

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ARIANE LENTICE DE PAULA

FITOPATÓGENOS DE SOLO E COMPACTAÇÃO: UMA REVISÃO

CURITIBA

2023

ARIANE LENTICE DE PAULA

FITOPATÓGENOS DE SOLO E COMPACTAÇÃO: UMA REVISÃO

Artigo apresentado ao curso de Pós-Graduação Lato Senu em Fitossanidade, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fitossanidade.

Orientadora: Prof^a Dr^a Gislaine Gabardo

CURITIBA

2023

Fitopatógenos de Solo e Compactação: Uma Revisão

Ariane Lentice de Paula

RESUMO

Os fitopatógenos de solo são organismos patogênicos que vivem no solo e causam doenças em plantas. Este texto aborda três fitopatógenos de solo específicos: *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* spp. e *Phytophthora* spp. A compactação do solo é definida como a modificação da estrutura do solo devido à aplicação de forças, resultando em baixa porosidade. Pode ser causada por processos naturais ou pelo uso de maquinários pesados durante o cultivo. A compactação do solo pode limitar o crescimento e a produtividade das plantas devido à restrição do acesso das raízes a nutrientes e água. Alguns atributos físicos do solo relacionados à compactação incluem a textura, que desempenha um papel importante na resistência à compactação; a densidade do solo, que é influenciada pela textura, estrutura e matéria orgânica; e a porosidade do solo, que representa o volume do solo não ocupado por sólidos. A compactação do solo pode favorecer a ocorrência de doenças causadas por fitopatógenos de solo, como *Rhizoctonia solani*. Aumentos na densidade do solo foram relacionados a um aumento na população de *Rhizoctonia*, indicando uma maior incidência da doença. A compactação do solo pode agravar a ocorrência dessas doenças, e atributos físicos do solo, como textura, densidade e porosidade, desempenham um papel importante na compactação e na supressividade do solo.

Palavra-chave: Fitopatógenos de solo; *Rhizoctonia solani*; *Fusarium* spp; *Phytophthora* spp.

ABSTRACT

Soil-borne phytopathogens are pathogenic organisms that reside in the soil and cause diseases in plants. This text focuses on three specific soil-borne phytopathogens: *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* spp., and *Phytophthora* spp. Soil compaction is defined as the alteration of soil structure due to applied forces, resulting in low porosity. It can be caused by natural processes or the use of heavy machinery during cultivation. Soil compaction can limit plant growth and productivity by restricting root access to nutrients and water. Some physical soil attributes related to compaction include texture, which plays a crucial role in compaction resistance; soil density, which is influenced by texture, structure, and organic matter; and soil porosity, representing the volume of soil not occupied by solids. Soil compaction can favor the occurrence of diseases caused by soil-borne phytopathogens such as *Rhizoctonia solani*. Increases in soil density have been linked to a higher *Rhizoctonia* population, indicating an increased disease incidence. Soil compaction can exacerbate the occurrence of these diseases, and physical soil attributes such as texture, density, and porosity play a crucial role in soil compaction and suppressiveness.

Keywords: Soil-borne phytopathogens; *Rhizoctonia solani*; *Fusarium* spp.; *Phytophthora* spp.

1 INTRODUÇÃO

A substituição de florestas por sistemas de manejos agrícolas rompe o equilíbrio do solo e podem causar perturbações na estrutura, modificando as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (KURM et al., 2023). Em solos compactados, ocorre a degradação das propriedades físicas e as plantas são submetidas a mudanças fisiológicas e morfológicas (SILVA; KAY; PERFECT, 1994). Como consequência, as plantas tornam-se estressadas e mais suscetíveis às doenças transmitidas pelo solo contaminado (BATEY; MCKENZIE, 2006).

Os fitopatógenos que vivem no solo passam a maior parte do seu ciclo provocando danos aos órgãos subterrâneos ou ao caule das plantas, assim como o tombamento de plântulas e podridão do colo, muitas vezes causando a morte destas plantas. As principais doenças incluem a podridão radicular, murcha fusarium, lesões marrom-avermelhada nas raízes, podridão total, como resultado inviabilizam a função de absorção de água e nutrientes (YU et al., 2023).

Estes microrganismos são capazes de sobreviver no solo por longos períodos, mesmo na ausência dos hospedeiros. Sua disseminação e sobrevivência também ocorre no solo, apesar de algumas espécies serem capazes de produzir esporos que podem ser disseminados no ar e na água (MICHEREFF; ANDRADE; MENEZES, 2005). Os principais fitopatógenos que possuem o solo como seu habitat, descritos na literatura estão a *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* spp. e *Phytophthora* spp.

A literatura ainda se apresenta escassa em relação aos efeitos da compactação do solo sobre o desenvolvimento dos fitopatógenos de solo. No entanto, é nítido que haja uma relação entre tais fatos, uma vez que as alterações nas propriedades físicas do solo induzem estresse as plantas e por consequência, agravamento de algumas doenças. Com base nisto, propõe-se uma revisão bibliométrica com o objetivo de realizar um levantamento bibliométrico sobre a influência compactação no desenvolvimento de patógenos de solo e identificar os atributos físicos de solo que mais impactam nos patógenos de solo. Isso ajudará a compreender as doenças de plantas mais frequentes e graves em solos compactados, bem como as estratégias de manejo mais eficientes para mitigar esses problemas. Além disso, os resultados podem subsidiar a adoção de práticas agrícolas mais sustentáveis, visando minimizar os efeitos negativos da compactação do solo e promover a saúde das plantas.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 FITOPATÓGENOS DE SOLO

3.1.1 *Rhizoctonia solani*

A *Rhizoctonia solani* (teleomorfo: *Thanatephorus cucumeris*) é um fungo saprofítico pertencente ao filo Basidiomycota. Seu gênero é onipresente no solo, com alta capacidade competitiva e com danos a uma grande gama de hospedeiros, devido a sua capacidade de sobreviver por longos períodos em restos culturais. O complexo da doença *Rhizoctonia* é comum em áreas onde há o cultivo de batata, as perdas significativas ocorrem devido à infecção dos caules, estolões e raízes, o que interfere no tamanho e no número de tubérculos (TSROR, 2010).

As espécies de *Rhizoctonia*, via de regra, não são bem compreendidas em função da ausência de características morfológicas distintas e da falta de informações sobre sua fase sexuada. No entanto, baseando-se nas reações de anastomose das hifas, foi possível a classificação de 14 grupos somaticamente incompatíveis, conhecidos também por grupos de anastomose (AGs) (AJAYI-OYETUNDE; BRADLEY, 2017; LÜBECK, 2004).

Tradicionalmente, a sua identificação leva em consideração caracteres vegetativos, como as hifas multinucleadas septadas, bem desenvolvidas, que se tornam marrons com o tempo e ramificam-se formando um ângulo de 90° com a hifa de origem. Em grande dos membros da espécie, ocorre a produção de células monilóides e escleródios de textura uniforme. Os escleródios possibilitam a sua sobrevivência em condições desfavoráveis, possuem formato irregular e germinam com a produção de hifas (AJAYI-OYETUNDE; BRADLEY, 2017; VIEIRA, 1983).

As temperaturas ideais para o desenvolvimento do patógenos estão na faixa de 25°C a 29°C, favorecidos também por temperaturas elevadas e chuvas frequentes (HARTMAN, 1999).

As espécies patogênicas de *Rhizoctonia* são responsáveis pela doença rizoctoniose, tombamento ou damping-off de mudas de diversas espécies de plantas (FENILLE; SOUZA; KURAMAE, 2002). Na cultura da batata, os seus sintomas são observados nas partes da planta localizadas acima e abaixo do solo: a) infecção das plantas em crescimento, formação do cancro do caule que circundam e causam atrofia com lesões necróticas nas pontas dos brotos que podem inibir ou retardar a emergência das plantas, e; b) infecção dos tubérculos com a formação de escleródio pretos e irregulares de vários tamanhos no tubérculo (TSROR, 2010). Na cultura

como o tabaco (*Nicotiana tabacum*), o fungo é responsável por perdas de 15% da produção, sendo responsável pela mancha-alvo foliar, tombamento e podridão radicular (HARRIES et al., 2019).

3.1.2 *Fusarium* spp.

O gênero *Fusarium* representa um dos mais importantes fungos do filo dos Ascomycetos, composto por fungos filamentosos, patógenos onipresentes no solo, com diversidade de cepas, responsáveis por causar podridão radicular, murcha vascular destrutiva e doenças de tombamento (DEAN et al., 2012; LECOMTE et al., 2016).

O fungo *Fusarium oxysporum* é o mais conhecido na literatura, com grande diversidade filogenética, suas cepas podem ser saprofíticas ou não patogênicas (DEAN et al., 2012). As cepas fitopatogênicas são responsáveis por causar murcha vascular destrutivas em mais de 150 culturas economicamente importante (BERTOLDO et al. 2014), como o tomateiro (BAYSAL et al, 2009), tabaco (ALVES-SANTOS et al., 2007) e a banana (TAN et al., 2022).

O fungo tem sobrevivência saprofítica, estágio onde passa a maior parte da sua vida no solo, sob a forma de clamidósporos (estruturas de resistência), até que o ciclo da cultura se reinicie, onde germina após detectar a presença dos exsudados radiculares do hospedeiro, entrando novamente na fase vegetativa patogênica (Vieira Júnior et al., 2010). Após a infecção das raízes o patógeno passa a controlar os tecidos vasculares, interrompendo a transmissão de nutrientes e água para a parte aérea da planta (TAN et al., 2022). Algumas espécies de *Fusarium* são responsáveis pela produção de micotoxinas em produtos agrícolas (LIEVENS; REP; THOMMA, 2008).

A doença no feijão-caupi causada por *F. oxysporum* é chamada de Murcha-de-Fusario. A planta infectada apresenta folhas amareladas que secam e caem. A presença de lesões avermelhadas com fendas longitudinais no caule da planta são sintomas característicos do fungo (NECHET; VIEIRA, 2006).

3.1.3 *Phytophthora* spp.

A *Phytophthora* spp. é um saprofita, pertencente a classe Oomycota, com aproximadamente 60 espécies (KAMOUN, 2009). É considerado como um dos grupos fitopatogênicos mais devastadores de plantas no mundo (HARDY, 2004), principalmente dicotiledôneas, como batata, tomate, soja, pimenta e alfafa. Seu primeiro relato na história é em

1840, causando a fome na Irlanda, após causar a requeima e devastar o cultivo de batata. A espécie relacionada a este fato foi a *Phytophthora infestans*, que é a mais notável do gênero (BURDON; ERICSON; THRALL, 2014).

O fungo é favorecido por períodos de alta precipitação, com declínio subsequente após períodos de secas prolongadas que dificultam o seu crescimento (BURDON; ERICSON; THRALL, 2014).

A *P. infestans* adota um ciclo de infecção dividida em duas etapas, o que é característico em hemibiotróficos. A fase biotrófica é marcada por extensa necrose do tecido hospedeiro, resultando em colonização e esporulação. A infecção inicia-se quando os zoósporos móveis nadam até a superfície da folha e germinam. No entanto, os esporângios também podem iniciar infecções. Após a infecção da célula pelo apressório, os tecidos necrotizam e ocorre o desenvolvimento dos micélios. Em espécies que infectam raízes, a penetração pode ocorrer entre as células sem o auxílio de um apressório (KAMOUN, 2009).

P. capsici causa a podridão das raízes e murcha do pimentão, da pimenta, da abóbora, da beringela, *P. palmivora* causa podridão das raízes do mamoeiro, *P. citrophthora*, *P. citricola* e *P. nicotiane*, causam a podridão das raízes e gomose dos citros em geral, *P. megasperma* f. sp. *glycinea* causa a podridão das raízes da soja, *P. cinnamomi* causa a podridão radicular do abacaxizeiro, do pinheiro e de outras coníferas, e *P. parasitica* causa a podridão radicular, talo preto e a requeima em várias culturas (MICHEREFF; PERUCH; ANDRADE, 2005).

Na cultura do morangueiro (*Fragaria x ananassa*), causam a podridão de *Phytophthora*, sendo as principais responsáveis a *Phytophthora fragarie*, *P. cactorum* e *P. nicotianae*. Seus sintomas são diagnosticados pelo aparecimento inicial da cor avermelhada no interior da raiz. Os frutos também podem ser atacados, envolvidos por um mofo branco. O fruto torna-se amargo e com coloração marrom (REIS; COSTA, 2011).

Em árvores, ocorre nas pequenas raízes absorventes, causando a seca de raízes firmes, as quais acabam por apresentar coloração marrom a preta, com pouca progressão para as raízes laterais. A *Phytophthora* coloniza o floema, circundando as raízes e sobre para o colo, onde cancos são produzidos. Os cancos podem causar rachaduras no tronco e exsudação de seiva avermelhada, que evolui para anelamento do tronco e posterior, morte da planta (HARDY, 2004).

3.2 COMPACTAÇÃO DO SOLO

A compactação pode ser definida como a modificação do arranjo de partículas que constituem a matriz do solo, proporcionadas por forças aplicadas, apresentando uma estrutura degradada com baixa porosidade e baixa continuidade de poros. Pode ser ocasionada por processos naturais ou pelo uso de maquinários pesados, durante o cultivo do solo (OTTO et al., 2011).

A compactação é apontada como uma das principais causadoras da degradação física do solo (RICHART et al., 2005). Seus efeitos limitantes podem causar efeitos físicos e fisiológicos no crescimento e na produtividade das plantas devido à limitação do acesso do sistema radicular aos nutrientes e a água (OTTO et al., 2011).

A ausência de condições adequadas para a germinação de sementes em solos compactados, possibilita que fungos de solo tenham maior oportunidade de ataque e de causar a morte de plântulas (GOULART, 2003). Em solos compactados, a *Rhizoctonia solani* causa o tombamento e a morte de plântulas de soja (ITO, 2013).

3.2.1 Atributos físicos do solo relacionados com a compactação

3.2.1.1 Textura do solo

A textura do solo representa proporção de argila, silte e areia em uma amostra de solo. A textura do solo desempenha papel importante no controle das propriedades do solo, particularmente, da fertilidade, agregação, transferência, retenção e troca de íons e nutrientes (JOUQUET et al., 2007).

A textura do solo, define a resistência e a resiliência do solo durante o processo de compactação (RICHART et al., 2005). A partícula de argila é a fração que apresenta maior atividade na textura. Normalmente, solos de textura argilosa com baixo teor de matéria orgânica são mais susceptíveis à processos de compactação do solo, quando comparados à solos arenosos com teores mais elevados de matéria orgânica (RAGASSI et al., 2011).

Existe a possibilidade que fitopatógenos de solo fiquem aderidos as partículas de argila, interferindo também na supressividade do solo (BETTIOL; GHINI, 2005).

3.2.1.2 Densidade do solo

A densidade do solo (D_s) é a relação entre a massa de solo seco e o seu volume total, considerando os poros que podem ser preenchidos por água e ar. Através da D_s , compreende-

se o arranjo das partículas do solo, conseqüentemente, a definição do sistema poroso (VAN LIER, 2010).

A Ds é fortemente influenciada pela textura, estrutura e a matéria orgânica no solo, uma vez que solos que possuem teores de argila e matéria orgânica são capazes de resistir ao adensamento por um período maior (MCVAY et al., 2006). Segundo Libardi (2012), os valores representativos da Ds para solos com classe textural argilosa, franca e areia é de 1,00-1, 1,25-1,40 e 1,40-1,80 Mg m⁻³, respectivamente.

O manejo exerce grande influência sobre os valores da Ds, tanto que em sistema de plantio direto, a camada dos primeiros 10 cm de solo, normalmente encontra-se mais adensada, ou seja, com uma densidade maior, favorecida pela pressão do tráfego de maquinários e implementos agrícolas (SILVEIRA; STONE; JÚNIOR; SILVA, 2008).

Toledo-Souza et al. (2008) observaram relações positivas entre a Ds e a população de *Rhizoctonia*, indicando que quando ocorre aumento na Ds há um favorecimento na ocorrência da doença causada pelo patógeno.

3.2.1.3 Porosidade do solo

A porosidade do solo representa o volume do solo composto apenas pelo sistema poroso do solo, ou seja, o volume do solo não ocupado por sólidos (VAN LIER, 2010). A porosidade do solo é inversamente relacionada com a Ds, ou seja, quando maior a porosidade de um solo, menor será a sua densidade (LIBARDI, 2012).

A porosidade do solo é responsável pelas trocas gasosas, oxigenação e retenção de água no solo (BEN-NOAH; FRIEDMAN, 2018). Durante os processos de compactação, a porosidade do solo é facilmente modificada (RICHART et al., 2005).

3.2.1.4 Resistência do solo à penetração

A resistência do solo à penetração (RP) representa a dificuldade que uma raiz encontra para penetrar em uma camada adensada de solo, influenciando em sua proliferação e alongamento. A literatura descreve o valor de 2,0 MPa, como limite crítico para o crescimento das raízes (OTTO et al., 2011).

A RP é influenciada pela umidade do solo. A secagem do solo favorece o aumento da RP, enquanto solos úmidos tendem a apresentar uma RP menor (LIU et al., 2022).

3.2.1.5 Umidade do solo

A umidade do solo é um fator crítico que influencia o estado hídrico das plantas e é responsável pelo impulsionamento do rendimento das culturas (KURM et al., 2023). É considerada o fator que governa a quantidade de deformação que ocorre no solo, pois em solos mais secos, a compactação pode não ser significativa, pois o solo a capacidade do solo em suportar grandes pressões, normalmente é alta. Para tanto, em solos mais úmidos, a água atua como lubrificante das partículas, possibilitando seu deslocamento e deformação mais fácil, potencializando o processo de compactação (RICHART et al., 2005).

Os níveis de umidade do solo também estão intimamente relacionados a incidência de doenças de plantas, principalmente aos patógenos radiculares, pois interfere diretamente no seu crescimento (YANG et al., 2023). Em ambientes secos, os patógenos radiculares que são favorecidos são o por *Fusarium* spp. e em ambientes mais úmidos, favorece o crescimento de *Phytophthora* sp. (MICHEREFF; ANDRADE; MENEZES, 2005).

A diversidade da comunidade microbiana da rizosfera é afetada pela umidade, e se relaciona diretamente com o crescimento saudável das plantas. Solos saudáveis, possuem uma diversidade microbiana maior e menor incidência de doenças (YANG et al., 2023).

4 METODOLOGIA

A revisão bibliométrica foi realizada com base em uma pesquisa abrangente da literatura científica realizada entre os períodos de 1960 a 2023. Os dados utilizados neste estudo são referentes as pesquisas científicas publicadas nas bases de dados Web of Science™ e Scopus®, realizadas entre março e abril de 2023.

Os termos utilizados nas buscas foram:

- *Rhizoctonia solani*; soil compaction;
- *Fusarium*; soil compaction;
- *Phytophthora*; soil compaction;

As buscas basearam-se em apenas artigos, excluindo-se artigos de revisão e capítulos de livros. Os artigos foram exportados em arquivos de planilha do Microsoft Excel® e comparou-se as planilhas da Web of Science™ e Scopus® para eliminar artigos repetidos. Os artigos foram baixados através do Portal da Capes e separados por patógeno.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

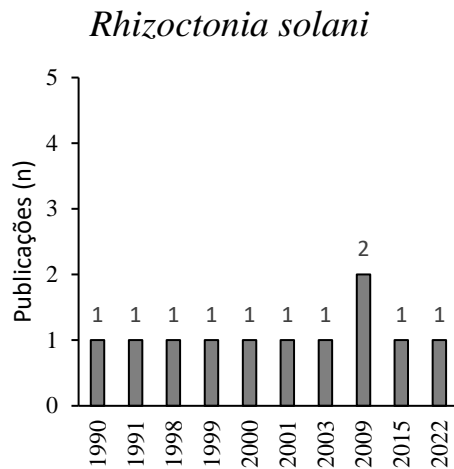
5.1 PUBLICAÇÕES ANUAIS

As buscas resultaram em um total de 44 artigos publicados no período de 1962 a 2023, relacionadas à *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* spp. e *Phytophthora* spp. com o tema compactação do solo (Figura 1).

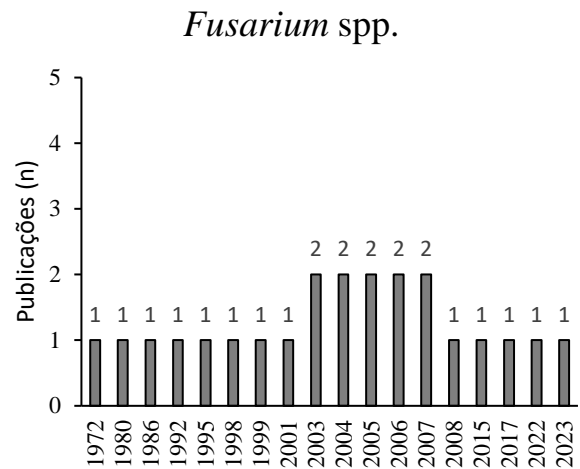
Para *Rhizoctonia solani*, foram encontradas um total de 11 publicações de 1990 até 2022 (Figura 1-a). Para *Fusarium* spp., o levantamento resultou em 24 publicações de 1972 até 2023 (Figura 1- b), enquanto que para *Phytophthora* spp. a busca resultou em 6 publicações de 1986 a 2017 (Figura 1 – c). Nestes casos, não se observa-se uma crescente demanda de pesquisas, indicando que a influência da compactação sobre patógenos de solo não recebeu uma atenção considerável no período estudado.

FIGURA 1 - NÚMERO DE PUBLICAÇÕES ANUAIS REALIZADAS SOBRE O EFEITO DA COMPACTAÇÃO SOBRE *Rhizoctonia solani* (a), *Fusarium* spp. (b) e *Phytophthora* spp.(c)

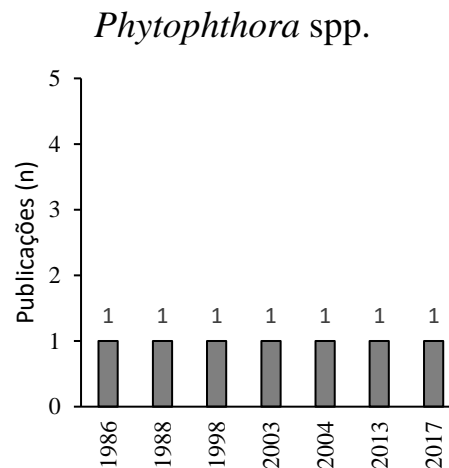
a)



b)



c)



FONTE: A AUTORA (2023)

5.2 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA

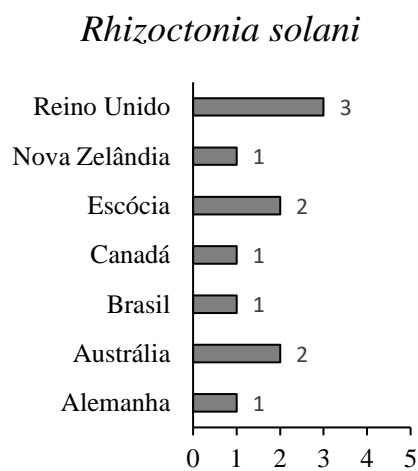
A Figura 2 apresenta os países que contribuíram para as pesquisas sobre o efeito da compactação sobre *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* spp. e *Phytophthora* spp. As publicações referentes a *Rhizoctonia solani*, identificaram que o Reino Unido fez o maior número de pesquisas, com três publicações, seguido pela Escócia e Austrália, com duas publicações cada (Figura 2- a). Os Estados Unidos apresentaram-se como o país mais participativo em publicações, em relação à *Fusarium* spp. e a *Phytophthora* spp., com 14 e 3

publicações, respectivamente (Figura 2 – b e c). A podridão da raiz, causada pela *Fusarium*, é uma doença de grande severidade e incidência nos Estados Unidos na cultura da soja (YAN; NELSON, 2022).

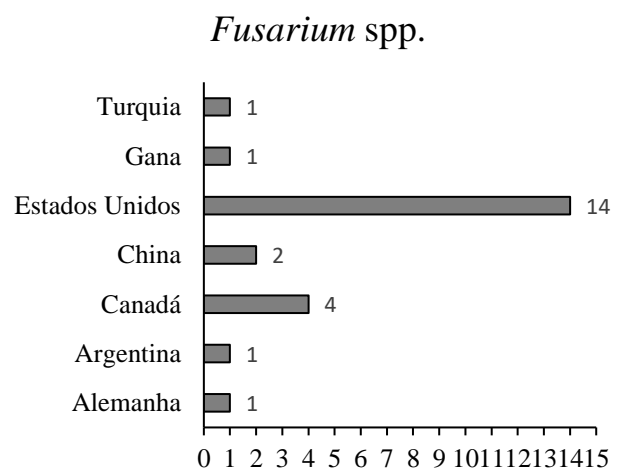
Neste levantamento, esperava-se que o Brasil tivesse uma contribuição mais significativa sobre o tema, considerando que a compactação e patógenos de solo são problemas comuns em lavouras do país (MÜLLER et al., 2001; STRECK et al., 2004).

FIGURA 2 - PAÍSES QUE CONTRIBUÍRAM PARA AS PESQUISAS SOBRE O EFEITO DA COMPACTAÇÃO SOBRE *Rhizoctonia solani* (a), *Fusarium* spp. (b) E *Phytophthora* spp.(c)

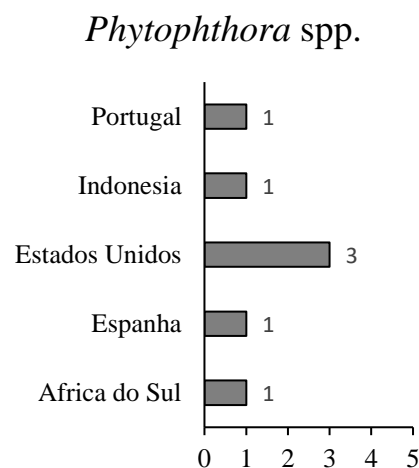
a)



b)



c)



FONTE: A AUTORA (2023)

5.4 CULTURAS

A Figura 3 apresenta as culturas que foram estudadas nas publicações.

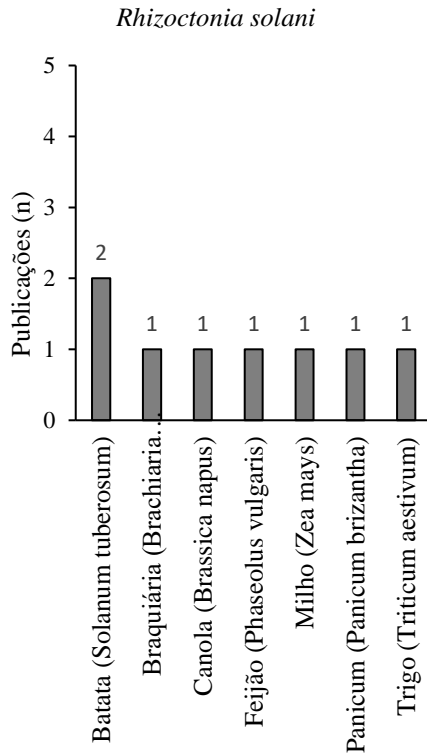
Para o fungo *Rhizoctonia solani* observou-se que a principal cultura hospedeira estudada foi a batata (*Solanum tuberosum*) (Figura 3 - a , n=2). A batata é produzida em todo mundo, com produção anual de aproximadamente 308 milhões de toneladas de tubérculos (FAO, 2023). Todas as partes subterrâneas da planta podem ser infectadas pelo patógeno e causar lesões e podridão nos tubérculos, estolões e caules, raízes e brotos da batata (ZHANG et al., 2021).

Para *Fusarium* spp. as principais plantas hospedeiras estudadas foram feijão (*Phaseolus vulgaris*) e soja (*Glycine max*), com sete publicações ao todo (Figura 3 - b). O feijão e a soja são umas das mais importantes culturas produzidas no mundo (FAO, 2023), possuindo uma grande gama de patógenos as quais são susceptíveis (DENG et al., 2023). A *Fusarium* spp. pode causar a podridão do hipocótilo, apodrecimento das sementes e plântulas em pré e pós emergência (damping-off) e a podridão radicular (EKE et al., 2020). Na cultura da soja, o patógeno pode infectar o sistema radicular da soja em qualquer estágio. Os sintomas típicos são característicos são observados nas raízes, que adquirem uma coloração avermelhada que progride para uma coloração preta, e as suas folhas apresentam manchas cloróticas interventivas, a "folha carijó" (SONG et al., 2022).

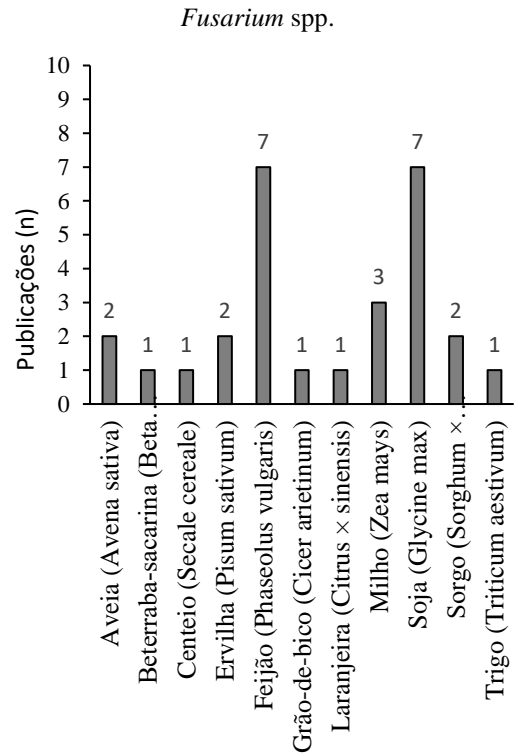
Para *Phytophthora* spp. a planta hospedeira mais estudada foi a soja (n=2). Para esta cultura, o patógeno causa a morte tanto de plântulas quanto de plantas adultas. As plantas infectadas apresentam coloração marrom-escura na haste, que vai desde o solo até as hastes laterais (COSTAMILAN et al., 2023).

FIGURA 3: CULTURAS AVALIADAS PARA *Rhizoctonia solani* (a), *Fusarium* spp. (b) E *Phytophthora* spp.(c)

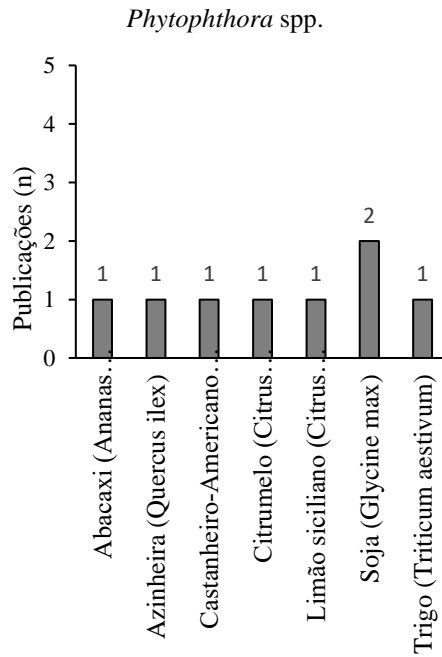
a)



b)



c)

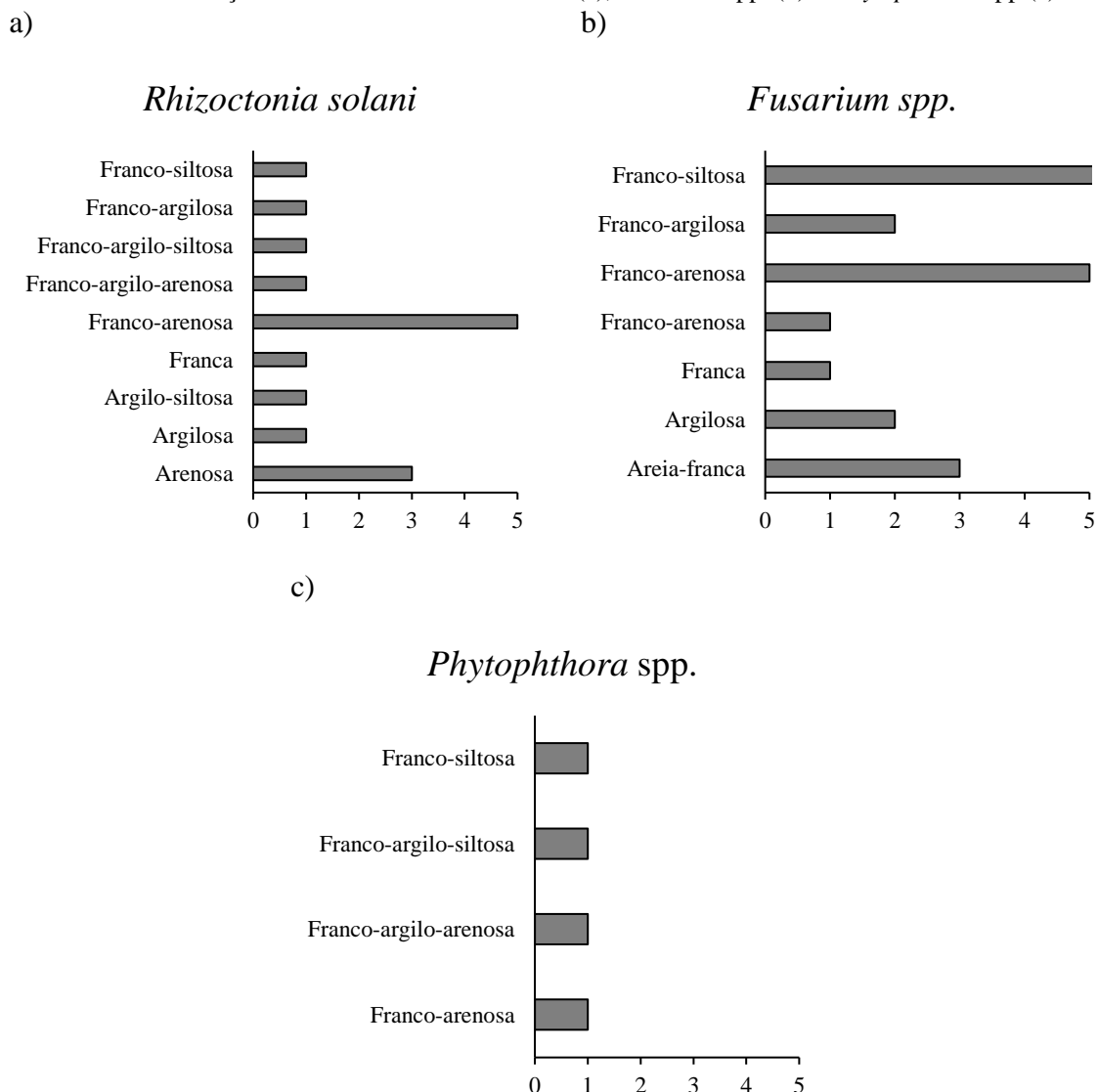


FONTE: A AUTORA (2023)

5.5 PARÂMETROS RELACIONADOS COM A COMPACTAÇÃO DO SOLO

As classes texturais que foram estudadas como tratamentos ou identificadas durante o levantamento bibliográfico são apresentadas na Figura 4. Para *Rhizoctonia solani*, o levantamento identificou maior abordagem na textura franco – arenosa (n=5), para *Fusarium* spp. observa-se estudos em franco – arenosa (n=5) e franco – siltosa (n=5), seguida por areia-franca (n=3), enquanto para não foi observado uma predominância para uma determinada classe textural, sendo um trabalho para as seguintes classes: franco-siltosa, franco-argilo-arenosa e franco-arenosa. De uma maneira geral, solos com predominância de frações mais grosseiras (areia) foram escolhidos para este estudo.

FIGURA 4: TEXTURAS DO SOLO UTILIZADAS PARA ESTUDO DO EFEITO DA COMPACTAÇÃO SOBRE *Rhizoctonia solani* (a), *Fusarium* spp. (b) E *Phytophthora* spp.(c)



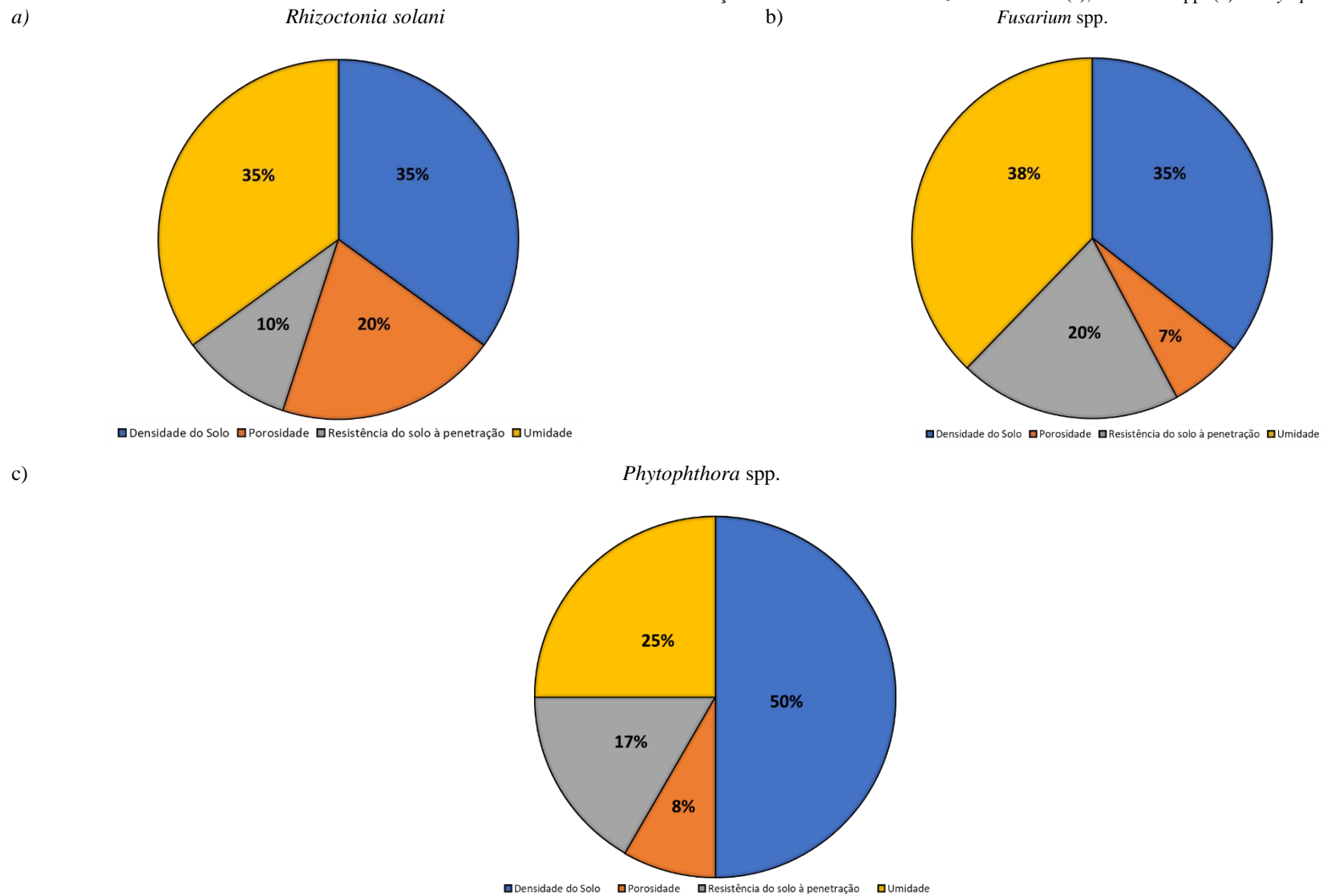
FONTE: A AUTORA (2023)

A Figura 5 apresenta a influência dos atributos físicos relacionados ao processo de compactação do solo sobre os patógenos *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* spp. e *Phytophthora* spp. Para a *Rhizoctonia solani* podemos observar que nas as pesquisas foi levado em consideração a maior influência da umidade (35%) e da densidade do solo (35%), seguidas pela porosidade (20%). Para a *Fusarium* spp., a maior influência foi considerada a da umidade (38%) e da densidade do solo (35), seguidas pela resistência do solo à penetração (20%). Para e *Phytophthora* spp foi a densidade do solo teve uma importância maior (50%), seguida pela umidade (25%) e a resistência do solo à penetração (17%).

No geral, observa-se que dentro do processo de compactação do solo, a densidade do solo e a umidade foram considerados atributos de maior impacto sobre a ocorrência dos patógenos de solo. Solos compactados apresentarem menor macroporosidade, maior densidade e resistência do solo à penetração, o que reduz a velocidade de infiltração de água, tornando-os mais úmidos e mais propensos a inundações, favorecendo a infecção por patógenos de solo (ANDRADE; ANDRADE, 2021; TU, 2005; OLIVEIRA; CORSI, 1998). Em solos compactados, as plantas tem menor chance de crescer, distribuir suas raízes e aumentam a sua exsudação, favorecendo as chances de sucesso do contato hospedeiro-patógeno (BHATTI, 1992).

O manejo pode contribuir para criar um ambiente desfavorável para o desenvolvimento destes patógenos, como o plantio em solos bem drenados e evitar a compactação do solo (YAN; NELSON, 2022).

FIGURA 5: PARÂMETROS FÍSICOS RELACIONADOS AO EFEITO DA COMPACTAÇÃO DO SOLO SOBRE *Rhizoctonia solani* (a), *Fusarium spp.* (b) E *Phytophthora spp.*(c)



FONTE: A AUTORA (2023)

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão bibliométrica realizada no período de 1960 a 2023, possibilitou concluir que embora seja importante compreender a relação entre *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* spp. e *Phytophthora* spp. com o a compactação do solo, há muitas poucas pesquisas sobre o assunto, sendo o Reino Unido e os Estados Unidos com maior número de publicações.

Soja e feijão foram as principais culturas estudadas nos artigos selecionados durante o levantamento.

Os atributos físicos relacionados com a compactação que mais foram considerados impactantes sobre a *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* spp. e *Phytophthora* spp. foram a densidade do solo e a umidade. Evidenciando que é essencial entender a relação entre a compactação do solo e o desenvolvimento de fitopatógenos para implementar práticas de manejo adequadas e mitigar os danos causados por esses patógenos. O conhecimento sobre os atributos físicos do solo que mais impactam a presença de doenças de plantas e quais patógenos são mais afetados pela compactação pode auxiliar na tomada de decisões para prevenir e controlar essas doenças.

REFERÊNCIAS

- AJAYI-OYETUNDE, O. O.; BRADLEY, C. A. *Rhizoctonia solani*: taxonomy, population biology and management of rhizoctonia seedling disease of soybean. **Plant Pathology**, v. 67, n. 1, p. 3-17, 2 ago. 2017. <http://dx.doi.org/10.1111/ppa.12733>.
- ALVES-SANTOS, F.M.; MARTÍNEZ-BERMEJO, D.; RODRÍGUEZ-MOLINA, M.C.; DIEZ, J. J. Cultural characteristics, pathogenicity and genetic diversity of *Fusarium oxysporum* isolates from tobacco fields in Spain. **Physiological And Molecular Plant Pathology**, v. 71, n. 1-3, p. 26-32, jul. 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmpp.2007.09.007>.
- ALMEIDA, A. M. et al. **Manual de Fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas**, 4. ed. São Paulo: Ceres, 2005. p. 569-588.
- ANDRADE, M. F.; ANDRADE, M. M. F. Influência do uso e manejo do solo na velocidade de infiltração de água / Influence of soil use and handling on water infiltration speed. **Brazilian Journal Of Animal And Environmental Research**, v. 4, n. 4, p. 5263-5269, 21 out. 2021. <http://dx.doi.org/10.34188/bjaerv4n4-030>.
- BATEY, T.; MCKENZIE, D. C. Soil compaction: identification directly in the field. **Soil Use And Management**, [S.L.], v. 22, n. 2, p. 123-131, jun. 2006. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1475-2743.2006.00017.x>.

BHATTI, M. A. Influence of soil bulk on root rot and wilt of chickpea. **Plant Disease**, v. 76, n. 9, p. 960-963, 1992.

BATURO-CIESNIEWSKA, A.; GROVES, C. L.; ALBRECHT, K. A.; GRAU, C. R.; WILLIS, D. K.; SMITH, D. L. Molecular Identification of *Sclerotinia trifoliorum* and *Sclerotinia sclerotiorum* isolates from the United States and Poland. **Plant Disease**, v. 101, n. 1, p. 192-199, jan. 2017. <http://dx.doi.org/10.1094/pdis-06-16-0896-re>.

BAYSAL, Ö.; SIRAGUSA, M.; İKTEN, H.; POLAT, İ.; GÜMRÜKCÜ, E.; YIGIT, F.; CARIMI, F.; SILVA, J.A. Teixeira da. *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* races and their genetic discrimination by molecular markers in West Mediterranean region of Turkey. **Physiological And Molecular Plant Pathology**, v. 74, n. 1, p. 68-75, jan. 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmpp.2009.09.008>.

BEDENDO, I. P. "Damping-off". In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Eds). **Manual de fitopatologia - princípios e conceitos**. 3. ed.. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995, v. 1, cap.42, p.820-828.

BEN-NOAH, I.; FRIEDMAN, S. P. Review and evaluation of root respiration and of natural and agricultural processes of soil aeration. **Vadose Zone Journal**, v. 17, n. 1, p. 170119, 2018. <http://dx.doi.org/10.2136/vzj2017.06.0119>.

BERTOLDO, C.; GILARDI, G.; SPADARO, D.; GULLINO, M. L.; GARIBALDI, A. Genetic diversity and virulence of Italian strains of *Fusarium oxysporum* isolated from *Eustoma grandiflorum*. **European Journal Of Plant Pathology**, v. 141, n. 1, p. 83-97, 6 set. 2014. <http://dx.doi.org/10.1007/s10658-014-0526-2>.

BETTIOL, W.; GHINI, R. Solos Supressivos. In: MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; MENEZES, M. **Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. S.I: Emprapa, 2005. p. 126-152.

BOLTON, M. D.; THOMMA, B. P. H. J.; NELSON, B. D. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: biology and molecular traits of a cosmopolitan pathogen. **Molecular Plant Pathology**, v. 7, n. 1, p. 1-16, jan. 2006. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1364-3703.2005.00316.x>.

BRUSTOLIN, R.; REIS, E. M.; PEDRON, L. Longevity of *Sclerotinia sclerotiorum sclerotia* on the soil surface under field conditions. **Summa Phytopathologica**, v. 42, n. 2, p. 172-174, jun. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-5405/2131>.

BURDON, J.J.; ERICSON, L.; THRALL, P. H. Emerging Plant Diseases. **Encyclopedia Of Agriculture And Food Systems**, p. 59-67, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-444-52512-3.00209-6>.

COSTAMILAN, L. M.; BERTAGNOLLI, P. F.; MELO, C. L. P. de; SOARES, R. M.; CLEBSCH, C. C. **Resistência a Phytophthora sojae em genótipos de soja, em 2022**. Passo Fundo: Embrapa, 2023. 13 p.

DEAN, R.; VAN KAN, J. A. L.; PRETORIUS, Z. A.; HAMMOND-KOSACK, K. E.; PIETRO, A. di; SPANU, P. D.; RUDD, J. J.; DICKMAN, M.; KAHMANN, R.; ELLIS, J. The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. **Molecular Plant Pathology**, v. 13, n. 4, p. 414-430, 4 abr. 2012. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1364-3703.2011.00783.x>.

DENG, D.; WU, W.; DUAN, C.; SUN, S.; ZHU, Z. A novel pathogen *Fusarium cuneirostrum* causing common bean (*Phaseolus vulgaris*) root rot in China. **Journal Of Integrative Agriculture**, p. 1-22, jan. 2023. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jia.2023.01.010>.

DIAS, J. S. A.; YOKOMIZO, G.; SANTOS, I. C. dos; OLIVEIRA, L. P. S. de; SOUZA, G. D. de. **Podridão do colo (*Sclerotium rolfsii* Sacc.) em Pimenta Salada ou Pimenta Doce (*Capsicum annum*) no Estado do Amapá**. Macapá: Embrapa, 2002.

EKE, P.; ADAMOU, S.; FOKOM, R.; NYA, V. D.; FOKOU, P. V. T.; WAKAM, L. N.; NWAGA, D.; BOYOM, F. F. Arbuscular mycorrhizal fungi alter antifungal potential of lemongrass essential oil against *Fusarium solani*, causing root rot in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Heliyon**, v. 6, n. 12, p. 1-6, dez. 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05737>.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Crop Water Information. Disponível em: <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/en/>. Acesso em: 09 jul. 2023.

FENILLE, R. C.; SOUZA, N. L. de; KURAMAE, E. E. Characterization of *Rhizoctonia solani* Associated with Soybean in Brazil. **European Journal Of Plant Pathology**, v. 108, n. 8, p. 783-792, 2002. <http://dx.doi.org/10.1023/a:1020811019189>.

GÖRGEN, C. A.; CIVARDI, E. A.; RAGAGNIN, V. A.; SILVEIRA NETO, A. N. da; CARNEIRO, L. C.; LOBO JUNIOR, M. Redução do inóculo inicial de *Sclerotinia sclerotiorum* em soja cultivada após uso do sistema Santa Fé. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 10, p. 1102-1108, out. 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2010001000008>.

GOULART, A. C. P. Tratamento de sementes. **Revista Cultivar – Grandes Culturas (Especial)**, Pelotas, n. 56, 2003, 12p.

HARDY, G. E. St J. Phytophthora Root Rot of Forest Trees. In: BURLEY, Jeffery. **Encyclopedia of Forest Sciences**. Oxford: University Of Oxford, 2004. p. 758-766.

HARRIES, E.; BERRUEZO, L. A.; GALVÁN, M. Z.; RAJAL, V. B.; CÁRDENAS, G. E. Mercado. Soil properties related to suppression of *Rhizoctonia solani* on tobacco fields from northwest Argentina. **Plant Pathology**, v. 69, n. 1, p. 77-86, 25 nov. 2019. <http://dx.doi.org/10.1111/ppa.13106>.

HARTMAN, G. L.; SINCLAIR, J. B.; RUPE, J.C. 1999. **Compendium of soybean diseases**. 4 ed. Academic Press. Saint Paul, Minnesota. 100pp.

INDERBITZIN, P.; BOSTOCK, R. M.; DAVIS, R. M.; USAMI, T.; PLATT, H. W.; SUBBARAO, K. V. Phylogenetics and taxonomy of the fungal vascular wilt pathogen verticillium, with the descriptions of five new species. **Plos One**, v. 6, n. 12, p. 28341-28341, 7 dez. 2011. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0028341>.

ISLAM, M. S.; HAQUE, M. S.; ISLAM, M. M.; EMDAD, E. M.; HALIM, A.; HOSEN, Q. M. M.; HOSSAIN, M. Z.; AHMED, B.; RAHIM, S.; RAHMAN, M. S. Tools to kill: genome of one of the most destructive plant pathogenic fungi macrophomina phaseolina. **Bmc Genomics**, v. 13, n. 1, p. 1-16, 19 set. 2012. <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2164-13-493>.

ITO, M. F. Principais doenças da cultura da soja e manejo integrado. **Nucleus**, [S. I], p. 83-102, 2013.

JOUQUET, P.; BOTTINELLI, N.; LATA, J.; MORA, P.; CAQUINEAU, S. Role of the fungus-growing termite Pseudacanthotermes spiniger (Isoptera, Macrotermitinae) in the dynamic of clay and soil organic matter content. An experimental analysis. **Geoderma**, v. 139, n. 1-2, p. 127-133, abr. 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2007.01.011>.

KAMOUN, S. Plant Pathogens: oomycetes (water mold). **Encyclopedia Of Microbiology**, p. 689-695, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-012373944-5.00349-7>.

KAUR, S.; DHILLON, G. S.; BRAR, S. K.; VALLAD, G. E.; CHAND, R.; CHAUHAN, V. B. Emerging phytopathogen Macrophomina phaseolina: biology, economic importance and current diagnostic trends. **Critical Reviews In Microbiology**, v. 38, n. 2, p. 136-151, 19 jan. 2012. <http://dx.doi.org/10.3109/1040841x.2011.640977>.

KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. (ed.). **Manual de Fitopatologia**: doenças das plantas cultivadas. São Paulo: Agronômica Ceres Ltda, 1997. 706 p.

KURM, V.; SCHILDER, M. T.; HAAGSMA, W. K.; BLOEM, J.; SCHOLTEN, O. E.; POSTMA, J. Reduced tillage increases soil biological properties but not suppressiveness against Rhizoctonia solani and Streptomyces scabies. **Applied Soil Ecology**, v. 181, p. 104646, jan. 2023. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104646>.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012.

LIU, H.; COLOMBI, T.; JÄCK, O.; KELLER, T.; WEIH, M. Effects of soil compaction on grain yield of wheat depend on weather conditions. **Science Of The Total Environment**, v. 807, p. 150763, fev. 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150763>.

LECOMTE, C.; ALABOUVETTE, C.; EDEL-HERMANN, V.; ROBERT, F.; STEINBERG, C. Biological control of ornamental plant diseases caused by *Fusarium oxysporum*: a review. **Biological Control**, v. 101, p. 17-30, out. 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.06.004>.

- LIEVENS, B.; REP, M.; THOMMA, B. P. Recent developments in the molecular discrimination of formae speciales of *Fusarium oxysporum*. **Pest Management Science**, v. 64, n. 8, p. 781-788, ago. 2008. <http://dx.doi.org/10.1002/ps.1564>.
- LÜBECK, M. Molecular Characterization of *Rhizoctonia solani*. **Fungal Genomics**, p. 205-224, 2004. [http://dx.doi.org/10.1016/s1874-5334\(04\)80011-x](http://dx.doi.org/10.1016/s1874-5334(04)80011-x).
- MARQUEZ, N.; GIACHERO, M. L.; DECLERCK, S.; DUCASSE, D. A. *Macrophomina phaseolina*: general characteristics of pathogenicity and methods of control. **Frontiers In Plant Science**, v. 12, p. 1-16, 22 abr. 2021. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2021.634397>.
- MARTIN, F. N.; LOPER, J. E. Soilborne plant diseases caused by *Pythium* spp.: ecology, epidemiology, and prospects for biological control. **Critical Reviews In Plant Sciences**, v. 18, n. 2, p. 111-181, mar. 1999. <http://dx.doi.org/10.1080/07352689991309216>.
- MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, Domingos E.G.T.; MENEZES, Maria (ed.). **Ecologia e Manejo de Patógenos Radiculares em Solos Tropicais**. Recife: Ufrpe, Imprensa Universitária, 2005. 398 p.
- MICHEREFF, S. J.; PERUCH, L. A. M.; ANDRADE, D. E. G. T. Manejo Integrado de Doenças Radiculares. In: MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; MENEZES, M. (ed.). **Ecologia e Manejo de Patógenos Radiculares em solos tropicais**. Recife: Ufrpe, Imprensa Universitária, 2005. p. 367-388.
- MÜLLER, M. M. L.; CECCON, G.; ROSOLEM, C. A. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 3, p. 531-538, set. 2001. <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832001000300002>.
- NECHET, K. de L.; VIEIRA, Bernardo de Almeida Halfeld. **Doenças do Feijão-caupi em Roraima**. Boa Vista: Embrapa, 2006. 16 p.
- OTTO, R.; SILVA, A.P.; FRANCO, H.C.J.; OLIVEIRA, E.C.A.; TRIVELIN, P.C.O.. High soil penetration resistance reduces sugarcane root system development. **Soil And Tillage Research**, v. 117, p. 201-210, dez. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2011.10.005>.
- OWNLEY, B. H.; TRIGIANO, R. N. **Plant Pathology Concepts and Laboratory Exercises**. S.I: Boca Raton, 2016.
- RAGASSI, C. F.; FAVARIN, J. L.; MELO, P. C. T. de; 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.
- REIS, A.; COSTA, H. **Principais doenças do morangueiro no Brasil e seu controle**. Brasília: Embrapa, 2011.

RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O. R.; LLANILLO, R. F.; FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina**, v. 26, n. 3, p. 321-344, 2005.

SIDDIQUI, Z. S.; HABIB, A.; UMAR, M.; SHAMS, Z. I. Effect of *Pythium aphanidermatum* (root rot pathogen) on the physiology of *Luffa cylindrica* (Sponge gourd) and its management by microbial antagonists. **South African Journal Of Botany**, v. 146, p. 614-623, maio 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sajb.2021.11.038>.

SILVA, A. P. da; KAY, B. D.; PERFECT, E. Characterization of the least limiting water range of Soils. **Soil Science Society Of America Journal**, v. 58, n. 6, p. 1775, 1994. <http://dx.doi.org/10.2136/sssaj1994.03615995005800060028x>.

SILVEIRA, P. M. da; STONE, L. F.; ALVES JÚNIOR, J.; SILVA, J. G. da. Efeitos do manejo do solo sob plantio direto e de culturas na densidade e porosidade de um Latossolo. **Biosci. J.**, Uberlândia, p. 53-59, 2008.

SONG, X.; LIANG, H.; HUANG, R.; KE, C.; TAO, B.; ZHANG, W. Mechanism underlying the response of fungi and their *Fusarium* symbiotic networks to the rotations of soybean and corn. **Fungal Biology**, v. 126, n. 9, p. 609-619, set. 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.funbio.2022.07.007>.

STRECK, C. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; KAISER, D. R. Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. **Ciência Rural**, v. 34, n. 3, p. 755-760, jun. 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-84782004000300016>.

TAN, L.; XIAO, Y.; ZENG, W.; GU, S.; ZHAI, Z.; WU, S.; LI, P.; FENG, K.; DENG, Y.; HU, Q. Network analysis reveals the root endophytic fungi associated with *Fusarium* root rot invasion. **Applied Soil Ecology**, v. 178, p. 104567, out. 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104567>.

TSROR, Leah. Biology, Epidemiology and Management of *Rhizoctonia solani* on Potato. **Journal Of Phytopathology**, v. 158, n. 10, p. 649-658, 6 set. 2010. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0434.2010.01671.x>.

TU, J.C.. Effects of soil compaction, temperature, and moisture on the development of the *Fusarium* root rot complex of pea in southwestern Ontario. **Phytoprotection**, v. 75, n. 3, p. 125-131, 12 abr. 2005. <http://dx.doi.org/10.7202/706059ar>.

VAN LIER, Q. de J. (ed.). **Física do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010.

VIEIRA, C. **Doenças e pragas do feijoeiro**. Viçosa: ufv, 1983. 234p.

VIEIRA JÚNIOR, José Roberto; FERNANDES, Cléberon de Freitas; ROSA NETO, Calixto; MARCOLAN, Alaerto Luiz; ANTUNES JÚNIOR, Hildebrando; REIS, Nidiane Dantas. **Ocorrência da fusariose (*Fusarium oxysporum f. sp. tracheiphilum*) em feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa, 2010. 4 p.

ZARE, R.; GAMS, W.; SCHROERS, H. The type species of *Verticillium* is not congeneric with the plant-pathogenic species placed in *Verticillium* and it is not the anamorph of 'Nectria' inventa. **Mycological Research**, v. 108, n. 5, p. 576-582, maio 2004. <http://dx.doi.org/10.1017/s0953756204009839>.

ZHANG, X.; LI, D.; HUO, H.; XING, X.; LIAN, Y.; YU, Z.; HAO, J. Improving evaluation of potato resistance to *Rhizoctonia solani* infection by optimizing inoculum-based method combined with toxin-based assay. **Crop Protection**, v. 144, p. 105544, jun. 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105544>.

YAN, H.; NELSON, B. Effects of Soil Type, Temperature, and Moisture on Development of Fusarium Root Rot of Soybean by *Fusarium solani* (FSSC 11) and *Fusarium tricinctum*. **Plant Disease**, v. 106, n. 11, p. 2974-2983, 1 nov. 2022. <http://dx.doi.org/10.1094/pdis-12-21-2738-re>.

YANG, K.; WANG, H.; LUO, L.; ZHU, S.; HUANG, H.; WEI, Z.; ZHU, Y.; GUO, L.; HE, X. Effects of different soil moisture on the growth, quality, and root rot disease of organic *Panax notoginseng* cultivated under pine forests. **Journal Of Environmental Management**, v. 329, p. 117069, mar. 2023. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.117069>.

YU, F.; CHEN, Y.; HUANG, X.; SHI, J.; XU, J.; HE, Y. Does straw returning affect the root rot disease of crops in soil? A systematic review and meta-analysis. **Journal Of Environmental Management**, v. 336, p. 117673, jun. 2023. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117673>.