar e interpretar a saúde do solo**. Embrapa Cerrados-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2018.

PEPSICO. **Relatório Demo Farm Brasil**. 2022. Disponível em: <<https://www.pepsico.com.br/docs/librariesprovider26/relatorio-de-sustentabilidade-2019/relatoriodemofarms2022.pdf>>. Acesso em: 08 de jul. de 2024.

PINHEIRO, J.B. **Nematoides em hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 194, 2017.

RAGASSI, C. F. et al. Qualidade do solo e sustentabilidade na cultura da batata. **Scientia Agraria Paranaensis**, 10, 2, 16, 2011.

SILVA, G.O.; LOPES, C.A. **Sistema de produção da batata**. Online. EMBRAPA HORTALIÇAS. Sistema de Produção (INFOTECA-E), Brasília, DF: Embrapa, 2015. Disponível em: <www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1028425>. Acesso em 23 mai. 2024.

SORATTO, R. P.; FERNANDES, F. M.; FERNANDES, A. M. **Cultivar, batata-semente e implantação da cultura.** In: Merenda, A. M. C. M. P. (ed.). Batata: desafios fitossanitários e manejo sustentável. Jaboticabal: 2020.

TÖFOLI, J. G. et al. Doenças fúngicas da cultura da batata: sintomas, etiologia e manejo. **Biológico**, 74, 1, 63-73, 2012.

VALADARES, G. M.; LANDAU, E. C. **Evolução produção de batata-inglesa (*Solanum tuberosum*, Solanaceae).** Embrapa Milho e Sorgo-Capítulo em livro científico (ALICE), 2020.

3. CAPÍTULO 1

Plantas de cobertura no controle de doenças causadas por patógenos de solo na cultura da batata

(Normas de acordo com a revista Horticultura Brasileira)

RESUMO: A batata inglesa (*Solanum tuberosum*) é a principal hortaliça produzida no Brasil. Objetivou-se utilizar diferentes plantas de cobertura, em rotação, como sustentáveis formas de redução de inóculo de fitopatógenos, além de verificar o efeito sobre a saúde do solo de cultivo de batata. O experimento foi conduzido no Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos (17°49'12.0"S, 49°12'09.5"W). O cultivo foi realizado em manilhas de concreto armado com 1 m² de área. Foi utilizada a cultivar Atlantic e os tubérculos foram dispostos em espaçamento de 0,5 m (40 mil plantas ha⁻¹). O primeiro plantio foi em 26/06/2022 até 29/09/2022. O segundo plantio aconteceu 60 dias depois (período de cultivo das plantas de cobertura), em 28/11/2022 até 08/03/2023. O ensaio foi composto de quatro tratamentos, a testemunha (pousio) e três plantas de cobertura (crotalária, braquiária e milheto) distribuídos ao acaso em 8 blocos, com 4 manilhas compondo a parcela experimental. Ao final da condução do segundo cultivo de batata foi avaliado o teor de matéria orgânica, CTC potencial, suprimento de carbono, fósforo e potássio do solo e a atividade da enzima arilsulfatase. Também, foi avaliada a incidência de rizoctoniose, sarna-comum, do sintoma de pipoca (*Meloidogyne incognita*) e de podridão-mole nos tubérculos. Para a produtividade, foram coletados todos os tubérculos da parcela útil. Todos os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($P \leq 0,05$) e médias foram comparadas pelo teste t (LSD) a 5% de significância. Houve decréscimo nos percentuais de tubérculos com sintomas de pipoca, rizoctoniose e podridão-mole, e de juvenis de *M. incognita* no solo, ao utilizar plantas de cobertura. Os tratamentos mais eficientes foram a crotalária para controle de sintomas de pipoca e podridão-mole e milheto no controle de rizoctoniose e nematoides-das-galhas. Com relação as propriedades químicas do solo, no tratamento coberto com milheto observou-se aumento no teor de potássio. A crotalária destacou-se no aumento da matéria orgânica e carbono. A braquiária apresentou os melhores teores de fósforo e CTC. Na avaliação enzimática do solo, um aumento pode ser observado com o uso de coberturas, espelhando-se na produtividade. As maiores produtividades foram obtidas com a crotalária e braquiária, com incremento de 37,22 e 14,24% em relação ao pousio, comprovando a eficiência das coberturas no aumento produtivo e a estreita relação com os níveis de atividade biológica do solo.

PALAVRAS-CHAVE: *Solanum tuberosum*, saúde do solo, arilsulfatase

ABSTRACT:

The potato (*Solanum tuberosum*) is the main vegetable produced in Brazil. The objective was to use different cover crops, in rotation, as sustainable ways of reducing the phytopathogens inoculum, in addition to verifying their effect on the health of the potato cultivation soil. The experiment was conducted at the Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos (17°49'12.0"S, 49°12'09.5"W). Cultivation was carried out in reinforced concrete tubes. The Atlantic cultivar was used and the tubers were arranged at a spacing of 0.5 m (40 thousand plants ha⁻¹). The first cycle was on 06/26/2022 until 09/29/2022. The second cycle took place 60 days later (cover crop cultivation period), on 11/28/2022 until 03/08/2023. The trial was composed of four treatments, the control (fallow) and three cover crops (crotalaria, brachiaria and millet) distributed randomly in 8 blocks with 4 replications each. At the end of the second potato crop, the organic matter content, potential CTC, soil carbon, phosphorus and potassium supply and the activity of the arylsulfatase enzyme were evaluated. Also, the incidence of *Rhizoctonia solani*, common scab, galls and soft rot in tubers was evaluated. For productivity, all tubers from the plot were collected. All data obtained were subjected to analysis of variance using the F test ($P \leq 0.05$) and means were compared using the t test (LSD) at 5% significance. There was a decrease in the percentages of tubers with symptoms of galls, rhizoctoniosis and soft rot, and of *Meloidogyne incognita* juveniles in the soil, when using cover crops. The most efficient treatments were crotalaria to control popcorn and soft rot symptoms and millet to control rhizoctoniosis and root-knot nematodes. Regarding the chemical properties of the soil, in the treatment covered with millet an increase in potassium content was observed. Crotalaria stood out in increasing organic matter and carbon. Brachiaria presented the best phosphorus and CTC levels. In the enzymatic evaluation of the soil, an increase can be observed with the use of coverings, reflected in productivity. The highest productivity was obtained with crotalaria and brachiaria, with an increase of 37.22 and 14.24% in relation to fallow, proving the cover crops efficiency in increasing production and their close relationship with the biological activity levels in the soil.

KEYWORDS: *Solanum tuberosum*, soil health, arilsulfatase

3.1 Introdução

A batata inglesa (*Solanum tuberosum*) é originária da região da Cordilheira dos Andes, localizada na América do Sul, tendo sido disseminada pelas tribos habitantes da região para quase todos os países (Filgueira 2008). É a terceira cultura alimentar mais importante no mundo, atrás apenas do arroz e do trigo (FAO 2022), sendo um relevante componente na dieta da população mundial por ser um alimento energético, fonte de vitaminas e minerais (Fernandes *et al.* 2015; Cônsolo 2015). É consumida na grande maioria dos países, e no Brasil, é a principal hortaliça em termos de produção (IBGE 2024).

Rica em carboidratos, pode ser consumida de diferentes maneiras, incluindo a utilização como matéria-prima de diferentes produtos. Em relação ao segmento industrial, tem destaque a produção de batata para *chips*. No Brasil, toda batata usada para processamento na forma de chips é oriunda de produção nacional, equivalendo à aproximadamente 8,5% da produção brasileira de batata (Silva & Lopes 2015).

Entre os diversos problemas enfrentados no cultivo de batata, os causados pelos patógenos de solo são considerados de grande importância. Dentre esses patógenos, os fitonematoides merecem atenção, visto que o manejo inadequado somado a densidade populacional alta, condições ambientais favoráveis (temperatura e umidade relativa altas) e cultivar suscetível podem resultar em perdas consideráveis de produção e na qualidade dos tubérculos (Pinheiro 2017).

Além dos danos diretos, os fitonematoides podem causar injúrias que permitem a entrada de outros fitopatógenos, como exemplo as bactérias dos gêneros *Dickeya* e *Pectobacterium* que causam a podridão-mole (Filho & Mello 2008; Mariano *et al.* 2005). Estas produzem enzimas pectinolíticas que, além dos danos nos tubérculos, podem provocar danos aos tecidos vasculares, deixando a haste oca (Merwue 2010). Nos tubérculos, os sintomas iniciais de podridão-mole são pequenas lesões encharcadas que podem aumentar rapidamente causando extensa maceração e apodrecimento do tecido do órgão afetado (Goto 1992).

A rizoctoniose, causada pelo fungo *Rhizoctonia solani*, é uma das doenças mais comuns no cultivo de batata. O fungo é favorecido por temperatura e umidade relativa do ar elevadas. A disseminação ocorre por batata-semente infectada, máquinas e implementos agrícolas, água excessiva etc. Quando as brotações dos tubérculos são

infectadas, pode ocorrer o retardamento da emergência e até morte dos brotos. Nos tubérculos, o ataque de *R. solani* resulta no desenvolvimento de crostas negras superficiais, comumente denominada mancha-asfalto, que são os escleródios do fungo. Ainda, os tubérculos podem apresentar rachaduras, malformação e aspereza superficial (Reis & Lopes 2011; Töfoli *et al.* 2019).

Outra doença de grande importância na batata é a sarna-comum, causada por bactérias do gênero *Streptomyces*, principalmente pela espécie *S. scabies*, as quais estão presente no solo e que afetam as partes subterrâneas da planta, induzindo lesões principalmente na superfície dos tubérculos. Estas bactérias vêm sendo encontradas em muitos países causando diversidade de sintomas nos tubérculos como lesões corticosas superficiais ou profundas com diferentes aspectos e colorações (Destéfano & Corrêa 2013; Destéfano *et al.* 2021), reduzindo consideravelmente a comercialização dos tubérculos infectados por estes sintomas externos (Hooker 1981).

Devido a importância do segmento de cultivo de batata, muito se busca aumentar a sustentabilidade do sistema produtivo e reduzir os riscos em relação a essa prática. Nenhuma medida de controle utilizada de maneira isolada tem condições de garantir níveis de eficácia adequados no longo prazo. Desta forma, a utilização de plantas de cobertura como redutora da pressão de inóculo de fitopatógenos apresenta-se como mais uma alternativa a ser usada em associação/ou substituição a diferentes produtos fitossanitários (Pinheiro 2017).

Como meio de avaliação da saúde do solo, surge a tecnologia de bioanálise de solo, que através da análise das enzimas arilsulfatase e beta-glicosidase, que são associadas aos ciclos do enxofre e do carbono, respectivamente, funcionam como bioindicadores de qualidade dos solos (Mendes *et al.* 2018). Tal medida traz previsibilidade à cadeia e permite que o produtor possa mitigar riscos no cultivo da cultura da batata, e até de outros cultivos.

É cada vez maior a preocupação de agricultores com a exploração irracional dos recursos naturais. Mas, muitas vezes, não há metodologias para mensurar os danos causados ao solo pela exploração contínua ou alternativas propostas para resolução de tal problema. Assim, percebe-se a necessidade de estabelecer protocolos de redução de inóculo de patógenos de solo, por meio da utilização de plantas de cobertura, e de verificar o efeito dessas sobre a saúde do solo de cultivo de batata.

3.2 Material e métodos

O experimento foi conduzido no Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, localizado na Rodovia BR 153, Km 633, Zona Rural, município de Morrinhos - GO (17°49'12.0"S, 49°12'09.5"W) e 836 m de altitude. A condição de cultivo foi reproduzida em tubos de concreto armado (manilhas) de 0,65m de altura por 1,10m de diâmetro. Estes foram preenchidos com terra de subsolo classificada como Latossolo Vermelho distrófico típico de textura argilosa e tiveram a acidez e fertilidade corrigidas, por meio da calagem com incorporação de 2 t ha⁻¹ de calcário “filler” (24% Ca; 11% Mg) e adição a lanço 2 t ha⁻¹ da formulação 05-25-15 (N-P-K), além de posterior adubação de cobertura aos 30 dias após o plantio (DAP) pela aplicação de 450 kg ha⁻¹ do formulado 20-00-20 (NPK). A irrigação foi realizada via sistema de gotejo, com uma lâmina semanal de 30 mm.

O cultivo de batata foi realizado nas manilhas, utilizando a cultivar Atlantic, variedade destinada ao processamento industrial. Os tubérculos-semente foram dispostos em espaçamento de 0,5 m, totalizando 40 mil plantas por hectare. A amontoa dos dois cultivos de batata foi realizada aos 30 dias após o plantio (DAP). Foram realizados dois cultivos de batata, intercalados com o cultivo de plantas de cobertura entre eles. O primeiro, com o objetivo apenas de infestação das manilhas com patógenos, iniciou no dia 26/06/2022 e as plantas foram conduzidas até a colheita, com 95 DAP, em 29/09/2022. O segundo plantio aconteceu 60 dias depois, após o cultivo das plantas de cobertura, iniciando em 28/11/2022 e conduzido até a colheita com 100 DAP em 08/03/2023.

Aos 21 DAP do primeiro plantio de batata, houve inoculação artificial das plantas utilizando inóculo mantido no próprio Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, com foco em diferentes patógenos de solo. Foram utilizadas espécies relevantes a cultura, como as bactérias pectinolíticas (causadoras de canela-preta e podridão-mole), o fungo *Rhizoctonia solani*, e os nematoides da espécie *Meloidogyne incognita*. O solo utilizado já apresentava infestação natural com bactérias do gênero *Streptomyces* spp. e o nematoide *Pratylenchus brachyurus*.

A inoculação com bactérias pectinolíticas foi realizada nas hastes de batata pelo método do palito utilizando isolados de *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliensis*. Os palitos de dente esterelizados foram mergulhados em colônias bacterianas na fase exponencial de crescimento, foram espetados três pontos por haste, sendo o primeiro

ponto a 5 cm acima do nível do solo e os demais distantes entre si em cerca de 3 cm (Duarte *et al.* 2004).

A técnica de inoculação escolhida para a espécie *Rhizoctonia solani* consistiu na disposição de cilindros (discos) de meio de cultura contendo micélio do patógeno com ou sem estruturas reprodutivas, sobre um corte realizado na haste. Foi feita a cobertura da área inoculada com filme plástico, a fim de oferecer condições de umidade favoráveis à infecção (Alfenas & Ferreira 2007).

Já a inoculação de *Meloidogyne incognita* (raça 3) foi realizada utilizando inóculo inicial obtido junto à Embrapa Hortaliças, na concentração final de 1000 ovos e eventuais juvenis de segundo estágio (J2) por planta, por meio de orifícios no solo feitos próximo ao colo da planta. A produção do inóculo ocorreu em plantas de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) cv. Santa Cruz Kada por cerca de 60 dias. Após este período, as raízes infectadas foram lavadas para remover partículas de solo e cortadas em pequenos pedaços de cerca de 2 cm, de e foram extraídos ovos/J2 do nematoide (Bonetti & Ferraz 1981). Com o auxílio de lâmina de Peters determinou-se o número de ovos e juvenis de segundo estágio (J2) em microscópio de luz (aumento de 100 vezes) da suspensão obtida, a qual foi ajustada para 500 ovos+J2/mL, sendo dispensados 2 mL da suspensão por planta.

O controle das plantas daninhas foi realizado manualmente, à medida que era observado o aparecimento na fase de plântula. O controle de pragas e doenças durante o ciclo da cultura foi realizado de acordo com o monitoramento diário da área, com observações a campo, utilizando produtos registrados para a cultura da batata. O manejo fitossanitário foi o mesmo para todos os tratamentos. As aplicações foram realizadas com pulverizador costal manual, com volume de calda de 500 L/ha.

Ao longo do ciclo de cultivo da batata, os dados meteorológicos foram monitorados diariamente (Figura 1) por meio de estação meteorológica (Agrosystem®) presente na área do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos (Latitude 17°48'50,4" S; Longitude 49°12'16,5" W; Altitude 902 m). Os dados podem ser obtidos pelo seguinte link: <https://meteorologia-ifgoiano-mhos.webnode.com/meteorologia/>.

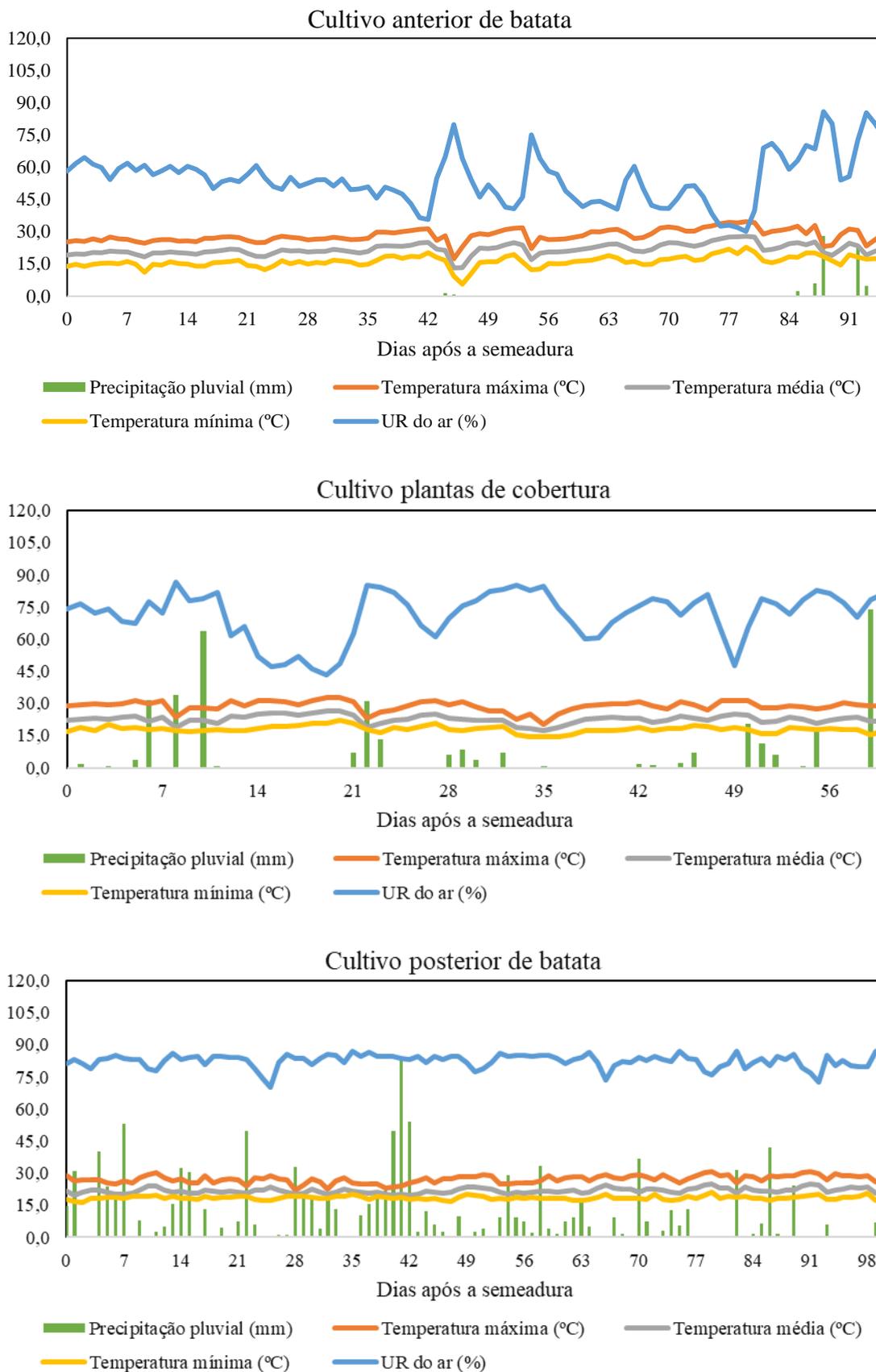


Figura 1. Médias diárias de precipitação pluviométrica (Precip.), umidade relativa do ar (UR), temperatura média (T. média), máxima (T. máx) e mínima (T. min), observadas ao longo do período de realização do

experimento (cultivo de batata anterior ao plantio das coberturas, cultivo das plantas de cobertura e cultivo de batata posterior ao plantio das coberturas).

Após o cultivo e observação da ocorrência de danos às culturas, foi realizada retirada das batatas para posterior plantio das culturas de cobertura que não são hospedeiras de fitopatógenos. Devido ao efeito que culturas de cobertura tem em melhorar as propriedades biológicas do solo (Lamas 2017; Mendes *et al.* 2018) foram utilizadas diferentes espécies de culturas de cobertura, a crotalária (*Crotalaria juncea*), a braquiária (*Brachiaria ruzizienis*) e milheto cv. ADR 300 (*Pennisetum glaucum*). Em contraste as plantas de cobertura, foi avaliada a utilização de pousio.

O ensaio foi composto de quatro tratamentos, a testemunha controle (pousio) e três plantas de cobertura (crotalária, braquiária e milheto) incorporadas distribuídos ao acaso em blocos com 8 repetições para cada tratamento. A parcela experimental foi constituída de 4 manilhas.

Foi avaliado o retorno da cultura da batata às manilhas após o cultivo de culturas de cobertura. Foi realizada avaliação de atributos físicos, químicos e biológicos. Entre as principais variáveis estudadas, pode-se citar teor de matéria orgânica, CTC potencial, suprimento de carbono, potássio e de fósforo e a atividade da enzima arilsulfatase. Esta enzima foi utilizada em função da sensibilidade, estar relacionadas com ciclagem de nutrientes, não ser influenciada pela aplicação de calcário e fertilizantes minerais, e estar diretamente relacionada ao teor de matéria orgânica (Mendes *et al.* 2018).

Ao final da condução do segundo cultivo de batata (cultivo de batata posterior as plantas de cobertura), foi avaliada a incidência de doenças causadas por patógenos de solo, além da produtividade. A colheita foi realizada aos 100 DAP, sendo coletados todos os tubérculos da parcela útil. Esses foram pesados para determinação da produtividade média em t ha⁻¹.

A extração de fitonematoides do solo foi realizada pelo método de flotação centrífuga em solução de sacarose (Jenkins 1964). Nesse, a amostra de 150 cm³ foi acondicionada em um Becker de 4 L. Após, adicionou 2 L de água e a suspensão de solo foi homogeneizada manualmente, de modo a desfazer todos os torrões de solo. Após a homogeneização, esperou 20 segundos para que resíduos mais grossos de solo depositassem no fundo do Becker. A suspensão de solo e fitonematoides da fase superior da mistura foi vertida sobre uma peneira de 200 mesh, acoplada a uma de 500 mesh, com o cuidado devido para não verter o solo depositado no fundo do Becker. Com o auxílio de uma pisseta, coletou-se com jatos e água o material depositado na peneira de 500 mesh.

Esse foi recolhido em um tubo de centrífuga, e foi centrifugado por 5 minutos a 1.750 rpm. Após esse procedimento, o sobrenadante foi eliminado. O precipitado foi ressuspendido em solução de sacarose (45,4% de açúcar refinado) e centrifugado novamente por 1 minuto a 1.750 rpm. O líquido sobrenadante foi vertido em peneira de 500 mesh, sendo recolhidos os fitonematoides em Becker de 50 mL com auxílio de uma pisseta. A suspensão foi homogeneizada e uma alíquota da suspensão foi adicionada em câmara de contagem de Peters para determinação do número de juvenis de segundo estágio (J2) em microscópio de luz (aumento de 100 vezes). Assim, determinou-se a quantidade de J2 em 150 cm³ de solo.

Avaliou-se nos tubérculos ainda a incidência de mancha asfalto, causada por *R. solani*, sarna-comum, pipoca causada por *M. incognita* e de podridão-mole. Para as avaliações, todos os tubérculos da parcela foram analisados e considerou-se a presença ou ausência de sintomas. Após, os dados foram transformados em valores percentuais de tubérculos doentes em relação ao número de tubérculos totais por parcela.

Todos os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($P \leq 0,05$). Quando observados efeitos significativos dos tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste t (LSD) a 5% de significância. Todas as análises foram implementadas no software estatístico Sisvar 5.8 (Ferreira 2019).

3.3 Resultados e discussão

Nas avaliações de doenças, todos os tratamentos avaliados tiveram a presença de pelo menos um tubérculo acometido por sintomas de sarna-comum (Figura 3a), pipoca (Figura 3b), rizoctoniose (Figura 3c) ou podridão-mole (Figura 3d). Na avaliação de sarna-comum, 100% dos tubérculos obtidos nos tratamentos apresentavam incidência da doença. Apesar do resultado alarmante, os danos causados não costumam resultar em redução do rendimento, mas, afetam a estética do tubérculo, não sendo problema para batata destinada ao processamento industrial (Destéfano *et al.* 2021).

Nas avaliações dos demais patógenos, se comparados aos outros tratamentos, os tubérculos retirados das parcelas do tratamento controle (Pousio) apresentaram os maiores valores percentuais de tubérculos doentes, atestando a eficiência da utilização das plantas de cobertura na diminuição da expressão dos sintomas de doenças.

Nas avaliações de percentuais de tubérculos com sintomas de pipoca, a menor média, de 26,6% foi observada no tratamento coberto com Crotalária. Já na avaliação de incidência de rizoctoniose, os menores valores foram observados no tratamento com Milheto, com média de 11,1% e Braquiária, com 11,36%. Na avaliação de sintomas de podridão-mole, todas as plantas de cobertura obtiveram eficiente redução de sintomas nos tubérculos (Tabela 1).

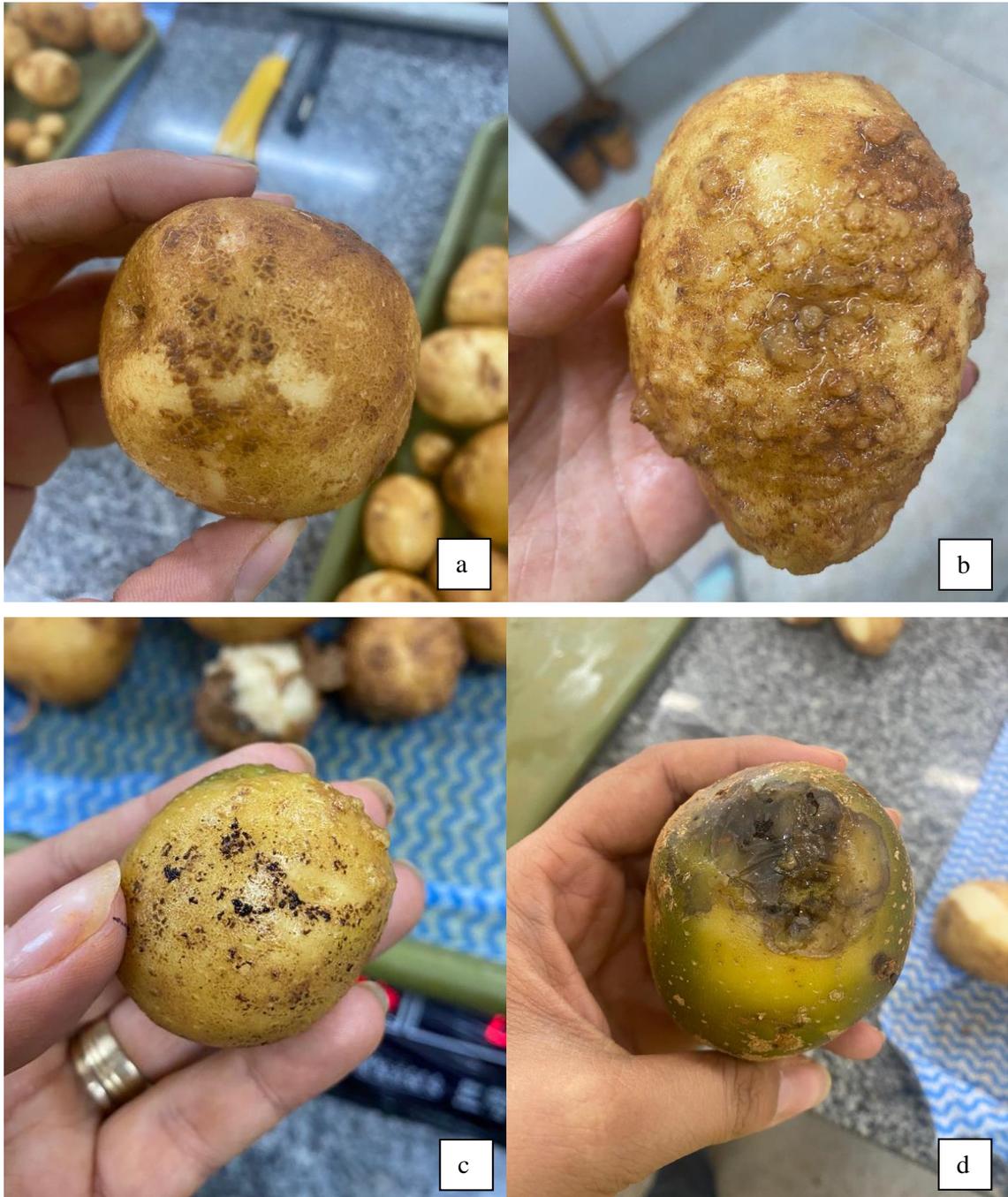


Figura 3. a. Lesões de sarna-comum em tubérculos. b. "Pipoca" em tubérculos de batata causada pelo nematoide de galhas. c. Mancha escura em tubérculos causada pela rizoctoniose. d. Sintomas de podridão-mole em tubérculos.

Tabela 1. Médias de incidência (% de tubérculos com sintomas por parcela) de sarna-comum (*S. scabies*), de sintomas de pipoca (gênero *Meloidogyne*), de rizoctoniose (*R. solani*) e de podridão-mole observadas nas parcelas submetidas aos diferentes tratamentos. **Morrinhos/GO, 2023.**

Tratamentos	Sarna-comum	Pipoca	Rizoctoniose	Podridão-mole
	% de tubérculos com sintomas por parcela			
1. Pousio	100,00 ^{NS}	41,14 B	19,65 B	22,54 B
2. Braquiária	100,00	29,92 AB	11,36 A	13,80 A
3. Crotalária	100,00	26,60 A	15,25 AB	10,66 A
4. Milheto	100,00	30,32 AB	11,10 A	14,92 A
Coef. de variação (%)	-	42,50	33,44	36,11
<i>P</i> -valor	-	0,0392	0,0508	0,0479

^{NS}Não significativo (F, $P>0,05$). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si (t (LSD) em 5% de significância.

Ainda nas avaliações de patógenos, avaliou-se o número de juvenis de 2º estágio em amostras de solo retiradas das parcelas com os diferentes tratamentos. Ao se analisar o gênero *Pratylenchus*, este apenas foi encontrado nas parcelas que receberam cobertura com Braquiária e Crotalária, com ambas apresentando uma média de 8 juvenis em 150 cm³ de solo. Já no gênero *Meloidogyne* (nematoides-das-galhas), o maior número de juvenis foi observado no pousio, com média de 55 juvenis em 150 cm³ de solo, com média de juvenis estatisticamente superior em relação aos tratamentos com cobertura. Observando-se incidência geral, destaca-se o tratamento com cobertura com Milheto, onde não se encontrou juvenis de *Pratylenchus* e onde obtivemos os menores números médios de juvenis de *Meloidogyne*, com 9,5 juvenis em 150 cm³ de solo (Tabela 2).

Tabela 2. Números médios de nematoides (número de juvenis em 150 cm³ de solo) das lesões (*Pratylenchus* spp.) e de galhas (*Meloidogyne* spp.) observados nas parcelas submetidas aos diferentes tratamentos. **Morrinhos/GO, 2023.**

Tratamentos	<i>Pratylenchus</i> spp.	<i>Meloidogyne</i> spp.
	Juvenis em 150 cm ³ de solo	
1. Pousio	0,00 A	55,00 A
2. Braquiária	8,00 B	16,00 B
3. Crotalária	8,00 B	17,00 B
4. Milheto	0,00 A	9,50 B
Coef. de variação (%)	375,23	28,09
<i>P</i> -valor	0,0585	0,0347

^{NS}Não significativo (F, $P>0,05$). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si (t (LSD) em 5% de significância.

Com relação as propriedades e fertilidade do solo, foram analisadas como variáveis a matéria orgânica, o fósforo, o potássio, o teor de carbono e a capacidade de troca catiônica (CTC), visto que maior aporte de resíduos vegetais pode ao longo dos anos resultar em maior teor de matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, maior estruturação e agregação do solo, e maior retenção de água (Mendes *et al.* 2018). Na avaliação de matéria orgânica, a menor média foi observada no tratamento com Milheto, com 13,5 g/kg. Todos os tratamentos diferiram estatisticamente desse, sendo a maior média observada no tratamento com Crotalária, com 15,5 g/kg de matéria de orgânica.

Quanto ao fósforo, a maior média foi observada no pousio, com 152,5 mg/dm³, resultado explicado pela ausência de cultivo entre os cultivos de batata, ficando o nutriente ali disponível e acumulado. A menor média foi observada no tratamento com milho, com 113,45 mg/dm³. O tratamento com milho diferiu estatisticamente dos demais tratamentos quanto ao teor de potássio, com média de 65,65 mg/dm³. O acúmulo de potássio no cultivo de milho, deve-se principalmente, ao fato de o milho possuir grande capacidade de produção de biomassa, ciclagem e acúmulo de nutrientes, e o potássio, entre os nutrientes, ser acumulado em maiores quantidades (Boer *et al.* 2007).

Nos teores de carbono, a maior média foi encontrada no tratamento com crotalária, com 1,12% de carbono no solo, em contraste ao milho, com a menor média observada, de 0,94% de carbono. Ao avaliar a CTC, destaca-se o tratamento coberto com braquiária, com V% médio de 75,79. A menor CTC foi encontrada nas parcelas cobertas com crotalária, com valor médio de 73,84 (Tabela 3).

Tabela 3. Propriedade químicas do solo, na camada de 0 a 10 cm, observadas nas parcelas submetidas aos diferentes tratamentos. **Morrinhos/GO, 2023.**

Tratamentos	Matéria orgânica	Fósforo	Potássio	Carbono	CTC
	g/kg	mg/dm ³		%	V%
1. Pousio	15,00 A	152,50 A	60,45 B	1,10 B	74,83 B
2. Braquiária	15,00 A	129,50 B	61,35 B	1,08 B	75,79 A
3. Crotalária	15,50 A	128,25 BC	58,40 B	1,12 A	73,84 C
4. Milheto	13,50 B	113,45 C	65,65 A	0,94 C	74,62 BC
Coef. de variação (%)	6,06	11,04	6,15	1,58	1,22
P-valor	0,0010	0,0002	0,0062	<,0001	0,0027

^{NS}Não significativo (F, $P>0,05$). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si (t (LSD) em 5% de significância.

Na avaliação enzimática do solo por meio de níveis de atividade da enzima arilsulfatase, as médias apresentadas nos tratamentos não diferiram entre si. Tal indiferença já foi observada anteriormente, em trabalho conduzido de 2008 a 2015, em que apenas no sétimo e último ano de cultivo de soja avaliado, evidenciou a diferença entre o uso de braquiária em contraste ao pousio. As características químicas desses solos mantiveram-se semelhantes, mas houve aumento de até 8x ao analisar como bioindicador a atividade de arilsulfatase, que espelhou em importante aumento, de até 30 sc/ha, na produtividade de grãos. Assim, percebe-se a defasagem do conceito exclusivamente mineralista (baseado nos teores de nutrientes no solo), já que o incremento de produtividade observado sucedeu ao aumento da atividade biológica, visto que os solos avaliados apresentavam propriedades químicas semelhantes (Mendes *et al.* 2018).

As plantas, por meio das raízes, são capazes de secretar até 40% dos fotoassimilados para o solo, assim, quanto mais desenvolvido o sistema aéreo e radicular presente, maior é o fornecimento de carbono, e conseqüentemente, a atividade metabólica da microbiota do solo (Zucolotto *et al.* 2018).

Com isso, apesar de a diferença na atividade enzimática entre os tratamentos não ter sido acentuada, um aumento, em relação ao pousio com média de 8,19 mg de p-nitrofenol/kg de solo/h, pode ser observado nos tratamentos que receberam a braquiária e crotalária como cobertura, com médias de 8,48 e 8,40 mg de p-nitrofenol/kg de solo/h (Tabela 4).

Tabela 4. Médias de arilsulfatase observadas das parcelas submetidas aos diferentes tratamentos. Morrinhos/GO, 2023.

Tratamentos	Arilsulfatase
	mg de p-nitrofenol/kg de solo/h
1. Pousio	8,19 ^{NS}
2. Braquiária	8,48
3. Crotalária	8,40
4. Milheto	7,87
Coef. de variação (%)	13,70
P-valor	0,7124

^{NS}Não significativo (F, $P>0,05$). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si (t (LSD) em 5% de significância.

Informações acerca da saúde do solo são de extrema importância, pois, como visto, quanto mais biologicamente ativo, maior a produtividade do solo (Mendes *et al.* 2018), e isso é confirmado por meio das produtividades aqui obtidas. As maiores produtividades foram observadas no tratamento com cobertura com Crotalária, com média de 52,47 t ha⁻¹, representando incremento de 37,22% em relação ao pousio. Numericamente, o segundo maior incremento produtivo foi observado no tratamento com braquiária, com 14,24% de aumento em relação ao pousio (Tabela 5).

As duas coberturas de maior produtividade, foram também as de maiores níveis de atividade da enzima arilsulfatase, com valores superiores de atividade enzimática em relação ao observado no solo do pousio (Tabela 4). As parcelas que receberam como tratamento o pousio, obtiveram as menores produtividades, com média de 38,2 t ha⁻¹. Esse significativo decréscimo em relação aos demais tratamentos comprova a eficiência das coberturas no incremento produtivo (Tabela 5).

Tabela 5. Médias de produtividade (toneladas por hectare) e de incremento de produtividade dos tratamentos em relação a testemunha (pousio) observados nas parcelas submetidas aos diferentes tratamentos. **Morrinhos/GO, 2023.**

Tratamentos	Produtividade	Incremento de produtividade
	t/ha	%
1. Pousio	38,24 B	-
2. Braquiária	43,68 AB	14,24
3. Crotalária	52,47 A	37,22
4. Milheto	41,78 AB	9,26
Coef. de variação (%)	27,35	-
<i>P</i> -valor	0,1367	-

^{NS}Não significativo (F, $P > 0,05$). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si (t (LSD) em 5% de significância.

3.4 Conclusão

O uso de plantas de coberturas anterior ao cultivo de batata proporcionou decréscimo nos percentuais de tubérculos com sintomas de pipoca, rizoctoniose e podridão-mole e de juvenis de *Meloidogyne* no solo, além de aumento nos níveis de atividade biológica e produtividade. Os maiores valores de atividade enzimática da microbiota do solo corresponderam as maiores produtividades. No tratamento com

cobertura com Crotalária foram obtidas as maiores produtividades, com média de 52,47 t ha⁻¹ e incremento de 37,22% em relação ao pousio.

3.5 Referências bibliográficas

- ALFENAS, AC; FERREIRA, FA. 2007. Inoculação de Fungos Fitopatogênicos. In: ALFENAS, AC; MAFIA, RG (Ed.). *Métodos em fitopatologia*. Viçosa UFV 117-137.
- BOER, CA; ASSIS, RLD; SILVA, GP; BRAZ, AJBP; BARROSO, ALDL; CARGNELUTTI FILHO, A; PIRES, FR. 2007. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. *Pesquisa agropecuária brasileira* 42: 1269-1276.
- BONETTI, JIS; FERRAZ, S. 1981. Modificação do método de Hussey e Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* de cafeeiro. Brasília, *Fitopatologia Brasileira* 6(3): 553.
- CÔNSOLO FZ. 2015. *Avaliação das concentrações de magnésio, zinco, cobre, ferro, manganês, alumínio, cromo, cádmio, níquel, cobalto, e molibdênio nas hortaliças tuberosas comercializadas e consumidas em Mato Grosso do Sul*. UFMS, Mato Grosso do Sul, 22 p (Ph.D. thesis).
- DESTÉFANO, SAL; CORRÊA, DBA. 2013. *Streptomyces* spp., as espécies causadoras da “sarna da batata” – situação atual e perspectivas futuras. *Summa Phytopathologica* 39.
- DESTÉFANO, SAL; VITOR, L; CORRÊA, DBA; TOMASETO, AA; MONTEIRO, RPS. 2021. *Streptomyces* spp. associadas à sarna da batata. *Revisão Anual de Patologia de Plantas* 27: 91-117.
- DUARTE, V *et al.* 2004. Characterization of atypical *Erwinia carotovora* strains causing blackleg of potato in Brazil. *J Appl Microbiol* 96(3): 535-545.
- FAO. *Doubling global potato production in 10 years is possible*. Available at: <<https://www.fao.org/newsroom/detail/doubling-global-potato-production-in-10-years-is-possible/en>>. Acessado em Junho 20, 2024.

- FERNANDES, AM. *et al.* 2015. *Sistema de Produção da Batata*. Brasília: Embrapa Hortaliças 252 p.
- FERREIRA, DF. 2019. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria* 37(4): 529-535.
- FILGUEIRA, RAF. 2008. Batata: o alimento universal. In: *Novo manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. Viçosa Editora UFV 161-193.
- FILHO RCC; MELLO SCM. 2008. *Pectobacterium carotovorum: taxonomia, identificação, sintomatologia, epidemiologia e controle*. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia 17p.
- GOTO, M. 1992. *Fundamentals of bacterial plant pathology*. San Diego: Academic Press.
- HOOKER, WJ. 1981. Common Scab. *Compendium of Potato Diseases*. *American Phytopathology Society* 125: 33-34.
- IBGE. 2024. *Levantamento Sistemático da Produção Agrícola*. Available at: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6588#resultado>>. Acessado em Junho 20, 2024.
- JENKINS, WR. 1964. A Rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Report* 48:692.
- LAMAS, FM. 2017. *Plantas de cobertura: O que é isto?*. EMBRAPA AGROPECUÁRIA. Available at: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/28512796/artigo---plantas-de-cobertura-o-que-e-isto>>. Acessado em Abril 20, 2024.
- MARIANO RLR; SILVEIRA EB; ALVARADO ICM; SILVA AMF. 2005. Bactérias fitopatogênicas pectinolíticas dos gêneros *Pectobacterium* e *Dickeya*. Recife: *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica* 2: 121-153.
- MENDES, IC. *et al.* 2018. *Bioanálise de solo: como acessar e interpretar a saúde do solo*. Embrapa Cerrados-Circular Técnica (INFOTECA-E).

MERWUE, JJ. 2010. *Pectobacterium carotovorum subsp. brasilienses* causing blackleg on potatoes in South Africa. *Europe Journal Plant pathology* 126: 175-185.

PINHEIRO, JB. 2017. *Nematoides em hortaliças*. Brasília: Embrapa Hortaliças 194.

REIS, A; LOPES, CA. 2011. Rizoctoniose da batateira. *Revista Batata Show* 11(30): 37-38.

SILVA, GO; LOPES, CA. 2015. *Sistema de produção da batata*. EMBRAPA HORTALIÇAS. Sistema de Produção (INFOTECA-E), Brasília, DF: Embrapa. Available at: <www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1028425>. Acessado em Maio 23, 2024.

TÖFOLI, JG; DOMINGUES, RJ; FERRARI, JT. 2019. Doenças fúngicas de solo na cultura da batata: sintomas, etiologia e manejo. *Instituto Biológico* 81: 1-24.

ZUCOLOTTO, J; TKAHASHI, R; RAGASSI, CF; ANTUNES, PDS; DE MELO, PCT; CARDOSO, EJBN; FAVARIN, JL. 2018. Influência da incorporação de materiais orgânicos associada ao manejo do solo na atividade microbiana durante o ciclo da batata. *Revista Agrária Acadêmica* 1(4).