

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MICROBIOLOGIA
AGRÍCOLA
CURSO DE MESTRADO**

**EFEITO DE DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS NA
SUPRESSIVIDADE/CONDUCIVIDADE DE PODRIDÕES
RADICULARES DA MANDIOCA**

MARIA CRISTIANE PEREIRA SOUSA

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA
NOVEMBRO - 2020**

**EFEITO DE DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS NA
SUPRESSIVIDADE/CONDUCIVIDADE DE PODRIDÕES
RADICULARES DA MANDIOCA**

MARIA CRISTIANE PEREIRA SOUSA

Bacharel em Agronomia

Santarém – Pará, 2018

Dissertação submetida ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e Embrapa Mandioca e Fruticultura, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Microbiologia Agrícola.

Orientador: Dr. Saulo Alves Santos de Oliveira

CRUZ DAS ALMAS – BAHIA

NOVEMBRO - 2020

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MICROBIOLOGIA
AGRÍCOLA
CURSO DE MESTRADO**

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
MARIA CRISTIANE PEREIRA SOUSA**

Pesquisador. Dr Saulo Alves Santos de Oliveira
Embrapa Mandioca e Fruticultura
(Orientador)

Dr. Thiago Alves Santos de Oliveira
Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS

Dr. Sami Jorge Michereff
Universidade Federal do Cariri - UFCA

“Dissertação homologada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em
Microbiologia Agrícola em _____ conferindo o grau de
Mestre em Microbiologia Agrícola em _____”

DEDICO

**Á Minha Mãe Maria Cristina
Minha Inspiração, Minha Guerreira!!**

AGRADECIMENTOS

À universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) e ao Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola pela oportunidade;

A equipe de professores do curso de Pós-Graduação pelos conhecimentos adquiridos;

À Embrapa Mandioca e Fruticultura (CNPMPF), pelo apoio institucional e infraestrutura de trabalho;

À Fundação Amparo de Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pelo auxílio da bolsa concedida;

Ao meu orientador, pesquisador, Dr. Saulo Alves Santos de Oliveira, por ter aceitado me orientar e por todo apoio, paciência, ensinamentos e correções.

À equipe da Mandioca, Cristiana, Jorge, Diego, Bruno, Danilo, pela amizade e por ajudarem no desenvolvimento e conclusão do trabalho;

À Maria Selma pelo apoio, ajuda, ensinamentos.

À Camila, Diego, Massaine pelo apoio e ajuda;

À equipe de campo pela disponibilidade de auxiliar nos serviços;

Aos colegas do laboratório de Fitopatologia, pelos conhecimentos e amizade;

As minhas amigas nessa jornada, Joyse, Adiele e Michelle; pelo incentivo e amizade;

Aos amigos que mesmo distante me apoiaram e confiaram na minha capacidade de enfrentar mais esse desafio;

Aos meus pais, pelo apoio, incentivo e orações;

Aos meus irmãos por todo carinho, compreensão;

Ao meu namorado, por nessa etapa ter sido minha família e pelo apoio e incentivo;

À Deus sempre, meu amparo em todos os momentos;

E a todos que torceram e me desejaram o bem, obrigada!

ÍNDICE

RESUMO	4
ABSTRACT	5
INTRODUÇÃO GERAL	6
CAPÍTULO 1	8
Revisão de Literatura: Efeito de diferentes coberturas vegetais na supressividade/conducividade de podridões radiculares da mandioca	8
Mandioca.....	9
Podridão radicular seca e negra.....	10
Supressividade dos solos.....	12
Supressividade por meio de coberturas vegetais.....	15
Referências	18
CAPÍTULO 2	27
Seleção de coberturas vegetais com potencial supressivo ou condutivo à podridão radicular seca e negra da mandioca	27
Resumo	28
1. Introdução	29
2. Material e Métodos.....	31
2.1 Preparação do inóculo e infestação do solo.....	32
2.2 Cultivo de mandioca e cobertura vegetal	32
2.3 Parâmetros de germinação, agrônômicos e de doença	33
2.4 Parâmetro microbiológico e químicos	34
2.5 Análise estatística	35
3. Resultados	35
4. Discussão.....	45
5. Agradecimentos	49
6. Referências.....	49
Considerações Finais.....	55
ANEXOS	56

RESUMO

Sousa, M. C. P. Efeito de diferentes coberturas vegetais na supressividade/conducividade de podridões radiculares da mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma das principais culturas alimentares nos países em desenvolvimento. O Brasil é destaque na produção mundial, porém enfrenta um grande desafio que são doenças como podridões radiculares que causam grandes perdas na produção, destacando-se podridão radicular seca (PRS) e podridão radicular negra (PRN) de difícil controle que tem como agentes patogênicos fungos saprófitas com grande capacidade de sobrevivência. Por isso a necessidade de estratégias como a supressividade do solo que consiste na limitação da doença e pode ser induzida pelo uso e incorporação de material orgânico ou vegetal, proporcionando melhoras nos fatores bióticos e abióticos do solo. Deste modo o objetivo do estudo foi avaliar o efeito de diferentes fontes de coberturas vegetais incorporadas ao solo na supressão contra um complexo de patógenos de PRS e PRN da mandioca, correlacionando as modificações nas características químicas e microbiológicas do solo com a supressividade às podridões radiculares da mandioca. Foram desenvolvidos 4 ciclos de cultivo, alternando o plantio de coberturas vegetais (Crotalária ocreleuca, aveia preta, Feijão de porco, milho, amendoim, feijão caupi) com pousios e as variedades BRS Kiriris (resistente) e BRS Formosa (suscetível) em solos infestados com patógenos de PRS e PRN. Para cada ciclo foi feita avaliações microbiológicas para quantificação de unidade formadoras de colônias - UFC para bactérias totais (BT), bactérias produtoras de endósporos (BPE), bactérias produtoras de sideróforos (BPS), actinobactérias (ACT), fungos totais e *Trichoderma*, além de análises químicas do solo e avaliações de parâmetros agronômicos e de doença. No 2º ciclo de cultivo, verificou-se através do teste de Scott-Knott ($p < 0,05$), que a BRS Formosa obteve melhores características agronômicas e BRS Kiriris maior índice de doença (ω) 70,83% e de incidência de patógenos nas manivas 79,16%. No 4º ciclo de cultivo a incorporação de coberturas vegetais de amendoim, feijão de porco e feijão caupi, resultaram em melhores parâmetros relacionados a vigor, peso fresco e seco da parte aérea, peso fresco e seco da raiz, para as variedades. Considerando a frequência de incidência interna e externa, os tratamentos com maior presença de patógenos radiculares sob e no interior das manivas foram: milho, mandioca, aveia preta, feijão de porco, e pousio como (PO-MA-MA-MA), (PO-MA-PO-MA). Pela análise de PCA, o tratamento feijão de porco apresentou maiores quantidades populacionais de BT, BPE e BPS, porém não evidenciou uma relação consistente com os níveis de supressividade do solo. Baseado nos dados parciais, a intercalação e incorporação das coberturas vegetais de feijão caupi, feijão de porco e amendoim, ao longo dos ciclos proporcionaram um bom desenvolvimento das características agronômicas. Enquanto os demais tratamentos mostraram-se não ser capazes de mitigar os danos causados pelos patógenos de podridão apresentando desempenho inferiores. Até o momento, a mandioca em sucessão ao amendoim, feijão caupi e feijão de porco apresentam menor conducividade das podridões, refletidos nos valores mais elevados dos parâmetros agronômicos avaliados.

Palavras – Chave: tipo de planta, manejo agrícola, supressão do solo.

ABSTRACT

Sousa, M. C. P. Effect of different vegetation coverings on the suppression / conductivity of cassava root rot

Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is one of the main food crops in developing countries. Brazil stands out in the world production, however it faces a great challenge that are diseases such as root rot that cause great losses in production, standing out dry root rot (PRS) and black root rot (PRN) of difficult control that has pathogens saprophytic fungi with great survival capacity. Therefore, the need for strategies such as soil suppressiveness, which consists of limiting the disease and can be induced by the use and incorporation of organic or plant material, providing improvements in the biotic and abiotic factors of the soil. Thus, the objective of the study was to evaluate the effect of different sources of vegetal coverings incorporated in the soil in the suppression against a complex of pathogens of PRS and PRN of cassava, correlating the modifications in the chemical and microbiological characteristics of the soil with the suppression to the root rot of the cassava. manioc. Four cultivation cycles were developed, alternating the planting of vegetable coverings (*Crotalaria ocreoleuca*, black oats, Pork beans, corn, peanuts, cowpea) with fallows and the varieties BRS Kiriris (resistant) and BRS Formosa (susceptible) in infested soils with PRS and PRN pathogens. For each cycle, microbiological evaluations were performed to quantify colony-forming units - CFU for total bacteria (BT), endospore-producing bacteria (BPE), siderophore-producing bacteria (BPS), actinobacteria (ACT), total fungi and *Trichoderma*, in addition to chemical soil analysis and evaluations of agronomic and disease parameters. In the 2nd cultivation cycle, it was verified through the Scott-Knott test ($p < 0.05$), that BRS Formosa had better agronomic characteristics and BRS Kiriris had a higher disease rate (ω) 70.83% and incidence of pathogens in the sources 79.16%. In the 4th cultivation cycle, the incorporation of vegetable toppings of peanuts, pork beans and cowpea beans, resulted in better parameters related to vigor, fresh and dry weight of the aerial part, fresh and dry weight of the root, for the varieties. Considering the frequency of internal and external incidence, the treatments with the greatest presence of root pathogens under and inside the manioc were: corn, cassava, black oats, pork beans, and fallow as (PO-MA-MA-MA), (PO-MA-PO-MA). By the analysis of PCA, the treatment of hog beans showed higher population quantities of BT, BPE and BPS, however it did not show a consistent relationship with the levels of soil suppressiveness. Based on partial data, the intercalation and incorporation of cowpea, pork bean and peanut vegetable coverings, throughout the cycles provided a good development of agronomic characteristics. While the other treatments were shown not to be able to mitigate the damage caused by rotting pathogens, presenting inferior performance. So far, cassava in succession to peanuts, cowpea and pork beans have less rotten conductivity, reflected in the higher values of the agronomic parameters evaluated.

Keywords: plant type, agricultural management, soil suppression.

INTRODUÇÃO GERAL

A cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) tem grande importância socioeconômica nos países em desenvolvimento, caracterizada como um dos produtos agrícolas para segurança alimentar (FAO, 2020), utilizadas na produção industrial de amido, ração animal, bioetanol (BALAGOPALAN, 2002; DE VRIES *et al.*, 2010) e em cultivos pequenos para agricultura de subsistência pois é adaptável a condições marginais de clima e solo, requer pouco manejo, possuindo uma resistência maior do que outras culturas agrícolas (EI-SHARKAWY, 2004; BURNS *et al.*, 2010; OKOGBENIN *et al.*, 2013).

No cenário agrícola o Brasil é o quinto país com maior produção de mandioca, apresentando 18,073 Milhões de toneladas (FAO, 2020). E a região nordeste é a terceira maior produtora com 3,84 toneladas (IBGE, 2020). Apesar do destaque quanto a produção as podridões radiculares vem ganhando cada vez mais destaque no país, em especial para as regiões Norte e Nordeste e mais recentemente no Centro-Sul do Brasil, pois locais com essa doença chegam a ter perdas de 80% no cultivo (BOAS *et al.*, 2017; BRITO *et al.*, 2020).

Entre as podridões radiculares estão a podridão radicular seca que geralmente é associada a fungos do gênero *Fusarium* spp. (HOHENFELD *et al.*, 2018; MACHADO *et al.*, 2018) e a podridão radicular negra associada aos fungos pertencente à família Botryosphaeriaceae como os gêneros *Lasiodiplodia* e *Neoscytalidium* (MACHADO *et al.*, 2014; BRITO *et al.*, 2020). Os patógenos causadores de podridões radiculares em mandioca são de difícil controle, pois o uso de produtos químicos é ineficiente, além disso, poucas são as variedades com resistência genética múltipla à podridão negra e seca (MACHADO *et al.*, 2018).

Deste modo é necessário um manejo agrícola que contribua para redução, supressão dessas doenças, sem causar prejuízos ao ambiente. Nesse sentido, a utilização de coberturas vegetais em sucessão a mandioca é uma estratégia a ser estudada, uma vez que mesmo que se tenha um patógeno virulento e uma planta suscetível e o clima adequado para favorecer a doença, pode não ocorrer doença e caso ocorra seria com menos severidade (COOK; BAKER 1983; HORNBY, 1983; KINKEL *et al.*, 2011).

A indução da supressividade ocorre por vários meios como a incorporação de resíduos de culturas, resíduos orgânicos, incorporação de adubos verdes, uso de composto inorgânicos, compostagem, uso de microrganismos de controle biológico como *Trichoderma*, *Pseudomonas fluorescentes* (PÉREZ-PIQUERES *et al.*, 2006; KLEIN *et al.*, 2007; BONANOMI *et al.*, 2007). Além de técnicas como rotação de culturas, plantio direto, sucessão de cultivos (TIEMANN *et al.*, 2015; PERALTA *et al.*, 2018). Existem vários meios que podem induzirem a supressividade, entretanto esses mesmos meios também podem induzir a conducividade do solo, tornando o solo mais propício ao desenvolvimento da doença (HORNBY, 1983; WELLER *et al.*, 2002; BONANOMI *et al.*, 2007)

A indução da supressividade por meio de coberturas vegetais é usada para melhorar a qualidade física e química do solo, a fertilidade, além de aumentar a atividade microbiana que pode favorecer a presença e aumento de microrganismos antagonistas contra os patógenos (MAGID *et al.*, 2001; CONKLIN *et al.*, 2002; CAVIGELLI; THIEN, 2003; NOBLE; COVENTRY, 2005; BONANOMI *et al.*, 2007). Entretanto para ocorrer o melhoramento das características do solo, envolvendo os componentes bióticos e abióticos, é importante a seleção da planta para cultivo, além do tipo de manejo agrícola que vai ser utilizado desde ao plantio a colheita para que se tenha um solo supressivo a doença (GARBEVA *et al.*, 2004; BONILLA *et al.*, 2012; BARROS *et al.*, 2014).

São poucas as informações disponíveis sobre o efeito do uso de cobertura vegetal e sua incorporação ao solo quanto a conducividade e supressividade no solo, além do efeito desse manejo com o uso de variedades de mandioca resistentes ou suscetíveis a podridão radicular da mandioca, considerando esses aspectos no primeiro capítulo trata-se da revisão de literatura, abordando sobre a cultura da mandioca, doenças que acomete a cultura, podridão radicular seca e negra, sobre conceitos de supressividade e aplicação de coberturas vegetais na indução da supressividade. No segundo capítulo realizou-se uma pesquisa de seleção de coberturas vegetais através de plantas como leguminosas e gramíneas que geralmente, são usadas consorciadas ou em rotação de culturas com variedades de mandioca resistentes ou suscetíveis, afim de selecionar aquelas com potencial de indução ou supressão contra as podridões radiculares citadas e identificar os possíveis fatores responsáveis pela indução da supressividade.

CAPÍTULO 1

Revisão de Literatura: Efeito de diferentes coberturas vegetais na supressividade/conducividade de podridões radiculares da mandioca

Mandioca

A mandioca pertence a espécie *Manihot esculenta* Crantz, ao gênero *Manihot*, família Euphorbiaceae, ordem Malpighiales e a classe Magnoliopsida (ITIS, 2020).

As suas raízes recebem diferentes nomes de acordo com a sua concentração de ácido cianídrico (HCN) e a região do país. Dividindo-se em dois grupos, considerando o potencial de ácido cianídrico, um grupo de cultivares com baixas quantidades (teor de glicosídeos menor que 100 mg/kg em peso fresco) e com altas quantidades (maior que 100 mg/kg em peso fresco, necessitando de tratamento para tornar-se comestível) (ALVES 2002; PERONI *et al.*, 2007).

Pesquisas indicam que a origem dessa planta foi na América do sul, precisamente na região amazônica (ALLEM, 2002; HILLOCKS, 2002; CLEMENT *et al.*, 2010), e que por meio da domesticação e migração dos povos nativos para outras regiões do Brasil ocorreu a expansão dessa cultura em outros lugares do país, até se expandir a outros continentes por portugueses e espanhóis durante os séculos XVI e XVII, respectivamente, para áreas tropicais e subtropicais da África, da Ásia, Indonésia e Ilhas do Pacífico (HILLOCKS, 2002; NASSAR, 2002). Tornando-se uma importante cultura no continente africano, asiático, e nos países da América Latina. Configurando-se como um dos produtos mais consumidos na alimentação humana, animal e como matéria prima nas indústrias (OKOGBENIN *et al.*, 2013).

É bastante cultivada na África Tropical e Subtropical, na Ásia e América Latina, entre as latitudes 30 N e 30 S, do nível do mar a mais de 2000 metros de altitude em solos ácidos de baixa fertilidade e altamente erodida, praticamente sem a aplicação de agroquímicos (EL-SHARKAWY, 1993; RUPPENTHAL *et al.*, 1997; EL-SHARKAWY, 2004). Entretanto requer um clima quente maior que 20°C para crescimento e produção ótima (EL-SHARKAWY *et al.*, 2004). Ela pode sobreviver e ser produtiva sob condições em que outras culturas básicas, como cereais e legumes, raramente produzem (OKOGBENIN *et al.*, 2013).

O destaque na produção mundial da mandiocultura é a África com 60,7% da produção, seguida da Ásia 29,3%, as Américas 9,9% e Oceania com 0,1%. (FAO, 2020). Entre os principais países produtores estão: Nigéria 59,413 milhões de toneladas, Tailândia 31,258 milhões de toneladas, República Democrática do

Congo 30,486 milhões de tonelada, Ghana 19,927 milhões de tonelada e o Brasil, 18,073 milhões de tonelada. O Brasil ocupa o quinto lugar no ranking referente aos países produtores de mandioca (FAO, 2020).

Embora a produção da mandiocultura seja destaque mundialmente, ocorre problemas e perdas na produtividade, e dentre os principais fatores estão os artrópodes-pragas e as doenças.

Entre as principais doenças que afetam esta cultura no Brasil por vírus são: vírus do mosaico comum (*Cassava common mosaic virus-CsCMV*), vírus do mosaico das nervuras (*Cassava vein mosaic virus-CsVMV*), além do complexo couro de sapo (WALTER *et al.*, 1989; CALVERT *et al.*, 2012; LEGG *et al.*, 2015). Doenças causadas por bactérias como a bacteriose (*Xanthomonas phaseoli* pv. *manihotis*), (LOZANO *et al.*, 1974; FANOU *et al.*, 2018). Doenças causadas por fungos como superalongamento da mandioca (*Sphaceloma manihoticola*), (ALVAREZ; MOLINA, 2000). Antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* f.sp. *manihotis*) (FOKUNANG *et al.*, 2001), ferrugem (*Uromyces* spp.) (ALVAREZ *et al.*, 2012) e podridões radiculares causada por diversos fungos como *Fusarium* spp. (BOAS *et al.*, 2017) fungos fitopatogênicos da família Botryosphaeriaceae (*Lasiodiplodia*, *Neoscytalidium*, (MACHADO *et al.*, 2014), e oomicetos do gênero *Phytophthora* e *Pythium* (OLIVEIRA *et al.*, 2016; BOAS *et al.*, 2017). Tais doenças geram grande prejuízos sócios-econômicos na cadeia produtiva da mandioca. Entretanto as podridões radiculares estão ganhando destaque devido a grande complexidade de patógenos envolvidos e por ser uma das principais doenças nas regiões produtoras do Brasil.

Podridão radicular seca e negra

Atualmente, a incidência dessas doenças está aumentando principalmente em áreas do Nordeste e do Centro-Sul do país (BRITO *et al.*, 2020). Podendo chegar a perdas de 80% como ocorre em plantios com grande avanço dessa doença, gerando redução no rendimento da cultura, comprometendo a qualidade das raízes e o lucro da produção, interferindo economicamente nas regiões produtoras.

As podridões seca e negra da mandioca são causadas por diferentes patógenos habitantes do solo, e os sintomas expressos nas raízes tuberosas são úteis para distinguir o patógeno envolvido (BANDYOPADHYAY *et al.*, 2006,

HOHENFELD *et al.*, 2018). Pode ocorrer tanto em plantas jovens como velhas, por um único organismo patogênico ou por um complexo de fungos (MSIKITA *et al.*, 2005).

A podridão radicular seca é geralmente caracterizada pelo amarelecimento e murcha da parte aérea da planta seguida da queda das folhas parcial ou total e posteriormente a morte. As raízes apresentam estrias ou lesões necróticas variando da cor rósea ou marrom clara a escura (MASSOLA *et al.*, 2016; BOAS *et al.*, 2017). A podridão radicular negra caracteriza-se por lesões necróticas secas de coloração cinza a escura nas raízes e nas hastes quando enegrecido ocorre a produção de estruturas reprodutivas do patógeno e com avanço da doença também ocorre amarelecimento e queda das folhas, até a morte (OLIVEIRA *et al.*, 2013; MACHADO *et al.*, 2014) .

Dentre os patógenos relacionados a podridão radicular seca se encontram as espécies do gênero *Fusarium* spp. como *F. solani*, *F. oxysporum*, *F. verticillioides*, *F. graminearum*, *F. proliferatum*; *F. incarnatum-equiseti* e *F. chlamydosporum* Considera-se que os complexos de *F. solani* e de *F. oxysporum* (FSSC e FOSSC) são os grandes agentes causadores da podridão radicular seca (ONYEKA *et al.*, 2005; BANDYOPADHYAY *et al.*, 2006; AIGBE; REMISON, 2010; OLIVEIRA *et al.*, 2013; MASSOLA *et al.*, 2016; BOAS *et al.*, 2016; HOHENFELD *et al.*, 2018; MACHADO *et al.*, 2018).

Enquanto para podridão negra da mandioca no Brasil está relacionada a família Botryosphaeriaceae os gêneros *Lasiodiplodia* e *Neoscytalidium*, sendo que foram relatados as espécies: *Lasiodiplodia eumorhizicola*, *L. hormozganensis*, *L. parva*, *L. theobromae* e *Neoscytalidium dimidiatum*, atuais patógenos responsáveis por essa doença em áreas brasileiras (MACHADO *et al.*, 2014; HOHENFELD *et al.*, 2018; BRITO *et al.*, 2020).

Para o controle dessa doença é utilizado variedades resistentes, associadas a práticas culturais preventivas como realizar cultivos em áreas bem drenadas possuir conhecimento do histórico da área de plantio, uso de hastes limpas, rotação ou sucessão de culturas (ONYEKA *et al.*, 2005; MASSOLA *et al.*, 2016; BOAS *et al.*, 2016; OLIVEIRA *et al.*, 2013; HOHENFELD *et al.*, 2018, MACHADO *et al.*, 2018). Controle químico que além de ser o menos ineficiente aos patógenos habitantes de solos podem gerar, desequilíbrios na população microbiana e contaminação do ambiente, além disso existe apenas um produto

registrado que é a mistura de epoxiconazol e piraclostrobina para o controle de *Lasiodiplodia theobromae* e não está previsto o seu uso no solo, apenas nas plantas. Entretanto para outros tipos de podridão não há registro de produtos químicos (MACHADO *et al.*, 2018; MAPA, 2020).

Outro tipo de controle contra as podridões radiculares é o controle biológico, usando principalmente microrganismos antagônicos como *Trichoderma* sp. *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas* spp. e outros adaptados ao micro-habitat do patógeno (MARIANO *et al.*, 2005; UBALUA; OTI, 2007; LOUZADA *et al.*, 2009). Outra alternativa de manejo sustentável para doenças de plantas, quanto aos patógenos habitantes do solo é a indução da supressividade de solos através da incorporação de material orgânico proporcionando aumento dos microrganismos antagônicos, aumento da fertilidade do solo, diminuição na quantidade de inóculo e de doença, favorecendo o desenvolvimento e crescimento da planta. Esta alternativa ainda é pouca estudada quando se relaciona a podridão radicular da mandioca, porém já existe início de pesquisas nessa cultura aplicando essa estratégia de manejo (BETTIOL; GHINI, 2005; KLEIN *et al.*, 2011; KLEIN *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2017; MACHADO *et al.*, 2018).

Supressividade dos solos

Solos supressivos à doenças são conhecidos há mais de 100 anos e os mecanismos pelos quais ocorre a supressão da doença é objeto de estudo há quase quatro décadas. (HORNBY, 1983; BETTIOL; GHINI, 2005; CHANDRASHEKARA *et al.*, 2012). São solos que tem a capacidade de deter o aparecimento da doença em um hospedeiro suscetível, mesmo na presença de uma densidade significativa de inóculo do patógeno. Nestes solos a incidência ou severidade da doença geralmente permanece baixa, mesmo em condições ambientais que favorecem o desenvolvimento da doença (COOK; BAKER, 1983; HORNBY, 1983; KINKEL *et al.*, 2011).

Solos não supressivos também chamados de solos condutivos, são aqueles em que a doença consegue se desenvolver (HORNBY, 1983; BETTIOL; GHINI, 2005; WELLER *et al.*, 2002). O solo é supressivo ao patógeno quando reduz a densidade do inóculo e suas atividades saprófitas. Quando não se pode demonstrar esta atividade sobre o patógeno, mas a doença é controlada pela

redução da severidade mesmo com alta densidade de inóculo e capacidade de sobrevivência do patógeno (BETTIOL; GHINI, 2005; MARIANO *et al.*, 2005).

O conceito de solo supressivo foi baseado nos termos de supressão geral e supressão específica (COOK; BAKER, 1983; HORNBY, 1983; BETTIOL; GHINI, 2005; CHANDRASHEKARA *et al.*, 2012). Na natureza os solos supressores são facilmente identificados pois as culturas plantadas apresentam redução na doença mesmo em condições como o clima e plantas suscetíveis que são favoráveis ao ataque dos patógenos (HUTZENLAUB, 2010).

Supressão geral é uma característica natural e preexistente do solo, muitas vezes é eficaz contra um amplo espectro de doenças no solo, devido a atividade total de toda a biomassa microbiana como atividade competitiva e antagônica contra os patógenos, resultando na limitação do desenvolvimento das populações patogênicas (WELLER *et al.*, 2002; COOK, 2014; SCHLATTER *et al.*, 2017). Devido considerar a biomassa microbiana total, não é transferível essa característica para um solo condutivo através de pequena porção de solo (HÖPER; ALABOUVETTE, 1995; WELLER *et al.* 2002). Pode ser reduzida por vaporização e eliminada pela esterilização do solo. Porém, pode ser aumentada através de práticas de manejo que aumentam o conteúdo de matéria orgânica, aumentam a fertilidade do solo, portanto aumentam o tamanho da população, a diversidade e/ou atividade microbiana do solo. (COOK, 2014; WELLER *et al.*, 2002, SCHLATTER *et al.*, 2017).

A supressão específica é altamente eficaz resulta de espécies individuais ou um grupos selecionados de microrganismos ou uma combinação de vários grupos que são antagônicos ao patógeno. Como a supressão específica não depende da biomassa total, pode ser transferível se os requisitos ecológicos das espécies antagônicas estiverem presentes no outro solo. É transferível pela adição de culturas puras ou quantidades muito pequenas 1 a 10% de solo supressivo a um solo condutivo, mas geralmente é eliminado por pasteurização a 55 a 60° C por 30min ou fumigando (brometo de metila o solo (WELLER *et al.*, 2002; HUTZENLAUB, 2010; SCHLATTER *et al.*, 2017).

A supressão específica é baseada na população enquanto a supressão geral é baseada na comunidade. Especificamente, interações entre patógenos e antagonistas geram supressão específica, enquanto interações entre antagonistas e antagonistas geram supressão geral (SCHLATTER *et al.*, 2017). Na supressão geral a redução de ataques de fungos e nematóides, já na supressão específica é

eficaz a apenas um ou poucos patógenos. Ambos podem ser eliminadas pela autoclavagem e radiação gama. Além disso, mecanismos de supressão específica e geral não foram totalmente definidos para a maioria dos solos supressivos (WELLER *et al.*, 2002; SCHLATTER *et al.*, 2017).

A supressão específica também pode ser diferenciada de acordo com sua longevidade: “Supressão de longa duração” e curta duração ou supressão induzida”. A supressão de longa duração é uma condição biológica naturalmente associada ao solo, sua origem não é conhecida e parece sobreviver na ausência de plantas, ocorrendo devido as propriedades estáveis do solo (HORNBY, 1983; WELLER *et al.*, 2002).

A supressão a curto prazo ou supressão induzida surge de uma rápida alteração no ambiente no solo, através de práticas agrícolas como calagem, fertilização e preparo do solo ou introdução de um organismo antagônico contra patógeno. solos supressivos são “induzidos”, significando que a supressividade específica é iniciada e sustentada pela monocultura das culturas, pelo cultivo de culturas suscetíveis à doença, ou pela adição de inóculo do patógeno no solo (HORNBY, 1983; WELLER *et al.*, 2002).

Em geral, os solos supressivos são eficazes devido a uma combinação de supressividade geral e específica, mas podem ser influenciados de diferentes maneiras pelas circunstâncias edáficas, climáticas e agronômicas (WELLER *et al.*, 2002; HUTZENLAUB, 2010).

A supressão da doença pode ser influenciada pela prática de cultivo e manejo (GARBEVA *et al.*, 2004) como a rotação de culturas, pois as densidades dos patógenos do solo e dos microrganismos antagônicos são afetadas (COOK; BACKER, 1983; ABAWI *et al.*, 2000; PERALTA *et al.*, 2010). As culturas de cobertura podem servir como “adubo verde”, melhorando as características físicas do solo (MAGID *et al.*, 2001; CONKLIN *et al.*, 2002; CAVIGELLI; THIEN, 2003) além de aumentar a atividade microbiana reduzindo a doença da planta (NOBLE; COVENTRY, 2005; BONANOMI *et al.*, 2007). O cultivo de plantas influencia a atividade microbiana do solo e, portanto, a supressividade (GARBEVA *et al.*, 2004). A incorporação de material orgânico, resíduos de cultura ou adubos e compostagem podem ser adequados para o controle de patógenos existentes no solo (KLEIN *et al.*, 2011; BAILEY; LAZAROVITS, 2003; MAZZOLA, 2007). Os atributos químicos e físicos do solo, incluindo pH, matéria orgânica e teor de argila,

podem atuar na supressão de doenças de plantas, direta ou indiretamente, por meio do impacto sobre a atividade microbiana do solo (MAZZOLA, 2002; BETTIOL; GHINI, 2005).

Supressividade por meio de coberturas vegetais

O manejo e a incorporação das coberturas vegetais causam impacto na saúde e produtividade das plantas, além de mudanças físicas, químicas e biológicas no solo geradas pelo aumento da matéria orgânica (BAILEY; LAZAROVITS, 2003). Níveis altos de matéria orgânica é geralmente associada a menor incidência e severidade da doença (COHEN *et al.*, 2005; KASUYA *et al.*, 2006). Os resíduos de cultura, incluindo, material orgânico bruto como de adubos verdes ou detritos de culturas exemplos de folhas, caule, raiz etc, podem ser indicados para o controle de patógenos que sobrevivem no solo (PÉREZ-PIQUERES *et al.*, 2006; KLEIN *et al.*, 2007; BONANOMI *et al.*, 2007) pois podem influenciar as propriedades do solo que indiretamente afetam a comunidade microbiana do solo (WIGGINS; KINKEL, 2005; FINNEY *et al.*, 2017).

As espécies de plantas e o genótipo são fatores significativos que determinam a composição das comunidades microbianas residentes nos solos e na rizosfera (MIETHLING *et al.*, 2000; MARSCHNER *et al.*, 2001; BERG *et al.*, 2002; MAZZOLA; GU, 2002), igualmente o cultivo de plantas e o manejo agrícola influencia na atividade microbiana consequentemente a supressividade, isso por que o tipo de planta interfere na estrutura das comunidades microbianas, pois as plantas são fontes de carbono e energia. No caso o manejo agrícola como rotação ou sucessão de cultivos também interfere, pois na ausência de uma planta hospedeira ocorrerá menor viabilidade dos microrganismos fitopatogênicos (GARBEVA *et al.*, 2004).

Em estudos com coberturas vegetais demonstraram o aumento de C total, N total, pH, densidade e porosidade no solo (BULLOCK, 1992; TILMAN *et al.*, 2002; TIEMANN *et al.*, 2015), além disso a diversidade de culturas através de rotações melhoram a disponibilidade de água para as plantas, diminui a densidade do solo, aumentando o espaço de poros do solo e aumentando a formação de agregados (TILMAN *et al.*, 2002; TIEMANN *et al.*, 2015), quimicamente as culturas de cobertura fornecem mais carbono ao solo através de resíduos vegetais (PERALTA *et al.*, 2018).

Dessa forma dependendo de qual cobertura vegetal for utilizada no manejo agrícola é necessário verificar os efeitos positivos e negativos quanto a seleção da cobertura vegetal usada para plantio. Existem resíduos de plantas que causam efeitos de fitotoxicidade ou servem de alimentos para os patógenos (BONANOMI *et al.*, 2007). Alguns subprodutos da decomposição microbiana de resíduos de plantas frescas são fitotóxicos, fazendo com que as reações fitotóxicas aumentem a permeabilidade e o exsudatos das raízes das plantas predispondo-as ao ataque de patógenos, e os produtos químicos volatéis liberados pelo material em decomposição podem estimular a germinação e crescimento dos propágulos do patógeno (STONE *et al.*, 2004). Quanto a efeitos positivos pode ocorrer fungistase, liberação de compostos fungitóxicos, indução da resistência da planta evitando o aumento da doença (BONANOMI *et al.*, 2007).

Vários autores relatam o uso de coberturas vegetais quanto ao melhoramento da estrutura e fertilidade do solo (MAGID *et al.*, 2001; CONKLIN *et al.*, 2002; CAVIGELLI; THIEN, 2003) e diminuição da incidência de doenças causadas por patógenos do solo (LITTERICK *et al.*, 2004; NOBLE; COVENTRY, 2005). Contudo, demonstram a importância de coberturas vegetais como “adubos verde” pois podem melhorar características físicas do solo (REID; GROSS, 1981; GARBEVA *et al.*, 2004) aumentando a atividade microbiana e reduzindo doenças de plantas (HARRIS *et al.*, 1994; SUMMER; BOOSALIS, 1981; GARBEVA *et al.*, 2004). Em vista disso, podemos definir a cobertura vegetal, como a incorporação do material vegetal não decomposto, entre os mais utilizados estão adubos verdes, leguminosas e gramíneas (DING *et al.*, 2006).

O adubo verde fresco pode inicialmente estimular o crescimento de organismos tanto prejudiciais como benéficos porém é após o material parcialmente decomposto que ocorre o aumento dos microrganismos supressores (HOITINK; BOEHM, 1999; PANKHURST *et al.*, 2005). Do ponto de vista microbiológico, possuem efeitos positivos como o fornecimento de nutrientes ricos em carbono orgânico para biomassa microbiana, aumenta a biodiversidade dos microrganismos do solo através da seleção de culturas usadas como adubo verde em manejo de rotações (MANICI *et al.*, 2004).

Efeitos negativos que após a incorporação do material vegetal ocorre um aumento na atividade microbiana reduzindo a disponibilidade de N (WYLAND *et*

al.,1995; MANICI *et al.*, 2004). E assim os compostos alelopáticos vão sendo liberados durante a degradação do tecido da planta (MANICI *et al.*, 2004).

Coberturas vegetais leguminosas: feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), feijão caupi (*Vigna Unguiculata*), crotalária (*Crotalaria Ochroleuca*), amendoim (*Arachis hypogaea*), possuem baixa relação C/N. Enquanto as gramíneas milho (*Zea Mays*), aveia preta (*Avena strigosa*) são pobres em N com alta relação C/N. Diferente das culturas não leguminosas, as culturas leguminosas possuem a capacidade de utilizar fósforo (P) e potássio (K) em frações que são quase inacessíveis no solo (KHIND *et al.*, 1992; FISCHLER *et al.*, 1999) e com isso melhoram a disponibilidade de P e K para as culturas subsequentes (FISCHLER *et al.*, 1999). As leguminosas geralmente contém mais concentrações de proteínas e minerais do que as gramíneas. (HAFLEY *et al.*, 1987; FRASER *et al.*, 2004; THIESSEN MARTENS *et al.*, 2011).

Os benefícios das coberturas vegetais incluem, fixação do nitrogênio, conservação do solo, melhorias na matéria orgânica e na estrutura do solo e controle de plantas daninhas (HARTWIG; AMMON 2002). A fixação biológica de N (FBN) é um dos principais benefícios do plantio de adubos verdes ou cobertura vegetais (HARTWIG; AMMON, 2002; THIESSEN MARTENS *et al.*, 2011).

Tenuza e Lazarovits (2002) relatam que após a aplicação de resíduos de cultura com alto conteúdo de N (relação C/N) foram responsável pela erradicação de microestrutura de *Verticillium dahliae*, pois materiais com alta relação C/N podem estimular a atividade microbiana, reduzindo a disponibilidade de nitrogênio, consequentemente prejudicando o processo de infecção do patógeno (SNYDER *et al.*, 1959 *apud* BONANOMI *et al.*,2007). Entretanto a privação de N, logo após a aplicação de matéria orgânica pode prejudicar o crescimento das plantas (SELIGMAN *et al.*, 1986; MICHELSEN *et al.*, 1995; BONANOMI *et al.*, 2007).

A incorporação de material vegetal aumenta a densidade de bactérias fluorescente *Pseudomonas* spp. (BULLUCK; RISTAINO, 2002; MAZZOLA *et al.*, 2001), estreptomicetos e actinomicetos (MAZZOLA *et al.*, 2001; PALANIYANDI *et al.*,2013; CORDOVEZ *et al.*, 2015), *Trichoderma* Spp. (NUR AIN IZZATI; ABDULLAH, 2008) no solo. Na maioria dos estudos a presença desses microrganismos estão associados a supressividade no solo (WIGGINS; KINKEL, 2005). As Bactérias *Pseudomonas* spp. reduzem a infecção da podridão radicular a través de vários mecanismos como a indução da resistência sistêmica contra

fitopatógenos na planta hospedeira (RAMAMOOTHY *et al.*, 2001). As bactérias *Bacillus* spp. são reconhecidas pela sua capacidade de produzir antibióticos ativos, especialmente contra fungos afim de promover o crescimento das plantas ou induzir a resistência sistêmica. (ZACCARDELLI *et al.*, 2003; ZACCARDELLI *et al.*, 2004). As actinobactérias são produtoras prolíficas de antibióticos estes antibióticos produzidos por actinobactérias, demonstraram suprimir doenças de plantas (PALANIYANDI *et al.*, 2013). O *Trichoderma* spp. é usado como agente de biocontrole contra muitos patógenos do solo (BULLUCK; RISTAINO, 2001; NUR AIN IZZATI; ABDULLAH, 2008).

Os mecanismos de supressão ocorrem por meio da competição por recursos alimentares, antibiose, predação, parasitismo e resistência induzida do hospedeiro contra o patógeno. (WHIPPS, 2001; MAZZOLA, 2002; PANKHURST *et al.* 2005; PAL; GARDENER, 2006; PALANIYANDI *et al.*,2013; COOK, 2014). Contudo um dos fatores que favorece a doença na planta é o solo ser dominado por microrganismos nocivos, caso contrario se existir muitos microrganismos benéficos a planta continuará saudável (NIHORIMBERE *et al.*, 2011).

Algumas coberturas vegetais possuem a capacidade de induzir a supressividade do solo, no entanto ainda existe vários fatores que limitam seu uso, pois ainda é imprevisível o impacto desse manejo sobre as populações de patógeno e supressão de doenças. Faltam diretrizes confiáveis para prever o impacto de qualquer tipo de alteração da matéria orgânica sobre doenças específicas do solo (BONANOMI *et al.*, 2007).

REFERÊNCIAS

ABAWI, G. S.; WIDMER, T. L. Impact of soil health management practices on soilborne pathogens, nematodes and root diseases of vegetable crops. **Applied soil ecology**, v. 15, n. 1, p. 37-47, 2000.

AIGBE, S. O.; REMISON, S. U. The influence of growth stages on cassava tuberous root rot in different ecological environments. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, v. 43, n. 12, p. 1243-1248, 2010.

ALLEM, A. C. The origins and taxonomy of cassava. *In*: Hillocks, R.J., J.M. Thresh and A.C. Bellotti **Cassava: biology, production and utilization**, CABI,

Wallingford v. 1, p. 1-16, 2002. Disponível em: http://ciatlibrary.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/cabi_04ch1.pdf. Acesso em: 2 fev. 2020.

ALVAREZ, E.; LLANO G. A.; MEJIA J. F. Cassava diseases, *In: Cassava in the Third Millennium: Modern production, processing, use, and marketing systems*. OSPINA, B.; VEBALLOS, H.; CIAT, Cali, Colombia, n. 377, 2012. p. 165-199.

ALVAREZ, E.; MOLINA, M. L. Characterizing the *Sphaceloma fungus*, causal agent of superelongation disease in cassava. **Plant Disease**, v. 84, n. 4, p. 423-428, 2000.

ALVES, A. A. C. Cassava botany and physiology. *In: HILLOCKS, R. J.; THRESH, J. M.; BELLOTTI, A. C. Cassava: Biology, Production and Utilization*. CABI Publishing, 1. ed. New York, 2002, p. 67-89.

BAILEY, K. L.; LAZAROVITS, G. Suppressing soil-borne diseases with residue management and organic amendments. **Soil and Tillage Research**, v. 72, n. 2, p. 169-180, 2003.

BALAGOPALAN, C. Cassava utilization in food, feed and industry. **Cassava: Biology, production and utilization**, p. 301-318, 2002.

BANDYOPADHYAY, R. *et al.* *Fusarium* species from the cassava root rot complex in West Africa. **Phytopathology**, v. 96, n. 6, p. 673-676, 2006.

BARROS, J. A. *et al.* Different cover promote sandy soil suppressiveness to root rot disease of cassava caused by *Fusarium solani*. **African Journal of Microbiology Research**, v. 8, n. 10, p. 967-973, 2014.

BERG, G. *et al.* Plant dependent genotypic and phenotypic diversity of antagonistic rhizobacteria isolated from different *verticillium* host plants. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 68, n. 7, p. 3328-3338, 2002.

BETTIOL, W.; GHINI, R. Solos Supressivos. *In: MICHEREFF, S. J. et al., Ecologia e Manejo de Patógenos Radiculares em Solos Tropicais*, UFRPE, Imprensa Universitária, 2005, p. 125-152, 2005.

BOAS, S. A. V. *et al.* Sources of resistance to cassava root rot caused by *Fusarium* spp.: a genotypic approach. **Euphytica**, v. 209, n. 1, p. 237-251, 2016.

BOAS, S. A. V. *et al.* Survey of fungi associated with cassava root rot from different producing regions in Brazil. **Scientia Agricola**, v. 74, n. 1, p. 60-67, 2017.

BONANOMI, G. *et al.* Suppression of soilborne fungal diseases with organic amendments. **Journal of Plant Pathology**, p. 311-324, 2007.

BONILLA, N. *et al.* Enhancing soil quality and plant health through suppressive organic amendments. **Diversity**, v. 4, n. 4, p. 475-491, 2012.

BRITO, A. C. Q. *et al.* Diversity and pathogenicity of Botryosphaeriaceae species associated with black root rot and stem cutting dry rot in *Manihot esculenta* in Brazil. **European Journal of Plant Pathology**, Brazil, v. 157, p. 583-598, 2020.

- BULLOCK, D. G. Crop rotation. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 11, n. 4, p. 309-326, 1992.
- BULLUCK, L. R.; RISTAINO, J. B. Effect of synthetic and organic soil fertility amendments on southern blight, soil microbial communities, and yield of processing tomatoes. **Phytopathology**, v. 92, n. 2, p. 181-189, 2002.
- BURNS, A. *et al.* Cassava: the drought, war and famine crop in a changing world. **Sustainability**, v.2, n. 11, p. 3572-3607, 2010.
- CALVERT L, CUERVO M, LOZANO I. Cassava viral diseases of South America. in Ospina B, Ceballos H, eds. Cassava in the third millennium: modern production, processing, use and marketing systems. Cali, Colombia: CIAT. p. 309-318, 2012.
- CAVIGELLI, M. A.; THIEN, S. J. Phosphorus Bioavailability following Incorporation of Green Manure Crops. **Soil Science Society of America Journal**, v. 67, n. 4, p. 1186-1194, 2003.
- CHANDRASHEKARA, C.; BHATT, J. C. KUMAR, R.; CHANDRASHEKARA, K. N. Suppressive Soils in Plant Disease Management. *In*: VAIBHAV K. SINGH, YOGENDRA SINGH, A. S. **Eco-friendly Innovative Approaches in Plant Disease Management**. India: International Book Distributors, v. 5, p. 241-256, 2012.
- CLEMENT, C. R. *et al.* Origin and domestication of native Amazonian crops. **Diversity**, v. 2, n. 1, p. 72-106, 2010.
- COHEN, M. F.; YAMASAKI, H.; MAZZOLA, M. *Brassica napus* seed meal soil amendment modifies microbial community structure, nitric oxide production and incidence of Rhizoctonia root rot. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 37, n. 7, p. 1215-1227, 2005.
- CONKLIN, A. E. *et al.* Effects of red clover (*Trifolium pratense*) green manure and compost soil amendments on wild mustard (*Brassica kaber*) growth and incidence of disease. **Plant and Soil**, v. 238, n. 2, p. 245-256, 2002.
- COOK, R. J. Plant Health Management: Pathogen Suppressive Soils. *In*: **Encyclopedia of Agriculture and Food Systems**. [s.l.] Elsevier, v. 4p. 441-455. 2014.
- COOK, R. J.; BAKER, K. F. **The Nature and Practice of Biological Control of Plant Pathogens**. St. Paul, MN: American Phytopathological Society, 1983.
- CORDOVEZ, V. *et al.* Diversity and functions of volatile organic compounds produced by *Streptomyces* from a disease-suppressive soil. **Frontiers in Microbiology**, v. 6, n. OCT, p. 1-13, 2015.
- DE VRIES, S. C. *et al.* Resource use efficiency and environmental performance of nine major biofuel crops, processed by first-generation conversion techniques. **Biomass and Bioenergy**, v. 34, n. 5, p. 588–601, 2010.

- DING, G. *et al.* Effect of cover crop management on soil organic matter. **Geoderma**, v. 130, n. 3–4, p. 229-239, 2006.
- EL-SHARKAWY, M. A. Cassava biology and physiology. **Plant Molecular Biology**, v. 53, n. 4, p. 621-641, 2004.
- El-Sharkawy, M. A. Drought- tolerant cassava for Africa, Asia, and Latin America: breeding projects work to stabilize productivity without increasing pressures on limited natural resources. **Bioscience** 43: p. 441-451, 1993.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2020) FAOSTAT database. FAO, Rome, Italy. Cassava. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso em: 12 fev. 2020.
- FINNEY, D. M.; BUYER, J. S.; KAYE, J. P. Living cover crops have immediate impacts on soil microbial community structure and function. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 72, n. 4, p. 361-373, 2017.
- FISCHLER, M.; WORTMANN, C. S.; FEIL, B. Crotalaria (*C. ochroleuca* G. Don.) as a green manure in maize–bean cropping systems in Uganda. **Field Crops Research**, v. 61, n. 2, p. 97-107, 1999.
- FOKUNANG, C. N. *et al.* Anthracnose: An Economic Disease of Cassava in Africa. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 4, p. 920-925, 2001.
- FRASER, J. *et al.* Yield potential and forage quality of annual forage legumes in southern Alberta and northeast Saskatchewan. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 84, n. 1, p. 143-155, 2004.
- GARBEVA, P.; VAN VEEN, J. A.; VAN ELSAS, J. D. Microbial diversity in soil: Selection of Microbial Populations by Plant and Soil Type and Implications for Disease Suppressiveness. **Annual Review of Phytopathology**, v. 42, n. 1, p. 243-270, 2004.
- HAFLEY, J. *et al.* In vitro protein degradation of cool season forages planted with minimum tillage and no fertilization. **Journal of Dairy Science**, v. 70, n. 11, p. 2322-2329, 1987.
- HARRIS, G. H. *et al.* Fate of legume and fertilizer nitrogen-15 in a long-term cropping systems experiment. **Agronomy Journal**, v. 86, n. 5, p. 910-915, 1994.
- HARTWIG, N. L.; AMMON, H. U. Cover crops and living mulches. **Weed science**, v. 50, n. 6, p. 688-699, 2002.
- HILLOCKS, Rory J. Cassava in africa. **Cassava: Biology, production and utilization**, p. 41-54, 2002. Disponível em: http://ciatlibrary.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/cabi_06ch3.pdf. Acesso em: 3 fev.2020.
- HOHENFELD, C. S. *et al.* Modelling growth characteristics and aggressiveness of *Neoscytalidium hyalinum* and *Fusarium solani* associated with black and dry root rot diseases on cassava. **Tropical Plant Pathology**, v. 43, n. 5, p. 422-432, 2018.

- HOITINK, H. A. J.; BOEHM, M. J. Biocontrol within the context of soil microbial communities: a substrate-dependent phenomenon. **Annual review of phytopathology**, v. 37, n. 1, p. 427-446, 1999.
- HORNBY, D. Suppressive soils. **Annual review of phytopathology**, v. 21, n. 1, p. 65-85, 1983.
- HUTZENLAUB, N. Assessment of Soil Suppressiveness – The system of fusarium foot rot on wheat. **Department of Forest Mycology and Pathology**, p. 1-33, 2010.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) (2020). Levantamento sistemático da produção agrícola. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618#resultado>. Acesso em: 12 nov. 2020.
- ITIS, (2020) Integrated Taxonomic Information System, ITIS Standard Report Page: *Manihot esculenta*, Taxonomic Serial, N. 503688. Disponível em: <https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt#null>. Acesso em: 5 set. 2020.
- KASUYA, M. *et al.* Induction of soil suppressiveness against *Rhizoctonia solani* by incorporation of dried plant residues into soil. **Phytopathology**, v. 96, n. 12, p. 1372-1379, 2006.
- KHIND, C. S. *et al.* Nutrient transformations in soils amended with green manures. In: **Advances in soil science**. Springer, New York, NY, 1992. p. 237-309.
- KINKEL, L. L.; BAKKER, M. G.; SCHLATTER, D. C. A Coevolutionary Framework for Managing Disease-Suppressive Soils. **Annual Review of Phytopathology**, v. 49, n. 1, p. 47-67, 2011.
- KLEIN, E. *et al.* Controlled laboratory system to study soil solarization and organic amendment effects on plant pathogens. **Phytopathology**, v. 97, n. 11, p. 1476-1483, 2007.
- KLEIN, E. *et al.* Soil Suppressiveness to Fusarium Disease: Shifts in Root Microbiome Associated with Reduction of Pathogen Root Colonization. **Phytopathology**, v. 103, n. 1, p. 23-33, 2013.
- KLEIN, E.; KATAN, J.; GAMLIEL, A. Combining residues of herb crops with soil heating for control of soilborne pathogens in a controlled laboratory system. **Crop Protection**, v. 30, n. 3, p. 368-374, 2011.
- LEGG, J. P. *et al.* Cassava virus diseases: biology, epidemiology, and management. In: **Advances in virus research**. Academic Press, v. 91, p. 85-142, 2015.
- LITTERICK, A. M. *et al.* The role of uncomposted materials, composts, manures, and compost extracts in reducing pest and disease incidence and severity in sustainable temperate agricultural and horticultural crop production—a review. **Critical reviews in plant sciences**, v. 23, n. 6, p. 453-479, 2004.

- LOUZADA, Gisele A. S. *et al.* Potencial antagônico de *Trichoderma* spp. originários de diferentes agroecossistemas contra *Sclerotinia sclerotiorum* e *Fusarium solani*. **Biota neotropica**, v. 9, n. 3, p. 145-149, 2009.
- LOZANO, J. C.; BOOTH, R. H. Diseases of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **PANS Pest Articles & News Summaries**, v. 20, n. 1, p. 30-54, 1974.
- MACHADO, A. R. *et al.* New occurrences of Botryosphaeriaceae causing black root rot of cassava in Brazil. **Tropical Plant Pathology**, v. 39, n. 6, p. 464-470, 2014.
- MACHADO, A. R.; BRITO, A. C.; MELO, J. F. Podridões fúngicas de raízes tuberosas no Nordeste brasileiro: etiologia e manejo. *In*: LOPES, U. P.; MICHEREFF, S. J. **Desafios do Manejo de Doenças Radiculares Causadas por Fungos**, Recife: Ed ufrpe p. 95, 2018.
- MAGID, J. *et al.* Disproportionately high N-mineralisation rates from green manures at low temperatures - Implications for modeling and management in cool temperate agro-ecosystems. **Plant and Soil**, v. 228, n. 1, p. 73-82, 2001.
- MANICI, L. M.; CAPUTO, F.; BABINI, V. Effect of green manure on *Pythium* spp. population and microbial communities in intensive cropping systems. **Plant and Soil**, v. 263, n. 1, p. 133-142, 2004.
- MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). AGROFIT: sistema de agrotóxicos fitossanitários. Brasília, 2020. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 23 Fev. 2020.
- MARIANO R. L. R.; SILVEIRA, E. B.; GOMES, A. M. A. Controle biológico de doenças radiculares. *In*: MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; MENEZES, M. **Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. Recife: Imprensa Universitária da Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2005. p. 303-321.
- MARSCHNER, P. *et al.* Soil and plant specific effects on bacterial community composition in the rhizosphere. **Soil biology and biochemistry**, v. 33, n. 11, p. 1437-1445, 2001.
- MASSOLA, N. S.; BEDENDO, I. P.; OLIVEIRA, S. A. S. Doenças de mandioca. *In*: KIMATI, H., AMORIM, L. **Manual de Fitopatologia: doenças de plantas cultivadas**. 5. ed ed. [s.l.] ouro fino: agrônômica ceres, p. 515-522. 2016.
- MAZZOLA, M. *et al.* Suppression of specific apple root pathogens by *Brassica napus* seed meal amendment regardless of glucosinolate content. **Phytopathology**, v. 91, n. 7, p. 673-679, 2001.
- MAZZOLA, M. Manipulation of rhizosphere bacterial communities to induce suppressive soils. **Journal of nematology**, v. 39, n. 3, p. 213-20, 2007.
- MAZZOLA, M. Mechanisms of natural soil suppressiveness to soilborne diseases. **Antonie van Leeuwenhoek**, v. 81, n. 1-4, p. 557-564, 2002.

MAZZOLA, M.; GU, Y. H. Wheat genotype-specific induction of soil microbial communities suppressive to disease incited by *Rhizoctonia solani* Anamorphosis Group (AG)-5 and AG-8. **Phytopathology**, v. 92, n. 12, p. 1300-1307, 2002.

MICHELSSEN, A. *et al.* Inhibition of growth, and effects on nutrient uptake of arctic graminoids by leaf extracts—allelopathy or resource competition between plants and microbes?. **Oecologia**, v. 103, n. 4, p. 407-418, 1995.

MIETHLING, R. *et al.* Variation of microbial rhizosphere communities in response to crop species, soil origin, and inoculation with *Sinorhizobium meliloti* L33. **Microbial Ecology**, v. 40, n. 1, p. 43-56, 2000.

MSIKITA, W. *et al.* Prevalence and severity of *Nattrassia mangiferae* root and stem rot pathogen of cassava in Bénin. **Plant Disease**, v. 89, n. 1, p. 12-16, 2005.

NASSAR, N. M. A. Cassava, *Manihot esculenta* Crantz, genetic resources: Origin of the crop, its evolution and relationships with wild relatives. **Genetics and Molecular Research**, v. 1, n. 4, p. 298-305, 2002.

NIHORIMBERE, V. *et al.* Effet bénéfique de la communauté microbienne de la rhizosphère sur la croissance et la santé des plantes. **Biotechnology, Agronomy and Society and Environment**, v. 15, n. 2, p. 327-337, 2011.

NOBLE, R.; COVENTRY, E. Suppression of soil-borne plant diseases with composts: A review. **Biocontrol Science and Technology**, v. 15, n. 1, p. 3-20, 2005.

NUR AIN IZZATI, M. Z.; ABDULLAH, F. Disease Suppression in Ganoderma - infected Oil Palm Seedlings Treated with *Trichoderma harzianum*. **Plant Protection Science**, v. 44, n. 3, p. 101-107, 2008.

OKOGBENIN, E. *et al.* Phenotypic approaches to drought in cassava. **Frontiers in physiology**, v. 4, p. 93, 2013.

OLIVEIRA, S. A. S. *et al.* Resistance to *Fusarium* dry root rot disease in cassava accessions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 10, p. 1414-1417, 2013.

ONYEKA, T. J.; DIXON, A. G. O.; EKPO, E. J. A. Assessment of laboratory methods for evaluating cassava genotypes for resistance to root rot disease. **Mycopathologia**, v. 159, n. 3, p. 461-467, 2005.

PAL, K. K.; MCSPADDEN GARDENER, B. Biological Control of Plant Pathogens. **The Plant Health Instructor**, p. 1-25, 2006.

PALANIYANDI, S. A. *et al.* Effects of actinobacteria on plant disease suppression and growth promotion. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 97, n. 22, p. 9621-9636, 2013.

PANKHURST, C. E. *et al.* Effect of rotation breaks and organic matter amendments on the capacity of soils to develop biological suppression towards soil organisms associated with yield decline of sugarcane. **Applied Soil Ecology**, v. 28, n. 3, p. 271-282, 2005.

- PERALTA, A. L. *et al.* Crop rotational diversity increases disease suppressive capacity of soil microbiomes. **Ecosphere**, v. 9, n. 5, p. e02235, 2018.
- PÉREZ-PIQUERES, A. *et al.* Response of soil microbial communities to compost amendments. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 38, n. 3, p. 460-470, 2006.
- PERONI, N.; KAGEYAMA, P. Y.; BEGOSSI, A. Molecular differentiation, diversity, and folk classification of “sweet” and “bitter” cassava (*Manihot esculenta*) in Caçara and Caboclo management systems (Brazil). **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 54, n. 6, p. 1333-1349, 2007.
- REID, J. B.; GOSS, M. J. Effect of living roots of different plant species on the aggregate stability of two arable soils. **Journal of Soil Science**, v. 32, n. 4, p. 521-541, 1981.
- RUPPENTHAL, M. *et al.* Losses of organic matter and nutrients by water erosion in cassava-based cropping systems. **Experimental Agriculture**, v. 33, n. 4, p. 487-498, 1997.
- SCHLATTER, D. *et al.* Disease suppressive soils: new insights from the soil microbiome. **Phytopathology**, v. 107, n. 11, p. 1284-1297, 2017.
- SELIGMAN, N. G. *et al.* Uptake of nitrogen from high C-to-N ratio, 15N-labeled organic residues by spring wheat grown under semi-arid conditions. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 18, n. 3, p. 303-307, 1986.
- SILVA, C. A. D. *et al.* Interference of incorporation of soil organic matter in control of cassava black root, caused by *Scytalidium lignicola*. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 6, p. 1823-1831, 2013.
- SILVA, J. M. DA *et al.* Fames and microbial activities involved in the suppression of cassava root rot by organic matter. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 3, p. 708-717, 2017.
- STONE, A. G.; SCHEUERELL, S. J.; DARBY, H. M. Suppression of soilborne diseases in field agricultural systems: organic matter management, cover cropping, and other cultural practices. In: MAGDOFF, F. & WEIL, R.R. **Soil organic matter in sustainable agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 2004. p.132-164.
- SUMNER, D. R.; DOUPNIK JR, B.; BOOSALIS, M. G. Effects of reduced tillage and multiple cropping on plant diseases. **Annual Review of Phytopathology**, v. 19, n. 1, p. 167-187, 1981.
- TENUTA, M.; LAZAROVITS, G. Soil properties associated with the variable effectiveness of meat and bone meal to kill microsclerotia of *Verticillium dahliae*. **Applied Soil Ecology**, v. 25, n. 3, p. 219-236, 2004.
- THIESSEN MARTENS, J.; ENTZ, M. Integrating green manure and grazing systems: A review. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 91, n. 5, p. 811–824, 2011.

- TIEMANN, L. K. *et al.* Crop rotational diversity enhances belowground communities and functions in an agroecosystem. **Ecology letters**, v. 18, n. 8, p. 761-771, 2015.
- TILMAN, D. *et al.* Agricultural sustainability and intensive production practices. **Nature**, v. 418, n. 6898, p. 671-677, 2002.
- UBALUA, A. O.; OTI, E. Antagonistic properties of *Trichoderma viride* on post harvest cassava root rot pathogens. **African Journal of Biotechnology**, v. 6, n. 21, 2007.
- WALTER, B. *et al.* Some properties of a previously undescribed virus from cassava: Cassava American latent virus. **Annals of applied biology**, v. 115, n. 2, p. 279-289, 1989.
- WELLER, D. M. *et al.* Microbial populations responsible for specific soil suppressiveness to plant pathogens. **Annual review of phytopathology**, v. 40, n. 1, p. 309-348, 2002.
- WHIPPS, J. M. Microbial interactions and biocontrol in the rhizosphere. **Journal of experimental Botany**, v. 52, n. suppl_1, p. 487-511, 2001.
- WIGGINS, B. E.; KINKEL, L. L. Green manures and crop sequences influence alfalfa root rot and pathogen inhibitory activity among soil-borne streptomycetes. **Plant and Soil**, v. 268, n. 1, p. 271-283, 2005.
- WIGGINS, B. E.; KINKEL, L. L. Green manures and crop sequences influence potato diseases and pathogen inhibitory activity of indigenous streptomycetes. **Phytopathology**, v. 95, n. 2, p. 178-185, 2005.
- WYLAND, L. J.; JACKSON, L. E.; SCHULBACH, K. F. Soil-plant nitrogen dynamics following incorporation of a mature rye cover crop in a lettuce production system. **The Journal of Agricultural Science**, v. 124, n. 1, p. 17-25, 1995.
- ZACCARDELLI, M. *et al.* The development and suppressive activity of soil microbial communities under compost amendment. **Journal of soil science and plant nutrition**, v. 13, n. 3, p. 730-742, 2013.

CAPÍTULO 2

**Seleção de coberturas vegetais com potencial supressivo ou
conducivo à podridão radicular seca e negra da mandioca**

Artigo a ser submetido a Revista European Journal of Plant Pathology.

1 **Seleção de coberturas vegetais com potencial supressivo ou condutivo à podridão radicular seca e negra**
2 **da mandioca**

3

4 Maria Cristiane Pereira Sousa¹; Saulo Alves Santos de Oliveira^{2*}

5 ¹Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Rua Rui Barbosa, 710 – Centro, CEP 44380-000, Cruz das
6 Almas, Bahia, Brasil.

7 ²Embrapa Mandioca e Fruticultura, Rua Embrapa, s/n, CP 007, Centro, CEP 44380-000, Cruz das Almas,
8 Bahia, Brasil.

9

10 *Autor para correspondência: Saulo Alves Santos de Oliveira.

11 E-Mail: saulo.oliveira@embrapa.br

12 Embrapa Mandioca e Fruticultura, Rua Embrapa s/n CP 007, 44380-000 Cruz das Almas, Bahia, Brasil.

13

14 **Resumo**

15 A incorporação de coberturas vegetais no solo vem sendo utilizado como meios para indução da supressividade
16 do solo. Entretanto, são poucas as informações sobre o impacto desse manejo nos plantio em sucessão ou
17 rotação de culturas com a mandioca, principalmente quando relacionadas as doenças de podridões radiculares
18 conhecidas como podridão radicular seca (PRS) e podridão radicular negra (PRN) da mandioca, causadas por
19 patógenos habitantes do solo com alta capacidade saprofítica e de sobrevivência. Portanto, objetivou-se avaliar
20 os efeitos de diferentes coberturas vegetais incorporadas ao solo na supressão contra patógenos de PRS e PRN,
21 correlacionando as modificações nas características microbiológicas do solo com a supressividade às podridões
22 radiculares da mandioca. Foram utilizados 4 ciclos de cultivo alternando os plantio de variedades de mandioca
23 BRS Kiriris (resistente) e BRS Formosa (susceptível) com leguminosas: feijão de porco (*Canavalia*
24 *ensiformis*), feijão caupi (*Vigna Unguiculata*), crotalária (*Crotalaria Ochroleuca*), amendoim (*Arachis*
25 *hypogaea*) e gramíneas: milho (*Zea Mays*), aveia preta (*Avena strigosa*). Os plantios foram feitos em solos
26 infestados com fungos de PRS e PRN. Através de parâmetros agrônômicos e de doença, pelo teste Scott-Knott
27 ($p < 0,05$), verificou-se que no 2º ciclo de cultivo as variedades de mandioca diferenciaram-se estatisticamente.
28 A BRS Formosa apresentou melhores características agrônômicas e a BRS Kiriris apresentou mais incidência
29 de patógenos (79,16%) e de doença (70,83%). No 4º Ciclo de cultivo, os tratamentos amendoim, feijão caupi
30 e feijão de porco apresentaram características agrônômicas superiores. A BRS Kiriris destacou-se com valores

31 maiores germinações (99%) e sobrevivência (97,29%) enquanto a BRS Formosa com maiores índice de doença
32 (ω) 42,29%. Os demais tratamentos foram mais condutivos a doença. Pela análise de PCA, o tratamento feijão
33 de porco apresentou mais quantidade populacional de Bactérias toais (BT), bactérias produtoras de endósporo
34 (BPE) e bactéria produtora de sideróforos (BPS), porém as populações microbianas não evidenciaram uma
35 relação consistente com os níveis de supressividade do solo. Apesar dos resultados positivos quanto a
36 parâmetros agronômicos associados aos tratamentos amendoim, feijão caupi e feijão de porco, existe a
37 necessidade de mais análises para confirmação da indução da supressividade contra a podridão radicular da
38 mandioca.

39 **Palavras Chave:** Cobertura vegetal, condutividade, manejo, supressão do solo.

40

41 **1. Introdução**

42 A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma das culturas com grande potencial econômico e social
43 para países em desenvolvimento de áreas tropicais e subtropicais (Silva et al. 2017), é alimento básico para
44 quase um bilhão de pessoas em 105 países, possuem raízes ricas em amido e com alto teor calórico, de extrema
45 importância para segurança alimentar e aplicações industriais como biocombustíveis, biopolímeros, alimentos,
46 ração, cosméticos e remédios (Li et al. 2017; Mombo et al. 2017).

47 Entre os principais países produtores, destaca-se o Brasil como quinto maior produtor mundial (FAO
48 2020), entretanto nas regiões produtoras como Nordeste, Norte, e Sudeste é crescente o aumento de doenças
49 conhecidas como podridões radiculares que geram perdas na produção de até 80% (Brito et al. 2020). Este
50 aumento pode estar ligado ao fato de que grande parte da sua produção é proveniente de áreas de pequenos
51 agricultores que utilizam material de propagação com baixa qualidade fisiológica e fitossanitária (Notaro et al.
52 2013).

53 As podridões radiculares, identificadas como podridão radicular seca, geralmente está associada a
54 fungos do gênero *Fusarium*, (Onyeka et al. 2005; Boas et al. 2016; Hohenfeld et al. 2018) enquanto a podridão
55 radicular negra, os principais agentes envolvidos pertencem ao gênero *Lasiodiplodia* e *Neoscytalidium*
56 (Machado et al. 2014; Hohenfeld et al. 2018; Brito et al. 2020), essas doenças são causadas por patógenos
57 habitantes do solo com grande capacidade saprofítica e de sobrevivência, sendo doenças de difícil de manejo
58 (Machado et al. 2018). Por isso, é essencial adoção de estratégias que visem melhores características
59 agronômicas da planta e redução do inóculo primário e da doença.

60 O uso de variedades resistentes é a estratégia mais viável e econômica, porém o desenvolvimento
61 dessas variedades é difícil pelo fato desses patógenos sobreviverem no solo e o surgimento dos sintomas podem
62 ser influenciados por condições climáticas e pelo solo (Santiago et al. 2017). O uso do controle químico é
63 ineficiente, além de gerar efeito deletério ao ambiente (Machado et al. 2018). Uma das estratégias que vem
64 ganhando destaque contra a podridão radicular da mandioca é a indução de supressividade do solo por meio de
65 diferentes materiais orgânicos ou coberturas vegetais (Barros et al. 2014; Silva et al. 2017; Medeiros et al.
66 2019). Pois, a supressividade do solo, consiste na limitação da doença, por que mesmo apresentando uma planta
67 suscetível, um patógeno virulento, ambiente adequado para favorecer a doença, esta pode não ocorrer, mas
68 caso ocorra seria menos severa (Bettiol e Ghini 2005; Kinkel et al. 2011) A indução da supressividade está
69 relacionada aos fatores bióticos e abióticos do solo, a planta e ao ambiente, o conjunto desses fatores podem
70 implicar na supressividade ou condutividade da doença (Garbeva et al. 2004; Bonanomi et al. 2007).

71 O manejo com uso de coberturas vegetais associados a sucessão ou rotação de culturas pode gerar
72 aumento da atividade microbiana, aumento de microrganismos antagônicos, melhorar as propriedades físicas
73 e químicas do solo, influenciando na redução da doença (Mazzola 2002; Bettiol e Ghini 2005) ou também
74 podem aumentar a gravidade da doença (Mazzola et al. 2001; Tilston et al. 2002; Pérez-Piqueres et al. 2006;
75 Bonanomi et al. 2007). O uso de diferentes coberturas vegetais promoveram a supressão do solo contra a
76 podridão seca causada por *Fusarium solani* (Barros et al. 2014) e ocorreu efeitos benéficos do consórcio de
77 plantas na supressão da podridão negra da mandioca, causada por *Scytalidium lignicola* (Medeiros et al. 2019).

78 As coberturas vegetais como as leguminosas feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), feijão caupi
79 (*Vigna unguiculata*), crotalária (*Crotalaria ochroleuca*), amendoim (*Arachis hypogaea*), possuem baixa
80 relação C/N. possuem a capacidade de utilizar fósforo (P) e potássio (K) em frações que são quase inacessíveis
81 no solo melhorando a disponibilidade de P e K para as culturas subsequentes (Fisher et al. 1999). Enquanto as
82 gramíneas milho (*Zea mays*), aveia preta (*Avena strigosa*), esses materiais com alta relação C/N podem
83 estimular a atividade microbiana, reduzindo a disponibilidade de nitrogênio, consequentemente prejudicando
84 o processo de infecção do patógeno (Snyder et al. 1959 apud Bonanomi et al. 2007).

85 Os benefícios das coberturas vegetais incluem, fixação do nitrogênio, conservação do solo, melhorias
86 na matéria orgânica e na estrutura do solo e controle de plantas daninhas (Hartwig e Ammon 2002) e podem
87 ser usadas como promotoras de supressão do solo contra a podridão radicular da mandioca (Barros et al. 2014).
88 Aliada com o uso de rotação ou sucessão de culturas torna-se importante pois a densidade de populações de
89 patógenos e microrganismos antagônicos do solo são afetadas (Garbeva et al. 2004).

90 Os objetivos deste estudo foram: (i) avaliar o efeito de diferentes fontes de coberturas vegetais
 91 incorporadas ao solo na supressão contra patógenos causadores de podridão radicular seca e negra da mandioca.
 92 (ii) Identificar coberturas vegetais com potencial supressivo ou condutivo as podridões radiculares. (iii)
 93 Correlacionar as modificações nas características químicas, físicas e microbiológicas do solo com a
 94 supressividade às podridões radiculares da mandioca.

95 2. Material e Métodos

96 O experimento foi desenvolvido na Embrapa Mandioca e Fruticultura, no município de Cruz das
 97 Almas (Bahia, Brasil), em casa de vegetação com temperatura de 32 ± 2 °C. O solo foi proveniente do campo
 98 experimental da Embrapa Tabuleiros Costeiros (11°22'37.9"S, 37°40'29.6"W), da cidade de Umbaúba/SE,
 99 com alta incidência de podridões radiculares da mandioca, apresentando textura franco argilo arenoso, suas
 100 características químicas estão presentes no anexo do trabalho.

101 Este experimento consistiu em 4 ciclos de cultivo de plantas em delineamento experimental de 4
 102 blocos ao acaso em esquema de parcela subdividida, 3 parcelas com variedades de BRS Formosa e 3 parcelas
 103 com variedade de BRS Kiriris, sendo que cada parcela era constituída por 3 vasos com 2 plantas, apresentado
 104 11 tratamentos com diferentes combinações de pousio, variedades de mandioca (BRS Kiriris e BRS Formosa)
 105 e coberturas vegetais: Crotalaria ocreleuca (*Crotalaria ochroleuca* L.), aveia preta (*Avena strigosa* Schreb),
 106 Feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), milho (*Zea mays*), amendoim (*Arachis hypogaea* L.), feijão caupi
 107 (*Vigna unguiculata*) (Tabela 1).

108 **Tabela 1** Tratamentos e cultivos utilizados na avaliação do potencial de coberturas vegetais na indução da
 109 supressividade da podridão radicular da mandioca durante os ciclos de cultivo.

Tratamento ¹	Cultivo			
	1°	2°	3°	4°
1	PO	PO	PO	PO
2	PO	PO	MA	MA
3	PO	MA	MA	MA
4	PO	MA	PO	MA
5	FC	MA	FC	MA
6	FP	MA	FP	MA
7	CO	MA	CO	MA
8	AM	MA	AM	MA
9	MI	MA	MI	MA
10	AP	MA	AP	MA
11	MA	MA	MA	MA

110 ¹PO = pousio; MA= mandioca; FC= feijão caupi; FP= feijão de porco; MI= milho, CO= crotalaria ocreleuca;

111 AP= aveia preta; AM= amendoim.

112 2.1 Preparação do inóculo e infestação do solo

113 Foram utilizados isolados de patógenos de podridão seca (*Fusarium oxysporum*, *F. equiseti*, *Fusarium*
114 *verticillioides*, *Fusarium solani*, *Fusarium lateritium*, *Fusarium chlamydosporum* e patógenos de podridão
115 negra (*Lasiodiplodia theobromae*, *Neoscytalidium dimidiatum*) todos proveniente da micoteca do laboratório
116 de Fitopatologia da Embrapa Mandioca e Fruticultura.

117 Os isolados foram repicados para meio de cultivo batata-dextrose-ágar (BDA) em placas de Petri e
118 mantidos em estufas tipo B.O.D à temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, e fotoperíodo de 12h por sete dias. Em seguida,
119 realizou-se as suspensões de esporos a partir do uso de 10 mL de água destilada esterilizada no meio com
120 colônias de isolados específicos, e para liberação de conídios utilizou escova macia. Essa suspensão foi obtida
121 pela filtração em dupla camada de gaze.

122 Para o preparo da fonte de inóculo foi utilizado 500 g de arroz, acondicionados em sacos plásticos
123 transparentes e autoclavados a 120°C , por 25 minutos e resfriamento a temperatura ambiente durante 24 horas,
124 após esse período adicionou-se 20 mL da suspensão de esporos de cada isolado no substrato. Para promover o
125 crescimento uniforme dos propágulos fúngicos, esse material foi homogeneizado a cada três dias. Quando
126 ocorreu o crescimento total do inóculo no substrato foi feito a inoculação no solo.

127 Na infestação do solo, misturou-se as fontes de inóculo de podridão seca e negra proporcionalmente
128 e em seguida adicionou-se em cada vaso de 8L a quantidade de 200g da fonte de inóculo a 10^6 UFC/g de
129 substrato, seguido da homogeneização do solo e pousio por 15 dias.

130 2.2 Cultivo de mandioca e cobertura vegetal

131 No 1° e 3° ciclos foram cultivados as coberturas vegetais como crotalária oroleuca, aveia preta, feijão
132 de porco, milho, amendoim, feijão caupi, intercaladas com pousios, além da mandioca (BRS Kiriris e BRS
133 Formosa). Enquanto no 2° e 4° ciclos, somente, o plantio das variedades BRS Kiriris e BRS Formosa
134 interpostos com pousios, conforme descritos na Tabela 1.

135 O plantio do 1° ciclo com a cobertura vegetal foi realizado 15 dias após infestação do solo, enquanto
136 o 2° ciclo 15 dias após incorporação da cobertura vegetal, 3° ciclo iniciou após 15 dias da retirada do material
137 de mandioca e o 4° ciclo iniciou após 15 dias de incorporação da cobertura vegetal. Antes do início de cada
138 cultivo foram retiradas amostras de solo para análise química e microbiológica de cada tratamento.

139 Para semear as coberturas vegetais foram postas 5 sementes por vaso, após 15 dias de plantio realizou-
140 se o desbaste deixando 3 plantas por vaso. Quando as coberturas vegetais atingiram o estágio de plena floração

141 (>50% plantas florescendo), os materiais vegetais foram cortados e incorporados ao solo, deixando um
142 intervalo mínimo de 15 dias entre a incorporação e o novo ciclo de cultivo visando a decomposição parcial dos
143 restos de cultura.

144 Antes do plantio das manivas das variedades de mandioca BRS Kiriris, considerada resistente a
145 podridão radicular (Fukuda 2002), e a BRS Formosa considerada suscetível a podridão radicular, foram
146 submetidas ao tratamento com a solução de princípio ativo Cloreto de Benzalcônio (0,5ml/L) para a assepsia
147 do material de propagação na proporção de 10 ml da solução para 20L de água. As manivas foram imersas
148 durante 3 minutos e deixadas para secar durante 24 h a temperatura ambiente, em seguida, plantou-se duas
149 manivas por vaso, conforme o tratamento. Essas plantas foram cultivadas durante 83 dias, no decorrer do
150 cultivo foram feitas avaliações de germinação e severidade da doença e no final do cultivo avaliações de
151 parâmetro agronômicos e de doença.

152 2.3 Parâmetros de germinação, agronômicos e de doença

153 2.3.1 Ciclo de Cultivo 2° e 4°

154 Durante estes ciclos, avaliou-se a germinação durante 30 dias e a avaliação de incidência e sintomas
155 externos ocorreram em intervalos de 7 dias durante todo o ciclo de cultivo por meio de escalas de notas
156 variando de 0 a 4, onde: 0= sem sintoma, 1= amarelecimento e/ou murcha das folhas do terço médio, 2=
157 amarelecimento e/ou murcha das folhas do terço inferior e médio, 3= amarelecimento e/ou murcha das folhas
158 de toda planta, 4= desfolha completa e/ou morte.

159 A avaliação dos parâmetros agronômicos, deu-se ao final do ciclo, as avaliações foram as seguintes:

- 160 a) Número de hastes da planta;
- 161 b) Altura das plantas: medida do solo ao topo superior das plantas, expresso em centímetros;
- 162 c) Vigor da planta usando a seguinte escala: 1 (Ruim), 2 (médio), 3 (bom);
- 163 d) Peso fresco da parte aérea e de raiz, obtido em grama, com auxílio de uma balança analítica;

164 Peso seco da parte aérea e raízes em gramas. Estas foram colocadas em estufa a 55 °C e pesadas por
165 um período de 7 dias, quando atingiu o peso constante.

166 Quanto aos parâmetros referentes as podridões radiculares nas variedades BRS Kiriris e BRS
167 Formosa, considerou:

- 168 I. Sobrevivência das plantas por meio da avaliação qualitativa (sim/ não);
- 169 II. Colonização interna e externa das manivas, avaliadas qualitativamente por presença ou ausência;

170 III. Colonização interna das manivas baseadas em escala de notas: 0= não colonizado, 1=colonização <1/3
171 da área interna da maniva; 2 = colonização $\geq 1/3$ e $< 2/3$ da área interna da maniva; 3 = $\geq 2/3$ da área
172 interna da maniva.

173 2.4 Parâmetro microbiológico e químicos

174 Das análises microbiológicas resultou a quantificação do número de unidades formadoras de colônias
175 (UFC), decorrente da diluição de amostras de solos coletadas de 0-10 cm de cada tratamento. Na diluição foi
176 usado 1 g de solo em tubos de ensaio contendo 9 mL de solução salina esterilizada de $MgCl_2$ a 10 mM,
177 vortexada, efetuando diluições em série de 10^{-1} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , em meios específicos para bactérias totais (BT),
178 bactérias produtoras de endósporos (BPE), bactérias produtoras de sideróforos (BPS), actinobactérias (ACT),
179 Fungos totais e *Trichoderma*. Essas diluições foram em triplicatas e o plaqueamento foi de 100 μL da suspensão
180 nos meios de cultura seletivo.

181 Para quantificação das UFC das bactérias totais e bactérias produtoras de endósporo (BPE) foi usado
182 o meio nutriente ágar (extrato de carne $1,0 g L^{-1}$, extrato de levedura $2,0 g L^{-1}$, peptona $5,0 g L^{-1}$ cloreto de
183 sódio $5,0 g L^{-1}$ Agar $15,0 g L^{-1}$), porém as diluições de BPE foram submetidas a banho maria $80 ^\circ C$ por 20
184 minutos antes do plaqueamento em meio nutriente ágar. Para as Bactérias Produtoras de Sideróforos (BPS)
185 utilizou-se o meio Agar PGS (Lamichhane 2013) constituído de ($10 g L^{-1}$ de proteose, peptona, $20 g L^{-1}$ de
186 gelatina, $20 g L^{-1}$ de sacarose, $1 g L^{-1}$ de K_2HPO_4 , $1 g L^{-1}$ de $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, $15 g L^{-1}$ de Ágar). Já para as
187 Actinobactérias (ACT) foi o meio de extrato de malte ($20 g L^{-1}$ extrato de malte, $20 g L^{-1}$ Ágar). Enquanto, para
188 fungos totais, meio BDA, Batata Dextrose Ágar (infusão da batata $200,0 g L^{-1}$, Glicose $20,0 g L^{-1}$, Agar $17,0 g L^{-1}$
189 ¹). e para *Trichoderma* spp (Promwee et al. 2014), ($15 g$ de ágar; $1 g$ de KH_2PO_4 ; $0,5 g$ de $MgSO_4 \cdot 7H_2O$; $5 g$
190 de peptona; $10 g$ de dextrose; $0,033 g$ de rosa bengala; $0,1 g$ de estreptomicina).

191 As sementeiras das diluições em placas foram feitas com uso de alças drigalski esterilizadas e as
192 placas foram incubadas por 24 h, a $25 \pm 2 ^\circ C$ e $70 \pm 2 \% UR$. As populações bacterianas foram avaliadas após 24
193 h de incubação, enquanto aos fungos após 72 horas. Cada população foi resultante do número médio de colônias
194 em 3 placas sendo expressa em UFC g^{-1} solo.

195 As análises Químicas foram realizadas pelo Laboratório de Análise de Solo, Tecido Vegetal e
196 Fertilizante da Universidade Federal de Viçosa, adotando os procedimentos recomendados para análise
197 segundo, Alvarez e colaboradores (1999). Tais análises foram referentes a pH (H_2O), P, K, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , H
198 + Al, SB, t, T, V, m, MO, P-Rem, Cu, Mn, Fe, Zn.

199 2.5 Análise estatística

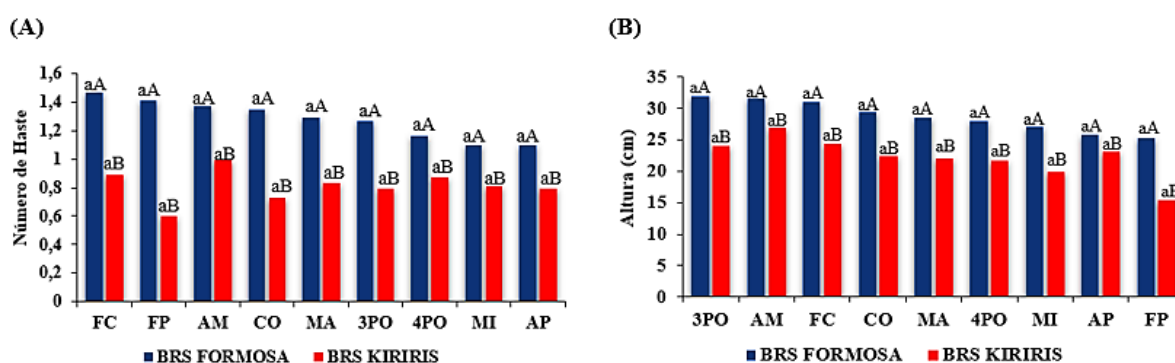
200 Os dados obtidos a partir de escalas de notas arbitrárias foram convertidos em Índice de Doença (%),
 201 proposto por *McKinney* (1923). Os dados relacionados a avaliação de parâmetros agrônômicos e de doença
 202 foram submetidos à análise de variância (ANOVA) em esquema fatorial e após verificação de significância,
 203 realizou-se teste de agrupamentos de médias de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$). Para
 204 análise de componentes principais (PCA) os dados foram transformados a $\log(x+0,0001)$. As análises foram
 205 conduzidas com auxílio do software R versão 4.0.0 (R Development Core Team, 2019), utilizando o pacote
 206 estatístico ExpDes.pt (Ferreira et al., 2018).

207

208 3. Resultados

209 3.1 Avaliação dos parâmetros agrônômicos e de doença no 2º Ciclo de cultivo de Mandioca.

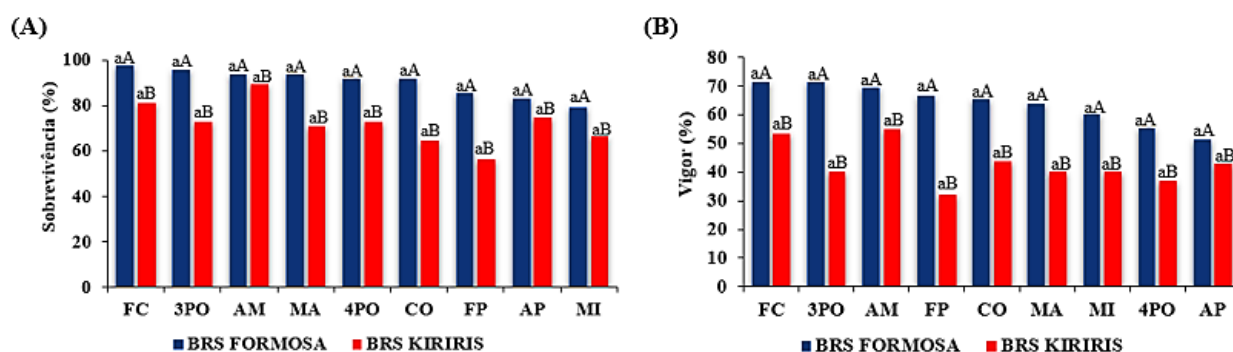
210 No 2º Ciclo de cultivo de mandioca, de acordo com análise ANOVA, não ocorreu efeitos
 211 significativos para os tratamentos, entretanto para as variedades de mandioca houve diferenças significativas
 212 ($p < 0,05$). Sendo que a variedade BRS Formosa, destacou-se nas variáveis quanto a parâmetros agrônômicos,
 213 como maiores quantidade de hastes (1,28) e altura das plantas (28,72 cm). Embora não apresentando diferenças
 214 significativas os tratamentos feijão caupi (1,47), feijão de porco (1,41) e amendoim (1,37) apresentaram mais
 215 hastes (Fig 1 – A) e quanto a altura, nota-se plantas mais altas em 3 PO (PO-MA-MA-MA), amendoim e feijão
 216 de porco com 31,85 cm, 31,47cm, 31,08 cm, respectivamente, (Fig 1 – B).



217 **Fig 1** Valores médios do número de haste (A) e altura (B) das variedades de mandioca BRS Formosa e BRS
 218 Kiriris, após a incorporação das coberturas vegetais: amendoim (AM), feijão de porco (FP), feijão caupi (FC),
 219 aveia preta (AP), crotalária (CO), milho (MI), mandioca (MA), e pousios, 3PO (PO-MA-MA-MA), 4PO (PO-
 220 MA-PO-MA). Médias seguidas pela mesma letra minúscula (comparam os tratamentos em nível de 5% de

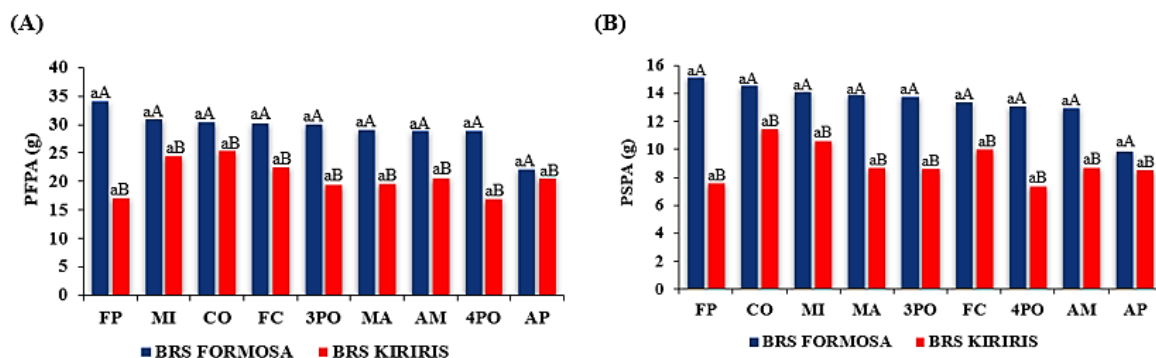
221 probabilidade) e maiúscula (comparam as variedades em nível de 5% de probabilidade) pertencem ao mesmo
 222 grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

223 As plantas com valores superiores as variáveis como sobrevivência e vigor foram alcançadas pela
 224 variedade BRS Formosa com 90,27% e 63,96% de plantas sobreviventes e vigorosas, respectivamente (Fig 2
 225 – A e B). Apesar dos tratamentos não serem significativos é visualizado nas figuras que feijão caupi (97,91%
 226 - 71,52%), 3PO (95,83% - 71,52%), amendoim (93,75% - 69,44%) foram os com maiores valores médios a
 227 sobrevivência e vigor, respectivamente.



228
 229 **Fig 2** Média de sobrevivência (A) e vigor (B) das plantas de BRS Formosa e BRS Kiriris, após incorporação
 230 dos tratamentos: amendoim (AM), feijão de porco (FP), feijão caupi (FC), aveia preta (AP), crotalária (CO),
 231 milho (MI), mandioca (MA), e pousios, 3PO (PO-MA-MA-MA), 4PO (PO-MA-PO-MA). Médias seguidas
 232 pela mesma letra minúscula (comparam os tratamentos em nível de 5% de probabilidade) e maiúscula
 233 (comparam as variedades em nível de 5% de probabilidade) pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-
 234 Knott ($p < 0,05$).

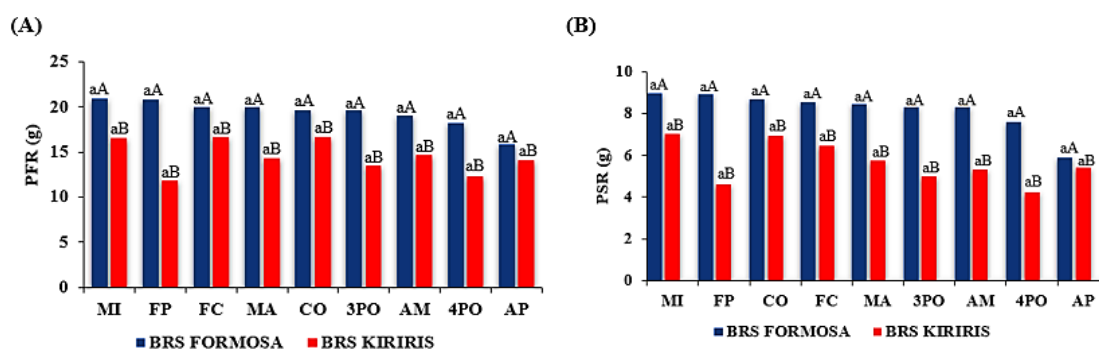
235 Quanto ao peso fresco e seco da parte aérea (g) das variedades de mandioca intercaladas com
 236 coberturas vegetais, observou-se diferença significativa para variedade BRS Formosa. Ainda que não tenha
 237 ocorrido diferença significativa aos tratamentos, a cobertura vegetal feijão de porco tanto na pesagem do PFFPA
 238 (34,06g) e PSPA (15,17g), resultou em plantas com mais pesos para essas variável (Fig 3 – A e B).



239 **Fig 3** Peso fresco e seco da parte aérea (A, B), respectivamente, das diferentes variedades intercaladas com
 240 tratamentos amendoim (AM), feijão de porco (FP), feijão caupi (FC), aveia preta (AP), crotalária (CO), milho
 241 (MI), mandioca (MA), e pousios, 3PO (PO-MA-MA-MA), 4PO (PO-MA-PO-MA). Médias seguidas pela
 242 mesma letra minúscula (comparam os tratamentos em nível de 5% de probabilidade) e maiúscula (comparam
 243 as variedades em nível de 5% de probabilidade) pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

244 Seguindo o mesmo comportamento a BRS Formosa apresentou diferença significativa tanto ao peso
 245 fresco (19,32g) como peso seco da raiz (8,1g). Os tratamentos como milho e feijão de porco, embora não sendo
 246 significativos, apresentaram maiores valores médios ao PFR (20,86g, 20,75g) e PSR (8,96g, 8,92g),
 247 respectivamente, (Figura 4 – A e B).

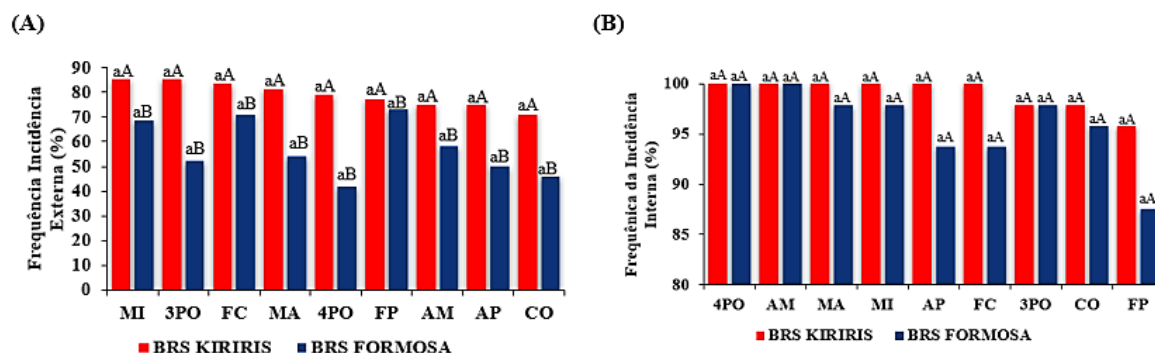
248



249 **Fig 4** Peso fresco (A) e seco (B) das raízes, após incorporação de coberturas vegetais amendoim (AM), feijão
 250 de porco (FP), feijão caupi (FC), aveia preta (AP), crotalária (CO), milho (MI), mandioca (MA), e pousios,
 251 3PO (PO-MA-MA-MA), 4PO (PO-MA-PO-MA). Médias seguidas pela mesma letra minúscula (comparam
 252 os tratamentos em nível de 5% de probabilidade) e maiúscula (comparam as variedades em nível de 5% de
 253 probabilidade) pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

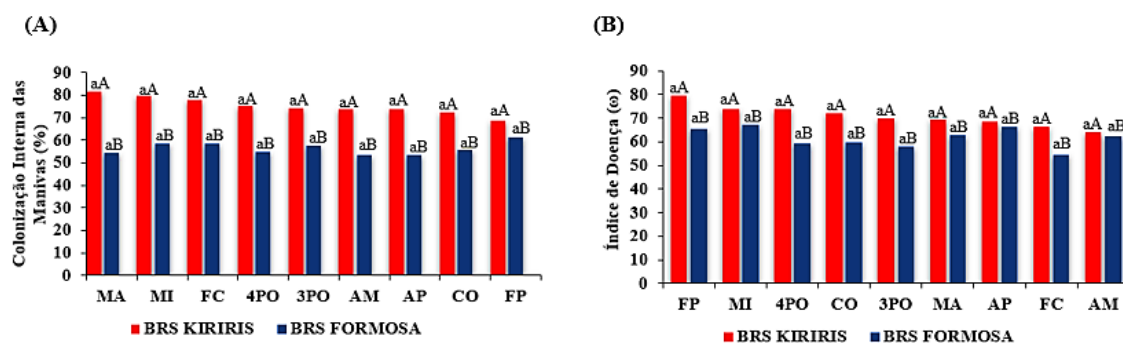
254
 255 Considerando a frequência de incidência externa dos patógenos radiculares sob as
 256 manivas de diferentes variedades, verificou-se que a BRS Kiriris obteve diferença

257 significativa, sendo seu material de propagação mais presentes por patógenos radiculares,
 258 com frequência de incidência externa de (79,16%) (Fig 5 – A). Enquanto a frequência de
 259 incidência interna não houve diferença significativa para tratamentos e variedades (Fig 5 –
 260 B).



261 **Fig 5** Frequência da incidência externa sob as manivas (A) e frequência da incidência interna (B), nas
 262 variedades BRS Kiriris e BRS Formosa, intercaladas com os tratamentos, amendoim (AM), feijão de porco
 263 (FP), feijão caupi (FC), aveia preta (AP), crotalária (CO), milho (MI), mandioca (MA), e pousios; 3PO (PO-
 264 MA-MA-MA), 4PO (PO-MA-PO-MA). Médias seguidas pela mesma letra minúscula (comparam os
 265 tratamentos em nível de 5% de probabilidade) e maiúscula (comparam as variedades em nível de 5% de
 266 probabilidade) pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).
 267

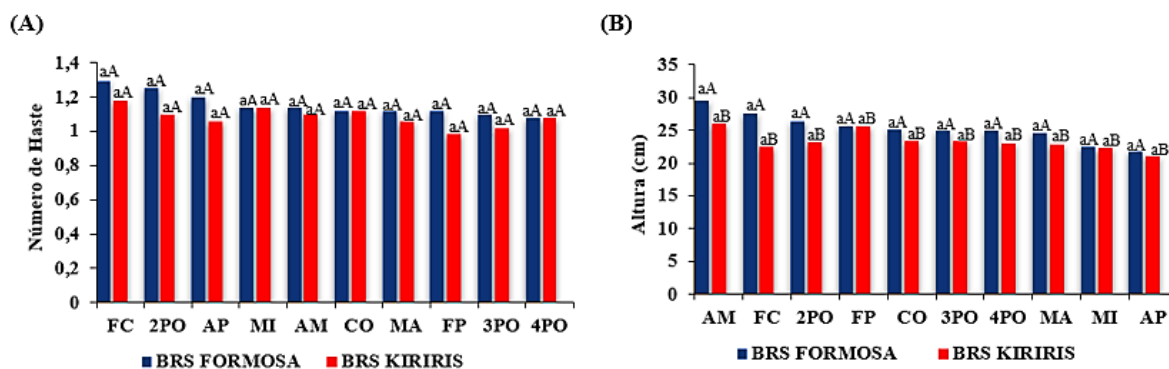
268 Quanto a colonização interna das manivas e índice de doença (ω) a variedade BRS Kiriris, destaca-se
 269 em nível de colonização de patógenos (75,14%) e sintomas da doença (70,83%). Apesar dos tratamentos não
 270 serem significativos para essas variáveis, os valores médios mostram que quanto a colonização interna das
 271 manivas, os tratamentos como mandioca (81,4%), milho (79,85%), feijão caupi (77,75) e 4 PO (74,99%), 3PO
 272 (74,3%), obtiveram mais presença de patógenos internamente colonizando as manivas. Enquanto ao índice de
 273 doença a intercalação da mandioca com feijão caupi (54,68%) e amendoim (62,49%), apresentaram valores
 274 mais baixos de doença.



275 **Fig 6** Valores médios da porcentagem de colonização interna (A) e índice de doença (B) nas variedades BRS
 276 Kiriris e BRS Formosa, intercaladas com os tratamentos amendoim (AM), feijão de porco (FP), feijão caupi
 277 (FC), aveia preta (AP), crotalária (CO), milho (MI), mandioca (MA), e pousios, 3PO (PO-MA-MA-MA), 4PO
 278 (PO-MA-PO-MA). Médias seguidas pela mesma letra minúscula (comparam os tratamentos em nível de 5%
 279 de probabilidade) e maiúscula (comparam as variedades em nível de 5% de probabilidade) pertencem ao
 280 mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

281 3.2 Avaliação dos parâmetros agrônômicos e de doença no 4º Ciclo de cultivo de Mandioca.

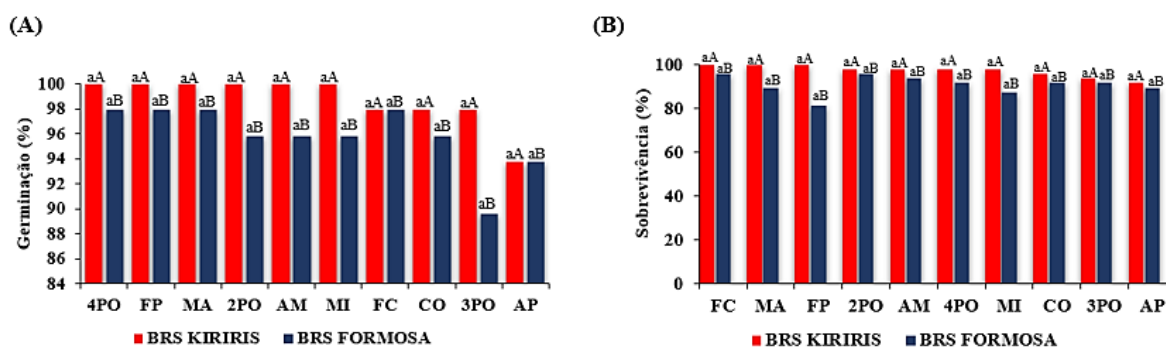
282 No 4º ciclo de cultivo de mandioca ocorreu diferenças significativas pelo teste de Scott-Knott (p
 283 $< 0,05$), tanto em tratamentos como variedades e interação desses fatores para algumas variáveis. Entretanto,
 284 para variável número de haste não houve interação de nenhum dos fatores (Fig 7 – A). Porém, para a altura
 285 houve diferenças significativas para as variedades, sendo a BRS Formosa que obteve plantas mais altas.
 286 Embora não tenha ocorrido diferenças significativas para os tratamentos, observa-se na figura (Fig-B), que
 287 com os tratamentos amendoim (29,52 cm), feijão caupi (27,62cm), 2 Po (26,43 cm) e feijão de porco (25,66cm)
 288 as plantas de BRS Formosa apresentaram maiores alturas.



289 **Fig 7** Valores médios do número de haste (A) e altura (B) das plantas de BRS Formosa e BRS Kiriris quando
 290 intercaladas com os tratamentos: amendoim (AM), feijão de porco (FP), feijão caupi (FC), aveia preta (AP),

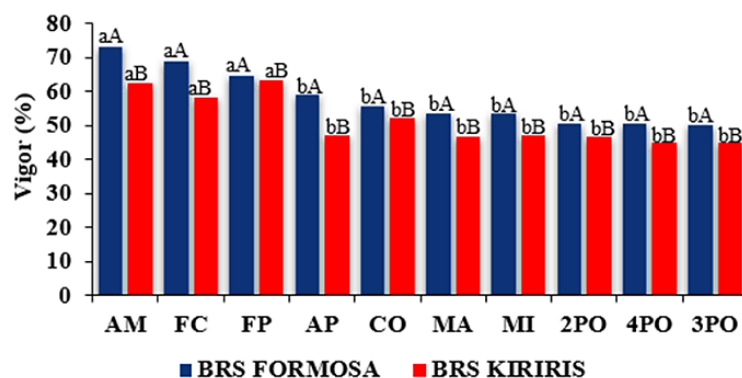
291 crotalária (CO), milho (MI), mandioca (MA), e pousios; 2PO (PO-PO-MA-MA), 3PO (PO-MA-MA-MA),
 292 4PO (PO-MA-PO-MA). Médias seguidas pela mesma letra minúscula (comparam os tratamentos em nível de
 293 5% de probabilidade) e maiúscula (comparam as variedades em nível de 5% de probabilidade) pertencem ao
 294 mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

295 Enquanto a germinação e sobrevivência das plantas, verificou-se diferença significativa entre as
 296 variedades, sendo que a BRS Kiriris, destacou-se nessas variáveis com 99% e 97,29%, respectivamente.
 297 Apesar de não ocorrer diferença significativa entre os tratamentos é visível na imagem que para ambas variáveis
 298 para variedade BRS Kiriris, no tratamento aveia preta houve menores valores de germinação (93,75%) e
 299 sobrevivência (91,66%), (Fig 8 – A e B).



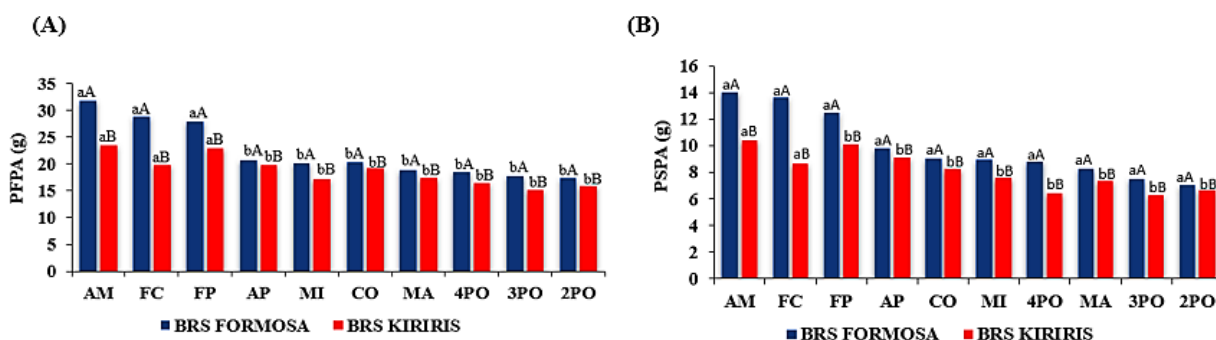
300 **Fig 8** Valores médios da porcentagem de germinação (A), sobrevivência (B), das variedades BRS Formosa e
 301 BRS Kiriris após o plantio e incorporação de amendoim (AM), feijão de porco (FP), feijão caupi (FC), aveia
 302 preta (AP), crotalária (CO), milho (MI), mandioca (MA), e pousios: 2PO (PO-PO-MA-MA), 3PO (PO-MA-
 303 MA-MA), 4PO (PO-MA-PO-MA). Médias seguidas pela mesma letra minúscula (comparam os tratamentos
 304 em nível de 5% de probabilidade) e maiúscula (comparam as variedades em nível de 5% de probabilidade)
 305 pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

306 Considerando o vigor das plantas houve diferença entre as variedades e nos tratamentos, sendo que a
 307 variedade BRS Formosa apresentou mais vigor (57,91%), e entre os tratamentos das coberturas vegetais
 308 intercaladas com a mandioca, os que melhores apresentaram desempenho quanto essa variável foi amendoim
 309 (72,91%), feijão caupi (68,74%) e feijão de porco (64,57%) (Fig 9).



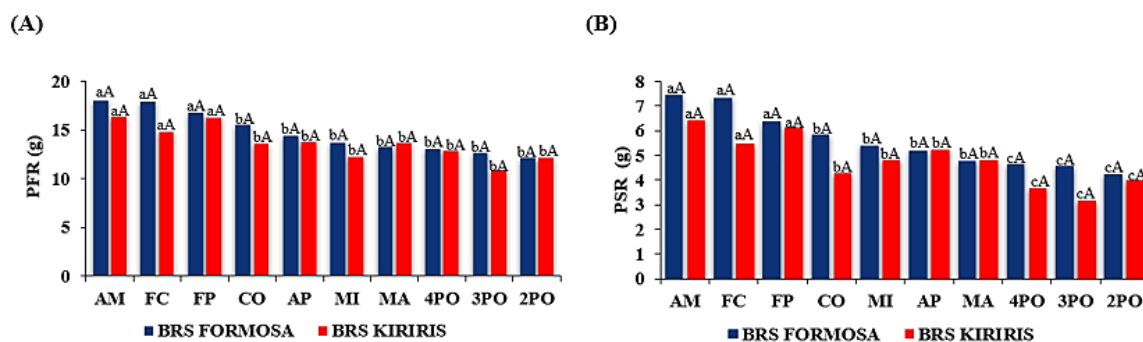
310 **Fig 9** Valores médios da porcentagem de vigor (%) das variedades BRS Formosa e BRS Kiriris quando
 311 intercaladas com os tratamentos amendoim (AM), feijão de porco (FP), feijão caupi (FC), aveia preta (AP),
 312 crotalária (CO), milho (MI), mandioca (MA), e pousios: 2PO (PO-PO-MA-MA), 3PO (PO-MA-MA-MA),
 313 4PO (PO-MA-PO-MA). Médias seguidas pela mesma letra minúscula (comparam os tratamentos em nível de
 314 5% de probabilidade) e maiúscula (comparam as variedades em nível de 5% de probabilidade) pertencem ao
 315 mesmo grupo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

316 No peso fresco e seco (g) da parte área das variedades de mandioca, houve diferença significativa,
 317 tanto para variedades como para tratamentos, sendo que a BRS Formosa apresentou maior PFPA (22,11g) e
 318 PSPA (9,86g). Enquanto aos tratamentos as coberturas vegetais amendoim (31,80g – 13,97g), feijão caupi
 319 (28,85g – 13,65g) e feijão de porco (27,96g – 12,47g), apresentaram maiores valores ao PFPA e PSPA,
 320 respectivamente, (Fig 10 – A e B).



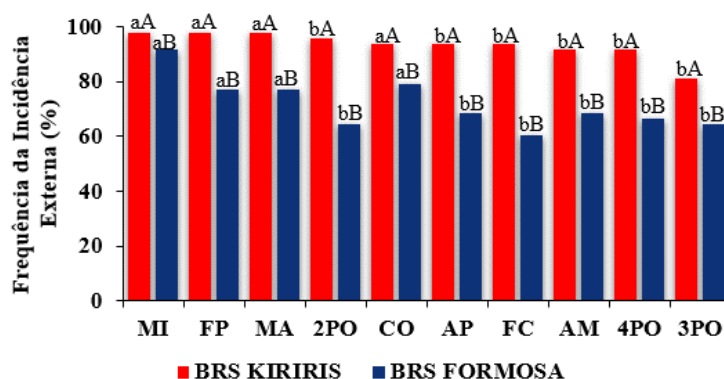
321 **Fig 10** Peso fresco (A) e seco (B) da parte aérea, respectivamente das variedades BRS Formosa e BRS Kiriris
 322 após a intercalação de culturas como amendoim (AM), feijão de porco (FP), feijão caupi (FC), aveia preta
 323 (AP), crotalária (CO), milho (MI), mandioca (MA), e pousios; 2PO (PO-PO-MA-MA), 3PO (PO-MA-MA-
 324 MA), 4PO (PO-MA-PO-MA). Médias seguidas pela mesma letra minúscula (comparam os tratamentos em
 325 nível de 5% de probabilidade) e maiúscula (comparam as variedades em nível de 5% de probabilidade)
 326 pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

327 E para o peso fresco e seco das raízes (g), houve diferença significativa somente para tratamentos.
 328 Desse modo as coberturas vegetais com valores médios mais superiores a esses parâmetros foram: amendoim
 329 (18,01g – 7,45g), feijão caupi (17,84g – 7,33g) e feijão de porco (16,76g – 6,36g) para PFR e PSR,
 330 respectivamente, (Fig 11 – A e B).



331 **Fig 11** Peso fresco e seco (g) das raízes (A, B), respectivamente, das variedades BRS Formosa e BRS Kiriris,
 332 após a intercalação de culturas como amendoim (AM), feijão de porco (FP), feijão caupi (FC), aveia preta
 333 (AP), crotalária (CO), milho (MI), mandioca (MA), e pousios; 2PO (PO-PO-MA-MA), 3PO (PO-MA-MA-
 334 MA), 4PO (PO-MA-PO-MA). Médias seguidas pela mesma letra minúscula (comparam os tratamentos em
 335 nível de 5% de probabilidade) e maiúscula (comparam as variedades em nível de 5% de probabilidade
 336 pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$)).

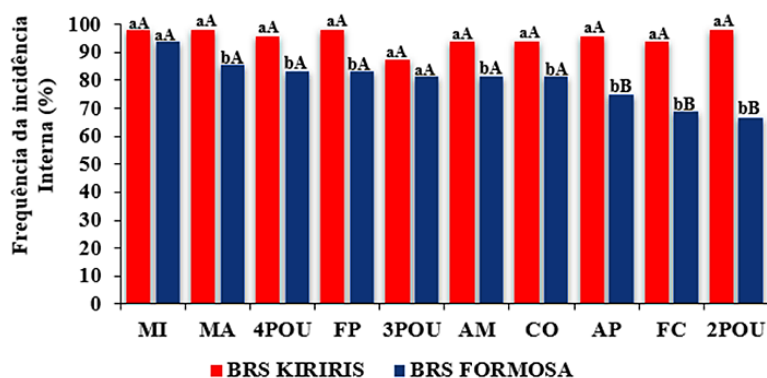
337 A frequência de incidência externa dos patógenos radiculares sob as manivas, demonstrou diferenças
 338 significativas tanto a variedade como ao tratamento. Sendo que as manivas de BRS Kiriris apresentaram
 339 maiores frequência externa de patógenos 93,54% enquanto a BRS Formosa 72,70%. Entre os tratamentos com
 340 mais presença de patógenos externamente no material de propagação foram milho, feijão de porco e mandioca,
 341 apresentando 97,91% de frequência de incidência externa de patógenos sob as manivas (Fig 12).



342 **Fig 12** Frequência da incidência externa de patógenos radiculares sob as manivas de BRS Kiriris e BRS
 343 Formosa quando intercaladas com o cultivo de amendoim (AM), feijão de porco (FP), feijão caupi (FC), aveia

344 preta (AP), crotalária (CO), milho (MI), mandioca (MA), e pousios; 2PO (PO-PO-MA-MA), 3PO (PO-MA-
 345 MA-MA), 4PO (PO-MA-PO-MA). Médias seguidas pela mesma letra minúscula (comparam os tratamentos
 346 em nível de 5% de probabilidade) e maiúscula (comparam as variedades em nível de 5% de probabilidade)
 347 pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

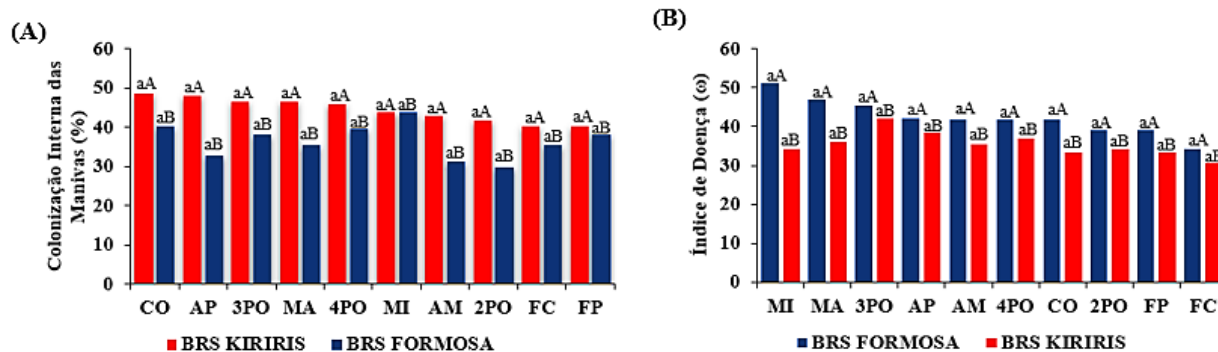
348 Enquanto, a frequência de incidência interna dos patógenos de podridões radiculares de mandioca, a
 349 BRS Kiriris apresentou maior incidência desses microrganismos. Sendo que comparando as variedades dentro
 350 de cada tratamento, a mandioca (97,91%), 4Po (95,83%), Feijão de porco (97,91%), amendoim (93,75%),
 351 crotalária (93,75%), aveia preta (95,83%), feijão caupi (93,75%) e 2 PO (97,91%) apresentaram diferenças
 352 significativas, tornando a BRS Kiriris mais infestada por patógenos nesses tratamentos. Por outro lado, os
 353 tratamentos aveia preta, feijão caupi e 2PO (74,99%, 68,75, 66,66%) apresentaram diferenças significativas
 354 quando comparado os tratamentos dentro do nível variedade, sendo os tratamentos com menores presença de
 355 patógenos dentro das manivas de BRS Formosa (Fig 13).



356 **Fig 13** Frequência da incidência interna de patógenos radiculares nas manivas de BRS Kiriris e BRS Formosa,
 357 intercaladas com o cultivo de de amendoim (AM), feijão de porco (FP), feijão caupi (FC), aveia preta (AP),
 358 crotalária (CO), milho (MI), mandioca (MA), e pousios; 2PO (PO-PO-MA-MA), 3PO (PO-MA-MA-MA),
 359 4PO (PO-MA-PO-MA). Médias seguidas pela mesma letra minúscula (comparam as variedades dentro do nível
 360 tratamento) e maiúscula (comparam os tratamentos dentro de nível variedade) pertencem ao mesmo grupo pelo
 361 teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

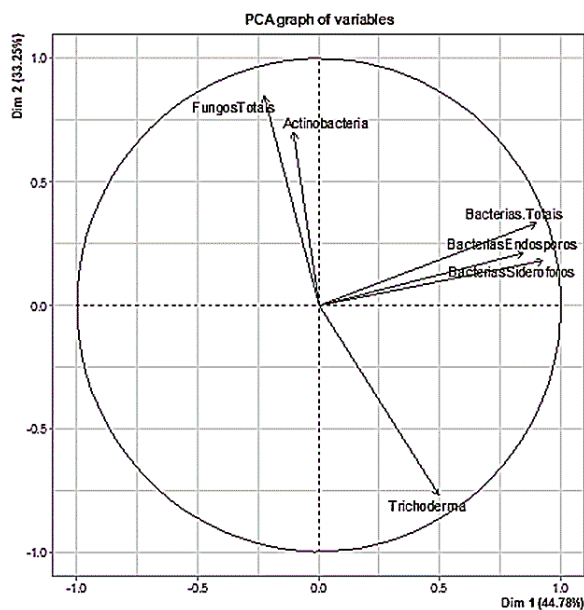
362 Considerando a colonização interna das manivas (%) e índice de doença (ω), somente, existiu
 363 diferenças significativas entre variedades, sendo que a BRS Kiriris, obteve maior colonização por patógenos
 364 radiculares (43,60%), entretanto a BRS Formosa apresentou maior índice de doença (42,29%) quando
 365 comparada a BRS Kiriris (35,21%). Embora, não tenha ocorrido diferenças significativas entre os tratamentos

366 para essas variáveis, através dos valores médios é observado que o tratamentos CO (48,6%), AP (47,92%),
 367 3PO (46,52%), MA (46,52%), 4PO (45,83) e MI (43,74%) foram os mais colonizados e os menos colonizados
 368 foram feijão caupi(35,425) e feijão caupi (38,19). Quanto ao índice de doença (ω), os tratamentos MI (51,04%),
 369 MA (46,87%), 3 PO (45,31%), AP 942,18%), obtiveram mais sintomas da doença, enquanto feijão de porco
 370 (33,33%) e feijão caupi (30,73%) apresentaram menos sintomas, baseados na observação dos valores médios
 371 (Fig 14).



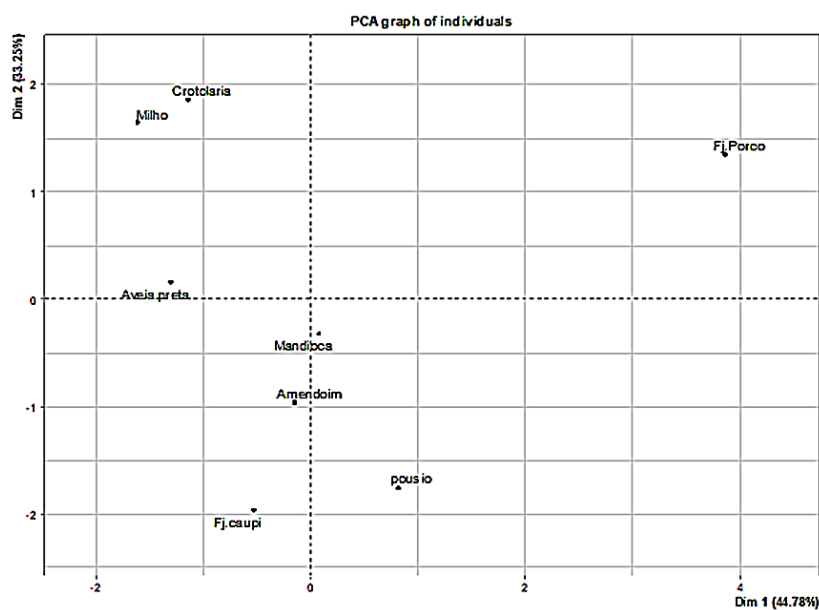
372 **Fig 14** Valores médios da porcentagem de colonização interna (A) e índice de doença (B) nas variedades BRS
 373 Kiriris e BRS Formosa, intercaladas com os tratamentos amendoim (AM), feijão de porco (FP), feijão caupi
 374 (FC), aveia preta (AP), crotalária (CO), milho (MI), mandioca (MA), e pousios, 2PO (PO-PO-MA-MA), 3PO
 375 (PO-MA-MA-MA), 4PO (PO-MA-PO-MA). Médias seguidas pela mesma letra minúscula (comparam os
 376 tratamentos em nível de 5% de probabilidade) e maiúscula (comparam as variedades em nível de 5% de
 377 probabilidade) pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

378 A análise de componentes principais considerou dois fatores por serem os mais representativos nas
 379 análises dos dados, cujos os componentes principais '1' e '2' explicaram 44,78% e 33,25% respectivamente
 380 da variabilidade dos mesmos, permitindo-se, portanto, explicar 78,03% da variação total. Comparando o
 381 gráfico com atributos microbiológicos (fig 9) com o gráfico com atributos de cobertura vegetal, mandioca e
 382 pousio (fig 10), indicaram que a cobertura vegetal feijão de porco foi capaz de promover alterações
 383 significativas nas populações de BT, BPE e BPS.



384

385 **Fig 15** Diagrama de projeção do vetor dos atributos microbianos como Bactérias totais (BT), Bactérias
 386 produtoras de endósporos (BPE), Bactérias produtoras de siderofóros (BPS), Actinobactérias (ACT), Fungos
 387 totais (FT), *Trichoderma*.



388

389 **Fig 16** Diagrama de ordenação das diferentes coberturas vegetais (Feijão caupi, feijão de porco, amendoim,
 390 crotalária, aveia preta, milho), além de mandioca e pousio.

391

392 4. Discussão

393

394

A incorporação de coberturas vegetais em consorciação tendem a induzir supressividade do solo quanto a podridão radicular da mandioca (Barros et al. 2014; Medeiros et al. 2019). Deste modo, foram

395 observados resultados positivos no 4° ciclo de cultivo de mandioca a tratamentos que se destacaram devido a
396 melhores características agrônômicas e redução da incidência de patógenos no material de propagação.

397 Entre um dos principais métodos para manejar doenças fúngicas está o uso de hospedeiros resistentes
398 (Abawi e Widmer 2000). Por isso ter o conhecimento sobre as características agrícolas das variedades é
399 essencial ao combate de patógenos radiculares. Neste trabalho usou-se duas variedades divergentes quanto ao
400 modo de resistência a podridão radicular. Conforme, Boas et al. (2016) a variedade BRS Formosa comporta-
401 se como moderadamente resistente a casca e moderadamente suscetível aos sintomas na polpa. Em contradição
402 a BRS Kiriris que é considerada resistente a podridão radicular em campo (Fukuda 2002) foi considerada
403 moderadamente suscetível (casca) e moderadamente resistente (polpa). Isto levou o questionamento que a
404 cultivar BRS Kiriris poderia ter maior suscetibilidade a podridão radicular quando causada por *Fusarium*, isso
405 pode ser uma das causas que teve como efeito a suscetibilidade as podridões radiculares nesse experimento.

406 Além disso, os dados quanto a suscetibilidade da BRS Kiriris, principalmente no 2° ciclo de cultivo,
407 assemelham -se com resultados encontrados por Santiago et al., (2018) que ao utilizar solo infestados com
408 isolados de podridão seca culminou no aparecimento de sintomas e morte dessas plantas, agrupando-a nas
409 variedades mais suscetíveis. Porém no 4° ciclo de cultivo, apesar de apresentar mais colonização por patógenos
410 conseguiu apresentar menos sintomas de doença, conseqüentemente, menor índice de doença. Essas diferenças
411 quanto a resistência de diferentes variedades podem estar associada a barreiras pré -formadas que impedem a
412 penetração de patógenos através de compostos bioquímicos e estruturais (Prusky e Keen 1993). Isso poderia
413 explicar por que a BRS Kiriris que é considerada resistente a podridão radicular em campo comportou-se como
414 variedade suscetível em alguns ambientes (Oliveira et al. 2013).

415 Enquanto, a variedade BRS Formosa é caracterizada por apresentar resistência a bacteriose e
416 resistência a seca, com boas características agrônômicas (de Almeida et al. 2009), entretanto não é considerada
417 uma das variedades com genótipo de resistência a podridão radicular, porém em avaliações de diferentes formas
418 de inoculação de podridões radiculares, esta variedade pertenceu ao grupo de variedades com maior resistência
419 a podridão radicular seca e a podridão radicular negra (Santiago et al. 2017). Neste estudo apresentou bons
420 resultados em parâmetro agrônômicos no 2° e 4° ciclo de cultivo, entretanto neste último ciclo apresentou maior
421 índice de doença, porém conseguiu ter plantas com melhor vigor, altura, PFPA e PSPA.

422 A qualidade e a quantidade de resíduo tanto da cultura hospedeira como da cultura não hospedeira
423 podem influenciar o crescimento da população de patógenos, a esporulação e a sobrevivência através da
424 liberação de compostos fungistático, durante o processo de decomposição ou fornecer substratos para

425 alimentação dos agentes patogênicos (Bailey e Lazarovits 2003). Por isso a seleção de culturas é importante
426 para o manejo eficiente da doença pois algumas culturas usadas para este fim podem aumentar a gravidade da
427 doença (Mazzola et al. 2001; Pérez-Piqueres et al. 2006) como ocorreu com o tratamento milho que apresentou
428 maiores frequências de incidência interna e externa nas manivas.

429 O cultivo do milho é frequente em monocultura gerando aumento da incidência de populações de
430 patógenos, e no presente estudo ele apresentou esta atitude, corroborando com os resultados encontrado por
431 Awoyemi et al. (2016) em que a consorciação do milho com a mandioca não possui potencial de manejo no
432 desenvolvimento da podridão radicular.

433 Por conseguinte, deve-se considerar os fatores que são influentes na seleção de culturas que afetam a
434 qualidade e quantidade de resíduos incorporados ou deixados sob o solo, são: sequência de cultivo e a
435 periodicidade da rotação de culturas (ciclos curtos X ciclos longos) e o manejo da cultura (pousio, arado etc).
436 Pois ao testar o tratamento (MA-MA-MA-MA), houve maiores frequência de incidência externa de patógenos
437 no material de propagação. Pois as doenças de raiz, são predominantes quando as culturas suscetíveis são
438 usadas em uma sequência gerando o acúmulo de altas densidades populacionais de patógenos de planta (Abawi
439 e Widmer 2000).

440 Os resultados confirmam a necessidade de manejo como rotação de culturas com o consórcio para
441 diminuição da severidade, pois quando se compara aos solos de monocultura, nota-se que devido a diversidade
442 de plantas usadas em consorciação, sucessão, ocorre uma liberação de diferentes exsudatos no solo o que pode
443 atrair maior número e diversidade de microrganismos envolvidos na supressão do solo (Friberg, Lagerlof e
444 Ramert, 2005). Além disso tanto esse manejo como os pousios podem diminuir a densidade do inóculo do
445 patógeno no solo, reduzindo sua capacidade de sobrevivência, privando o patógeno de seu hospedeiro. Apesar
446 dos tratamentos com pousio não apresentarem características para supressividade do solo.

447 Os tratamentos feijão de porco, feijão caupi e amendoim que foram intercalados com as variedades
448 de mandioca apresentaram os melhores parâmetros agrônômicos relacionados ao vigor, PFPA, PSPA, PFR,
449 PSR. Essas coberturas vegetais são conhecidas como leguminosas caracterizadas pela baixa relação C/N e,
450 por isso, são facilmente decompostos pelos microrganismos, o que resulta rápida liberação de nutrientes e
451 melhora a estrutura do solo (Martens e Entz 2011) resíduos de culturas com baixa relação C/N foram muito
452 eficazes no controle de alguns fungos como *Verticillium* spp., *T. basicola* e *Phytophthora* spp. (Candole e
453 Rothrock 1997; Bonanomi et al. 2007). Estes compostos ricos em nitrogênio podem reduzir doenças

454 transmitidas pelo solo, pois liberam aleloquímicos tóxicos ou inibitórios durante a decomposição microbiana,
455 estimulando populações antagonistas presentes no solo (Bailey e Iazarovits 2003).

456 Os demais tratamentos como milho, crotalária, mandioca, aveia preta e pousios, apesar de não
457 apresentarem valores significativos aos parâmetros agrônômicos, revelam-se mais com características de
458 culturas conduzidas. Esse efeito negativo é frequentemente associado ao aumento dos inóculos patogênicos e
459 oomicetos, pois esses materiais incorporados forneceram substratos para o crescimento saprofítico dos
460 fitopatógenos (Bonanomi et al. 2007; Manici et al. 2004). Além disso resíduos vegetais não compactados
461 apresentam maior fitotoxicidade. Em uma revisão feita por Bonanomi et al. (2007), pesquisando diversos
462 trabalhos envolvendo a fitotoxicidade causadas pelo uso de resíduos de cultura, encontrou que resíduos de cultura
463 causavam bem mais fitotoxicidade do que resíduos orgânicos, compostos e turfa. E que este tipo de material foi
464 supressivo em 45% dos casos estudados mas aumentou a doença em 28% e a população dos patógenos em 34%
465 dos casos (Bonanomi et al. 2007).

466 Kasuya et al. (2006), identificou o resíduo da cultura de amendoim aumentavam a atividade fúngica
467 e isto induziu a supressividade do solo contra *Rhizoctonia solani*. No atual estudo possui características
468 agrônômicas superiores aos demais tratamentos, possivelmente pode ser utilizado em consorciação com a
469 mandioca, porém é necessário mais teste para comprovar seu efeito supressivo.

470 Em estudos com diferentes coberturas vegetais, Barros et al. (2014), constatou que o consórcio feijão
471 caupi e milho foi o mais eficiente na supressão contra a podridão radicular causada por *Fusarium solani*.
472 Enquanto, Medeiros et al. (2019) demonstrou que solos consorciados apresentam maior capacidade de suprimir
473 a podridão negra do que a monocultura. Tanto Barros et al (2014) e Medeiros et al (2019), cultivaram a planta
474 feijão caupi como um dos melhores para cultivar consorciados a mandioca, confirmando os resultados positivos
475 quanto aos efeitos nas características agrônômicas e na redução de incidência de patógenos sobre as manivas,
476 comportando-se como possível cultura que poderá ser usada em consorciação a mandioca. Vale salientar que
477 as atuais pesquisas envolvendo coberturas vegetais a supressividade do solo contra a podridão radicular da
478 mandioca são designadas a um patógeno específico, enquanto o presente estudo é o efeito sobre um complexo
479 de diferentes patógenos tanto de podridão radicular seca como negra. Logo, a reação dos microrganismos serão
480 diferentes ao efeito da incorporação das coberturas vegetais, pois uns se beneficiarão enquanto outros não,
481 isso poderá causar a redução parcial da doença.

482 Nas avaliações da análise do componente principal relacionando os atributos microbiológicos:
483 bactérias totais (BT), bactérias produtoras de endósporo (BPE), bactérias produtoras de sideróforos (BPS),

484 actinobactérias (ACT), fungos totais (FT), *trichoderma*. O tratamento feijão de porco (FP) apresentou a maior
485 população de BT, BPE, BPE, que são consideradas como parâmetros de supressividade (Bettiol e Ghini, 2005).
486 Porém fatores responsáveis pela supressividade em um determinado solo, podem não ser significativos em
487 outros solos, confirmando as observações de (Arshad & Martin 2002, Assunção et al., 2003, Alvarado et al.
488 2007).

489 É constatado que a manipulação do solo para indução da supressividade seja através de manejo
490 químico, físico e biológico podem acelerar ou retardar o desenvolvimento ou crescimento e sobrevivência de
491 patógenos radiculares ou estimular ou inibir a doença (Bettiol e Ghini, 2005). Neste estudo as populações
492 microbianas não evidenciaram uma relação consistente com os níveis de supressividade do solo, embora seja
493 considerado um dos fatores determinantes na supressividade do solo as podridões radiculares (Hornby et al.
494 1983; Assunção et al., 2002). Novas análises de correlação de parâmetros microbiológicos e químicos devem
495 ser realizados visto que a supressividade do solo precisa da integração de vários fatores bióticos e abióticos do
496 solo.

497

498 **5. Agradecimentos**

499 Agradeço a Fundação de Amparo à pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), pelo apoio financeiro, a Embrapa
500 Mandioca e Fruticultura pela infra-estrutura para desenvolvimento do trabalho e a Universidade Federal do
501 Recôncavo da Bahia pelo curso ofertado.

502 **6. Referências**

503 Abawi, G. S., & Widmer, T. L. (2000). Impact of soil health management practices on soilborne pathogens,
504 nematodes and root diseases of vegetable crops. *Applied soil ecology*, 15(1), 37-47.
505 [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(00\)00070-6](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(00)00070-6)

506 Alvarado, I. D., Michereff, S. J., Mariano, R. L., Silva, A. M., & Nascimento, C. W. (2007). Caracterização de
507 solos de Pernambuco quanto à supressividade a *Pectobacterium carotovorum* subsp.
508 *carotovorum*. *Fitopatologia Brasileira*, 32(3), 222-228. <https://doi.org/10.1590/S0100-41582007000300006>

509 Arshad, M. A., & Martin, S. (2002). Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-
510 ecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 88(2), 153-160. [https://doi.org/10.1016/S0167-](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00252-3)
511 [8809\(01\)00252-3](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00252-3)

- 512 Assunção, I. P., Michereff, S. J., Brommonschenkel, S. H., Eloy, A. P., Rocha Júnior, O. M., Duda, G. P., ...
513 & Rodrigues, J. J. (2003). Caracterização de solos de Pernambuco quanto a supressividade à murcha-de-fusário
514 do caupi. *Summa Phytopathologica, Botucatu*, 29(2), 161-167.
- 515 Awoyemi, S. O., Afolabi, C. G., Popoola, A. R., Odedina, J. N., & Adigbo, S. O. (2016). Performances of
516 improved cassava (*Manihot esculenta* Crantz) cultivars against root rot disease and yield in cassava-maize
517 intercropping systems under natural infection. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 49(15-16),
518 386-401. <https://doi.org/10.1080/03235408.2016.1221561>
- 519 Bailey, K. L., & Lazarovits, G. (2003). Suppressing soil-borne diseases with residue management and organic
520 amendments. *Soil and tillage research*, 72(2), 169-180. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(03\)00086-2](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(03)00086-2)
- 521 Barros, J. A., Medeiros, E. V., Notaro, K. A., Moraes, W. S., Silva, J. E. M., Nascimento, T. C., & Moreira,
522 K. A. (2014). Different cover promote sandy soil suppressiveness to root rot disease of cassava caused by
523 *Fusarium solani*. *African Journal of Microbiology Research*, 8(10), 967-973.
524 <https://doi.org/10.5897/AJMR2014.6607>
- 525 Barros, J. A., Medeiros, E. V., Notaro, K. A., Moraes, W. S., Silva, J. E. M., Nascimento, T. C., & Moreira,
526 K. A. (2014). Different cover promote sandy soil suppressiveness to root rot disease of cassava caused by
527 *Fusarium solani*. *African Journal of Microbiology Research*, 8(10), 967-973.
528 <https://doi.org/10.5897/AJMR2014.6607>
- 529 BETTIOL, W.; GHINI, R. (2005). Solos Supressivos. In: MICHEREFF, S. J. *et al.*, *Ecologia e Manejo de*
530 *Patógenos Radiculares em Solos Tropicais* (p. 125-152). UFRPE, Imprensa Universitária.
- 531 Boas, S. A. V., Hohenfeld, C. S., de Oliveira, S. A. S., da Silva Santos, V., & de Oliveira, E. J. (2016). Sources
532 of resistance to cassava root rot caused by *Fusarium* spp.: a genotypic approach. *Euphytica*, 209(1), 237-251.
533 DOI 10.1007/s10681-016-1676-4
- 534 Bonanomi, G., Antignani, V., Pane, C., & Scala, F. (2007). Suppression of soilborne fungal diseases with
535 organic amendments. *Journal of Plant Pathology*, 311-324. <http://www.jstor.org/stable/41998409>. Acessado em
536 11 de novembro de 2020.

- 537 Bonanomi, G., Antignani, V., Pane, C., & Scala, F. (2007). Suppression of soilborne fungal diseases with
538 organic amendments. *Journal of Plant Pathology*, 311-324. <https://www.jstor.org/stable/41998409>. Acessado em
539 11 de novembro de 2020.
- 540 Brito, A. C. Q., de Mello, J. F., Câmara, M. P. S., Vieira, J. C. B., Michereff, S. J., Souza-Motta, C. M., &
541 Machado, A. R. (2020). Diversity and pathogenicity of Botryosphaeriaceae species associated with black root
542 rot and stem cutting dry rot in *Manihot esculenta* in Brazil. *European Journal of Plant Pathology*, 157(3), 583-
543 598. <https://doi.org/10.1007/s10658-020-02024-7>
- 544 Candole, B. L., & Rothrock, C. S. (1997). Characterization of the suppressiveness of hairy vetch-amended soils
545 to *Thielaviopsis basicola*. *Phytopathology*, 87(2), 197-202. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.1997.87.2.197>
- 546 de ALMEIDA, C. O., Fukuda, W. M. G., Cardoso, C. E. L., Fukuda, C., & Vasconcelos, O. L. (2009).
547 AVALIAÇÃO PRELIMINAR DE IMPACTO AMBIENTAL DE CULTIVAR DE MANDIOCA
548 RESISTENTE À BACTERIOSE: O CASO DA FORMOSA NO ESTADO DA BAHIA. *Revista Raízes e*
549 *Amidos Tropicais*, 5, 1179-1184.
- 550 de ALMEIDA, C. O., Fukuda, W. M. G., Cardoso, C. E. L., Fukuda, C., & Vasconcelos, O. L. (2009).
551 AVALIAÇÃO PRELIMINAR DE IMPACTO AMBIENTAL DE CULTIVAR DE MANDIOCA
552 RESISTENTE À BACTERIOSE: O CASO DA FORMOSA NO ESTADO DA BAHIA. *Revista Raízes e*
553 *Amidos Tropicais*, 5, 1179-1184.
- 554 de Medeiros, E. V., Notaro, K. D. A., de Barros, J. A., Duda, G. P., Moraes, M. D. C. H. D. S., Ambrósio, M.
555 M. D. Q., ... & Sales Júnior, R. (2019). Soils from intercropped fields have a higher capacity to suppress black
556 root rot in cassava, caused by *Scybalidium lignicola*. *Journal of Phytopathology*, 167(4), 209-217.
557 <https://doi.org/10.1111/jph.12788>
- 558 FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2020). FAOSTAT database. FAO, Rome,
559 Italy. Cassava. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso em: 12 fev. 2020.
- 560 Fischler, M., Wortmann, C. S., & Feil, B. (1999). *Crotalaria* (*C. ochroleuca* G. Don.) as a green manure in
561 maize-bean cropping systems in Uganda. *Field Crops Research*, 61(2), 97-107.
562 [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(98\)00150-6](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(98)00150-6)

- 563 Friberg, H., Lagerlöf, J., & Rämert, B. (2005). Influence of soil fauna on fungal plant pathogens in agricultural
564 and horticultural systems. *Biocontrol Science and Technology*, 15(7), 641-658.
565 [https://doi: 10.1080/09583150500086979](https://doi.org/10.1080/09583150500086979)
- 566 Fukuda, W. M. G., de Oliveira, S., & Iglesias, C. (2002). Cassava breeding. *Crop Breeding and Applied*
567 *Biotechnology*, 2(4). DOI:10.12702/1984-7033.v02n04a18
- 568 Garbeva, P. V., Van Veen, J. A., & Van Elsas, J. D. (2004). Microbial diversity in soil: selection of microbial
569 populations by plant and soil type and implications for disease suppressiveness. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 42,
570 243-270.
- 571 Hartwig, N. L., & Ammon, H. U. (2002). Cover crops and living mulches. *Weed science*, 50(6), 688-699.
572 [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2002\)050\[0688:AIACCA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2002)050[0688:AIACCA]2.0.CO;2)
- 573 Hohenfeld, C. S., Santana, M. P., Junior, L. R. C., de Oliveira, E. J., & de Oliveira, S. A. S. (2018). Modelling
574 growth characteristics and aggressiveness of *Neoscytalidium hyalinum* and *Fusarium solani* associated with
575 black and dry root rot diseases on cassava. *Tropical Plant Pathology*, 43(5), 422-432.
576 <https://doi.org/10.1007/s40858-018-0228-y>
- 577 Hornby, D. (1983). Suppressiveness soils [biological control of plant pathogens]. *Annual review of phytopathology*.
578 21: 65-85.
- 579 Kasuya, M., Olivier, A. R., Ota, Y., Tojo, M., Honjo, H., & Fukui, R. (2006). Induction of soil suppressiveness
580 against *Rhizoctonia solani* by incorporation of dried plant residues into soil. *Phytopathology*, 96(12), 1372-
581 1379. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-96-1372>
- 582 Kinkel, L. L., Bakker, M. G., & Schlatter, D. C. (2011). A coevolutionary framework for managing disease-
583 suppressive soils. *Annual review of phytopathology*, 49, 47-67.
- 584 Li, S., Cui, Y., Zhou, Y., Luo, Z., Liu, J., & Zhao, M. (2017). The industrial applications of cassava: current
585 status, opportunities and prospects. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(8), 2282-2290.
586 <https://doi.org/10.1002/jsfa.8287>

- 587 Machado, A. R., Pinho, D. B., de Oliveira, S. A., & Pereira, O. L. (2014). New occurrences of
588 Botryosphaeriaceae causing black root rot of cassava in Brazil. *Tropical Plant Pathology*, 39(6), 464-470.
589 <https://doi.org/10.1590/S1982-56762014000600008>. Acessado em 11 de novembro de 2020.
- 590 MACHADO, A. R.; BRITO, A. C.; MELO, J. F. (2018). Podridões fúngicas de raízes tuberosas no Nordeste
591 brasileiro: etiologia e manejo. In: LOPES, U. P.; MICHEREFF, S. J. *Desafios do Manejo de Doenças*
592 *Radiculares Causadas por Fungos*, (p. 95, 2018). Recife: Ed ufrpe.
- 593 Manici, L. M., Caputo, F., & Babini, V. (2004). Effect of green manure on Pythium spp. population and
594 microbial communities in intensive cropping systems. *Plant and Soil*, 263(1), 133-142.
595 <https://doi.org/10.1023/B:PLSO.0000047720.40918.29>
- 596 Mazzola, M. (2002). Mechanisms of natural soil suppressiveness to soilborne diseases. *Antonie van*
597 *Leeuwenhoek*, 81(1-4), 557-564. <https://doi.org/10.1023/A:1020557523557>
- 598 Mazzola, M. (2002). Mechanisms of natural soil suppressiveness to soilborne diseases. *Antonie van*
599 *Leeuwenhoek*, 81(1-4), 557-564. <https://doi.org/10.1023/A:1020557523557>
- 600 Mazzola, M., Granatstein, D. M., Elfving, D. C., & Mullinix, K. (2001). Suppression of specific apple root
601 pathogens by Brassica napus seed meal amendment regardless of glucosinolate
602 content. *Phytopathology*, 91(7), 673-679. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2001.91.7.673>
- 603 Mazzola, M., Granatstein, D. M., Elfving, D. C., & Mullinix, K. (2001). Suppression of specific apple root
604 pathogens by Brassica napus seed meal amendment regardless of glucosinolate
605 content. *Phytopathology*, 91(7), 673-679. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2001.91.7.673>
- 606 Mombo, S., Dumat, C., Shahid, M., & Schreck, E. (2017). A socio-scientific analysis of the environmental and
607 health benefits as well as potential risks of cassava production and consumption. *Environmental Science and*
608 *Pollution Research*, 24(6), 5207-5221. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-8190-z>.
- 609 Notaro, K. A., Medeiros, E. V, Silva, C. A. D., & Barros, J. A. (2013). Prospecting of Phytopathogens
610 Associated To Cassava Root Rot in the State of Pernambuco, Brazil. *Bioscience Journal*, 29(6), 1832–1839.
611 <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/21999>. Acessado em 11 de novembro de
612 2020.

- 613 Oliveira, S. A. S. D., Hohenfeld, C. S., Santos, V. D. S., Haddad, F., & Oliveira, E. J. D. (2013). Resistance to
614 Fusarium dry root rot disease in cassava accessions. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48(10), 1414-1417.
615 <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013001000014>
- 616 Onyeka, T. J., Dixon, A. G. O., & Ekpo, E. J. A. (2005). Assessment of laboratory methods for evaluating
617 cassava genotypes for resistance to root rot disease. *Mycopathologia*, 159(3), 461-467. DOI: 10.1007/s11046-
618 004-6156-z
- 619 Pérez-Piqueres, A., Edel-Hermann, V., Alabouvette, C., & Steinberg, C. (2006). Response of soil microbial
620 communities to compost amendments. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(3), 460-470.
621 <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.05.025>
- 622 Pérez-Piqueres, A., Edel-Hermann, V., Alabouvette, C., & Steinberg, C. (2006). Response of soil microbial
623 communities to compost amendments. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(3), 460-470.
624 <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.05.025>
- 625 Prusky, D., & Keen, N. T. (1993). Involvement of preformed antifungal compounds in the resistance of
626 subtropical fruits to fungal decay. *Plant Dis*, 77(2), 114-119.
- 627 Santiago, C. H., Santana, M. P., Cairo Junior, L. R., Oliveira, S. A. S. D., & Oliveira, E. J. D. (2018).
628 Methodologies for selecting cassava with resistance to dry and black root rot under controlled
629 conditions. *Bragantia*, 77(3), 440-451. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.2017298>
- 630 SILVA, J. M. D., MEDEIROS, E. V. D., Duda, G. P., BARROS, J. A. D., & SANTOS, U. J. D. (2017). FAMES
631 and microbial activities involved in the suppression of cassava root rot by organic matter. *Revista*
632 *Caatinga*, 30(3), 708-717. <https://doi.org/10.1590/198321252017v30n319rc>
- 633 Thiessen Martens, J., & Entz, M. (2011). Integrating green manure and grazing systems: A review. *Canadian*
634 *Journal of Plant Science*, 91(5), 811-824. <https://doi.org/10.4141/cjps10177>
- 635 Tilston, E. L., Pitt, D., & Groenhof, A. C. (2002). Composted recycled organic matter suppresses soil-borne
636 diseases of field crops. *New Phytologist*, 154(3), 731-740. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2002.00411.x>

Considerações Finais

O uso de variedades resistentes são essenciais no manejo contra a podridão radicular, afim de induzir a supressividade do solo. Sendo que a variedade BRS formosa demonstrou alguma resistência e apresentou características agronômicas superiores a variedade BRS Kiriris, que somente conseguiu apresentar alguma resistência no 4º ciclo de cultivo mesmo com colonização altas de patógenos radiculares.

As coberturas vegetais conhecidas como leguminosas: Feijão de porco, feijão caupi e amendoim apresentaram melhores características agronômicas de vigor, Peso fresco da parte aérea, peso seco da parte aérea, peso fresco da raiz e peso seco da raiz, possivelmente, sendo menos conducivos a doença, considerando esses parâmetros agronômicos.

O cultivo do milho apresentou maiores frequência de incidência externa de patógenos radiculares sob as manivas. Implicando em dizer que o cultivo em monocultura do milho, pode gerar aumento da incidência de patógenos radiculares, conseqüentemente, aumento das podridões radiculares, comportando-se como uma cultura conduciva. Além disso, tratamentos como (MA-MA-MA-MA), culturas usadas em uma sequência gera aumento de altas densidades populacionais de patógenos, levando a grande incidência de patógenos radiculares.

Apesar da cobertura vegetal, feijão de porco apresentar melhores parâmetros agronômicos e altas populações de bactérias que são consideradas como parâmetros para supressividade. Baseado nesses dados parciais, ainda não se pode afirmar que as populações microbianas foram determinantes na supressividade do solo.

Novas análises como correlacionar os parâmetros microbiológicos, físicos-químicos, e parâmetros agronômicos e de doença, serão realizados para buscar repostas quanto aos fatores que contribuíram para indução da supressividade do solo contra as podridões radiculares da mandioca e confirmar quais coberturas vegetais foram mais conducivas ou supressivas a doença.

ANEXOS

Tabela 1: Dados da análise química do solo

PADRÕES AVALIADOS	RESULTADOS
pH (H ₂ O)	5,14
P	50,8 mg/dm ³
K	235 cmolc/dm ³
Ca	3,25cmolc/dm ³
Mg ²⁺	2,29cmolc/dm ³
Ca+Mg	5,54 cmolc/dm ³
Al ³⁺	0,00 cmolc/dm ³
Na	0,46 cmolc/dm ³
H + Al	3,3 cmolc/dm ³
SB	6,14 cmolc/dm ³
CTC	9,56 cmolc/dm ³
V	64%
MO	24 g/kg

P= fósforo, K= Potássio, Ca= cálcio, Mg²⁺= magnésio, Al³⁺= alumínio trocável, SB = Soma de Bases Trocáveis, V= Índice de Saturação por Bases, MO= Matéria Orgânica, CTC= capacidade de troca de cátions.

Tabela 2: Esquema da análise de variância para as variedades de mandioca e seus respectivos tratamentos quanto aos parâmetros de número de haste, altura (cm), peso fresco da parte aérea (PFPA), peso seco da parte aérea (PSPA), peso fresco da raiz (PFR), peso seco da raiz (PSR) e vigor para o 2º ciclo de cultivo.

F.V.	G.L.	Quadrado Médio						
		Parâmetros Agronômicos						
		Nº de HASTE	ALTURA	PFPA	PSPA	PFR	PSR	VIGOR
Bloco	3	0,1168 ^{NS}	113,23 ^{NS}	65,72 ^{NS}	9,00 ^{NS}	13,46 ^{NS}	2,741 ^{NS}	574,6 ^{NS}
Variedade (v)	1	3,9856*	771,79*	1361,20*	343,70*	418,28*	116,663*	8102,9*
Tratamento (T)	8	0,0593 ^{NS}	56,58 ^{NS}	37,15 ^{NS}	10,05 ^{NS}	13,93 ^{NS}	5,007 ^{NS}	285,0 ^{NS}
Interação (V x T)	8	0,0631 ^{NS}	8,39 ^{NS}	37,86 ^{NS}	6,57 ^{NS}	8,81 ^{NS}	2,511 ^{NS}	129,0 ^{NS}
Resíduo	51	0,0697	28,80	30,01	7,06	8,79	2,810	168,9
C.V (%)		25,15	21,08	21,88	23,67	17,53	24,26	24,36

* e ** = Significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente, NS = não significativo a $p \geq 0,05$.

Tabela 3: Esquema da análise de variância para as variedades de mandioca e os tratamentos relacionados a frequência de incidência interna (%), frequência de incidência externa (%), colonização interna das manivas (%), índice de doença (ω) e sobrevivência (%).

F.V.	G.L	Quadrado médio				
		Parâmetros de Doença				
		Freq. Inc. Interna	Freq. Inc. Externa	Col. Int. das Manivas	Índice de Doença	Sobrevivência
Bloco	3	142,409 ^{NS}	296,7 ^{NS}	865,4 ^{NS}	82,1 ^{NS}	454,0 ^{NS}
Variedade (V)	1	8,674 ^{NS}	8704,5*	6373,4*	1467,0*	5868,2*
Tratamento (T)	9	52,09 ^{NS}	397,4 ^{NS}	35,0 ^{NS}	110,28 ^{NS}	382,0 ^{NS}
Interação (VxT)	9	39,060 ^{NS}	219,4 ^{NS}	53,8 ^{NS}	47,32 ^{NS}	143,3 ^{NS}
Resíduo	57	54,600	500,3	99,9	64,57	224,5
C.V (%)			32,81	15,2	12,12	18,44

* e ** = Significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente, ns = não significativo a $p \geq 0,05$.

Tabela 4: Esquema da análise de variância para as variedades de mandioca e seus respectivos tratamentos quanto aos parâmetros de número de haste, altura (cm), peso fresco da parte aérea (PFPA), peso seco da parte aérea (PSPA), peso fresco da raiz (PFR), peso seco da raiz (PSR) e vigor para o 4º ciclo de cultivo.

F.V.	G.L	Quadrado Médio						
		Parâmetros Agronômicos						
		Nº de HASTE	ALTURA	PFPA	PSPA	PFR	PSR	VIGOR
Bloco	3	0,0430 ^{NS}	10,731 ^{NS}	32,130 ^N _s	15,018 ^N _s	3,0617 ^N _s	3,9790 ^N _s	329,76 ^N _s
Variedade (v)	1	0,01458 ^{NS}	76,265*	214,840*	58,825*	6,0116 ^N _s	2,325 ^{NS}	852,0*
Tratamento (t)	9	0,024901 ^N _s	23,966 ^{NS}	124,729*	29,496*	29,5352*	8,7513*	453,3*
Interação (v x t)	9	0,017911 ^N _s	5,505 ^{NS}	21,320 ^N _s	5,591 ^{NS}	4,2213 ^N _s	1,9958 ^N _s	22,99 ^{NS}
Resíduo	57	0,024866	15,763	12,121	3,520	6,7791	1,4024	120,63
C.V (%)		14,02	16,33	17	20,83	18,36	22,81	20,1

* e ** = Significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente, NS = não significativo a $p \geq 0,05$.

Tabela 5: Esquema da análise de variância para as variedades de mandioca e os tratamentos relacionados a frequência de incidência interna (%), frequência de incidência externa (%), colonização interna das manivas (%), índice de doença (ω) e sobrevivência (%). Para o 4º ciclo de cultivo.

F.V.	G.L	Quadrado médio				
		Parâmetros de Doença				
		Freq. Inc. Interna	Freq. Inc. Externa	Col. Int. das Manivas	Índice de Doença	Sobrevivência
Bloco	3	375,8	802,2 ^{NS}	141,40 ^{NS}	655,38 ^{NS}	63,37 ^{NS}
Variedade (V)	1	4626,3*	8681,1*	797,33*	916,79*	833,99*
Tratamento (T)	9	161,0*	261,9*	68,36 ^{NS}	89,83 ^{NS}	48,32 ^{NS}
Interação (VxT)	9	137,1*	158,1 ^{NS}	98,25 ^{NS}	35,68 ^{NS}	56,82 ^{NS}
Resíduo	57	61,5	109,5	71,85	82,16	68,24
C.V (%)		8,96	12,59	20,96	23,3	8,78

* e ** = Significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente, NS = não significativo a $p \geq 0,05$.