

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO AGRÍCOLA

**PROSPECÇÃO DE FITOPATÓGENOS E CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS
ARENOSOS ENVOLVIDOS NA SUPRESSIVIDADE OU CONDUCIVIDADE DA
PODRIDÃO RADICULAR DA MANDIOCA, CAUSADA POR *Scytalidium lignicola***

KRYSTAL DE ALCANTARA NOTARO

**SOB ORIENTAÇÃO DO PROFESSOR
ERIKA VALENTE DE MEDEIROS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Produção agrícola, para obtenção do título de *Mestre*.

GARANHUNS
PERNAMBUCO - BRASIL
JULHO - 2012

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO AGRÍCOLA

**PROSPECÇÃO DE FITOPATÓGENOS E CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS
ARENOSOS ENVOLVIDOS NA SUPRESSIVIDADE OU CONDUCIVIDADE DA
PODRIDÃO RADICULAR DA MANDIOCA, CAUSADA POR *Scytalidium lignicola***

KRYSTAL DE ALCANTARA NOTARO

COMITÊ DE ORIENTAÇÃO:

Gustavo Pereira Duda

Keila aparecida Moreira

GARANHUNS
PERNAMBUCO - BRASIL
JULHO – 2012

Ficha Catalográfica
Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Setorial UFRPE/UAG

N899p Notaro, Krystal de Alcantara
Prospecção de fitopatógenos e caracterização de solos arenosos envolvidos na supressividade ou condutividade da podridão radicular da mandioca, causada por *Scytalidium lignicola*/ Krystal de Alcantara Notaro.
_Garanhuns,2012.

111f.

Orientador: Erika Valente de Medeiros
Dissertação (Curso de Mestrado Produção Agrícola –
Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade
Acadêmica de Garanhuns, 2012
Inclui bibliografia

CDD: 641.3

1. Solos - Supressividade
 2. Solos - Manejo
 3. Mandioca – Podridão Radicular
- I. Medeiros, Erika Valente de
 - II. Título

**PROSPECÇÃO DE FITOPATÓGENOS E CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS
ARENOSOS ENVOLVIDOS NA SUPRESSIVIDADE OU CONDUCIVIDADE DA
PODRIDÃO RADICULAR DA MANDIOCA, CAUSADA POR *Scytalidium lignicola***

KRYSTAL DE ALCANTARA NOTARO

APROVADO EM: 27 DE JULHO DE 2012

**Profa. PhD. KEILA APARECIDA
MOREIRA**
(UFRPE-UAG)

**Dra. ALESSANDRA MONTEIRO
SALVIAINO MENDES**
(EMBRAPA)

**Prof. Dr. EDIVAN RODRIGUES DE
SOUZA**
(UFRPE-SEDE)

**Profa. Dra. ERIKA VALENTE DE
MEDEIROS**
(ORIENTADOR)

Dedicatória

À minha mãe...

À Tannea e Yuri...

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Garanhuns, por viabilizar o curso de pós-graduação em Produção Agrícola e proporcionar o desenvolvimento da pesquisa.

A professora Dra. Erika Valente, pela orientação, ensinamentos, amizade e paciência.

A professora Dra. Keilla Aparecida pela co-orientação, disponibilidade e incentivo.

Ao professor Dr. Gustavo Pereira Duda pela co-orientação, incentivo e cobranças.

À Jamilly Barros Silva e Aline Oliveira Silva, pela amizade e pelas horas de trabalho que proporcionaram a conclusão desse projeto.

A Herick Faustino pelo companherismo e paciência durante essa jornada.

A Sidney, Wendson, Uemesson, Catalyne, Jéssica, Alisson, Bruna, pela convivência nos longos dias no laboratório e pela disponibilidade.

A Patrícia Maia, pela amizade e exemplo de determinação.

Aos companheiros do Laboratório de Biotecnologia pela convivência e estímulo nas horas mais difíceis.

A todos que colaboraram direta ou indiretamente para realização deste trabalho e para que esta etapa da minha vida pudesse ser concretizada.

BIOGRAFIA

Krystal de Alcantara Notaro, filha de Maria Eugênia de Alcantara Leite e Hilton Ataíde Notaro, natural de Garanhuns – PE.

Em 2005, ingressou no Curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns, graduando-se em Julho 2012.

Em 2010.2 ingressou no programa de Pós-graduação em Produção Agrícola na UFRPE/UAG.

Em Fevereiro de 2012 ingressou como docentes na Autarquia de ensino superior de Garanhuns – AESGA, onde ministra a disciplina de Geologia Geral.

Em 27 de Julho de 2012 submeti-se à banca para a defesa da Dissertação.

SUMÁRIO

RESUMO	1
ABSTRACT	2
INTRODUÇÃO	3
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	5
CAPÍTULO I	6
PROSPECÇÃO DOS FITOPATÓGENOS CAUSADORES DA PODRIDÃO RADICULAR DA MANDIOCA NO AGRESTE PERNAMBUCANO	
RESUMO	7
ABSTRACT	7
INTRODUÇÃO	8
MATERIAIS E MÉTODOS	9
CONCLUSÃO	15
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	15
CAPÍTULO II	17
BIOMASSA, ATIVIDADE MICROBIANA E ATRIBUTOS DE SOLOS ARENOSOS SOB DIFERENTES SISTEMAS DE USO NO SEMIÁRIDO DE PERNAMBUCO	
RESUMO	18
SUMMARY	19
MATERIAL E MÉTODOS	21
RESULTADO E DISCUSSÃO	25
CONCLUSÕES	37
AGRADECIMENTO	38

LITERATURA CITADA	38
CAPÍTULO III.....	44
ATIVIDADE ENZIMÁTICA DE SOLOS SOB DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO NO SEMIÁRIDO DE PERNAMBUCO – BRASIL	
Resumo.....	45
Abstract.....	46
1. Introdução	46
2. Material e métodos.....	47
3. Resultados e Discussão	52
4. Conclusão.....	62
5. Agradecimentos.....	63
6. Literatura Citada.....	63
CAPÍTULO IV	68
SUPRESSIVIDADE NATURAL DE SOLOS ARENOSOS SOBRE A PODRIDÃO RADICULAR DA MANDIOCA CAUSADA POR <i>SCYTALIDIUM LIGNICOLA</i>	
Resumo.....	69
Abstract.....	70
1. Introdução	70
2. Material e Métodos	73
3. Resultado e Discussão.....	78
4. Conclusões	88
5. Agradecimento	89
6. Referências	89
CONSIDERAÇÕES E PERSPECTIVAS	95

RESUMO

O cultivo da mandioca tem grande expressão econômica no Brasil e no mundo devido à sua importância na alimentação humana e, animal e utilização na indústria. A Região Nordeste é uma das principais produtoras nacionais, estando vinculado a uma produção na qual utiliza pouca ou nenhuma tecnologia, o que vem contribuindo para o aumento do número e intensidade de doenças. Dentre estas, a podridão radicular da mandioca vem se tornando uma das principais causas de perdas. Por isso, essa pesquisa teve como objetivos 1. Realizar a prospecção do principal agente biológico responsável pela podridão radicular da mandioca em quatro municípios que estão entre os maiores produtores de mandioca do estado; 2. Selecionar solos arenosos sob vinte tipos de coberturas, provenientes do semiárido de Pernambuco e caracterizar seus atributos químicos, físicos e microbianos; 3. determinar a atividade enzimática das enzimas envolvidas no ciclo do (C, N, S e P) desses solos e, 4. Avaliar a capacidade supressiva ou conduziva desses solos em populações autóctones e com a inoculação de *Scytalidium lignicola*. No estado de Pernambuco há prevalência de fitopatógenos do gênero *Fusarium*, associado à podridão radicular da mandioca. No município de Caetés houve prevalência do fitopatógeno *Scytalidium lignicola* nas áreas afetadas com a podridão radicular da mandioca. Quando avaliados os atributos químicos, físicos e microbianos, as variáveis físicas (densidade do solo, porosidade total, capacidade de campo, areia e argila), de fertilidade (pH, Na, Ca e P) e microbianas (respiração basal do solo, carbono orgânico total, carbono da biomassa microbiana, bactérias do grupo fluorescentes, bactérias totais e bactérias formadoras de endósporos) foram mais sensíveis em detectar diferenças entre os solos arenosos selecionando-se 20 tipos diferentes de usos e coberturas vegetais provenientes do semiárido de Pernambuco. A atividade antrópica interfere diretamente na atividade enzimática dos sistemas sob diferentes coberturas, podendo ser utilizados como indicadores da qualidade do solo. As principais variáveis envolvidas na supressividade foram avaliados teores de K, Ca, respiração basal do solo, matéria orgânica, carbono da biomassa microbiana, quociente metabólico, quociente microbiano, porosidade total, ponto de murcha permanente, areia, arilsulfatase e FDA. A análise de componentes principais selecionou os atributos (Severidade, P, Ca, K, bactérias do grupo fluorescente, respiração basal do solo, areia, fosfatase ácida e arilsulfatase), capazes de detectar diferenças entre os tratamentos, separando em três grupos de similaridade entre os solos conduzivos e em cinco grupos entre os solos mais supressivos à podridão radicular da mandioca, causada por *Scytalidium lignicola*.

ABSTRACT

The cultivation of cassava has great economic impact in Brazil and worldwide due to its importance in human and animal foods and industrialization. The Northeast is a major national producer, being linked to a production in which uses little or no technology, which has contributed to increasing the number and severity of disease. Among these, the cassava root rot is becoming a major cause of losses. Therefore, this dissertation aimed to: 1. Perform prospecting the main biological agent responsible for cassava root rot in four cities who are among the largest producers of cassava in the state 2. Select sandy soils under twenty types of coverage, from the semiarid region of Pernambuco and characterize its chemical, physical and microbial properties 3. Determine the soil enzymes activity involved in the cycles (C, N, S and P), 4. Evaluate the natural suppressiveness on indigenous populations and with the inoculation of *Scytalidium lignicola*. In the Pernambuco state is prevalent *Fusarium* pathogens, associated to cassava root rot. In the Caetés city was prevalent pathogen *Scytalidium lignicola* affected areas with cassava root rot. When assessing the chemical, physical and microbial, physical variables (soil density, soil total porosity, field capacity, sand and clay), chemical (pH, Na, Ca and P) and microbial (soil basal respiration, carbon total organic, microbial biomass carbon, fluorescent group bacteria, total bacteria and endospore-forming bacteria) were more sensitive in detecting differences between the sandy soils with 20 different types of uses and vegetation covers from the semiarid region of Pernambuco. The human activity interferes directly in the enzymatic activity of the systems under different covers, which can be used as indicators of soil quality. The main variables involved in suppressiveness were high levels of K, Ca, soil basal respiration, organic matter, microbial biomass carbon, qCO₂, qMIC, soil porosity total, wilting point, sand, FDA and arylsulfatase. The principal component analysis selected the attributes (severity, P, Ca, K, fluorescent group of bacteria, soil basal respiration, sand, acid phosphatase and arylsulfatase), able to detect differences between treatments, separated into three groups of similarity between soils conducive and in five groups between soils suppressive to root rot of cassava caused by *Scytalidium lignicola*.

INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot sculenta*) pertence à família Euphorbiaceae, gênero *Manihot*, um táxon americano com o centro de origem e domesticação ainda em discussão (VIEIRA et al., 2007). Muito difundida na agricultura familiar onde a raiz é o principal produto comercializado. O estado de Pernambuco apresenta produção de 655.919 ton (IBGE, 2011) a microregião de Garanhuns, apresenta-se significativamente responsável por parte dessa produção. Sendo os municípios de Jucati, Jupi, Lajedo e Caetés os principais responsáveis por esta produção.

A agricultura de cunho familiar desenvolve-se de forma rudimentar, o principal meio de propagação é vegetativa e ainda cultiva-se variedades de baixa qualidade genética. Assim, as plantas possuem baixa resistência a doenças, e entre elas, as podridões radiculares são as que veem apresentando maiores perdas na produção desses municípios, chegando a atingir 100% de perdas.

Causadas pelos fungos *Phytophthora* sp., *Fusarium* sp., *Diplodia* sp. E *Scytalidium* sp. (IWANAGA; IGLESIAS, 1994; FUKUDA, 1993), são saprófitos e habitantes do solo dificultando o controle e aumentando a incidência dessas doenças.

O controle dessas doenças é de grande dificuldade devido as características dos fungos causadores, saprófitos e de desenvolvimento radicular, muitas vezes a identificação dos sintomas aparecem vagarosamente, o manejo integrado da lavoura, praticas de consorcio entre culturas de diferentes espécies, utilização de variedades resistententes as podridões radiculares seriam algumas alternativas viáveis a diminuição da severidade da doença, de forma a mante-la abaixo do nível de dano econômico.

A supressividade do solo é uma característica natural, onde as características químicas, físicas, biológicas e bioquímicas do solo atuam em conjunto em um processo dinâmico para suprimirem o desenvolvimento de patógenos causadores de doenças, de forma que este não cause danos econômicos na lavoura. Os solos que apresentam-se balanceados ecologicamente tendem a apresentarem um alto potencial supressivo.

Assim, o objetivo do presente trabalho realizar a prospecção dos principais fungos causadores da podridão radicular da mandioca na microregião de Garanhuns – PE e

posteriormente, avaliar a capacidade supressiva ou conditiva desses solos em populações autóctones e com a inoculação de *Scytalidium lignicola*, através da avaliação das características químicas, físicas, biológicas e bioquímicas do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FUKUDA, C. Doenças da mandioca. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Mandioca e Fruticultura (Cruz das Almas, BA). **Instruções práticas para o cultivo da mandioca**. Cruz das Almas, 1993. p.53-56.

IBGE – **Estados**. Disponível em:
<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=pe> Acesso: 13/10/2011 21:51hs

IWANAGA, M.; IGLESIAS, C. **Cassava genetic resources management at CIAT**. In: INTERNATIONAL NETWORK FOR CASSAVA GENETIC RESOURCES, 1., 1992, Cali. Proceedings. Rome : International Plant Resources Institute, 1994. p.77-86.

VIEIRA, F.M.; FRANCISCON, C.H.; RIBEIRO, J.D.; RIBEIRO, G.A.; GUSMÃO, G.A.; GONZAGAS, A.D. **Mandioca e macaxeira (*Manihot* Mill.) como tema transversal na escola rural do ensino fundamental no Amazonas, Brasil**. Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 15-17, jul. 2007.

CAPÍTULO I

Prospecção dos fitopatógenos causadores da podridão radicular da mandioca no agreste pernambucano

Prospecção dos fitopatógenos causadores da podridão radicular da mandioca no semiárido de Pernambuco

RESUMO - O cultivo da mandioca tem grande expressão econômica no Brasil e no mundo devido à sua importância na alimentação humana e animal. A Região Nordeste é uma das principais produtoras nacionais, estando vinculado a uma produção na qual utiliza pouca ou nenhuma tecnologia, o que vem contribuindo para o aumento do número e intensidade de doenças. Dentre estas, a podridão radicular da mandioca vem se tornando uma das principais causas de perdas. O objetivo do presente trabalho foi realizar a prospecção e teste de patogenicidade dos principais fitopatógenos envolvidos na podridão radicular da mandioca, no estado de Pernambuco. Foram coletadas amostras de plantas com sintomas e/ou sinais da podridão radicular nos Municípios de Jupi; Jucati; São João e Caetés. Em cada Município foram visitadas cinco propriedades que apresentavam problemas com a podridão radicular da mandioca, e em cada propriedade coletou-se cinco amostras. Sendo coletadas um total de 100 amostras de mandioca da safra 2010/2011. Realizou-se isolamentos e repicagens até obtenção da cultura pura, quando então os possíveis patógenos foram identificados. No estado de Pernambuco há prevalência de fitopatógenos do gênero *Fusarium* spp., associado à podridão radicular da mandioca. No município de Caetés houve prevalência do fitopatógeno *Scytalidium lignicola* nas áreas afetadas com a podridão radicular da mandioca.

Palavras-chave: *Manihot esculenta* Crantz, doenças fungicas, Pernambuco.

Prospecting of pathogens causing root rot of cassava in semiarid of Pernambuco

ABSTRACT - The cultivation of cassava has great economic impact in Brazil and around the world due to its importance in food and feed. The Northeast is a major national producer, being tied to a production in which use little or no technology, which has contributed to the increasing number and intensity of diseases. Among these, the cassava root rot has become a major cause of losses. The aim of this study was to survey and pathogenicity test of the major pathogens involved in cassava brown streak in the state of Pernambuco. Samples were collected from plants with symptoms and / or signs of root rot in the cities of Jupi; Jucati; St. John and Caetés. In each city were visited five properties that had problems with root rot of cassava, and each property was collected five samples. Being collected a total of 100 samples of cassava crop 2010/2011. Held insulation and subcultures until obtaining a pure culture, whereupon the possible pathogens were identified. In Pernambuco state's prevalence of pathogens *Fusarium* spp., Associated to the

cassava root rot. In the municipality of Caetés was prevalent pathogen *Scytalidium lignicola* affected areas with cassava brown streak

Keywords: *Manihot esculenta* Crantz, fungal diseases, northeast.

INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz), apresenta grande expressão econômica no Brasil e no mundo pelo seu uso na alimentação humana e animal. O Brasil é o segundo maior produtor mundial desta cultura. Cerca de 37% da produção nacional encontra-se no Nordeste. No estado de Pernambuco, os principais municípios produtores são Araripina, Jucati, São João, Caetés, Jupi e Ipubi (CUENCA; MANDARINO, 2006).

A produção da mandioca concentra-se em pequenos produtores que utilizam manivas de má qualidade e baixo nível tecnológico, o que reduz a produção devido ao envelhecimento fisiológico, provocado pela constante multiplicação. Ausência de rotação de culturas e práticas culturais que contribuem para o aumento da intensidade dessa doença.

Diversos fitopatógenos podem estar associado à podridão radicular, principalmente *Phytophthora drechsleri* Tucker (LIMA et al., 1993; MUNIZ et al., 2006) e *Fusarium* sp. Além desses, os fungos *Diplodia* sp., *Scytalidium* sp. e *Botriodiplodia* sp. podem estar envolvidos nesta síndrome (EMBRAPA, 2010).

A podridão radicular da mandioca vem se tornando uma doença de alto impacto econômico e social para o estado de Pernambuco, pois está provocando uma queda progressiva na produtividade da mandioca, além de inutilizar as áreas para plantio ao longo dos ciclos da cultura.

Esta doença vem sendo responsável por grandes perdas na produção de mandioca no Nordeste. No Maranhão, os fungos *Phytophthora* spp. e *Fusarium* spp. respondem por 30 e 70% das perdas, respectivamente, podendo chegar até 100% em ataques severos (FUKUDA, 1991).

É de difícil controle por ser uma doença radicular, pois além de existir uma diversidade de fitopatógenos envolvidos, o controle químico é ineficiente e antieconômico, pois está fortemente associadas à riscos ambientais, econômicos e sociais. Por isso, existe uma forte

necessidade da adoção de medidas integradas de manejo da doença que preconizem práticas sustentáveis e acessíveis a agricultores familiares.

A utilização de variedades tolerantes é uma estratégia importante, mas deve ser utilizada com outras medidas de controle, pois utilizada individualmente dificilmente obterá resultados eficientes (MICHEREFF, 2005). Práticas culturais são empregadas visando a integração de diversas estratégias de controle, como utilização de manivas de alta qualidade fisiológica e sanitária (OLIVEIRA; FIORINE, 2006) e manipulação do solo para a indução da supressividade pelo manejo físico, químico e biológico pela interferência no desenvolvimento, crescimento e sobrevivência de patógenos radiculares e no estímulo ou inibição da doença (BETTIOL; GHINI, 2005).

O caráter saprofítico e patogênico de alguns fitopatógenos está relacionado a alguns fatores edáficos de natureza biótica, como as interações antagônicas com a microbiota do solo e fatores abióticos como temperatura, umidade, aeração, concentração de CO₂ e pH do solo (BAKER; MARTINSON, 1970).

Devido à importância da doença no estado de Pernambuco e por inexistirem trabalhos acerca dos principais fitopatógenos envolvidos com esta síndrome, o objetivo do presente trabalho foi realizar a prospecção dos principais agentes fúngicos responsáveis pela podridão radicular da mandioca em Pernambuco.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizadas visitas aos agricultores familiares da região do Agreste Meridional pernambucano, para o mapeamento das propriedades com problemas da podridão radicular da mandioca.

Os Municípios visitados foram Jupi (JU); Jucati (JC); São João (SJ) e Caetés (CA). Em cada Município foram visitadas cinco propriedades que apresentavam problemas com a podridão radicular da mandioca, e em cada propriedade coletou-se cinco amostras. Prefazendo um total de 100 amostras de mandioca da safra 2010/2011.

As amostras foram armazenadas em sacos plásticos e transportadas, para a central de laboratórios de Garanhuns (CENLAG), setor de biotecnologia. Onde ocorreu a lavagem e resfriamento das mesmas.

Isolamento dos fungos.

Para obtenção das colônias fúngicas, as amostras foram processadas, os fragmentos dos tecidos foram lavados em Hipoclorito de sódio 1%, álcool etílico a 70%, água destilada estéril e posto para secar em papel filtro e transferidos para placas de Pétri contendo o meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA), acrescido de estreptomicina. E mantidas à temperatura de 25 °C durante sete dias.

Os fungos encontrados foram repicados até obtenção de cultura pura, sendo observado cerca de 100 isolados que foram identificados por microscopia óptica, através de estruturas e das colônias e morfológicas como identificação dos esporos, culturas, como pigmentação e estrutura do micélio. Os isolados obtidos neste estudo foram preservados em água destilada esterilizada a 10 °C (CASTELLANI, 1939) na Coleção de Culturas de Fungos Fitopatogênicos “Profa. Maria Menezes” - CMM, do Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia, Setor de Fitossanidade, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife - PE.

Teste de patogenicidade.

O teste de patogenicidade foi realizado com os quatro fungos que apresentaram maior incidência no isolamento a partir das raízes, sendo realizado conforme Serra et al. (2009). As Raízes de mandioca foram desinfestadas com hipoclorito de sódio (3%) e, em seguidas, lavadas com água destilada e secas em papel toalha.

A inoculação dos isolados foi realizada em raízes de mandioca sem ferimento, usando dois discos de cultura por raiz.

As raízes permaneceram em câmara úmida durante 72 horas. A avaliação foi realizada sete dias após a inoculação, observando-se os sintomas e/ou sinais do patógeno.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os fungos encontrados na prospecção foram dos gêneros *Trichoderma*, *Scytilidium*, *Aspergillus*, *Pestalotiopsis*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Roselinea*, *Phoma* e *Phytium*.

No Município de São João, na propriedade SJ1 foram encontrados os fungos *Fusarium* spp., *Pestalotiopsis* sp., *Penicillium* e *Trichoderma* (Tabela 1), sendo o primeiro o mais descrito na literatura em causar doenças em mandioca (OTSUBO; MERCANTE; MARTINS, 2002) e os demais podem ser patógenos secundários da doença.

Na SJ2 foram encontrados os fungos *Penicillium*, *Roselinia*, *Alternaria*, *Aspergillus* e *Fusarium oxysporum*, enquanto que na SJ3 foram encontrados *Penicillium*, *Phoma*, *Fusarium* e *Phytium* (Tabela 1).

Tabela 1. Prospecção dos principais fungos responsáveis pela podridão da mandioca nos Municípios de São João (SJ).

Área	Fungo	Frequência de isolamento (%)
SJ1	<i>Trichoderma</i>	20
	<i>Pestalotiopsis</i>	44
	<i>Penicillium</i>	28
	<i>Fusarium</i>	8
SJ2	<i>Trichoderma</i>	10
	<i>Aspergillus</i>	20
	<i>Penicillium</i>	20
	<i>Fusarium</i>	20
	<i>Alternaria</i>	20
	<i>Roselinea</i>	10
SJ3	<i>Penicillium</i>	30
	<i>Fusarium</i>	10
	<i>Phoma</i>	20
	<i>Phytium</i>	40
SJ4	<i>Trichoderma</i>	40
	<i>Aspergillus</i>	10
	<i>Penicillium</i>	16,6
	<i>Fusarium</i>	16,6
	<i>Phoma</i>	16,8
SJ5	<i>Trichoderma</i>	100

Tabela 2. Prospecção dos principais fungos responsáveis pela podridão da mandioca no Município de Jupi (JU).

Área	Fungo	Frequência de isolamento (%)
JU1	<i>Trichoderma</i>	65
	<i>Penicillium</i>	5
	<i>Fusarium</i>	30
JU2	<i>Trichoderma</i>	12
	<i>Aspergillus</i>	9
	<i>Penicillium</i>	40
	<i>Fusarium</i>	20
	<i>Alternaria</i>	5
	<i>Roselinea</i>	10
	<i>Phoma</i>	4
JU3	<i>Trichoderma</i>	72
	<i>Penicillium</i>	4
	<i>Fusarium</i>	24
JU4	<i>Trichoderma</i>	30
	<i>Aspergillus</i>	10
	<i>Fusarium</i>	60
JU5	<i>Trichoderma</i>	20
	<i>Penicillium</i>	53,6
	<i>Phytium</i>	26,4

Tabela 3. Prospecção dos principais fungos responsáveis pela podridão da mandioca no Município de Jucati (JC).

Área	Fungo	Frequência de isolamento (%)
JC1	<i>Trichoderma</i>	100
JC2	<i>Trichoderma</i>	36
	<i>Aspergillus</i>	20
	<i>Pestalotiopsis</i>	14
	<i>Penicillium</i>	5
	<i>Fusarium</i>	5
	<i>Alternaria</i>	20
JC3	<i>Aspergillus</i>	12
	<i>Penicillium</i>	26
	<i>Fusarium</i>	40
	<i>Roselinea</i>	10
	<i>Phoma</i>	12
JC4	<i>Penicillium</i>	30
	<i>Fusarium</i>	30
	<i>Alternaria</i>	40
JC5	<i>Trichoderma</i>	30
	<i>Aspergillus</i>	50
	<i>Fusarium</i>	20

Tabela 4. Prospecção dos principais fungos responsáveis pela podridão da mandioca no Município de Caété –PE (CA).

Área	Fungo	Frequência de isolamento (%)
CA1	<i>Trichoderma</i>	100
CA2	<i>Trichoderma</i>	25
	<i>Scytalidium</i>	75
CA3	<i>Scytalidium</i>	100
CA4	<i>Scytalidium</i>	100
CA5	<i>Trichoderma</i>	40
	<i>Scytalidium</i>	60



Figura 1. Avaliação dos sintomas de patogenicidade dos fungos de maior incidência na prospecção dos fungos causadores da podridão radicular da mandioca no semiárido de Pernambuco. A) Sintomas de *Scytalidium lignicola*; B, C e D) Sintoma de *Fusarium* spp..

No Município de Jupi (tabela 2), as propriedades JU1 e JU3 foram encontrados os mesmos gêneros fúngicos: *Trichoderma*, *Fusarium* e *Penicillium*. Na JU2 foi a que apresentou uma maior diversidade de fitopatógenos, além dos descritos apresentaram *Fusarium oxysporum*, *Phoma*, *Roselinia* *Alternaria* e *Aspergillus*.

Em Jucati (tabela 3), os fungos que prevaleceram foram *Fusarium oxysporum*, *Fusarium* spp., *Alternaria*, *Aspergillus* e *Penicillium* (JC2) *Roselinia* e *Phoma* (JC3), além de aparecer *Phytophthora*, descrito como um dos principais agentes responsáveis por esta síndrome (LIMA et al., 1993; MUNIZ et al., 2006) entretanto, apesar de se observar em campo sintomas deste patógeno, é de difícil isolamento e repicagem por pertencer à outro grupo de micro-organismos.

Em Caetés (tabela 4), houve predominância do patógeno *Scytalidium*, sendo observado em quase todas as propriedades, exceto na CA1. Este foi descrito pela primeira vez no Brasil no estado de Pernambuco (LARANJEIRA et. al., 1994) e vem se tornando um importante patógeno para esta cultura em outros estados do Pará, Alagoas e Maranhão (SERRA et al., 2009).

No que se refere ao teste de patogenicidade o fungo que apresentou maior severidade foi o *Scytalidium Lignicola* seguido por *Fusarium* spp. conforme Figura 1.

CONCLUSÃO

1. No estado de Pernambuco há prevalência de fitopatógenos do gênero *Fusarium* spp., associado à podridão radicular da mandioca
2. No município de Caetés houve prevalência do fitopatógeno *Scytalidium lignicola* nas áreas afetadas com a podridão radicular da mandioca.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BARKER, R. MARTINSON. Epidemiology of disease caused by *Rhizoctonia solani*. In: PARMETER, J.R. (ed.) Biology and pathology of *Rhizoctonia solani*. Berkeley, 1970. 255p.

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

CASTELLANI, A. The viability of some pathogenic fungi in sterile distilled water. J. Trop. Med. Hyg. 42: 225-226, 1939.

CUENCA, M.A.G.; MANDARINO, D.C. Aspectos agroeconômicos da cultura da mandioca: características e evolução da cultura no Estado de Pernambuco entre 1990 e 2004. Aracaju : Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006. 24 p. - (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros, 99).

EMBRAPA. Cultivo da mandioca para a região Semi-árida. Disponível em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_semiarido/doencas.htm>. Acesso em: 30 jun. 2010.

FUKUDA, C. Podridão das Raízes da Mandioca. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1991. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Mandioca em Foco, 08).

LARANJEIRA, D.; SANTOS, E.O. dos; MARIANO, R. de L.R.; BARROS, S.T. Ocorrência da podridão negra da maniva e raiz da mandioca (*Manihot esculenta*) causada por *Scytalidium lignicola* no estado de Pernambuco, Brasil. Fitopatologia Brasileira, Brasília, v. 19, n.3, p. 466-469, 1994.

LIMA, M.F., REIFSCHNEIDER, F.J.B., TAKATSU, A. & FONSECA, M.E.N. Caracterização de isolados de Phytophthora de mandioca. Fitopatologia Brasileira. v.18, p.416-424. 1993.

MICHEREFF, S.J.; PERUCH, L.A.M.; ANDRADE, D.E.G.T. Manejo integrado de doenças radiculares. In: MICHEREFF, S.J.; ANDRADE, D.E.G.T.; MENEZES, M. (Eds.) Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais. Recife: Imprensa Universitária da Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2005. p.377-398.

MUNIZ, M. F. S., ANDRADE, F. W. R., QUEIROZ, F. M., MOURA FILHO, G. & MENEZES, M. Caracterização de isolados de Phytophthora drechsleri, agente causal da podridão mole de raízes de mandioca. Fitopatologia Brasileira 31:195-198. 2006.

OLIVEIRA, M.A.; FIORINE, R.A. Análise de crescimento em mudas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) provenientes de estacas em diferentes recipientes para cultivo. Revista Raízes e Amidos Tropicais. Botucatu, v. 2, p.12-26, 2006.

OTSUBO, A.A.; MERCANTE, F.M.; MARTINS, C.S. Aspectos do Cultivo da Mandioca em Mato Grosso do Sul. EMBRAPA, Dourados MS (Documentos EMBRAPA), 2002. 221p.

SERRA, I.M.R.S.; SILVA, G.S.; NASCIMENTO, F.S.; LIMA, L.K.F. *Scytalidium lignicola* em mandioca: ocorrência no Estado do Maranhão e reação de cultivares ao patógeno. Summa Phytopathol., Botucatu, v. 35, n. 4, p. 327-328, 2009.

CAPÍTULO II

Biomassa, atividade microbiana e atributos de solos arenosos sob diferentes sistemas de uso no semiárido de Pernambuco

BIOMASSA, ATIVIDADE MICROBIANA E ATRIBUTOS DE SOLOS ARENOSOS SOB DIFERENTES SISTEMAS DE USO NO SEMIÁRIDO DE PERNAMBUCO ¹

RESUMO

A variabilidade das propriedades do solo causada por diferentes manejos e coberturas do solo interfere em sua qualidade e exerce influência na produção e produtividade dos agroecossistemas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes sistemas de uso sobre os atributos físicos, de fertilidade e biológicos de solos arenosos provenientes do semiárido de Pernambuco. As amostras de solo foram coletadas em 20 áreas com diferentes usos: 1. Feijão, 2. Repolho, 3. Tomate, 4. Palma, 5. Mandioca, 6. Capim elefante, 7. Pasto, 8. Mata nativa, 9. Pimentão, 10. Pepino, 11. Feijão Guandu, 12. Área queimada, 13. Consórcio (Milho + Feijão Guandu), 14. Consórcio (Mandioca + Feijão Guandú + Feijão de Corda), 15. Algodão, 16. Laranja, 17. Eucalipto, 18. Erva-doce, 19. Maracujá e 20. Caju. As áreas foram dimensionadas em quatro subáreas de 100 m², nas quais foram coletadas amostras na profundidade de 0-10 cm, em oito pontos sempre próximos às áreas das raízes. As variáveis analisadas foram os atributos físicos (teores de areia, silte, argila, densidade do solo, de partículas, porosidade total, capacidade de campo, ponto de murcha permanente e água disponível), os de fertilidade (pH, P, K, Ca, Mg, Na e Al) e microbianos (respiração basal do solo, carbono da biomassa microbiana, carbono orgânico total, quociente microbiano, quociente metabólico, populações de bactérias e fungos totais, bactérias formadoras de endósporos e bactérias do grupo fluorescentes). Os dados foram analisados pela estatística descritiva, seguida pela análise de componentes principais e análise de agrupamentos. Os atributos (P, Ca, capacidade de campo, sódio, areia, densidade do solo, bactérias do grupo fluorescentes e argila) foram os mais sensíveis em detectar diferenças entre os 20 tipos de uso, podendo ser utilizados como indicadores da influência do tipo de uso em solos arenosos provenientes do semiárido de Pernambuco.

Termos para indexação: manejo, análise multivariada, análise de agrupamento, qualidade de solos.

**SUMMARY – BIOMASS, MICROBIAL ACTIVITY AND ATTRIBUTES OF SOILS
UNDER DIFFERENT SYSTEMS FOR USE IN SEMIARID
PERNAMBUCO**

The variability of soil properties caused by different management and land cover interferes with their quality and influence the production and productivity of agroecosystems. The aim of this study was to evaluate the effect of different land use systems on soil physical, biological and fertility of sandy soils from the semiarid region of Pernambuco. Soil samples were collected from 20 areas with different uses: 1. Beans, 2. Cabbage, 3. Tomato, 4. Palm 5. Cassava, 6. CEG 7. Pasto, 8. Native forest, 9. Pepper, 10. Pepin, 11. Guandu Bean, 12. Burned area, 13. Consortium (+ Bean Corn Guandu), 14. Consortium (Cassava Bean Guandu + + String Bean), 15. Cotton, 16. Orange, 17. Eucalyptus, 18. Fennel, 19. Passionfruit and 20. Cashew. The areas were designed into four sub-areas of 100 m², in which samples were collected at a depth of 0-10 cm in eight points near areas where the roots. The variables were the physical attributes (proportions of sand, silt, clay, bulk density, particle porosity, field capacity, wilting point and available water), the fertility (pH, P, K, Ca, Mg, Na and Al) and microbial (soil basal respiration, microbial biomass carbon, total organic carbon, microbial quotient, metabolic quotient, populations of bacteria and total fungi, bacteria and bacterial endospores forming the fluorescent group). Data were analyzed using descriptive statistics, followed by principal component analysis and cluster analysis. The attributes (P, Ca, field capacity, sodium, sand, soil density, fluorescent group bacteria and clay) were the most sensitive at detecting differences among the 20 types of uses and can be used as indicators of the influence of use in sandy soils from the semiarid region of Pernambuco.

Index terms: management, multivariate analysis, cluster analysis, soil quality.

INTRODUÇÃO

Regiões semiáridas do globo terrestre são ecossistemas frágeis que apresentam características peculiares como baixa fertilidade do solo, altas taxas de decomposição da matéria orgânica, baixa disponibilidade de água e são altamente susceptíveis à erosão (Solomon et al., 2000).

As regiões semiáridas do Brasil estão localizadas principalmente no Nordeste e estão ameaçadas pelo desmatamento excessivo de sua vegetação nativa caracterizada por árvores secas que perdem suas folhas durante vários meses, no período de estiagem (Araújo & Tabarelli 2002). A redução desta vegetação nativa para uso de atividades agrícolas, somada ao mau uso do solo e ao longo período de estiagem, que deixa o solo mais tempo exposto às ações dos agentes climáticos, causam sérias mudanças no equilíbrio dos ecossistemas por alterar a matéria orgânica, comunidade microbiana, nutrientes e estrutura dos solos (Entry et al., 2002) que interferem na qualidade (Carneiro et al., 2009) e reduzem drasticamente o potencial produtivo nesta região (Martins et al., 2010).

O tipo de cobertura vegetal introduzida nesses ambientes influencia de forma indireta sobre a atividade da microbiota, sobre a decomposição da matéria orgânica (Freixo et al., 2000), estrutura e fertilidade dos solos (Valpassos et al., 2001). A decomposição de resíduos orgânicos, ciclagem de nutrientes e fluxo de energia no solo são atividades desempenhadas principalmente pelos micro-organismos que exercem influência tanto na transformação da matéria orgânica (Acosta-Martinez et al., 2008), quanto na estocagem do carbono e nutrientes minerais (Dilly et al., 2007).

Neste sentido, o monitoramento da comunidade, biomassa e atividade microbianas é um indicativo das mudanças na qualidade do solo (Melloni, 2007) e pode ser uma ferramenta para detectar alterações mais impactantes (Stenberg, 1999), pois é detectada mais rapidamente que as mudanças na matéria orgânica, possibilitando um diagnóstico antes que a perda da qualidade do solo seja mais severa (Tótola & Chaer, 2002). Alguns trabalhos têm utilizado atributos microbianos, químicos e físicos isoladamente ou em

conjunto para monitorar o solo e prever procedimentos adequados para a recuperação de áreas degradadas por ações antrópicas (Nortcliff, 2002).

Considerando esses aspectos, este trabalho foi desenvolvido para testar a hipótese de que o desmatamento da vegetação nativa da região do semiárido de Pernambuco, para introdução de diferentes culturas agrícolas (anuais e perenes) e pastagens, causam alterações nos atributos microbianos, químicos e físicos dos solos. Por isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar e comparar 20 tipos de uso e determinar quais atributos (de fertilidade, físicos e microbiológicos) podem ser utilizados como ferramenta para monitoramento da qualidade de solos arenosos, provenientes do semiárido brasileiro, no estado de Pernambuco.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de solos foram coletadas no período seco (Março de 2011) em áreas do semiárido brasileiro localizadas no estado de Pernambuco, em quatro municípios Jucati (8°42'23" S. 36°29'20" O), Jupi (8°42'43" S. 36°24'54" O), São João (8°52'33" S. 36°22'01" O) e Caetés (8°46'22" S. 36°37'22" S) que apresentam clima, topografia e altitude semelhantes. Segundo a classificação de Köppen, esses municípios apresentam clima tropical chuvoso com verão seco. A temperatura média anual está entre 15°C e 18°C. As precipitações médias anuais são da ordem de 750 a 1250 mm. A estação chuvosa começa no outono e estende-se até o início da primavera. Os solos predominantes nos municípios de Jucati e Caetés são Neossolos Regolíticos e nos municípios de Jupi e São João são Neossolos Regolíticos e Argissolos (Silva et al., 2001).

Foram coletadas amostras de solos provenientes de 20 diferentes tipos de coberturas vegetais, sendo 18 de culturas (anuais e/ou perenes) uma área de queimada recente (AQ) e uma área de vegetação nativa (MAT), constituindo o tratamento controle. De cada sistema de uso foi utilizada uma área útil de 3 ha, onde foram demarcadas 4 áreas de 100 m² (constituindo as 4 repetições), nos quais foram escolhidos 8 pontos de amostragem, espaçados igualmente entre si, constituindo sub-amostras que foram homogeneizadas obtendo-se uma amostra composta representativa da área. Em cada ponto de amostragem

foram coletadas as amostras de solos na profundidade de 0-10 cm. Parte do solo coletado foi imediatamente refrigerada para análises microbiológicas.

Os solos coletados foram:

No Município de São João: Mata nativa (MAT): esta área foi utilizada para fins comparativos, servindo como tratamento controle. A vegetação nativa é característica do semiárido brasileiro, conhecida como “Caatinga”, composta por pequenas árvores, principalmente Jurema (*Mimosa tenuiflora*) na qual perdem as folhas sazonalmente. Capim (CAP): área com monocultivo de capim elefante (*Pennisetum purpureum*). Pasto (PACA): área com cultivo solteiro de capim Pangola (*Digitaria decumbens*). Pimentão (PIM): Cultivo solteiro de Pimentão (*Capsicum annuum* L.) onde foi realizada pulverização com insumo agrícola para controle de pragas e doenças 2 dias antes da coleta, manejo de irrigação por aspersão. Pepino (PEP): Cultivo solteiro de Pepino (*Cucumis sativus* L.) manejo de irrigação por aspersão, com irrigação realizada 2 vezes ao dia, ao amanhecer e no final da tarde.

No Município de Jupi: Feijão (FEJ): Cultivo solteiro de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em sistema de cultivo tradicional, sendo adubado apenas com adição de esterco bovino no momento de preparo da área de cultivo e realizado sem manejo de irrigação. Repolho (REP): Cultivo solteiro de repolho (*Brassica oleracea*) realizado de forma tradicional, com adição de fertilizantes e insumos químicos para controle de pragas e doenças. Mandioca (MAN): Cultivo solteiro de mandioca no qual a área não apresenta nenhum histórico de desenvolvimento de doenças radiculares, preparo da área de cultivo com aração e gradagem com adição de esterco bovino antes do plantio. Tomate (TOM): Cultivo solteiro de tomate (*Solanum lycopersicum*) com adição de fertilizantes e insumos químicos periodicamente, com manejo de irrigação por gotejamento. Palma (PAL): Cultivo solteiro de palma gigante (*Opuntia cochenillifera*) sem manejo recente e com presença de ervas daninhas nas entrelinhas do sistema de plantio.

No município de Caetés: Feijão guandú (FG): Cultivo solteiro de feijão guandú (*Cajanus cajan*) manejado de forma tradicional apresentando acúmulo de matéria orgânica na base das plantas. Área queimada (AQ): área onde o manejo tradicional de queimada foi realizado cerca de 10 dias antes da coleta do solo. Milho e feijão (MIFE): Cultivo

consorciado de milho + feijão caupi (*Zea mays* + *Vigna unguiculata* L Walp. Mandioca, feijão guandú e feijão de corda (MFGFC): Cultivo consorciado de mandioca + feijão guandú + feijão caupi (*Manihot esculenta* Crantz + *Cajanus cajan* + *Vigna unguiculata*), manejo realizado de forma tradicional com realização de capinas periódicas. Algodão (ALG): Cultivo solteiro de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) localizado próximo à rodovia apresenta manejo com pouca capina.

No município de Jucati: Laranja (LAR): Cultivo solteiro de laranja (*Citrus sinensis* L.) o pomar apresenta acúmulo de material vegetal em superfície. Eucalipto (EUC): Cultivo solteiro de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) com pouco acúmulo de material vegetal em superfície. Erva-doce (ED): Cultivo solteiro de erva-doce (*Pimpinella anisum* L.) em região de aclive com muitas pedras. Maracujá (MAR): Cultivo solteiro de maracujá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) realizado de forma tradicional com manejo de irrigação por gotejamento apresentando solo com muita pedregosidade e difícil escavação. Cajú (CAJ): Cultivo solteiro de cajú (*Anacardium occidentale*) com idade entre 10 e 15 anos.

As análises físicas foram realizadas de acordo com EMBRAPA (1997) e constaram de: textura (teores de areia, silte e argila) pelo método do densímetro, densidade do solo (D_s) e de partículas (D_p) e porosidade total (PT), a qual foi obtida pela equação abaixo:

$$PT = 1 - \left(\frac{D_s}{D_p} \right)$$

Também foram determinadas a umidade retida na capacidade de campo (CC) e no ponto de murcha permanente (PMP), pelo extrator de Richards, nas pressões de -0,01 e -1,5 MPa, respectivamente. Com os valores de CC e de PMP foi calculada a água disponível (AD) no solo para as culturas, como: $AD = CC - PMP$.

Os atributos de fertilidade foram determinados conforme Embrapa (2009): pH em água (1:2.5), P disponível, K, Na, Al, Ca, Mg trocáveis e o carbono orgânico total (COT) conforme Yeomans & Bremner (1988). O P, Na e K foram extraídos por Mehlich I, sendo o Na e K foram determinados por fotometria de chama. A quantificação do P inorgânico foi realizada por colorimetria conforme Braga & Defelipo (1974).

A população de fungos (FT) e bactérias totais (BT), bactérias formadoras de endósporos (BFE) e bactérias do grupo fluorescente (BGF), foram obtidas por diluições em

série, conforme Johnson & Curl (1972). As placas foram incubadas a 25°C e fotoperíodo de 12 h. As populações bacterianas foram avaliadas após 24 h de incubação, enquanto que a fúngica total foi avaliada após 48 horas. As colônias foram contadas em contador de colônias, cada placa individualmente, depois colocadas na fórmula onde: População = número de colônias x diluição utilizada x 10. Sendo este último fator o ajuste do plaqueamento para 1 mL de suspensão em cada placa, sendo expressas em unidades formadoras de colônias por grama de solo (UFC g⁻¹ de solo) e os dados transformados para uma mesma base de 10.

Na determinação do carbono microbiano (CBM) as amostras foram submetidas ao processo de irradiação conforme a metodologia descrita por Mendonça & Matos (2005). A extração da biomassa foi realizada de acordo com Vance et al. (1987) e Tate et al. (1988) utilizando-se como extrator K₂SO₄ 0,5 M. Para cada 20 g de solo foi adicionado 80 ml de K₂SO₄ 0,5 M. O carbono nos extratos de K₂SO₄ foi determinado por colorimetria (Bartlett & Ross, 1988).

A respiração basal do solo (RBS) foi determinada pela quantificação do dióxido de carbono (CO₂) liberado no processo de respiração microbiana (evolução de CO₂) pelo método de adsorção alcalina, com a umidade das amostras de solo ajustadas para 60% de sua capacidade de campo (Anderson & Domsch, 1985). Das amostras de solo foram retiradas alíquotas de 30 g e colocadas em recipientes hermeticamente fechados, individualmente, onde o CO₂ produzido foi capturado por solução de NaOH 0,5 mol L⁻¹. Após 72 horas de incubação, o CO₂ foi quantificado por titulação com HCl 0,25 mol L⁻¹, após a adição de solução de cloreto de bário (BaCl₂ 0,05 mol L⁻¹) à solução de NaOH, utilizando-se como indicador fenolfetaleína.

O quociente metabólico (q CO₂) foi calculado pela razão entre a RBS e o CBM (Anderson & Domsch, 1993), expresso em microgramas de C-CO₂ por micrograma de CBM por dia e o quociente microbiano (qMIC), calculado pela relação CBM/COT, de acordo com Sparling (1992).

Os dados foram analisados através de medida de estatística descritiva, considerando os parâmetros de média (tendência central) e variabilidade (coeficiente de variação). Os tipos de cobertura foram confrontados pela análise multivariada de componentes principais

e agrupamento (Statistica, 2011). A seleção dos componentes principais foi realizada de acordo com os autovalores gerados através da matriz padronizada, sendo os primeiros componentes principais os responsáveis pela maior parte da variância dos dados originais. Os dados originais foram normatizados antes da análise de agrupamento. Para a geração dos dendrogramas resultantes desta análise, utilizou-se a distância euclidiana média como coeficiente de similaridade e a complete linkage como método de agrupamento. Para realização do corte do dendrograma, utilizou-se uma das etapas da análise de agrupamento, através do gráfico gerado com distâncias de ligação entre os dados formados, definiu-se com maior precisão o ponto de corte. Dessa forma, o corte determinou o número de grupos de acordo com uma maior similaridade, através da maior distância (maior salto) com que os saltos foram analisados.

RESULTADO E DISCUSSÃO

O efeito da diferença entre os diferentes usos do solo foi percebido em vários atributos físicos, de fertilidade e microbianos dos solos.

Quanto aos atributos físicos, verificou-se que os solos avaliados apresentam altos teores de areia (Tabela 1), chegando a 92,49% para o solo de área queimada (AQ) seguido pelos solos de cultivo de mandioca (MAN) e feijão (FEJ), com 89,88 e 89,12%, respectivamente. A classificação textural dos diferentes usos variou de Areia a Franco arenosa, sendo Areia Franca a classe textural mais frequente. Estes solos com elevados teores de areia são bem característicos da região do agreste meridional de Pernambuco, sendo as principais limitações ao manejo desses solos a baixa fertilidade natural e a baixa capacidade de retenção de água, como pode ser visualizada pelos dados de capacidade de campo (CC) e água disponível (AD), o que proporciona um alto déficit hídrico durante o ciclo de desenvolvimento das culturas (Sales et al., 2010).

A densidade de partículas (DP) teve seus valores variando de 2,40 a 2,90 kg dm⁻³ e valor médio de 2,63 kg dm⁻³, os quais estão dentro do intervalo encontrado na literatura (Sales et al., 2010; Tavares Filho et al., 2010). Já a densidade do solo (DS) variou de 1,22 a 1,69 kg dm⁻³, sendo que os diferentes usos do solo, principalmente os cultivos anuais,

promoveram um aumento de DS em comparação com a mata nativa. Com o aumento de DS nas áreas sob cultivo ocorreu, conseqüentemente, compactação do solo, com declínio da porosidade total (PT), com provável redução das taxas de infiltração de água e conseqüente erosão (Reynolds et al., 2002; Lipiec & Hatano, 2003; Su et al., 2004; Reynolds et al., 2007; Noellemeyer et al., 2008).

Tabela 1. Atributos físicos de solos arenosos sob diferentes usos e coberturas vegetais provenientes do semiárido de Pernambuco.

Uso do solo	DP ---kg dm ⁻³	DS m ³ m ⁻³	PT -----Kg Kg ⁻¹ -----	CC	PMP	AD	Areia -----g g ⁻¹ -----	Argila	Silte	Classe Textural
FEJ	2,77	1,62	0,407	0,08	0,02	0,06	89,12	2,00	8,88	Areia
REP	2,46	1,48	0,399	0,13	0,03	0,10	80,90	14,00	5,10	Franco Arenosa
MAN	2,52	1,58	0,373	0,08	0,02	0,06	89,88	2,00	8,12	Areia
TOM	2,47	1,54	0,377	0,11	0,03	0,08	82,50	4,00	13,50	Areia Franca
PAL	2,49	1,22	0,509	0,08	0,01	0,07	78,91	18,00	3,09	Franco Arenosa
CAP	2,90	1,55	0,467	0,09	0,04	0,05	80,72	8,00	11,28	Areia Franca
PACA	2,90	1,61	0,447	0,05	0,01	0,04	87,37	8,00	4,63	Areia franca
MAT	2,74	1,43	0,476	0,07	0,04	0,03	88,00	4,00	8,01	Areia
PIM	2,36	1,24	0,474	0,11	0,08	0,03	72,68	12,00	15,32	Franco Arenosa
PEP	2,89	1,38	0,521	0,10	0,07	0,03	65,57	16,00	18,43	Franco Arenosa
FG	2,71	1,53	0,435	0,07	0,04	0,03	87,97	4,00	8,03	Areia
AQ	2,54	1,49	0,412	0,07	0,04	0,03	92,49	2,00	5,51	Areia
MIFE	2,62	1,64	0,372	0,06	0,03	0,03	86,21	10,00	3,79	Areia Franca
MFGFC	2,49	1,54	0,380	0,10	0,03	0,07	85,49	10,00	4,51	Areia Franca
ALG	2,80	1,53	0,456	0,06	0,03	0,03	85,18	4,00	10,82	Areia Franca
LAR	2,58	1,53	0,407	0,06	0,03	0,03	87,19	8,00	4,81	Areia Franca
EUC	2,69	1,57	0,412	0,08	0,02	0,06	81,58	12,00	6,42	Franco Arenosa
ED	2,40	1,61	0,328	0,08	0,02	0,06	83,57	10,00	6,43	Areia Franca
MAR	2,66	1,50	0,434	0,09	0,03	0,06	80,74	4,00	15,26	Areia Franca
CAJ	2,56	1,69	0,339	0,09	0,03	0,06	87,98	6,00	6,02	Areia Franca
C.V. (%)	9,56	10,8	15,64	0,02	0,01	0,02	1,81	0,01	13,02	-

FEJ= feijão. REP= repolho. MAN= mandioca. TOM= tomate. PAL= palma. CAP= capim elefante. PACA= pasto. MAT= jurema. PIM= pimentão. PEP= pepino. FG= feijão guandu. AQ= área queimada. MIFE=

consórcio milho e feijão. MFGFC= consórcio milho, feijão gandú e feijão de corda. ALF= algodão. LAR= laranja. EUC= eucalipto. ED= erva-doce. MAR= maracujá. CAJ= Cajú. DP= densidade da partícula; DS= densidade do solo; PT=porosidade total; CC= capacidade de campo; AgDisp=argila dispersa em água; PMP= ponto de murcha permanente. CV= coeficiente de variação.

Jaiyeoba (2003), avaliando o efeito do tempo de cultivo nas propriedades físicas e químicas de solos nas condições da savana Nigeriana, encontrou que o aumento do tempo de cultivo aumentou significativamente a densidade do solo. Enquanto Yong-Zhong et al. (2005), em solos arenosos da Mongólia, encontraram que o pastejo contínuo provocou aumento na DS ($1,58 \text{ kg dm}^{-3}$) em comparação com o solo em pousio ($1,34 \text{ kg dm}^{-3}$).

Em todas as áreas estudadas, os valores de pH foram maiores que 5,5, não se observando solos ácidos, confirmado pelo baixo teor de Al trocável (Tabela 2). Dos 20 tipos de coberturas analisadas, os solos de 6 áreas apresentaram valores de pH do solo acima de 6,5. Os solos arenosos sob diferentes coberturas no semiárido brasileiro, no estado de Pernambuco, apresentou valores de pH próximos aos valores de pH provenientes de solos arenosos sob diferentes coberturas no semiárido da China (Zhao et al., 2009) e de solos arenosos da África do sul (Moussa et al., 2007).

Tabela 2. Atributos de fertilidade de solos arenosos sob diferentes usos e coberturas vegetais provenientes do semiárido de Pernambuco.

Uso do solo	pH (1:2.5)	P mg Kg ⁻¹	-----Cmol _c dm ³ -----				
			K	Ca	Mg	Na	Al
FEJ	6,08	2,53	7,50	3,50	0,93	0,97	0,073
REP	6,97	239,61	14,00	19,5	2,20	1,07	0,083
MAN	7,03	237,61	10,50	12,0	1,67	0,78	0,1
TOM	7,32	381,50	11,50	27,0	3,25	1,32	0,053
PAL	5,69	37,71	9,00	17,0	3,15	1,88	0,06
CAP	7,14	49,79	9,00	5,0	1,80	0,73	0,11
PACA	5,53	0,20	8,50	5,0	0,85	0,88	0,066
MAT	5,76	1,60	8,00	7,5	0,95	1,28	0,1
PIM	6,43	541,31	13,0	18,50	2,70	1,83	0,1
PEP	7,24	581,27	16,00	15,67	2,40	1,90	0,093
FG	5,72	13,25	11,00	12,50	0,75	1,25	0,053
AQ	6,89	14,42	9,00	10,00	1,40	1,20	0,05
MIFE	6,31	4,09	11,00	5,00	1,05	0,95	0,083
MFGFC	5,52	10,52	10,00	5,00	1,47	0,77	0,06
ALG	5,48	1,20	6,50	6,67	1,25	0,72	0,083
LAR	6,34	20,85	6,00	9,00	1,23	1,27	0,05
EUC	5,65	18,71	6,00	4,67	1,13	0,70	0,09
ED	6,77	2,24	6,67	12,00	1,60	0,63	0,1
MAR	5,79	22,18	8,50	12,50	1,33	1,12	0,07
CAJ	6,36	15,86	6,00	4,00	0,95	0,72	0,08
CV(%)	7,31	4,31	14,48	16,53	23,56	34,5	2,05

FEJ= feijão. REP= repolho. MAN= mandioca. TOM= tomate. PAL= palma. CAP= capim elefante. PACA= pasto. MAT= jurema. PIM= pimentão. PEP= pepino. FG= feijão guandu. AQ= área queimada. MIFE= consórcio milho e feijão. MFGFC= consórcio milho, feijão gandu e feijão de corda. ALF= algodão. LAR= laranja. EUC= eucalipto. ED= erva-doce. MAR= maracujá. CAJ= Cajú. CV= coeficiente de variação.

Houve variação nos teores de K, Ca, Mg e Na encontrado nos solos arenosos sob diferentes coberturas no semiárido de Pernambuco (Tabela 2). Nos solos provenientes das áreas REP, MAN, TOM, PIM e PEP, os teores de P disponível foram superiores a 200 mg kg⁻¹. Nas áreas com PIM e PEP os teores de P superaram 500 mg kg⁻¹, exceto os solos com MAN todos esses receberam adubação inorgânica como fonte de fornecimento de nutrientes para o desenvolvimento das culturas. Os solos cobertos com MAN receberam adubação com esterco bovino. Outros trabalhos evidenciam que a cobertura do solo afeta as propriedades e os processos biogeoquímicos dos solos (Zeng et al., 2009). Isso também foi

observado em solos arenosos de regiões semiáridas da China, onde Zhao et al. (2009) observando o teor de P em 5 tipos de vegetação: Savana densa; pastagens; plantação de pinheiro da Mongólia com 22 anos; plantação de pinheiro da China com 22 anos; área com 15 anos de cultivo de Poplar (espécie florestal), detectaram haver diferenças na decomposição dos resíduos que desempenhou um papel fundamental na disponibilidade de P, sendo a cobertura com *U. macrocarpa* savana a melhor no sistema de conservação do nutriente P no solo.

O tipo de cobertura das áreas estudadas propiciaram significativas alterações no carbono orgânico total (COT), na respiração basal e nos atributos microbianos do solo (Tabela 3). A atividade microbiana representada pela RBS foi maior nos solos sob o sistema MFGFC (consórcio milho. feijão gandú e feijão de corda) que representou 80% maior que a atividade microbiana proveniente de solo de MAT.

O CBM foi influenciado pelo tipo de cobertura do solo. O maior valor de CBM foi observada no solo com AQ (185,1 g kg⁻¹). As queimadas são uma prática rotineira, principalmente nas áreas de cultivo de cana de açúcar objetivando o preparo da área para a colheita, esse tipo de manejo muitas vezes é condenável uma vez que libera gases de efeito estufa para a atmosfera, reduz a atividade biológica e altera as propriedades físicas e químicas do solo (Malém Júnior, 2011). Alguns autores correlacionam os altos teores de carbono microbiano ao alto desenvolvimento do sistema radicular, particularmente de gramíneas (Araújo et al., 2007; Carneiro et al., 2008).

A textura arenosa dos solos avaliados contribuiu para o baixo nível de carbono orgânico do solo, assim como observado por Venzke Filho (2008), D' Amore & Lynn (2002) relatam que altos teores de carbono podem estar relacionados com o aumento da agregação no solo, que proporciona o aumento na umidade do mesmo e a melhoria das condições bióticas de desenvolvimento dos micro-organismos. Os solos da área de mata nativa (MAT) apresentou alto índice de COT, tal área apresenta grande população de gramíneas. Segundo Carneiro et al. (2009) o sistema radicular de gramíneas promove um incremento na quantidade de COT, corroborando com o presente trabalho.

Matoso (2012) encontrou valores de COT de 17,33 g kg⁻¹ nas áreas de vegetação nativa em regiões da Amazônia brasileira. Júnior & Melo (2000) observaram os maiores valores de COT em sistemas de vegetação nativa e os valores mais baixos em tratamentos onde existem preparo do solo, principalmente na camada superficial. Esses resultados estão de acordo com o observado no presente trabalho onde os sistemas de manejo mais intensos apresentaram menores valores de COT.

A população de bactérias do grupo fluorescentes aumentou à medida que aumentou as populações com bactérias totais e bactérias formadoras de endósporos, demonstrando uma co-evolução de grupos específicos de micro-organismos nos solos provenientes de diferentes coberturas no semiárido de Pernambuco.

Tabela 3. Atributos microbianos de solos arenosos sob diferentes coberturas vegetais provenientes do estado de Pernambuco.

Uso do solo	RBS	CBM	COT	qCO ₂	qmic	BGF	BT	BFE	FT
FEJ	2,10	57,41	11,18	28,81	0,51	5,29	5,48	4,62	4,58
REP	4,50	114,8	16,41	24,97	0,68	5,48	5,48	4,86	4,42
MAN	2,10	114,81	27,27	67,90	0,63	5,42	5,48	4,63	4,02
TOM	2,70	83,33	13,03	36,01	0,64	5,48	5,48	5,36	4,39
PAL	8,40	72,22	23,49	18,40	0,31	5,39	5,34	5,01	4,63
CAP	1,20	40,74	13,19	47,33	0,31	5,47	5,42	4,88	4,51
PACA	2,70	50,00	12,06	21,60	0,43	5,45	5,24	5,07	3,62
MAT	4,20	18,52	23,81	5,35	0,10	5,37	5,48	4,78	4,12
PIM	2,70	77,78	23,57	43,87	0,34	5,48	5,02	5,24	4,18
PEP	8,40	27,78	14,56	4,24	0,19	5,47	5,48	4,83	4,25
FG	4,80	48,15	12,55	16,46	0,38	5,29	5,11	4,63	3,92
AQ	5,40	185,1	11,98	37,04	1,61	5,48	5,48	5,13	4,57
MIFE	3,60	70,37	14,40	22,76	0,50	5,48	5,48	4,82	4,13
MFGFC	22,8	31,48	11,34	1,34	0,28	5,44	5,44	5,13	3,62
ALG	10,2	38,89	23,24	4,50	0,20	5,47	5,48	5,28	4,16
LAR	14,1	29,63	23,08	2,64	0,19	5,03	5,48	4,47	3,30
EUC	10,8	31,48	16,73	2,79	0,18	4,98	4,81	4,72	3,74
ED	1,50	51,85	13,83	51,70	0,39	5,28	5,10	4,56	3,48
MAR	4,50	51,85	7,48	11,49	0,69	5,42	5,38	4,63	3,87
CAJ	2,10	53,70	13,03	31,79	0,42	4,94	4,54	4,44	3,33
CV(%)	41,62	22,12	33,72	61,21	0,00	0,67	0,98	2,24	5,21

FEJ= feijão. REP= repolho. MAN= mandioca. TOM= tomate. PAL= palma. CAP= capim elefante. PACA= pasto. MAT= jurema. PIM= pimentão. PEP= pepino. FG= feijão guandu. AQ= área queimada. MIFE= consórcio milho e feijão. MFGFC= consórcio milho, feijão gandú e feijão de corda. ALG= algodão. LAR= laranja. EUC= eucalipto. ED= erva-doce. MAR= maracujá. CAJ= Cajú. RBS= respiração basal do solo (C-

CO₂mg Kg⁻¹ de solo); CBM= carbono microbiano (mg Kg⁻¹ de solo); COT= carbono orgânico total (g Kg⁻¹ de solo); qCO₂= quociente metabólico; qMIC= quociente microbiano (%); BGF= bactérias do grupo fluorescentes (x 10⁶ UFC g⁻¹ de solo); BT= bactérias totais (x 10⁶ UFC g⁻¹ de solo); BFE= bactérias formadoras de endósporos (x 10⁶ UFC g⁻¹ de solo); FT= fungos totais (x 10⁵ UFC g⁻¹ de solo). CV= coeficiente de variação.

Foram geradas componentes principais como ferramenta auxiliar para distinção das áreas sob diferentes coberturas no semiárido de Pernambuco. Utilizando-se os atributos físicos (DS, PT, CC, areia e argila), de fertilidade (pH, Na, Ca e P) e microbianos (RBS, COT, CBM, BGF, BT e BFE) em conjunto de todas as áreas estudadas. Através desta análise obteve-se uma matriz de correlação na qual apresentou um número significativo de correlações entre diversas variáveis.

A análise dos componentes principais considerou os quatro primeiros fatores com uma % cumulativa de 76,5 da variação dos dados obtidos. Na tabela 4 são apresentados os pesos das variáveis selecionadas. A importância de cada variável em cada componente principal é demonstrando através do valor modular do peso. Por isso, é possível verificar quais variáveis serão correlacionadas com cada componente principal (Santos, 2010).

Tabela 4. Peso dos atributos físicos, químicos e microbianos analisados para cada componente principal (CP) obtido de solos arenosos sob diferentes coberturas vegetais provenientes do semiárido de Pernambuco.

	Fator 1	Fator 2
RBS	-0,02	0,59
COT	0,20	0,39
CBM	0,20	-0,38
BGF	0,67	0,16
BT	0,26	0,25
BFE	0,22	0,62
pH	0,51	-0,71
Na	0,83	-0,17
Ca	0,85	-0,04
P	0,89	-0,21
DS	-0,70	-0,42
PT	0,25	0,77
CC	0,84	-0,26
Areia	-0,81	-0,07
Argila	0,56	0,18

RBS= respiração basal do solo; CBM= carbono microbiano; COT= carbono orgânico total; BGF= bactérias do grupo fluorescentes; BT= bactérias totais; BFE= bactérias formadoras de endósporos; DS=densidade do solo; PT= porosidade total; CC=capacidade de campo.

As variáveis Na, Ca, P, BGF, CC e argila apresentam correlação positiva no fator 1 (tabela 4), mostrando que têm os seus valores médios aumentados quando indo da esquerda para a direita do gráfico (figura 2b), enquanto que areia e DS apresentaram correlação negativa no fator 1.

Já as variáveis RBS, pH e PT correlacionaram-se positivamente com o fator 2, indicando que seus valores médios aumentam de baixo para cima do gráfico, enquanto que a variável BFE apresentou correlação negativa para o fator 2, demonstrando um efeito contrário (figura 2b).

As variáveis que mais contribuíram para o fator 1 foram, respectivamente, P, Ca, CC, Na, areia, DS, BGF e argila. E no fator 2, a ordem de importância foi: PT, pH, BFE, RBS e CBM, respectivamente.

Através da relação entre esses atributos escolhidos, foram formados diagramas bidimensionais de ordenação para visualização de vetores (Figura 2a). O fator 1 explicou 35,58% da variação total dos atributos escolhidos com os maiores coeficientes de correlação citados acima (P, Ca, CC, Na, areia, DS, BGF e argila), sendo os mais sensíveis na distinção dos diferentes tipos uso e cobertura (Figura 2a).

Esses resultados da explicação da variação total dos atributos foram semelhantes ao valor da explicação do fator 1 no estudo de áreas em processo de degradação de solos provenientes também do estado de Pernambuco, tanto no período seco, quanto no chuvoso, na qual explicaram 35,48 e 29,91% da variação total do solos, respectivamente. (Martins et al., 2010).

A variância explicada pelo fator 2 foi de 17,14%, sendo apenas o PT, pH, BFE, RBS, COT e CBM identificados como atributos sensíveis na distinção dos usos e coberturas, apresentando uma maior distância de seu vetor em relação ao fator 2 (Figura 2a).

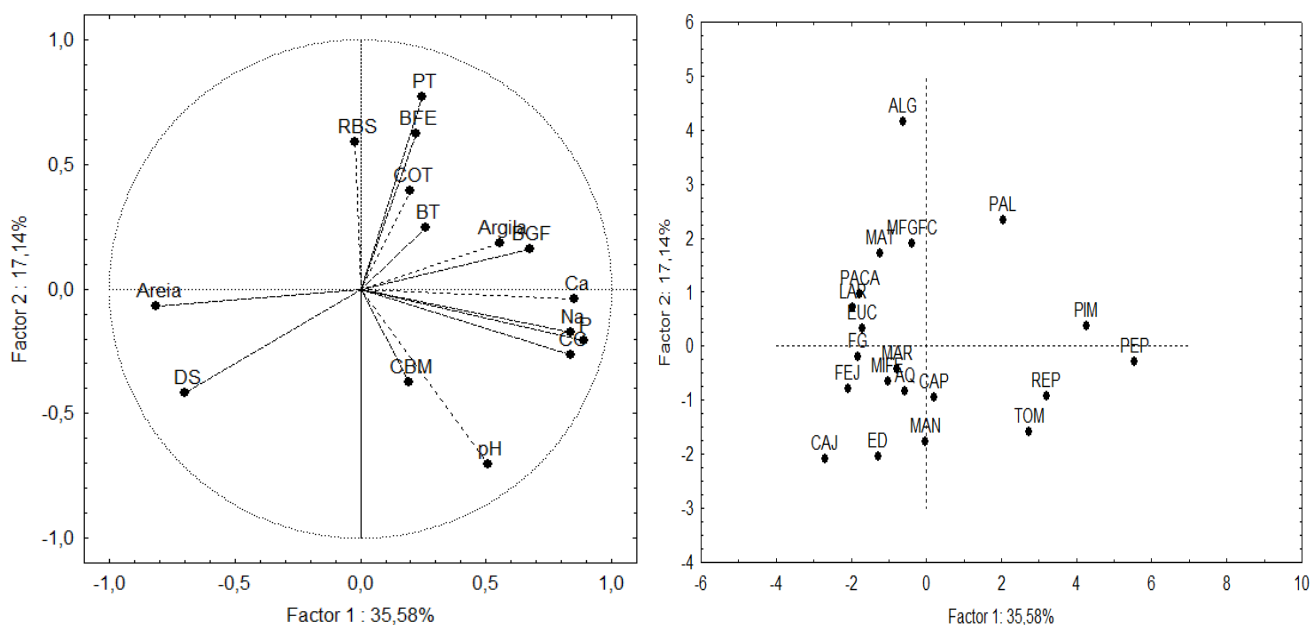
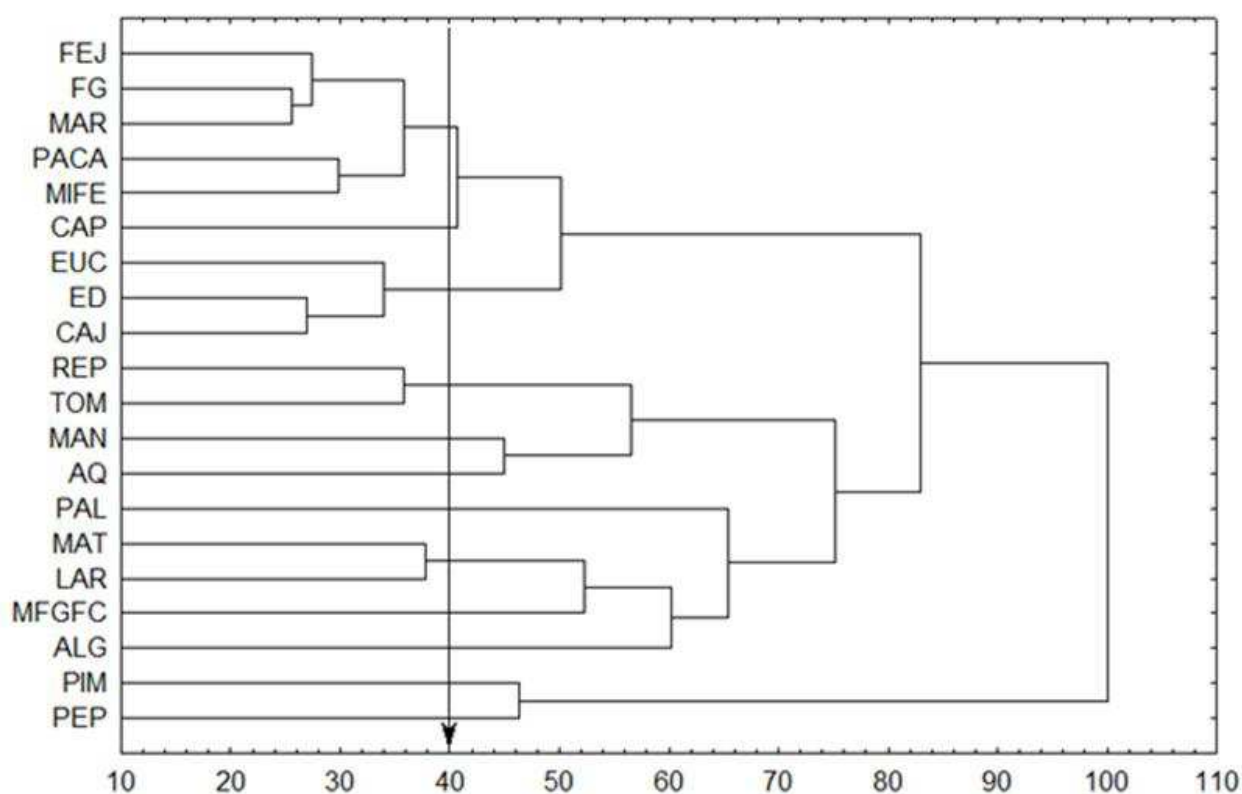


Figura 2. A) Diagrama de projeção dos vetores dos atributos físicos, de fertilidade e microbianos e B) diagrama de ordenação dos componentes principais de solos arenosos sob diferentes coberturas vegetais provenientes do semiárido de Pernambuco.

O dendograma obtido pela análise de agrupamento de todas as variáveis está apresentado na figura 3. Nesta análise, os atributos físicos, de fertilidade e microbianos dos solos arenosos com diferentes tipos de cobertura provenientes do semiárido de Pernambuco foram agrupados de acordo com o seu grau de semelhança, com intuito de agrupar em grupos mais ou menos homogêneos.

Foi admitido um corte na distância de ligação de 40% (Santos et al., 2011) que permitiu uma divisão clara em grupos distintos. As amostras coletadas dos 20 tipos de coberturas provenientes do semiárido pernambucano isolaram-se em 12 grupos em função do corte realizado (figura 3), indicando que o tipo de manejo interfere nos atributos físicos, de fertilidade e, principalmente, microbiano do solo. O uso de técnicas estatísticas multivariadas como a análise de agrupamentos, associadas ao estudo da ciência do solo,

permitem detectar diferenças nos atributos dos solos, contribuindo para a redução de erros e vem sendo utilizado por pesquisadores da área (Campos et al., 2007; Martins et al., 2010).



FEJ= feijão. REP= repolho. MAN= mandioca. TOM= tomate. PAL= palma. CAP= capim elefante. PACA= pasto. MAT= jurema. PIM= pimentão. PEP= pepino. FG= feijão guandu. AQ= área queimada. MIFE= consórcio milho e feijão. MFGFC= consórcio milho, feijão gandú e feijão de corda. ALF= algodão. LAR= laranja. EUC= eucalipto. ED= erva-doce. MAR= maracujá. CAJ= Cajú.

Figura 3. Dendrograma resultante da análise de agrupamento dos diferentes tipos de coberturas vegetais de solos arenosos provenientes do semiárido de Pernambuco.

CONCLUSÕES

A análise de estatística multivariada de componentes principais e agrupamento classificou em 12 grupos distintos os solos arenosos com diferentes usos e coberturas provenientes do semiárido de Pernambuco.

As variáveis físicas (densidade do solo, porosidade total, capacidade de campo, areia e argila), de fertilidade (pH, Na, Ca e P) e microbianas (respiração basal do solo, carbono orgânico total, carbono da biomassa microbiana, bactérias do grupo fluorescentes, bactérias totais e bactérias formadoras de endósporos) foram mais sensíveis em detectar diferenças entre os solos arenosos com 20 diferentes tipos de usos e coberturas vegetais provenientes do semiárido de Pernambuco.

Os atributos (P, Ca, CC, Na, areia, densidade do solo, bactérias do grupo fluorescentes e argila) podem ser utilizados como indicadores da influência do tipo de cobertura em solos arenosos provenientes do semiárido de Pernambuco.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem ao CNPq, pelo apoio financeiro no Projeto Universal Processo: 481436/2010-3 e à FACEPE pela bolsa de mestrado do primeiro autor.

LITERATURA CITADA

- ACOSTA-MARTINÉZ, V.; ACOSTA-MERCADO, D.; SOTOMAYOR-RAMÍREZ, D.; CRUZ-RODRÍGUEZ, L. Microbial communities and enzymatic activities under different management in semiarid soils. *Appl. soil ecol.* 38: 249-260, 2008.
- ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. Determination of ecophysiological maintenance carbon requirements of soil microorganisms in a dormant state. *Biol. Fertil. Soils.* 1:81-89, 1985.
- ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. *Soil Bio. Bioch.* 25:393-395, 1993.
- ARAÚJO, R.; GOEBERT, W.J. & LACERDA, M.P.C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. *R. Bras. Ci. Solo.* 31:1099 – 1108, 2007.
- ARAÚJO, E.L.; TABARELLI, M. Estudos de ecologia de populações de plantas do nordeste do Brasil. In: ARAÚJO, E.L.; MOURA, A.N.; SAMAPAI, E.S.V.B.; GESTINARI, L.M.S.;

- CARNEIRO, J.M.T. Biodiversidade. conservação e uso sustentável da flora do Brasil. Imprensa Universitária. Recife. PE. Brasil. 135–142p, 2002.
- BARTLETT, R. J.; ROSS, D. S. Colorimetric determination of oxidizable carbon in acid soil solutions. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 52: 191-1192, 1988.
- BRAGA, J.M. & DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e material vegetal. *R. Ceres.* 21:73-85, 1974.
- CAMPOS, M. C. C.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; MONTANARI, R.; CAMARGO, L.A. Relações solo-paisagem em uma litossequência arenito-basalto na região de Pereira Barreto. *SP. R. Bras. Ci. Solo.* 31:519-529, 2007.
- CARNEIRO, M.A.C.; ASSIS, P.C.R.; MELO, L.B.C.; PEREIRA, H.S.; PAULINO, H.B. & SILVEIRA NETO, A.N. Atributos bioquímicos em dois solos de cerrados sob diferentes sistemas de manejo e uso. *Pesq. Agrop. Trop.* 38:276 – 283, 2008.
- CARNEIRO, M.A.C.; SOUZA, E.C.; REID, D.F.; PEREIRA, H.S. & AZEVEDO, W.R.; Atributos químicos. físicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. *R. Bras. Ci. Solo.* 33: 147- 157, 2009.
- D'AMORE, D.V.; LYNN, W.C. Classification of forested histosols in southeast Alaska. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* v. 66. p. 554 – 562, 2002.
- DILLY, O.. MUNCH, J. CH.. & PFEIFFER, E. M. Enzyme activities and litter decomposition in agricultural soils in northern. central. and southern Germany. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 170:197–204, 2007.
- EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2. Ed. Rio de Janeiro: Centro nacional de pesquisas de solos. 1997. 212p.
- EMBRAPA. Manual de análises químicas de solos. plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa. DF:Embrapa Informações Tecnológica. 2009. 627 p.
- ENTRY, J. A.; RYGIWICZ, P. T.; WATRUD, L. S.; DONNELLY, P. K. Influence of adverse soil conditions on the formation and function of arbuscular mycorrhizas. *Adva. in Env. Res.* 7:123-138, 2002.

FREIXO, A.A.; FADIGAS, F.S.; FREIRE, M.O.; BALDANI, V.L.D. Quantificação de microrganismos em solos sob plantio puro de *Pseudosamanea grachapele* (Kunth) Harms e em consórcio com *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden. Embrapa-comunicado técnico. 39:1-8, 2000.

JAIYEGBA, I.A. Changes in soil properties due to continuous cultivation in Nigerian semiarid Savannah. *Soil Til. Res.* 70:91–98, 2003.

JOHNSON, L.F. & CURL, E.A. Methods for research on the ecology of soil-borne plant pathogens. Minneapolis: Burgess. 1972. 235p.

JÚNIOR, M.M.; MELO, W.J. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. *Pesq. Agrop Bras.* 35:1177-1182, 2000.

LIPIEC, J. & HATANO, R. Quantification of compaction effects on soil physical properties and crop growth. *Geoderma.* 116:107– 136, 2003.

MARTINS, C.M.; GALINDO, I.C.L.; SOUZA, E.R.; POROCA, H.A. Atributos químicos e microbianos do solo de áreas em processo de desertificação no semiárido de pernambuco. *Revista R. Bras. Ci. Solo.* 34:1883-1890, 2010.

MATOSO, S.C.G; SILVA, A.N.; FIORELLI-PEREIRA, E. C.; COLLETA, Q.P.; MAIA, E. Frações de carbono e nitrogênio de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico sob diferentes usos na Amazônia brasileira. *Acta Amaz.* 42:231 – 240p, 2012.

MELÉM JÚNIOR, N.J.; BRITO, O.R.; FONSECA JÚNIOR, N.S.; AGUIAR, S.X.; Nutrição e produção de feijão em áreas manejadas com e sem queima de resíduos orgânicos e diferentes tipos de adubação. *Semina: Ciênc. agr. Londrina.* 32:7-18, 2011.

MELLONI, R. Quantificação microbiana da qualidade do solo. In: SILVEIRA, A.P.D.; FREITAS, S.S. (Eds) *Microbiota do solo e qualidade ambiental*. Campinas:São Paulo 2007.

MENDONÇA, E. S & MATOS, E. da S. *Matéria orgânica do solo: Métodos de análises*. Viçosa: UFV. 2005, p.86-92.

MUASSA, A.S.; RENSBURG, L.V.; KELLNER, K.; BATIONO, A. Microbial biomass in semi-arid communal sandy rangelands in the western bohirima district. South Africa. *Appl. Ecol. and envi. Res.*5(1): 43-56, 2007.

- NOELLEMEYER, E.; FRANK, F.; ALVAREZ, C.; MORAZZO, G.; QUIROGA, A. Carbon contents and aggregation related to soil physical and biological properties under a land-use sequence in the semiarid region of central Argentina. *Soil Til. Res.* 99:179–190, 2008.
- NORTCLIFF, S. Standardisation of soil quality attributes. *Agric. Ecosyst. Environ.* 88:161-168, 2002.
- REYNOLDS, W.D.; BOWMAN, B.T.; DRURY, C.F.; TANA, C.S.; LU, X. Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters. *Geoderma.* 110:131-146, 2002.
- REYNOLDS, W.D.; DRURY, C.F.; YANG, X.M.; FOX, C.A.; TAN, C.S.; ZHANG, T.Q. Land management effects on the near-surface physical quality of a clay loam soil. *Soil Til. Res.* 96:316–330, 2007.
- SALES, L.E.O.; CARNEIRO, M.A.C.; SEVERIANO, E.C.; OLIVEIRA, G.C.; FERREIRA, M.M. Qualidade física de Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso agrícola. *Ciên. e Agrotec.* 34: 667-674, 2010.
- SANTOS, K.C.F.; SILVA, M.S.L.; SILVA, L.E.; MIRANDA, M.A.; FREIRE, M.B.G. Atividade biológica em solo salino sódico saturado por água sob cultivo de *Atriplex numulária*. *R. Ciên. Agron.* 42: 619-627, 2011.
- SANTOS, P. R. Atributos do solo em função dos diferentes usos adotados em perímetro irrigado do sertão de Pernambuco. 2010. 112 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife.
- SILVA et al.; Zoneamento Agroecológico de Pernambuco – ZAPE. Embrapa Solos. UEP Recife. 2001.
- SOLOMON, D.; LEHMANN, J.; ZECH, W.; Land use effects on soil organic matter properties of chromic luvisols in semi-arid northern Tanzania: carbon, nitrogen, lignin and carbohydrates. *Agric Ecosys. Environ.* 78:203–213, 2000.
- SPARLING, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. *Austral. J. Soil Res.* 30:195-207, 1992.
- STATISTICA. 2011. Data analysis software system. versão 7.0 StatSoft. <http://www.statsoft.com/>. Accessed 18 jul 2011.

- STENBERG, B. Monitoring soil quality of arable land: microbiological indicators. *Acta Agriculturae Scandinavica . Section B . Soil and Plan. Sci.*49:1-24, 1999.
- SU, Y.-Z.; ZHAO, H.-L.; ZHANG, T.-H.; ZHAO, X.-Y. Soil properties following cultivation and non-grazing of a semi-arid sandy grassland in northern China. *Soil Till. Res.* 75:27–36, 2004.
- TATE, K. R.; ROSS, D. J.; FELTHAM, C. W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: effects of experimental variables and some different calibration procedures. *Soil Biol. Bioch. Oxford.* 20:329-335, 1988.
- TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G.M.C.; RIBON, A.A. Physical properties of dystrophic red Latosol (Oxisol) under different agricultural uses. *R. Bras. Ci. Solo.* 34:925-933, 2010.
- TÓTOLA, M.R. & CHAER, G.M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: ALVAREZ, V.V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V. & COSTA, L.M.. eds. *Tópicos em ciência do solo.*Viçosa. MG. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2:195-276, 2002.
- VALPASSOS, M.A.R.; CAVALCANTE, E.G.S.; CASSIOLATO, A.M.R.; ALVES, M.C. Effects of soil management systems on soil microbial activity. bulk density and chemical properties *Pesq. agropec. bras. Brasília.* 36: 1539-1545, 2001.
- VANCE, E. D.; BROOKS, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol. Bioch.* 19:703-707, 1987.
- VENZKE FILHO, S.P.; FEIGL, B.J.; PICCOLO, M.C.; SIQUEIRA NETO, M.; CERRI, C.C. Biomassa microbiana do solo em sistemas de plantio direto na região de Campos Gerais – Tibagi. *PR. R. Bras. Ci. Solo.* 32:599- 610, 2008.
- YEOMANS, J.C. & BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Communic. Soil Scien. and Plant Anal.* 19:1467-1476, 1988.
- YONG-ZHONG, S.; YU-LIN, L.; JIAN-YUAN, C.; WEN-ZHI, Z. Influences of continuous grazing and livestock exclusion on soil properties in a degraded sandy grassland. Inner Mongolia. northern China. *Catena.* 59:267–278, 2005.

ZENG, D.H.; HU, Y.L.; CHANG, S.X.; FAN, Z.P. Land cover change effects on soil chemical and biological properties after planting Mongolian pine (*Pinus sylvestris* var. *mongolica*) in sandy lands in Keerqin, northeastern China. *Plant Soil*. 317:121–133, 2009.

ZHAO, Q.; ZENG, D.H.; FAN, Z.P.; YU, Z.Y.; HU, Y.L.; ZHANG, J. Seasonal variations in phosphorus fractions in semiarid sandy soils under different vegetation types. *For. Ecol. Manag.* 258:1376–1382, 2009.

CAPÍTULO III

**Atividade enzimática de solos sob diferentes sistemas de cultivo no
semiárido de Pernambuco – Brasil**

Atividade enzimática de solos sob diferentes sistemas de cultivo no semiárido de Pernambuco – Brasil^a

Resumo

A análise integrada dos atributos bioquímicos do solo pode constituir uma ferramenta importante para avaliação da qualidade e da sustentabilidade do sistema de produção. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes sistemas de uso sobre a atividade enzimática e microbiana de solos arenosos provenientes do semiárido de Pernambuco, Brasil. As amostras de solo foram coletadas em 20 áreas com diferentes usos: 1. Feijão, 2. Repolho, 3. Tomate, 4. Palma, 5. Mandioca, 6. Capim elefante, 7. Pasto, 8. Mata nativa, 9. Pimentão, 10. Pepino, 11. Feijão Guandu, 12. Área queimada, 13. Consórcio (Milho + Feijão Guandu), 14. Consórcio (Mandioca + Feijão Guandú + Feijão de Corda), 15. Algodão, 16. Laranja, 17. Eucalipto, 18. Erva-doce, 19. Maracujá e 20. Caju. Foram quantificadas as atividades enzimáticas da arilsulfatase, fosfatase ácida e alcalina, urease, desidrogenase, β -glucosidade e hidrólise de diacetato de fluoresceína. Os dados foram analisados pela estatística descritiva, seguida pela análise de componentes principais e de agrupamentos. O sistema de cultivo de palma foi o que apresentou as maiores taxas de atividade enzimática para desidrogenase 223,40 μl de H em g^{-1} de solo, β -Glucosidade 146,00 μg p-nitrofenol g^{-1} de solo h^{-1} , Arilsulfatase 3,87 μg p-nitrofenol g^{-1} de solo h^{-1} e Hidrólise do diacetato de Fluoresceína (FDA) 63,52 μg hidrolisados em 1g de solo. Os solos avaliados demonstram que o sistema de manejo e as coberturas avaliados interferem diretamente na atividade enzimática do solo, podendo ser utilizados como indicadores da qualidade deste. A análise de estatística multivariada de componentes principais e agrupamento classificou em 11 grupos distintos os solos arenosos com diferentes usos e coberturas provenientes do semiárido de Pernambuco.

Palavras chaves: Enzimas do solo, Fosfatases do solo, bioquímica do solo.

Enzymatic activity of soils under different cropping systems in semi-arid of Pernambuco - Brazil^a

Abstract

The integrated analysis of biochemical attributes of soil can constitute an important tool for assessing the quality and sustainability of the production system. The aim of this study was to evaluate the effect of different land use systems on the microbial and enzymatic activity of sandy soils from the semiarid region of Pernambuco, Brazil. Soil samples were collected from 20 areas with different uses: 1. Beans, 2. Cabbage, 3. Tomato, 4. Palm 5. Cassava, 6. CEG 7. Pasto, 8. Native forest, 9. Pepper, 10. Pepin, 11. Guandu Bean, 12. Burned area, 13. Consortium (+ Bean Corn Guandu), 14. Consortium (Cassava Bean Guandu + + String Bean), 15. Cotton, 16. Orange, 17. Eucalyptus, 18. Fennel, 19. Passionfruit and 20. Cashew. We quantified the enzymatic activity of arylsulfatase, acid and alkaline phosphatase, urease, dehydrogenase, β -glucosidase and hydrolysis of fluorescein diacetate. Data were analyzed using descriptive statistics, followed by principal component analysis and cluster. The palm cultivation system showed the highest rates of enzymatic activity for H dehydrogenase $223.40 \text{ l g}^{-1} \text{ soil}$, β -glucosidase $146.00 \text{ mg p-nitrophenol g}^{-1} \text{ soil h}^{-1}$, arylsulfatase p-nitrophenol $3.87 \text{ mg g}^{-1} \text{ soil h}^{-1}$ and hydrolysis of fluorescein diacetate (FDA) $63.52 \text{ mg hydrolysed to 1g of soil}$. The soils evaluated demonstrate that the management system and the toppings evaluated directly interfere in the enzymatic activity of the soil and can be used as indicators of the quality of this. A multivariate statistical analysis of principal components and clustering rated in 11 separate groups sandy soils with different uses and coatings from the semiarid region of Pernambuco.

Keywords: Enzymes of the soil, soil Phosphatases, soil biochemistry.

1. Introdução

A qualidade do solo vem sendo avaliada por meio de indicadores bioquímicos sensíveis a variações de manejo e capazes de refletir os processos do ecossistema (Doran e Zeiss, 2000). O solo é composto por fase líquida, sólida e gasosa que interagem entre si determinando um ambiente complexo e heterogêneo, permitindo que organismos completamente diferentes e com funções distintas possam conviver no mesmo habitat.

Nos últimos anos diversos parâmetros biológicos foram propostos para mensurar a qualidade do solo (Kandeler, 2007). Os microrganismos, exercem grande influência nas numerosas reações bioquímicas que acontecem neste ambiente que dependem de presença de enzimas sintetizadas por estes (Figueredo, 2008). As reações de oxidação, hidrólise e degradação da matéria orgânica são fortemente influenciadas refletindo nos ciclos biogeoquímicos naturais do solo (Balloni e Favilli, 1987).

As análises de indicadores bioquímicos de qualidade do solo vem se tornando cada vez mais importantes quando os resultados permitem avaliar o desempenho de suas funções como a capacidade de armazenar nutrientes e a ciclagem dos mesmos (Chear e Tótola, 2007).

A atividade enzimática do solo é a principal expressão da responsabilidade das bactérias, fungos, animais e vegetais nos ciclos biogeoquímicos (C, N, S, P) (Shaw e Bums, 2006). A forte relação entre a atividade enzimática e os indicadores químicos de qualidade do solo retratam os parâmetros que são responsáveis pelos processos naturais de funcionamento do solo (Aragão et al., 2012). De acordo com Valarini et al. (2011) indicadores bioquímicos são sensíveis a alterações na qualidade do solo, sendo influenciado pelo manejo.

Assim, a quantificação da atividade enzimática do solo é indicada para a avaliação dos impactos resultantes do manejo, das atividades agrícolas e de contaminação do solo (Kandeler et al., 1996; Deng e Tabatabai, 1997) Para a avaliação da qualidade do solo, o presente estudo relacionou indicadores de qualidade química, o conteúdo de matéria orgânica e a atividade enzimática de solos sob diferentes sistemas de cultivo no semiárido de Pernambuco.

2. Material e métodos

Coletaram-se amostras com diferentes coberturas vegetais em áreas localizadas no Agreste de Pernambuco - Brasil, pertencentes a quatro municípios Jucati (Lat. 8°42'23", Long. 36°29'20"), Jupi (Lat.8°42'43", Long.36°24'54"), São João (Lat.8°52'33, Long.36°22'01") e Caetés (Lat.8°46'22", Long.36°37'22"). Segundo a classificação de Köppen, esses municípios apresentam clima tropical chuvoso com verão seco. A temperatura média anual está entre 20°C. As precipitações médias anuais são da ordem de

750 a 1250 mm, a estação chuvosa tem início no outono e estende-se até o início da primavera. Os solos predominantes nos municípios de Jucati e Caetés são Neossolos Regolíticos e nos municípios de Jupi e São João são Neossolos Regolíticos (Silva et al., 2001).

2.1. Amostragem do solo

As áreas de amostragem foram definidas de acordo com a potencialidade/disponibilidade de cada região com base na observação em campo e informações de extensionistas do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), designando cinco tipos de cobertura por município e cinco áreas de cada (TABELA 1). Tais áreas apresentavam características de clima, relevo e altitude semelhantes.

Tabela 1: Solos arenosos sob diferentes coberturas, provenientes do Semiárido de Pernambuco coletados para a avaliação da atividade enzimática.

Sigla	Município	Cultivo/manejo
MAT	São João	Vegetação nativa do semiárido Pernambucano
CAP	São João	Cultivo solteiro de capim elefante (<i>Pennisetum purpureum</i>)
PACA	São João	Cultivo solteiro de capim Pangola (<i>Digitaria decumbens</i>)
PIM	São João	Cultivo solteiro de pimentão (<i>Capsicum annum L.</i>)
PEP	São João	Cultivo solteiro Pepino (<i>Cucumis sativus L.</i>)
FEJ	Jupi	Cultivo solteiro de Feijão (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>)
REP	Jupi	Cultivo solteiro de repolho (<i>Brassica oleracea</i>)
MAN	Jupi	Cultivo solteiro de mandioca (<i>Manihot esculenta</i>)
TOM	Jupi	Cultivo solteiro de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)
PAL	Jupi	Cultivo solteiro de palma (<i>Opuntia cochenillifera</i>)
FG	Caetés	cultivo solteiro de feijão guandú (<i>Cajanus cajan</i>)
AQ	Caetés	Área onde o manejo tradicional de queimada foi realizado cerca de 10 dias antes da coleta do solo
MIFE	Caetés	Cultivo consorciado – milho + feijão de corda (<i>Zea mays</i> + <i>Vigna unguiculata</i>)v
MFGFC	Caetés	Cultivo consorciado – mandioca + feijão guandú + feijão de corda (<i>Manihot esculenta</i> Crantz + <i>Cajanus cajan</i> + <i>Vigna unguiculata</i>)

ALF	Caetés	Cultivo solteiro de algodão (<i>Gossypium hirsutum</i> L.)
LAR	Jucati	cultivo solteiro de laranja (<i>Citrus sinensis</i> L.)
EUC	Jucati	cultivo solteiro de eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>)
ED	Jucati	cultivo solteiro de erva-doce (<i>Pimpinella anisum</i> L.)
MAR	Jucati	cultivo solteiro de maracujá (<i>Passiflora</i> sp)
CAJ	Jucati	cultivo solteiro de cajú (<i>Anacardium occidentale</i>)

Em cada propriedade, foram demarcadas áreas de 100 m², nos quais foram escolhidos 8 pontos de amostragem, espaçados igualmente entre si, constituindo sub-amostras. Após a homogeneização das sub-amostras, coletadas de 0-10cm de profundidade, obteve-se uma amostra composta representativa da área. As amostras foram imediatamente refrigeradas a 4° C para posteriores análises da atividade enzimática. E as características físicas e químicas do solo coletados foram avaliadas realizados conforme Embrapa (1997, 2009), Tabela 2.

Tabela 2: Características físicas e químicas de solos arenosos sob diferentes coberturas, provenientes do Semiárido de Pernambuco, utilizados para avaliação da atividade enzimática.

Área	M.O. g.Kg ⁻¹	pH (H ₂ O 1:2,5)	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	Na	Al	AL + H	Classe textural
MAT	41.04	5,6	1,600	0,019	1,00	1,0	0,034	0,073	2,3	Areia
FEJ	19.27	6,0	2,600	0,009	1,00	1,0	0,006	0,083	1,0	Areia
REP	28.29	7,0	239,0	0,085	2,00	1,0	0,060	0,100	1,0	Franco Arenosa
MAN	47.01	7,3	237,3	0,052	1,60	1,0	0,040	0,053	1,0	Areia
TOM	22.46	7,3	381,6	0,11	3,00	1,0	0,050	0,060	1,0	Areia Franca
PAL	40.49	5,6	37,60	0,073	3,00	2,0	0,039	0,110	2,6	Franco Arenosa
CAP	22.74	7,3	50,00	0,012	1,60	1,0	0,039	0,066	1,0	Areia Franca
PACA	20.80	5,3	0,000	0,012	1,00	1,0	0,039	0,100	2,0	Areia Franca
PIM	40.63	6,3	541,3	0,047	3,00	2,0	0,056	0,100	1,3	Franco Arenosa
PEP	25.10	7,3	581,0	0,04	2,00	2,0	1,460	0,093	1,0	Franco Arenosa
FG	21.63	6,0	13,30	0,032	0,60	1,3	0,047	0,053	1,6	Areia
AQ	20.66	7,0	19,00	0,025	1,33	1,0	0,039	0,050	1,0	Areia
MIFE	24.82	6,0	4,000	0,012	1,00	1,0	0,047	0,083	1,6	Areia Franca
MFGFC	19.55	5,6	10,60	0,012	1,30	1,0	0,043	0,060	1,6	Areia Franca
ALF	40.07	5,6	1,000	0,016	1,00	1,0	0,028	0,083	2,0	Areia Franca
LAR	39.80	6,3	21,00	0,023	1,30	1,3	0,026	0,050	1,3	Areia Franca
EUC	28.84	5,6	18,60	0,011	1,00	1,0	0,026	0,090	1,6	Franco Arenosa
ED	23.85	7,0	2,000	0,030	1,60	0,6	0,026	0,100	1,3	Areia Franca
MAR	12.90	6,0	22,30	0,032	1,30	1,3	0,037	0,070	2,0	Areia Franca
CAJ	22.46	6,6	16,00	0,010	1,00	1,0	0,026	0,080	1,6	Areia Franca

Médias de três repetições. MO= matéria orgânica; pH = H₂O (1:2,5); P, Na e K extraídos por Mehlich I; Al e Ca + Mg extraídos com KCL 1mol l⁻¹ FEJ= feijão, REP= repolho, MAN= mandioca, TOM= tomate, PAL= palma, CAP= capim elefante, PACA= pasto, MAT= jurema, PIM= pimentão, PEP= pepino, FG= feijão guandu, AQ= área queimada, MIFE= consórcio milho e feijão, MFGFC= consórcio milho, feijão gandú e feijão de corda, ALF= algodão, LAR= laranja, EUC= eucalipto, ED= erva-doce, MAR= maracujá, CAJ= Cajú.

2.2. Atividade enzimática do solo

A estimativa da atividade microbiana feita pelo método de hidrólise do diacetato de fluoresceína (Chen et al., 1988) A atividade β-glucosidade, fosfatase ácida e alcalina e aril-sulfatase foram determinadas segundo a metodologia proposta por Eivazi e Tabatabai (1988), Eivazi e Tabatabai, (1977) e Tabatabai e Bremmer (1972), respectivamente. A quantificação da desidrogenase foi realizada segundo Casida Jr. et al (1964). A atividade da urease foi determinada conforme descrito por Kandeler e Gerber (1988), Tabela 3.

Tabela 3. Metodologia utilizada para a avaliação da atividade enzimática do solo.

Atividade enzimática	Período de incubação	Substrato	Metodologia	Ciclo
Hidrólise do diacetato de fluoresceína	Amostras de solo de 5g incubadas por 30 min.	3, 6, Diacetil fluoresceína	Chen et al., 1988	Atividade de microrganismos
β -glucosidade	Amostras de solo de 1g incubadas por 1h à 37°C.	ρ - nitrofenil - β - D - glicosídeo	Eivazi e Tabatabai, 1988	Ciclo do C
Fosfatase ácida e alcalina	Amostras de solo de 1g incubadas por 1h à 37°C.	ρ - nitrofenil fosfato	Eivazi e Tabatabai, (1977)	Ciclo do P
Aril-sulfatase	Amostras de solo de 1g incubadas por 1h à 37°C.	ρ - nitrofenil sulfato	Tabatabai e Bremmer (1972)	Ciclo do S
Desidrogenase	Amostras de solo de 1g incubadas por 1h à 37°C.	Cloreto de 2,3,5 trifrniltetrazólio	Casida Jr. et al (1964)	Respiração associada a taxa metabólica
Urease	Amostras de solo de 5g incubadas por 2 h à 37°C.	Uréia	Kandeler e Gerber (1988)	Ciclo do N

2.3. Análise estatística

Os dados foram submetidos à teste de média e análise estatística descritiva. Os tipos de cobertura foram confrontados pela análise multivariada de componentes principais e agrupamento (Statística, 2011). Para a geração dos dendrogramas resultantes desta análise, utilizou-se a distância euclidiana média como coeficiente de similaridade e a complete linkage como método de agrupamento. Para realização do corte do dendrograma, utilizou-se uma das etapas da análise de agrupamento, através do gráfico gerado com distâncias de

ligação entre os dados formados, definiu-se com maior precisão o ponto de corte. Dessa forma, o corte determinou o número de grupos de acordo com uma maior similaridade, através da maior distância (maior salto) com que os saltos foram analisados. Posteriormente a determinação dos grupos pelo dendograma foram calculadas as médias representativas para cada grupo das atividades enzimáticas avaliadas.

3. Resultados e Discussão

3.1. Avaliação da hidrólise de diacetato de fluoresceína e atividades enzimáticas em 20 sistemas de cultivo diferenciados.

3.1.1. Hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA).

Foi verificada atividade microbiana, pelo método de hidrólise do FDA em todos os solos provenientes de 20 tipos de cobertura avaliadas reafirmando a potencialidade do método para avaliação como um bioindicador de qualidade do solo. Silva et al. (2004) afirmam que este método é um bioindicador eficiente quando utilizado na avaliação de áreas de reflorestamento e propõem ainda a inserção do mesmo em estudos da ecologia microbiana do solo. Pereira et al. (2004) avaliando a atividade microbiológica do solo no Semiárido brasileiro sob o cultivo de *Atriplex nummularia* utilizando o hidrólise do diacetato de fluoresceína relata que o método é sensível as alterações sofridas pela microbiota do solo e identifica aumento da atividade microbiana em solos submetidos a irrigação, esses dados estão de acordo com os observados neste trabalho onde o cultivo de tomate (TOM) apresentou alta taxa de FDA (Tabela 4).

Tabela 4: Atividade enzimática pelo método de diacetato de fluoresceína (FDA), desidrogenase (DESH), β -glucosidade (BGLUC), arilsulfatase (ARILSULF), urease (URE), fosfatase ácida (FOAC) e fosfatase alcalina (FOAL) de solos arenosos, sob diferentes coberturas provenientes do semiárido de Pernambuco.

CULTIVO	FDA	DESH	BGLUC	ARISULF	URE	FOAC	FOAL
	μg hidrolisados g^{-1} de solo	μl de H g^{-1} de solo	μg p-nitrofenol g^{-1} de solo h^{-1}		μg NH_4N g^{-1} de solo seco 2h^{-1}	mg p - nitrofenol * g^{-1} de solo h^{-1}	
MAT	30,08 b	145,25 b	56,00 d	2,493 c	24,03 e	0,159 c	0,182 d
FEJ	4,78 f	42,45 c	38,00 e	0,823 h	12,00 g	0,192 c	0,111 d
REP	19,14 c	41,95 c	30,33 e	2,290 c	58,66 b	0,136 c	0,228 d
MAN	12,13 d	15,92 c	59,66 d	0,677 h	14,33 f	0,055 d	0,482 d
TOM	30,77 b	181,50 a	73,00 c	2,157 d	42,66 c	0,063 d	1,151 a
PAL	36,52 a	223,40 a	146,00 a	3,870 a	37,66 c	0,193 c	0,356 d
CAP	8,91 e	17,72 c	50,66 d	1,189 f	22,33 e	0,108 d	0,480 d
PACA	8,87 e	139,83 b	34,33 e	1,446 f	106,66 a	0,237 c	0,645 c
PIM	19,66 c	100,98 b	26,00 e	2,353 c	53,40 b	0,178 c	0,984 b
PEP	30,00 b	23,26 c	76,00 c	3,190 b	39,76 c	0,195 c	0,801 c
FG	8,66 e	9,094 c	18,33 e	0,820 h	14,22 f	0,205 c	0,050 e
AQ	11,00 e	12,40 c	39,00 e	0,713 h	9,96 g	0,189 c	0,373 d
MIFE	5,00 f	128,78 b	36,00 e	0,793 h	12,33 g	0,182 c	0,203 d
MFGFC	21,00 c	4,33 c	57,00 d	1,010 g	9,33 g	0,213 c	0,261 e
ALG	1,00 f	4,196 c	39,66 e	3,190 b	11,00 g	0,010 d	0,960 b
LAR	16,00 d	12,21 c	60,3 d	1,347 f	17,33 f	0,037 d	0,240 e
EUC	9,33 e	0,934 c	46,33 e	0,963 g	16,33 f	0,111 d	0,064 e
ED	12,33 d	131,90 b	37,00 e	1,330 f	24,66 e	0,255 c	0,168 d
MAR	15,66 d	3,463 c	100,66 b	1,923 e	29,33 d	0,340 b	0,715 c
CAJ	12,66 d	135,30 b	28,00 e	1,227 f	8,33 g	0,479 a	0,270 e
C.V.	16,18	37,17	21,57	6,81	12,25	33,22	29,09

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Kontt a 5%.

FEJ= feijão, REP= repolho, MAN= mandioca, TOM= tomate, PAL= palma, CAP= capim elefante, PACA= pasto, MAT= jurema, PIM= pimentão, PEP= pepino, FG= feijão guandu, AQ= área queimada, MIFE= consórcio milho e feijão, MFGFC= consórcio milho, feijão gandú e feijão de corda, ALF= algodão, LAR= laranja, EUC= eucalipto, ED= erva-doce, MAR= maracujá, CAJ= Cajú. FDA = hidrólise de diacetato de fluoresceína; DESH = desidrogenase; BGLUC = β -Glucosidase; ARILSULF = Arilsulfatase; FOAC = fosfatase ácida; FOALC = fosfatase alcalina.

A maior taxa de hidrólise do diacetato de fluoresceína foi detectada em solo proveniente da área de cultivo de palma (PAL), onde se observou uma taxa de 36,52 μg de FDA hidrolisado g^{-1} solo 20 min^{-1} . Seguidos pelos sistemas de MAT, TOM e PEP que apresentam taxas de 30,08, 30,77 e 30,00 μg de FDA hidrolisado g^{-1} solo 20 min^{-1} .

respectivamente. Correa et al. (2009) verificaram taxa microbiológica em sistema de plantio direto orgânico com adição de composto orgânico sendo este fato atribuído ao maior conteúdo de matéria orgânica. Esses resultados estão de acordo com os observados neste estudo, visto que o sistema de cultivo da PAL é de plantio direto e apresenta acúmulo de matéria orgânica.

Solos das áreas de MAT, e com cultivo de PIM, PEP e MFGFC apresentaram atividade que não diferenciaram estatisticamente entre si. Essas áreas foram manejadas de forma tradicional com adição de esterco bovino antes do plantio. No cultivo de PIM e PEP a utilização de insumos químicos não apresentou influência no desenvolvimento da atividade microbiológica do solo. De acordo com Souza et al. (2011) a atividade microbiológica total do solo pelo método de diacetato de fluoresceína em cultivo de feijoeiro com diferentes doses de baysiston® apresenta média superior a de 244,926 μg FDA hidrolisada g^{-1} de solo h^{-1} em todos os tratamentos avaliados após o término do ciclo de feijoeiro. Neste estudo os resultados observados foram inferiores aos encontrados para o sistema de FEJ quando a atividade FDA foi de 0,223 μg FDA hidrolisada g^{-1} de solo h^{-1} . Marques et al. (2002) relata que a estimativa da atividade microbiana do solo pelo método de diacetato de fluoresceína sofre influência do tipo de cobertura e manejo do solo. Segundo Campbell (1982) a interação entre variações climáticas, cobertura vegetal e manejo do solo ao longo do ano provoca variações sazonais no desenvolvimento microbiano, corroborando com os resultados aqui apresentados.

3.1.2. Urease.

Os diferentes tipos de cobertura influenciaram na taxa da atividade da enzima urease nas amostras de solos avaliadas (Tabela 4). Rojas et al (2012) avaliaram a atividade da urease em diferentes sistemas de plantio direto (PD) que constitui-se de rotação de cultura de verão e inverno (milho, soja, trigo e cevada) e plantio convencional (PC) com milho foi detectado que aos 10 DAP (dias após o preparo do solo), as maiores atividades foram observadas na camada de 0 – 0,01m em áreas submetidas a PD quando comparadas a PC, sendo observado taxas de 32 e 120 $\text{mg N-NH}_3 \text{ Kg}^{-1}$ de solo seco 2h^{-1} . A maior atividade foi observada no sistema de cultivo de pastagem – PACA (Tabela 4). A atividade determinada para este sistema foi de 106,66 $\mu\text{g NH}_4\text{-N g}^{-1}$ de solo seco 2h^{-1} . Este resultado é

influenciado pela constante adição de matéria orgânica, proveniente do esterco bovino do gado que pasteja na área periodicamente. Quando a atividade urease do solo é alta, há uma formação rápida de amônia, que pode ser volatilizada quando não é adsorvida por um complexo coloidal do solo (Melo et al., 2012).

Os solos dos sistemas que apresentaram as menores taxas para a atividade urease foram AQ, MIFE, MFGFC, ALG, CAJ. Se a atividade da enzima urease for baixa implica que a produção de N-amoniaco é baixa, podendo deixar um déficit na exigência nutricional das plantas (Melo et al., 2012). Facci (2008) em avaliação da atividade urease, utilizando o método de Tabatabai e Bremner (1972), em diferentes usos de solo em Latossolo Vermelho eutroférico observaram níveis de 2289 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de solo seco 2h^{-1} para a área de mata e 764 e 736 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de solo seco 2h^{-1} para os sistemas de plantio direto e plantio convencional, respectivamente. Esses valores foram superiores aos encontrados nesse estudo, provavelmente isso se deve a qualidade do solo, visto que os solos da região de estudo são de textura arenosa e areia franca conforme relatado por Santos et al. (2011). A época de coleta das amostras e as condições climáticas também podem ter interferido nos resultados obtidos. De acordo com Longo e Melo (2005), existem poucas informações sobre atividade da urease e os fatores que a alteram, principalmente para solos de regiões tropicais.

3.1.3. Arilsulfatase.

Os resultados demonstram a alta variação na estimativa da atividade arilsulfatase em solos sob diferentes tipos de cobertura na região do Semiárido de Pernambuco. O maior resultado para esta atividade enzimática foi observada no sistema de PAL, onde se verificou uma taxa de 3,87 μg de p-nitrofenol g^{-1} de solo seco $\cdot\text{h}^{-1}$, seguidos pelos sistemas de PEP e ALG que não apresentaram diferença estatística entre si (Tabela 4). Balota et al. (2004) avaliando a atividade enzimática de solos com cultivo de milho e trigo em sistemas de plantio direto e convencional observaram taxas de 8,4 e 32,7 mg de PNP $\text{g}^{-1}\text{h}^{-1}$, resultados muito superiores aos obtidos neste estudo. A atividade desta enzima sofre influência das propriedades do solo e do manejo que o solo é submetido (Bandick e Dick, 1999; Dick et al., 1988). Para Fialho et al. (2011) os valores elevados das atividades fosfatase ácida e

arilsulfatase refletem a composição entre os ânions H_2PO_4^- e SO_4^{2-} pelos sítios de adsorção dos coloides do solo. Assim, os baixos valores observados para a atividade arilsulfatase podem estar relacionados com a pequena quantidade de argila no solo, diminuindo a disponibilidade de sítio de adsorção nos sistemas de cultivo avaliados.

Pinto e Nahas (2002) avaliando diferentes sistemas de cultivo no município de Jaboticabal (Brasil) verificaram que os solos das áreas de floresta nativa as que apresentaram maior atividade desta enzima. É possível que essa variação esteja relacionada à diferença do tipo de vegetação nativa do semiárido pernambucano na qual é caracterizada por árvores decíduas (Araújo e Tabarelli, 2002), influenciando o conteúdo de carbono total. A variação no teor de carbono total interfere na atividade da arilsulfatase (Ross et al., 1997; Pinto e Nahas, 2002).

3.1.4. Fosfatase ácida e alcalina.

No que se refere à atividade fosfatase ácida do solo, a maior taxa foi encontrada no sistema CAJ com 0,479 mg de PNP g^{-1} de solo h^{-1} , que apresentou pH 6,6. A atividade da fosfatase alcalina observa-se a maior taxa no sistema TOM 1,151 mg de PNP g^{-1} de solo h^{-1} (Tabela 4). Os solos com maiores taxas de atividade fosfatase ácida apresentaram uma correlação negativa com a atividade fosfatase alcalina. Batola et al. (2004) obtiveram resultados semelhantes entre as atividades das enzimas fosfatases. De acordo com os mesmos autores, o aumento da atividade das enzimas do solo pode estar correlacionado com as alterações nas características físicas e químicas do solo, sendo fortemente influenciado pelo manejo.

As baixas quantidades de argila presente no solo diminuí a adsorção de enzimas extracelular (como fosfatases e arilsulfatase), diminuindo a estabilização, o que permite a exposição das proteases existentes na solução do solo. Fialho et al. (2011) observaram que com maior atividade de arilsulfatase a expressão da atividade fosfatase foi baixa. Dick et al. (1994) relatam que os níveis da atividade fosfatase foram baixos quando os teores de P na solução do solo aumentaram, corroborando com os dados obtidos.

3.1.5. Desidrogenase.

As maiores taxas foram verificadas nos sistemas PAL e TOM, com valor de 181,50 e 223,40 μL de H em 1g de solo, respectivamente. Nos sistemas MAT, PACA, PIM, MIFE, ED, CAJ observaram-se taxa de atividades superiores a 100 μL de H em 1g de solo, não apresentando diferenças estatísticas entre si (Tabela 4). Melo (2012) relata que a atividade desta enzima sofre forte influência do pH do solo, apresentando baixos teores quando avaliada em solos com $\text{pH} < 5$. Valarini (2011) determinou a taxa de atividade da enzima desidrogenase em sistemas de manejo orgânico e convencional para área de cultivo de hortaliças, e observou taxas de 6,0 e 5,6 μL de H g^{-1} solo. Entretanto esse resultados foram observados em solos com $\text{pH} \leq 5$.

A Desidrogenase é uma enzima ligada às células atua na catalização das reações de oxidação dos compostos orgânico removendo elétrons de hidrogênio que serão capturados por coenzimas. De acordo com Melo et al. (2012) a atividade desidrogenase quantifica a atividade respiratória do solo associada à atividade metabólica dos micro-organismos, contudo, não pode utilizada como método para quantificar os micro-organismos presentes no solo.

3.1.6. β -glucosidase.

Os solos sob cultivo de PAL apresentaram a maior taxa com 146,00 μg p-nitrofenol g^{-1} de solo h^{-1} , a taxa mais baixa foi observada no FG, com 18,33 μg p-nitrofenol g^{-1} de solo h^{-1} (Tabela 4). De acordo com Fialho et al. (2011) a maior diversidade de resíduos vegetais que retornam ao solo torna a matéria orgânica superficial mais complexa (galhos, folhas, ramos, flores, sementes) tornando a atividade β -glucosidase baixa, visto que nesse estágio de decomposição existe a influência de enzimas (celulase e ligniases). Lebrun et al. (2012) verificaram taxas entre 1,15 e 0,61 μmol PNP $\text{h}^{-1}\text{g}^{-1}$ em áreas de Yvetot, em Luvisolos submetido a sistema de pastagem do norte da França. Assim como Acosta-Martínez et al. (2008) avaliando a atividade enzimática de diferentes sistemas de cultivo do solo na região semiárida de Porto Rico observaram as maiores taxas de atividade β -glucosidase nos sistemas de pastagem com mais de 15 anos de uso.

3.2. Análise dos componentes principais.

Foram geradas componentes principais como ferramenta auxiliar para distinção das áreas sob diferentes coberturas no semiárido de Pernambuco. Utilizando-se as variáveis pH,

P, Al, M.O., FDA, ARIL, URE, BETAGLU, DESD, FOSF ÁC E FOSF ALC de todas as áreas estudadas. Através desta análise obteve-se uma matriz de correlação na qual apresentou um número significativo de correlações entre diversas variáveis.

De acordo com o diagrama de ordenação dos componentes principais dos tipos de solos avaliados, observa-se que o sistema de cultivo de PAL apresentou características diferenciadas quando comparados aos demais solos avaliados. De acordo com as figuras 1A e 1B as variáveis URE, FDA, ARIL, BETA-GLU, DESD e AL foram mais expressivas no sistema de cultivo de PAL.

Através da relação dos atributos avaliados foram formados diagramas bidimensionais de ordenação visual para avaliação de vetores (FIGURA 1). Os 4 primeiros fatores apresentaram uma porcentagem acumulativa de 73,39 %. De acordo com o diagrama de projeções de vetores (figura 1A) o fator 1 foi responsável por 32,38% da variação total no estudo da atividade enzimática do solo sendo os fatores mais influenciados FDA, ARIL, BETA-GLU, DESD, AL, FOSF AL, P por apresentarem-se mais distantes do eixo representativo do fator 1, sendo a ARIL e FDA as que apresentam maior relação com as demais variáveis analisadas.

O fator 2 é responsável por 17,80% da variação das atividades avaliadas, sendo o pH, FOSF AC os atributos de maior influência na atividade das enzimas do solo, pois apresenta a maior distância do seu vetor em relação ao fator 2 (figura 1A).

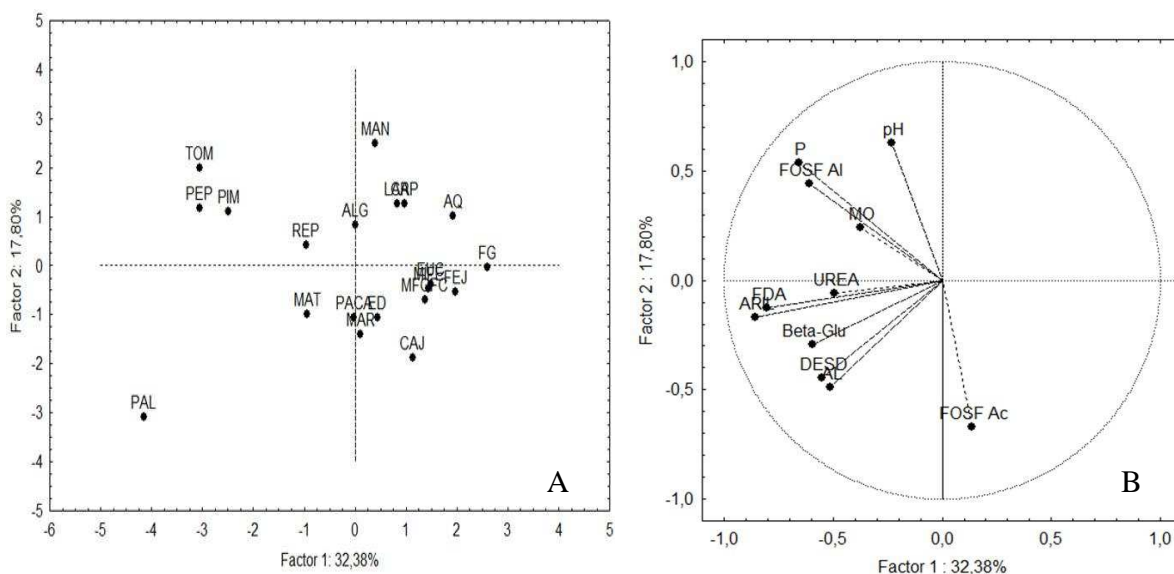


Figura 1: A) diagrama de ordenação dos componentes principais dos tipos de solos arenosos sob diferentes sistemas de cultivo no semiárido de Pernambuco. B) Diagrama de projeção dos vetores da atividade enzimática do solo.

MO= matéria orgânica; pH = H₂O (1:2,5); P, Na e K extraídos por Mehlich I; Al e Ca + Mg extraídos com KCL 1mol l⁻¹; FDA = hidrólise de diacetato de fluoresceína (µg hidrolisados em 1g de solo); DESH = desidrogenase (µl de H em 1g de solo); Beta-GLU = β-Glucosidase (µg p-nitrofenol/g de solo.h); ARILSULF = Arilsulfatase (µg p-nitrofenol/g de solo.h); FOAC = fosfatase ácida (mg p - nitrofrnol * g⁻¹ de solo* h); FOALC = fosfatase alcalina (mg p - nitrofrnol * g⁻¹ de solo* h); UREA= = urease (µg NH₄N g⁻¹ de solo seco 2h⁻¹); FEJ= feijão, REP= repolho, MAN= mandioca, TOM= tomate, PAL= palma, CAP= capim elefante, PACA= pasto, MAT= jurema, PIM= pimentão, PEP= pepino, FG= feijão guandu, AQ= área queimada, MIFE= consórcio milho e feijão, MFGFC= consórcio milho, feijão gandú e feijão de corda, ALF= algodão, LAR= laranja, EUC= eucalipto, ED= erva-doce, MAR= maracujá, CAJ= Cajú.

No diagrama de projeções de vetores (figura 1B) observa-se uma relação direta entre a FDA e a maioria das atividades enzimáticas avaliadas, ARIL, UREA, BETA_GLU, DESD. Para as atividade da FOSF AC e FOSF ALC se verifica que apresentam uma relação indireta e direta com o pH do solo, respectivamente. De acordo com Kumari e Singaram (1995) a atividade enzimática do solo apresenta relação direta com a fertilidade do solo e que o aumento da atividade enzimática tem relação com o aumento da biomassa do solo, demonstrando que o aumento da atividade enzimática possivelmente seja devido ao aumento da mineralização de nutrientes pelos micro-organismos do solo.

Através do agrupamento das variáveis apresentadas neste estudo foi obtido um dendrograma (figura 2). Nesta análise, as variáveis analisadas são representadas por um número reduzido de combinações lineares que influenciam a maior parte da variância original (Sena et al. 2002). Para isso, foi admitido uma corte na distância de ligação de 40

% (Santos et al., 2011b) que possibilitou a distribuição de grupos distintos. Os 20 sistemas avaliados foram agrupados em 11 grupos distintos (figura 2). Como pode ser observado nesta figura, o sistema de cultivo consorciado MIFE e os sistemas de MAT e cultivo de FEJ ficaram agrupados em conjunto demonstrando que a manutenção das características do sistema nativo, MAT, podem ser mantidas em sistemas de cultivo de forma a potencializar a atividade bioquímica natural do solo. Valarini et al., 2007 verificaram que o sistema orgânico de cultivo de tomate proporcionou maior diversidade microbiana no solo, disponibilidade de nutrientes e conseqüentemente melhoria na estrutura e na fertilidade do solo em relação ao sistema de cultivo convencional, corroborando com os dados obtidos neste trabalho onde os sistemas de cultivo de menor impacto ao agro-ecossistema demonstraram sofrer menores impactos do manejo exercido no sistema de cultivo. De acordo com o mesmo autor a ACP permite distinguir as mudanças que ocorrem no solo em função do manejo com maior confiabilidade.

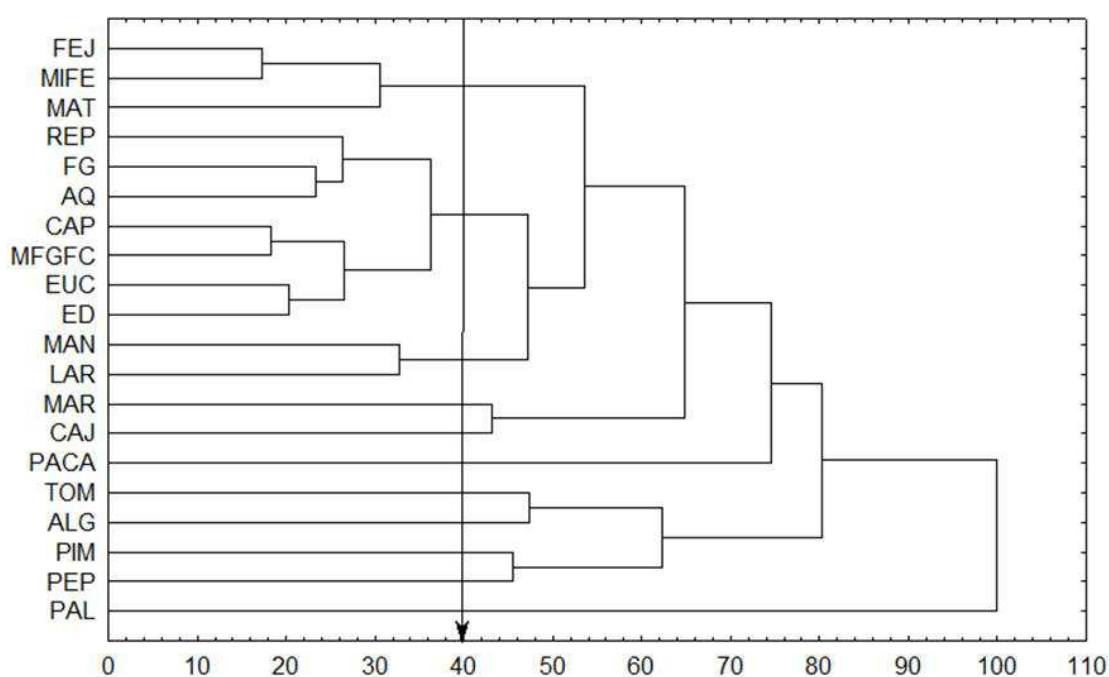


Figura 2: Dendrograma resultante da análise de agrupamento dos diferentes solos submetidos a diferentes sistemas de manejo do semiárido de Pernambuco.

Na tabela 5 observa-se a distribuição dos grupos formados a partir da análise de grupamento, se pode verificar que o grupo 2 foi responsável por agregar a maior quantidade dos sistemas de cultivos avaliados, REP – FG – AQ – CAP – EUC – ED – MFGFC. A partir da análise de grupamento foram geradas médias representativas de cada grupo formado para as atividades enzimáticas avaliadas (Tabela 6).

Tabela 5. Distribuição dos grupos formados a partir da análise de grupamento.

GRUPO	SISTEMAS DE CULTIVO
1	FEJ – MIFE – MAT
2	REP – FG – AQ – CAP – MFGFC – EUC – ED
3	MAN – LAR
4	MAR
5	CAJ
6	PACA
7	TOM
8	ALG
9	PIM
10	PEP
11	PAL

FEJ= feijão, REP= repolho, MAN= mandioca, TOM= tomate, PAL= palma, CAP= capim elefante, PACA= pasto, MAT= jurema, PIM= pimentão, PEP= pepino, FG= feijão guandu, AQ= área queimada, MIFE= consórcio milho e feijão, MFGFC= consórcio milho, feijão gandú e feijão de corda, ALF= algodão, LAR= laranja, EUC= eucalipto, ED= erva-doce, MAR= maracujá, CAJ= Cajú.

Tabela 6: Médias das atividades enzimáticas avaliadas a partir dos 11 grupos apresentados no dendograma.

GRUPO	FDA	DESH	BGLUC	ARILSUF	URE	FOAC	FOAL
	μg hidrolisados g^{-1} de solo	μl de H g^{-1} de solo	μg p-nitrofenol g^{-1} de solo h^{-1}	μg NH_4N g^{-1} de solo seco 2h^{-1}	mg p - nitrofrnol * g^{-1} de solo h^{-1}		
1	13,21	1054,99	0,18	0,17	43,44	1,37	16,18
2	12,99	311,93	0,17	0,23	39,90	1,19	22,20
3	13,93	140,70	0,05	0,36	59,87	1,01	15,93
4	15,62	34,63	0,34	0,72	100,69	1,93	29,32
5	12,49	1353,07	0,48	0,27	28,01	1,22	8,43
6	8,87	1398,34	0,24	0,65	34,32	1,45	106,62
7	30,78	1815,07	0,06	1,51	72,95	2,16	42,73
8	0,95	41,96	0,01	0,96	39,77	3,19	11,14
9	19,68	1009,85	0,18	0,98	25,90	2,35	53,40
10	30,12	232,70	0,20	0,80	76,05	3,19	39,77
11	36,52	2234,02	0,19	0,36	145,80	3,87	37,61

FDA = hidrólise de diacetato de fluoresceína (μg hidrolisados em 1g de solo); DESH = desidrogenase (μl de H em 1g de solo); Beta-GLU = β -Glucosidase (μg p-nitrofenol/g de solo.h); ARILSULF = Arilsulfatase (μg p-nitrofenol/g de solo.h); FOAC = fosfatase ácida (mg p - nitrofrnol g^{-1} de solo h); FOALC = fosfatase alcalina (mg p - nitrofrnol g^{-1} de solo h); UREA= = urease (μg NH_4N g^{-1} de solo seco 2h^{-1});

4. Conclusão

A ação antrópica de diferentes tipos de cobertura e manejo de solos arenosos no semiárido Pernambucano permite mudanças nas atividades enzimáticas de solos e estas pode ser utilizadas como indicativo da qualidade desses.

A análise de estatística multivariada de componentes principais e agrupamento classificaram em 11 grupos distintos os solos arenosos com diferentes usos e coberturas provenientes do semiárido de Pernambuco, onde o grupo 2 foi responsável por agregar a maior quantidade de sistemas de cultivo, REP, CAP, FG, AQ, MFGFC, EUC, ED. Sendo os

atributos mais sensíveis na distinção desses o pH, P, Al, M.O., FDA, ARIL, URE, BETAGLU, DESD, FOSF ÁC E FOSF ALC.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, pelo apoio financeiro no Projeto Universal Processo: 481436/2010-3 e à FACEPE pela bolsa de mestrado do primeiro autor.

6. Literatura Citada

Acosta-Martínes, V., Acosta-Mercado, D., Sotomayor-Ramírez, D.; Cruz-Rodríguez, L.; 2008. Microbial communities and enzymatic activities under different management in semiarid soil. *Appl. Soil Ecol.* 38:249-260.

Aragão, D.V., Carvalho, C.J.R., Kato, O.R., Araújo, C.M., Santos, M.T.P., Mourão júnior, M. Avaliação de indicadores de qualidade do solo sob alternativas de recuperação do solo no Nordeste Paraense. 2012. *Acta amaz.* 42(1):11-18.

Araújo, E.L., Tabarelli, M. Estudo de ecologia de populações de plantas do nordeste do Brasil. 2002. In: Araújo, E.L., Moura, A.N., Sampaio, E.V.S.B., Gestinari, L.M.S., Carneiro, J.M.T. (Ed.). Biodiversidade, conservação e uso sustentável da flora do Brasil. Recife: UFRPE, SBB, Seção Regional Pernambuco, Imprensa Universitária. 135-142 p.

Balloni, W.; Favilli, F. Effects of agricultural practices on physical, chemical and biological properties of soils: part 1 — effect of some agricultural practices on the biological soil fertility H Barth, P L'Hermite (Eds.), *Scientific Basis for Soil Protection in the European Community*, Elsevier, London (1987), 161–175 p.

Balota, Elcio Liborio et al. Soil enzyme activities under long-term tillage and crop rotation systems in subtropical agro-ecosystems. 2004. *Braz. J. Microbiol.* [online]. 35(4) 300-306.

Bandick, A.K.; Dick, R.P. Field management effects on soil enzyme activities. 1999. *Soil Biol. Biochem.*, 31:1471-1479.

Campbell, C.A. Changes in mineral N and numbers of bacteria and actinomycetes during two years under wheat-fallow in south-western Saskatchewan. 1982. *Canadian Journal of Soil Science*, 62:125-135.

Casida Jr., L.E., Klein, D.A., Santoro, T. Soil dehydrogenase activity. 1964. *Soil Science*. 98:371-376.

- Chear, G.M., Tótola, M.R. Impacto de manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantio de Eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. 2007. *R. Bras. Ci. Solo*, 31:1381-1396.
- Chen, W., Hoitnik, A.J., Schmitthenner, A.F., Touvinen, O.H., The role of microbial activity in suppression of damping-off caused by *Pythium ultimum*. 1988. *Phytopathology*. 78:314-322.
- Correa, M.L.P., Galvão, J.C.C., Fontanetti, A., Miranda, G.V.M.; Santos, M.M. Atividade microbiana enzimática (FDA) como indicador microbiológico da qualidade de solos em sistemas de plantio direto de milho orgânico e convencional. 2009. *Rev. Bras. Agroec.* 4(2).
- Deng, S.P., Tabatabai, M.A., Effect of tillage and residue management on enzyme activities in soils: III. Phosphatases and arylsulfatase. 1997. *Biol. Fertil. Soils* 24:141-146.
- Dick, R.P., Rasmussen, P.E.; Kerle, E.A. Influence of long-term residue management on soil enzyme activities in relation to soilchemical properties of a wheat-fallow system. 1988. *Biol. Fertil. Soils.*, 6:159-164.
- Dick, R.P., Sandor, J.A., Eash, N.S. Soil enzyme activities after 1500 years of terrace agriculture in the Colca Valley, 1994. *Peru. Agric. Ecosystems Environ.*, 50:123-131.
- Doran, J.W.; Zeiss, M.R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. 2000. *Applied Soil Ecology*, 15: 3-11.
- Embrap. Manual de métodos de análise de solo. 2. Ed. Rio de Janeiro: Centro nacional de pesquisas de solos. 1997. 212p.
- Embrapa. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa. DF:Embrapa Informações Tecnológica. 2009. 627 p.
- Evazi, F.; Tabatabai, M.A. Glucosidases and Galactosidases in soils. 1988. *Soil Biology and Biochemistry*. 20(5):601-606.
- Evazi, F.; Tabatabai, M.A. Phosphatases in soils. 1977. *Soil Biology and Biochemistry.*, 9:167-172.
- Facci, L.D. Variáveis microbiológicas como indicadoras da qualidade do solo sob diferentes usos. Instituto Agrônomo, Campinas – SP. 2008. Dissertação de Mestrado.
- Fialho, J.S., Gomes, V.F.F., Silva Júnior, J.M.T., Fungos micorrízicos arbusculares e atividade enzimática em solo cultivado na Chapada do Apodi – CE. 2011. *Revista Caatinga*, Mossoró, 24(3):10-19.

- Figueiredo, M.V.B., Burity, H.A., Stamford, N.P., Santos, C.E.R.S. *Microrganismos e agrobiodiversidade: o novo desafio para a agricultura*. 2008. Guaíba: Agrolovros, 568 p.
- Kandeler, E., Gerber, H., Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium. 1988. *Biol. Fertil. Soils* 6:68-72.
- Kumari, K. K., Singaram, P. Relationship among soil chemical, biochemical properties and enzyme activities. 1995. *Madras: Agronomy Journal*, 82(1):69-70.
- Lebrun, J.D., Trisoutrot-Gattin, I., Vinceskas-Akpa; Bailleul, C., Brault, A., Mougin, M., Laval, K. Assessing impacts of copper soil enzyme activities in regard to their natural spatiotemporal variation under long-term different land uses. 2012. *Soil Biology & Biochemistry* 40:150 – 156.
- Longo, R.M. e Melo, W.J. Atividade da uréase em Latossolos sob influência da cobertura vegetal e da época de amostragem. *R. Bras. Ci. Solo*, 29:645-650, 2005.
- Marques, M.C., Grazioti, P.H., Carvalho, J.E.B. de; Trindade, A.V. Manejo de coberturas do solo sobre os aspectos microbiológicos e bioquímicos do solo em citros. 2002. In: *Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas*, 21; *Reunião Brasileira sobre Micorrizas*, 9; *Simpósio Brasileiro de Micobiologia do solo*, 7. *Reunião Brasileira de Biologia do solo*, 4.
- Melo, W.J.; Melo, G.M.P.; Ademir, S.F.A.; Melo, V.P. Avaliação de atividade enzimática no solo 2012. In: *Figueiredo, M.V.B.; Burity, H.A.; Oliveira, J.P.; Santos, C.E.R.S.; Satmford, N.P. Biotecnologia aplicada à agricultura 2ª ed. Brasília – DF.*
- Moreira, F.M.S.; Siqueira, J.O.; Brussaard, L. *Biodiversidade em solos brasileiros*. 2008. Lavras: Ed. UFLA. 768 p.
- Pereira, S.V., Martines, C.R., Porto, E.R., Oliveira, B.R.B., Maia, L.C. Atividade microbiana em solo do Semi-Árido sob cultivo de *Atriplex nummularia*. 2004. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 39(8):757-762.
- Pinto, C.R.O., Nahas, E., Atividade e população microbiana envolvida nas transformações do enxofre em solos com diferentes vegetações. 2002. *Pesq. agropec. Brás.* 37(12): 1751-1756.
- Rojas, C.A.L., Bayer, C., Fontoura, S.M.V., Weber, M. A., Vieiro, F. Volatilização de amônia da ureia alterada por sistemas de preparo de solo e plantas de cobertura invernais no centro-sul do Paraná. 2012. *R. Bras. Ci. Solo*, 36:261-270.

Ross, D.J., Speir, T.W., Tate, K.R. e Feltham, C.W. Burning in a New Zealand snow-tussock grassland: Effects on soil microbial biomass and nitrogen and phosphorus availability. 1997. *New Zealand J. Ecol.*, 21:63-71.

Santos, U.J., Notaro, K.A., Lima, J.R., Características físicas de solos cultivados com diferentes culturas no agreste meridional pernambucano 2011a. In.: *Anais... XI jornada de ensino, pesquisa e extensão – UFRPE*.

Santos, K.C.F.; Silva, M.S.L.; Silva, L.E.; Miranda, M.A.; Freire, M.B.G. Atividade biológica em solo salino sódico saturado por água sob cultivo de *Atriplex numulária*. *R. Ciên. Agron.* 42: 619-627, 2011b.

Sena M.M., Frighetto R.T.S., Valarini P.J., Tokeshi H.; Poppi R.J.; Discrimination of management effects on soil parameters by using principal component analysis: a multivariate analysis case study. 2002. *Soil & Tillage Research* 67: 171-181.

Shaw, L.J., Burns, R.G., Enzyme activity profiles and soil quality. 2006. In: Bloen, J.; Hopkins, D.W.; Benedetti, A.; *Microbiological methods for assessing soil quality*. CABI Publishing, Cambridge.

Silva et al., Zoneamento Agroecológico de Pernambuco– ZAPE. 2001., Embrapa Solos, UEP Recife.

Silva, M., Siqueira, E.R., Costa, J.L.S., Hidrólise de diacetato de fluoresceína como bioindicador da atividade microbiana o bioindicador da atividade microbiana de um solo submetido a reflorestamento. 2004. *Ciênc. Rur.*, 34(5).

Souza, M.F., Coelho, R.I., Pereira Júnior, O.S., Paulucio, V.O., Pereira, E.O., Martins, M.Q. Efeito do triamfenol sobre o desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e a atividade microbiana do solo, 2011. *IDESIA*, 29 (20):105-110.

Statistica. 2011. Data analysis software system, versão 7.0 StatSoft. <http://www.statsoft.com/>. Accessed 18 July 2011

Tabatabai, M.A. e Bremner, J.M. Distribution of total and available sulfur in selected soils and soil profiles. 1972. *Agron. J.*, 64:40-44.

Tabatabai, M.A. e Bremner, J.M. Assay of urease activity of soils. 1972. *Soil Biology and Biochemistry*. 4(4):479-487.

Valarini P.J., Frighetto R.T.S., Schiavinato R.J., Campanhola C., Sena M.M., Balbino T. L., Poppi R.J., Análise integrada de sistemas de produção de tomateiro com base em indicadores edafobiológicos. 2007. *Horticultura Brasileira* 25: 060-067.

Valarini, P. J., Oliveira, F.R.A., Schilickmann, S.F., Poppi, R.J., Qualidade do solo em sistemas de produção de hortaliças orgânico e convencional. 2011. *Hortic. Bras.* [online]. vol.29(4): 485-491.

CAPÍTULO IV

**Supressividade natural de solos arenosos sobre a podridão radicular da
mandioca causada por *Scytalidium Lignicola***

Supressividade natural de solos arenosos sobre a podridão radicular da mandioca causada por *Scytalidium Lignicola*^a

Resumo

O cultivo da mandioca tem grande expressão econômica no Brasil e no mundo devido à sua importância na alimentação humana e animal. A Região Nordeste é uma das principais produtoras nacionais e apresenta pouca ou nenhuma tecnologia de produção, o que contribui para o aumento do número e intensidade de doenças. Dentre estas, a podridão radicular da mandioca vem se tornando uma das principais causas de perdas. O fungo *Scytalidium lignicola* vem se tornando um patógeno de importância agrícola por ser um dos agentes desta podridão. Este trabalho teve como objetivo avaliar a supressividade natural de 20 solos sob diferentes coberturas provenientes do Semiárido de Pernambuco à podridão radicular da mandioca, causada por *Scytalidium lignicola*, bem como analisar as características químicas, físicas, microbianas e bioquímicas do solo antes e após a interação com o referido fungo. Os solos foram agrupados em supressivos e pouco condutivos à podridão radicular da mandioca. As principais variáveis envolvidas na supressividade foram elevados teores de K, Ca, respiração basal do solo, matéria orgânica, carbono da biomassa microbiana, quociente metabólico, quociente microbiano, porosidade total, ponto de murcha permanente, areia, arilsulfatase e hidrólise do diacetato de fluoresceína. A análise de componentes principais selecionou os atributos (severidade, P, Ca, K, bactérias do grupo fluorescentes, respiração basal do solo, areia, fosfatase ácida e arilsulfatase), capazes de detectar diferenças entre os tratamentos, separando em três grupos de similaridade entre os solos condutivos e em cinco grupos entre os solos mais supressivos à podridão radicular da mandioca, causada por *Scytalidium lignicola*.

Palavras-chave: *Manihot sculenta*, doenças radiculares, ecologia do solo, análise multivariada.

Natural suppressiveness of sandy soils on the cassava root rot, caused by *Scytalidium Lignicola*

Abstract

The cultivation of cassava has great economic impact in Brazil and worldwide due to its importance in human and animal foods and industrialization. The Northeast is a major national producer, being linked to a production in which uses little or no technology, which has contributed to increasing the number and severity of disease. Among these, the cassava root rot is becoming a major cause of losses. The *Scytalidium lignicola* has become a pathogen of agricultural importance as one of the agents of decay. The objective of this work was to evaluate the natural suppressiveness of soils under different land covers 20 from the semiarid Pernambuco cassava root rot, caused by *Scytalidium lignicola* and analyze the chemical, physical, microbial and biochemical soil before and after the interaction with the fungus. Soils were grouped into little conducive and suppressive to root rot of cassava. The main variables involved in suppressiveness were high levels of K, Ca, soil basal respiration, organic matter, microbial biomass carbon, qCO₂, qMIC, soil porosity total, wilting point, sand, FDA and arylsulfatase. The principal component analysis selected the attributes (severity, P, Ca, K, fluorescent group of bacteria, soil basal respiration, sand, acid phosphatase and arylsulfatase), able to detect differences between treatments, separated into three groups of similarity between soils conducive and in five groups between soils suppressive to root rot of cassava caused by *Scytalidium lignicola*.

Keywords: management, multivariate analysis, cluster analysis, soil quality.

1. Introdução

A mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) conhecida também como macaxeira ou aipim, têm grande expressão econômica no Brasil e no mundo pelo seu importante valor na alimentação humana e animal. O produto mais explorado é o amido que apresenta característica físico-químicas de amplo interesse para a indústria (Aplevicz e Demiate, 2007). Segundo a FAO (2008) o maior produtor mundial é o continente africano, respondendo por 50,7% dessa produção, a Ásia aparece em 2º, e as Américas em 3º lugar com 15,4% da produção mundial. A produção nacional de mandioca no ano 2006/2007 foi de 27,5 milhões de toneladas, sendo os principais produtores as regiões

Norte e Nordeste (IBGE, 2008). Ainda de acordo com este órgão a região Nordeste responde por 25,2% da produção nacional de mandioca. No estado de Pernambuco, os principais municípios produtores são: Araripina, Jucati, São João, Caetés, Jupi e Ipubi (Cuenca e Mandarinino, 2006). De acordo com CEPEA/ABAM (2012), a produção de mandioca estimada para a safra 2012 é de 25,2 milhões de toneladas.

A produção desta cultura concentra-se em pequenos produtores que utilizam manivas de má qualidade e baixo nível tecnológico, o que reduz o potencial de produção devido envelhecimento fisiológico, provocado pela constante multiplicação (Oliveira e Fiorini, 2006), e pela forma contínua e intensiva, associada à ausência de rotação de culturas e práticas culturais eficientes, o que resulta no aumento do número e intensidade de doenças.

A podridão radicular da mandioca vem se tornando uma doença de alto impacto econômico e social para o estado de Pernambuco, pois está provocando uma queda progressiva na produtividade da mandioca, além de inutilizar as áreas para plantio ao longo dos ciclos da cultura.

Diversos fitopatógenos podem estar associado à esta síndrome, principalmente *Phytophthora drechsleri* Tucker (Lima et al., 1993; Muniz et al., 2006) e *Fusarium* sp.

O fungo *Scytalidium lignicola* é uma espécie representante do gênero *Scytalidium* que produz picnídios, filamentosos, micélio algodinoso e crescimento rápido (Ellis; 1971, Lacaz et al.; 1999 e López-Jodra et al.; 1999). O fungo *Scytalidium lignicola* tem sido descrito como patógeno importante causador da podridão negra em raízes de mandioca (Serra, 2009; Laranjeira et al., 1998; Muniz et al., 1999; Msikita et al., 2005).

Esta doença vem sendo responsável por grandes perdas na produção de mandioca no Nordeste. No Maranhão, os fungos *Phytophthora* spp. e *Fusarium* spp. respondem por 30 e 70% das perdas, respectivamente, podendo chegar até 100% em ataques severos (Fukuda, 1991).

É de difícil controle por ser uma doença radicular, pois além de existir uma diversidade de fitopatógenos envolvidos, o controle químico é ineficiente e

antieconômico, pois está fortemente associadas à riscos ambientais, econômicos e sociais. Por isso, existe uma forte necessidade da adoção de medidas integradas de manejo da doença que preconizem práticas sustentáveis e acessíveis a agricultores familiares.

A utilização de variedades tolerantes é uma estratégia importante, mas deve ser utilizada com outras medidas de controle, pois utilizada individualmente dificilmente obterá resultados eficientes (Michereff, 2005). Práticas culturais devem ser empregadas visando à integração de diversas estratégias de controle integrado, como a rotação de culturas, cultivo consorciado, utilização de manivas de alta qualidade fisiológica e sanitária (Oliveira e Fiorine, 2006) e manipulação do solo para a indução da supressividade pelo manejo físico, químico e biológico do solo na qual interferem isoladamente ou em interação acelerando ou retardando o desenvolvimento, crescimento e sobrevivência de patógenos radiculares e no estímulo ou inibição da doença (Bettiol e Ghini, 2005).

Neste sentido, o caráter saprofítico e patogênico de alguns fitopatógenos está relacionado a fatores edáficos de natureza biótica, como as interações antagônicas com a microbiota do solo e fatores abióticos como temperatura, umidade, aeração, concentração de CO₂ e pH do solo (Baker e Martinson, 1970). As interações entre esses e outros fatores podem conduzir à supressividade dos solos e pode ser utilizado como uma forma de desenvolvimento de estratégias de manejo desta síndrome (Bettiol e Ghini, 2005; Alabouvette et al., 2006; Bettiol et al., 2009). As principais características de solos supressivos, de acordo com Baker e Cook (1974), é o não estabelecimento do patógeno, se estabelece, mas não produz doença ou se estabelece por um tempo e sofre declínio.

Características químicas, físicas e biológicas do solo, tais como teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, nitrogênio e alumínio; pH, condutividade elétrica, textura, matéria orgânica, relação C/N, densidade e biomassa microbiana, dentre outras, em interação com fatores bióticos como fitopatógenos, podem ser usadas como indicadoras da supressividade (Chellemi e Poter, 2001). Tais características vêm sendo estudadas e

utilizadas como indicadoras de supressividade de solos à murchas de *Fusarium oxysporum* (Alabouvette, 1990) e *R. solani* (Rodrigues, 1998).

Devido à importância da doença no estado de Pernambuco e por inexistirem trabalhos acerca da supressividade de solos aos fitopatógenos envolvidos nesta síndrome, o objetivo do presente trabalho foi caracterizar aspectos relacionados à supressividade ou conducividade de solos arenosos com diferentes históricos de manejo no semiárido de Pernambuco.

2. Material e Métodos

2.1. Solos amostrados:

Baseado nos levantamentos dos solos do Estado de Pernambuco foram selecionadas 20 áreas com solos de potencial produção de mandioca para coleta de amostras (Tabela 1). Foram selecionados quatro Municípios entre os maiores produtores de mandioca e em cada propriedade, foram obtidas informações adicionais sobre o tipo de cobertura do solo na época da coleta e a localização geográfica, avaliada pelo Sistema de Posicionamento Global (GPS 48 Personal Navigator, Garmin International, Olathe, KS, USA). As coletas foram efetuadas durante o período seco (março de 2011), sendo que em cada local foram removidos, aleatoriamente, cinco sub-amostras de 20 kg de solo a uma profundidade de 0-20 cm, totalizando 100 kg de solo área⁻¹. Parte do solo coletado foi imediatamente refrigerada à 10°C para análises microbiológicas.

Tabela 1: Solos coletados na microregião de Garanhuns que apresentam potencial produtivo para mandioca.

Código do solo	Município	Cobertura
MAT	São João	Mata Nativa
FEJ	Jupi	Feijão
REP	Jupi	Repolho
MAN	Jupi	Mandioca
TOM	Jupi	Tomate
PAL	Jupi	Palma
CAP	São João	Capoeira
PACA	São João	Pastagem
PIM	São João	Pimentão
PEP	São João	Pepino
FG	Caetés	Feijão-Guandu
AQ	Caetés	Área Queimada
MIFE	Caetés	Consortio Milho – Feijão
MFGFC	Caetés	Consortio Milho – Feijão – Feijão-Guandu
ALG	Caetés	Algodão
LAR	Jucati	Laranja
EUC	Jucati	Eucalipto
ED	Jucati	Erva-doce
MAR	Jucati	Maracujá
CAJ	Jucati	Cajú

2.2. Análises físicas, químicas, microbiológicas e bioquímicas, do solo antes e após inoculação com *Scytalidium lignicola*.

2.2.1. Análises Físicas e Químicas.

Avaliaram-se os teores de areia, silte e argila (método do densímetro) densidade do solo e densidade das partículas (método do balão volumétrico), conforme Embrapa (1997).

Também foram determinadas a umidade retida na capacidade de campo (CC) e no ponto de murcha permanente (PMP), pelo extrator de Richards, nas pressões de -0,01 e -1,5 MPa, respectivamente. Com os valores de CC e de PMP foi calculada a água disponível (AD) $AD = CC - PMP$. Todas as análises físicas seguiram metodologia descritas por Embrapa (1997) (Tabela 2).

Os atributos de fertilidade foram determinados conforme Embrapa (2009): pH em água (1:2.5), P disponível, K, Na, Al, Ca, Mg trocáveis e o carbono orgânico total (COT) conforme Yeomans e Bremner (1988). O P, Na e K foram extraídos por Mehlich I, sendo o

Na e K determinados por fotometria de chama. A quantificação do P inorgânico foi realizada por colorimetria (Braga e Defelipo, 1974). Conforme tabela a seguir.

Tabela 2. Avaliação das características físicas e químicas de solos arenosos da microrregião de Garanhuns com potencial produtivo para mandioca.

Área	M.O. g/Kg	pH (H ₂ O 1:2,5)	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	Na	Al	AL + H	DP kg m ⁻³	DS
MAT	41.04	5,6	1,6	0,019	1,0	1,0	0,034	0,073	2,3	2,74	1,43
FEJ	19.27	6,0	2,6	0,009	1,0	1,0	0,006	0,083	1,0	2,77	1,62
REP	28.29	7,0	239,0	0,085	2,0	1,0	0,06	0,1	1,0	2,46	1,48
MAN	47.01	7,3	237,3	0,052	1,6	1,0	0,04	0,053	1,0	2,52	1,58
TOM	22.46	7,3	381,6	0,11	3,0	1,0	0,05	0,06	1,0	2,47	1,54
PAL	40.49	5,6	37,6	0,073	3,0	2,0	0,039	0,11	2,6	2,49	1,22
CAP	22.74	7,3	50,0	0,012	1,6	1,0	0,039	0,066	1,0	2,9	1,55
PACA	20.80	5,3	0,0	0,012	1,0	1,0	0,039	0,1	2,0	2,9	1,61
PIM	40.63	6,3	541,3	0,047	3,0	2,0	0,056	0,1	1,3	2,36	1,24
PEP	25.10	7,3	581,0	0,04	2,0	2,0	1,46	0,093	1,0	2,89	1,38
FG	21.63	6,0	13,3	0,032	0,6	1,3	0,047	0,053	1,6	2,71	1,53
AQ	20.66	7,0	19,0	0,025	1,33	1,0	0,039	0,05	1,0	2,54	1,49
MIFE	24.82	6,0	4,0	0,012	1,0	1,0	0,047	0,083	1,6	2,62	1,64
MFGFC	19.55	5,6	10,6	0,012	1,3	1,0	0,043	0,06	1,6	2,49	1,54
ALF	40.07	5,6	1,0	0,016	1,0	1,0	0,028	0,083	2,0	2,80	1,53
LAR	39.80	6,3	21,0	0,023	1,3	1,3	0,026	0,05	1,3	2,58	1,53
EUC	28.84	5,6	18,6	0,011	1,0	1,0	0,026	0,09	1,6	2,69	1,57
ED	23.85	7,0	2,0	0,030	1,6	0,6	0,026	0,1	1,3	2,40	1,61
MAR	12.90	6,0	22,3	0,032	1,3	1,3	0,037	0,07	2,0	2,66	1,50
CAJ	22.46	6,6	16,0	0,010	1,0	1,0	0,026	0,08	1,6	2,56	1,69

Médias de três repetições. MO= matéria orgânica; pH = H₂O (1:2,5); P, Na e K extraídos por Mehlich I; Al e Ca + Mg extraídos com KCL 1mol l⁻¹; DP = densidade da partícula; DS = densidade do solo; FEJ= feijão, REP= repolho, MAN= mandioca, TOM= tomate, PAL= palma, CAP= capim elefante, PACA= pasto, MAT= jurema, PIM= pimentão, PEP= pepino, FG= feijão guandu, AQ= área queimada, MIFE= consórcio milho e feijão, MFGFC= consórcio milho, feijão gandú e feijão de corda, ALF= algodão, LAR= laranja, EUC= eucalipto, ED= erva-doce, MAR= maracujá, CAJ= Cajá.

2.2.2. Análises Microbiológicas

A população de fungos (FT) e bactérias totais (BT), bactérias formadoras de endósporos (BFE) e bactérias do grupo fluorescente (BGF) foram obtidas por diluições em série, conforme Johnson e Curl (1972). As placas foram incubadas a 25°C e fotoperíodo de 12 h. As populações bacterianas foram avaliadas após 24 h de incubação, enquanto que a fúngica total foi avaliada após 48 horas. As colônias foram contadas em contador de colônias, cada placa individualmente, depois colocadas na fórmula onde: População = número de colônias x diluição utilizada x 10. Sendo este último fator o ajuste do

plaqueamento para 1 mL de suspensão em cada placa, sendo expressas em unidades formadoras de colônias por grama de solo (UFC g⁻¹ de solo) e os dados transformados para uma mesma base de 10.

Na determinação do carbono da biomassa microbiana (CBM) as amostras foram submetidas ao processo de irradiação (Mendonça e Matos 2005). A extração da biomassa foi realizada de acordo com Vance et al. (1987) e Tate et al. (1988) utilizando-se como extrator K₂SO₄ 0,5 M. Para cada 20 g de solo foi adicionado 80 ml de K₂SO₄ 0,5 M. O carbono nos extratos de K₂SO₄ foi determinado por colorimetria (Bartlett e Ross, 1988).

A respiração basal do solo (RBS) foi determinada pela quantificação do dióxido de carbono (CO₂) liberado no processo de respiração microbiana (evolução de CO₂) pelo método de adsorção alcalina, com a umidade das amostras de solo ajustadas para 60% de sua capacidade de campo (Anderson e Domsch, 1985). Das amostras de solo foram retiradas alíquotas de 30 g e colocadas em recipientes hermeticamente fechados, onde o CO₂ produzido foi capturado por solução de NaOH 0,5 mol L⁻¹. Após 72 horas de incubação, o CO₂ foi quantificado por titulação com HCl 0,25 mol L⁻¹, após a adição de solução de cloreto de bário (BaCl₂ 0,05 mol L⁻¹) à solução de NaOH, utilizando-se como indicador fenolfetaleína.

O quociente metabólico (q CO₂) foi calculado pela razão entre a RBS e o CBM (Anderson e Domsch, 1993). expresso em microgramas de C-CO₂ por micrograma de CBM por dia e o quociente microbiano (qMIC). calculado pela relação CBM/COT, de acordo com Sparling (1992).

A estimativa da atividade microbiana feita pelo método de hidrólise do diacetato de fluoresceína (Chen et al., 1988) A atividade β-glucosidade, fosfatase acida e alcalina, arilsulfatase e urease foram determinadas segundo a metodologia proposta por Eivazi e Tabatabai (1988), Eivazi e Tabatabai, (1977) , Tabatabai e Bremmer (1972) e Kandeler e Gerber (1988) respectivamente. A quantificação da atividade Desidrogenase foi realizada segundo Casida Jr. et al. (1964).

2.3. Determinação da atividade patogênica de populações autóctones

Na determinação da atividade patogênica de populações autóctones de fungos causadores da podridão radicular da mandioca realizou-se o plantio de manivas de

mandioca variedade Branquinha nos solos coletados. As manivas foram submetidas a processo de assepsia sendo lavadas com hipoclorito de sódio 3% (V/V) e colocadas pra secar, sendo plantadas 48 após a assepsia. O plantio foi realizado em vasos de 4 kg, cada vaso recebeu 2 manivas de mandioca variedade Branquinha. Após 30 dias foi realizado o desbaste deixando apenas 1 planta por vaso.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com 20 tratamentos e três repetições. As plantas permaneceram 120 dias em casa de vegetação com irrigação de aproximadamente 60% da capacidade de campo a cada 2 dias. As plantas passaram por observação diária para avaliação de aparecimento dos sintomas, até os 120 dias após o plantio, quando então as plantas passaram por avaliação dos sintomas externos, tais como amarelecimento e murcha e posteriormente seccionamento do caule e das raízes presentes para avaliação de sintomas internos evidenciados pela coloração escura no tecido vascular da planta.

2.4. Avaliação da podridão radicular em mandioca causada por *Scytalidium lignicola*:

O fungo *Scytalidium lignicola* foi obtido a partir de raízes de mandioca coletadas no município de Caetés - PE que apresentavam os sintomas da doença, as amostras foram levadas ao laboratórios, passaram por processo de assepsia sendo lavadas em álcool 70% (V/V), secas em papel filtro, e colocadas em placas de petri contendo meio de cultura batata-dextrose àgar (BDA), acrescido de antibiótico (Menezes, 1997). O inóculo do fungo foi preparado com discos de 5 mm da cultura de *Scytalidium lignicola* colocados em frascos com substrato constituído por em 250g de arroz parboilizado descascado, 150 ml de água destilada e esterilizado em autoclaves (120°C, 1 atm, 30 min). Os frascos foram incubados à 25°C, com fotoperíodo de 12 h, onde permaneceram por 21 dias. Posteriormente o inóculo foi seco, triturados e pesados em alíquotas para inoculação no solo. O número de unidades formadoras de colônias (UFC) foi estimado pelo método de diluição em série de Johnson e Curl (1972), sendo quantificadas em 1000 UFC em 5g de inóculo.

Para avaliação da supressividade em relação à podridão radicular da mandioca, as amostras de solo foram acondicionadas em vasos plásticos (4 kg de capacidade) e

infestadas com *Scytalidium lignicola* pela deposição de 5 g de substrato colonizado, seguido da homogeneização da mistura, obtendo-se a densidade final de UFC g⁻¹ de solo. A testemunha consistiu da utilização de solos de mata (MAT) sem infestação do patógeno. O plantio das manivas devidamente desinfetadas foram efetuadas 15 dias após a infestação do solo. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 20 tratamentos e uma testemunha, com três repetições.

Aos 120 dias após o plantio, foi avaliada a severidade da doença que foi mensurada pelo índice de McKinney (1923), utilizando a atribuição de notas para os sintomas apresentados. 0= plantas sem sintomas no sistema radicular; 1= plantas com menos de 10% até 25% de plantas que apresentavam murcha; 2= plantas com 25% até 50% dos sintomas e fraco desfolhamento e folhas amarelada; 3= plantas com 50% até 75%, desfolhamento severo; 4= 75% até 100% (plantas mortas).

2.5. Análise Estatística.

Os dados de severidade foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. Visando comparar os atributos dos solos envolvidos na supressividade e/ou condutividade, os dados de severidade foram confrontados com as variáveis químicas, físicas, microbianas e bioquímicas, dos dados antes (populações autóctones) e depois da inoculação com *Scytalidium lignicola*, através da correlação linear de Pearson, ao nível de 5% de probabilidade. Posteriormente, foram selecionados os dez solos mais condutivos e os dez mais supressivos e realizada nova correlação.

Os solos submetidos à inoculação foram confrontados pela análise multivariada de componentes principais (Statistica, 2011), sendo separados os 10 mais supressivos e os 10 mais condutivos para a análise. A seleção dos componentes principais foi realizada de acordo com os autovalores gerados através da matriz padronizada, sendo os primeiros componentes principais os responsáveis pela maior parte da variância dos dados originais.

3. Resultado e Discussão.

O pH dos solos avaliados não apresentaram comportamento de fator determinante para a severidade avaliada, seja para as populações autóctones ou para solos inoculados com o

Scytalidium lignicola. Segundo Hoper e Alabouvette (1996) os solos alcalinos (pH entre 7,8 a 8,0) apresentam maior capacidade de suprimir o desenvolvimento de doenças causadas por *F.oxysporum*, estando os solos utilizados neste trabalho classificados pelos mesmo autor como solos que apresentam pouca ou nenhuma correlação com a supressividade, sendo estes os que apresentam pH entre 5,0 e 7,0 (Tabela 2).

Assunção, (2003) não verificou atividade patogênica de populações autóctones de *F.oxysporum* para solos de 10 municípios do estado de Pernambuco, submetidos ao cultivo de caupi.

Tabela 3. Severidade da podridão radicular da mandioca causadas por populações autóctones e por populações de *Scytalidium lignicola* em solos coletados no Semiárido de Pernambuco.

Código do solo	Classificação edáfica	Classe textural	Severidade (%)	
			Populações autóctones	Inoculado com <i>Scytalidium lignicola</i>
MAT	Neo. Reg.	Areia	36,66 a	44,33 b
FEJ	Neo. Reg.	Areia	3,00 d	43,66 b
REP	Neo. Reg.	Franco Arenosa	16,66 b	66,00 a
MAN	Neo. Reg.	Areia	27,00 a	11,66 c
TOM	Neo. Reg.	Areia Franca	9,66 c	9,00 c
PAL	Neo. Reg.	Franco Arenosa	16,33 b	10,00 c
CAP	Neo. Reg.	Areia Franca	16,33 b	31,33 b
PACA	Neo. Reg.	Areia franca	5,00 d	36,00 b
PIM	Neo. Reg.	Franco Arenosa	16,66 b	23,00 c
PEP	Neo. Reg.	Franco Arenosa	13,66 c	42,66 b
FG	Neo. Reg.	Areia	22,33 b	32,00 b
AQ	Neo. Reg.	Areia	11,66 c	18,00 c
MIFE	Neo. Reg.	Areia Franca	9,00 c	29,33 b
MFGFC	Neo. Reg.	Areia Franca	2,66 d	11,00 c
ALG	Neo. Reg.	Areia Franca	21,00 b	33,00 b
LAR	Neo. Reg.	Areia Franca	12,00 c	33,66 b
EUC	Neo. Reg.	Franco Arenosa	2,66 d	8,66 c
ED	Neo. Reg.	Areia Franca	0,00 d	16,66 c
MAR	Neo. Reg.	Areia Franca	8,00 c	58,00 a
CAJ	Neo. Reg.	Areia Franca	10,00 c	4,33 c
CV (%)	-	-	44,98	42,11

FEJ= feijão, REP= repolho, Médias dos sistemas de cultivo agrupados. P e K extraídos por Mehlich I; Ca + Mg extraídos com KCL 1mol l⁻¹; FOSAC = fosfatase acida (mg p-nitrofenol* g⁻¹ de solo* h); UREASE= urease (mg p-nitrofenol* g⁻¹ de solo* h); RBS= respiração basal do solo (C-CO₂mg Kg⁻¹ de solo); BGF= bactérias do grupo fluorescentes; Areai = %.MAR= maracujá, CAJ= Cajú. Severidade (%): Antes = Severidade (%) em populações autóctones; Depois = Severidade (%) em populações de *Scytalidium lignicola*.

3.1. Avaliação da severidade de populações autóctones e de solos infestados com *Scytalidium lignicola*.

Na avaliação da severidade de populações autóctones causadora da podridão radicular da mandioca os solos avaliados apresentaram infestação do sistema radicular e manifestação dos sintomas na parte aérea das plantas. Sendo os mais severos os solos de o cultivo de Mata (MAT) e com cultivo de mandioca (MAN) na qual apresentaram características químicas (teores de MO, K, Ca, Mg, Na, Al, e físicas semelhantes (tabela 2).

Os menores índices de severidade de doenças causadas por populações autóctones foram nos solos FEJ, PACA, MFGFC, EUC, ED (tabela 2). Esses solos apresentam altos teores de matéria orgânica (tabela 1) podendo estar à severidade relacionada com a qualidade da matéria orgânica de cada sistema e cultivo, sendo a matéria orgânica eficiente estimuladora do desenvolvimento da atividade microbiológica do solo, aumenta as relações entre planta-patógeno-solo aumentando consequentemente a capacidade supressiva dos solos (Rodrigues-Kábana e Calvet, 1994). Entretanto, de acordo com Rodrigues et al (1998) o fato da a matéria orgânica influenciar na supressividade do solo, não significa que terá o mesmo efeito em todos os solos. De acordo com os dados observados neste trabalho, os sistemas de cultivo de ALG (algodão) e LAR (laranja) apresentaram altos teores de matéria orgânica e taxa de severidade entre 30,00% e 33,66%, respectivamente.

Quando os solos foram infestados por *S. lignicola*, as plantas de mandioca desenvolvidas nesses solos apresentaram valores de severidade da podridão radicular variando entre 66,00 a 4,33% observando-se diferença estatística entre a severidade avaliada da doença quando os solos foram submetidos à mesma densidade de inoculo, isso permite concluir que o fungo apresentou potencial diferenciado de provocar sintomas da doença no solos avaliados, (Tabela 2). De acordo com Huber e Schneider (1982) é possível classificar os solos em supressivos ou condutivos. Assim, conforme e exposto na tabela 2 apenas os solos TOM, EUC e CAJ apresentaram severidade inferiores a 10%. Segundo, Alabouvette et al (2006) cada solo apresenta uma característica potencial de supressão a doença, e os solos que desenvolveram até 3,1% de severidade a murcha do caupi apresentaram forte supressividade, os que apresentaram 62,5 à 100% são considerados

altamente condutivos. Nenhum dos solos avaliados neste estudo se enquadra nos índices descritos por Alabouvette et al. (2006), entretanto o cultivo de CAJ e TOM apresentaram severidades inferiores a 10% o que permite concluir que esses solos possuem uma baixa capacidade de condutividade, exercendo supressão a doença.

3.2. Correlação da supressividade de solos com as variáveis analisadas.

Na análise dos possíveis indicadores da supressividade ou condutividade dos solos à podridão radicular da mandioca, a severidade não apresentou correlação significativa pelo coeficiente de correlação de Person (* $P < 0,05$), onde não se pode destacar uma ou um conjunto de variáveis responsável pela supressividade ou condutividade do solo. Alvorado et al (2007) relata que os fatores envolvidos na supressividade de um determinado solo podem não ter influência sobre outros. A complexa interação entre os fatores químicos físicos e microbiológicos do solo dificulta a seleção de indicadores de supressividade que possam vir a ser utilizados em diferentes sistemas de cultivo (Arshad e Martin, 2002).

Considerando apenas os 10 solos mais condutivos as variáveis que se apresentaram correlação positiva com a severidade foram os teores de sódio Na ($r = 0,44$), K ($r = 0,58$), CBM ($r = 0,49$), qCO_2 ($r = 0,69$), BT ($r = 0,42$), BFE ($r = 0,57$) e DP ($r = 0,6$) (Tabela 2).

Eloy (2004) constatou influência inversamente proporcional do pH do solo da região de Cachoeirinha – PE na severidade da murcha-de-fusário, sendo este um solo que apresentou caráter supressivo. Estes resultados não foram observados em solos arenosos de Pernambuco quando submetidos à avaliação da severidade da doença causada por *Scytalidium lignicola* em mandioca. Ghini (2006) avaliando as características bióticas e abióticas que influenciam na supressividade do solo identificou um conjunto de variáveis de pH, P, Ca, Mg, H e FDA, V% e S responsáveis por explicarem 98% da capacidade supressiva de solos de mata, pasto e pousio da região de Sumaré – SP. Assim como neste estudo a maior parte das variáveis que influenciaram na capacidade supressiva dos solos são bióticas.

Na avaliação dos 10 solos mais supressivos, verifica-se uma alta correlação com positiva com RBS ($r = 0,62$), MO ($r = 0,58$) e apresentou correlação negativa com CBM ($r = -0,46$), qCO_2 ($r = -0,76$) e PT ($r = -0,65$) (Tabela 4).

As principais variáveis envolvidas na supressividade foram elevados teores de K, Ca, respiração basal do solo, matéria orgânica, carbono da biomassa microbiana, qCO_2 , $qMic$, PT, ponto de murcha permanente, areia, arilsulfatase e FDA.

Tabela 4. Correlações entre a severidade após a inoculação com *Scytalidium lignicola* e as variáveis físicas, químicas, biológicas e bioquímicas dos solos provenientes do semiárido de Pernambuco com a severidade da podridão radicular da mandioca, considerando todos os solos analisados (geral) e os 10 solos classificados como supressivos e os 10 considerados condutivos.

	Severidade (%)		
	Geral	Conducivos	Supressivos
pH	-0,181	0,23	-0,14
H + AL	0,277	-0,14	0,03
AL	0,311	0,29	-0,03
Na	0,118	0,44*	0,25
K	0,018	0,58*	-0,36*
Ca + Mg	0,003	0,15	-0,25
Ca	-0,097	0,23	-0,41*
Mg	0,193	-0,02	0,16
P	-0,066	0,18	-0,22
RBS	0,301	-0,35	0,62*
COT	0,046	-0,26	-0,07
MO	0,260	-0,05	0,58*
CBM	0,128	0,49*	-0,46*
qCO ₂	-0,001	0,69*	-0,76*
q micr	0,057	-0,26	0,36*
BGF	-0,192	0,06	-0,09
FT	0,132	0,07	0,10
T	0,127	0,27	0,02
BT	-0,164	0,42*	-0,11
BFE	0,149	0,57*	0,01
DP	0,020	0,60*	-0,12
DS	-0,243	0,35	-0,32
PT	0,031	-0,26	-0,65*
CC	-0,068	-0,18	0,31
AgDisp	0,104	0,37	0,29
PMP	0,133	0,00	-0,36*
Areia	0,063	0,18	-0,36*
Argila	-0,019	-0,16	-0,11
Silte	-0,059	-0,31	0,23
FOSAC	0,052	0,13	-0,17
FOSF ALCAL	0,013	-0,19	-0,20
ARIL	0,058	-0,26	-0,56*
UREASE	-0,012	-0,32	0,15
FDA	0,132	-0,28	-0,32*

*Significativo ao nível de $P < 0,05$ pela correlação de Pearson; pH = H₂O (1:2,5); P, Na e K extraídos por Mehlich I; Al e Ca + Mg extraídos com KCL 1mol l⁻¹ RBS= respiração basal do solo; COT= carbono orgânico total; MO= matéria orgânica; CBM= carbono microbiano; qCO₂ = quociente metabólico; qmic= quociente microbiano; BGF= bactérias do grupo fluorescentes; BT= bactérias totais; BFE= bactérias formadoras de endósporos; DS=densidade do solo; PT= porosidade total; CC=capacidade de campo. RBS= respiração basal do solo (C-CO₂mg Kg⁻¹ de solo); COT= carbono orgânico total (g Kg⁻¹ de solo); MO = matéria orgânica do solo (g Kg⁻¹ de solo); CBM= carbono microbiano (mg Kg⁻¹ de solo); qCO₂= quociente metabólico; qMIC= quociente microbiano (%); BGF= bactérias do grupo fluorescentes (x 10⁶ UFC g⁻¹ de solo); FT= fungos totais (x 10⁵ UFC g⁻¹ de solo); T= *Trichodesmas* spp (x 10⁵ UFC g⁻¹ de solo);

BT= bactérias totais ($\times 10^6$ UFC g^{-1} de solo); BFE= bactérias formadoras de endósporos ($\times 10^6$ UFC g^{-1} de solo); DP= densidade da partícula; DS= densidade do solo; PT=porosidade total; AgDisp=argila dispersa em água; PMP= ponto de murcha permanente; CC= capacidade de campo; FOSAC = fosfatase acida (mg p-nitrofenol* g^{-1} de solo* h); FOSF ALCAL = fosfatase alcalina (mg p-nitrofenol* g^{-1} de solo* h); ARIL= arilsulfatase (μg NH_4-N g^{-1} dwt 2h-1); UREASE= urease (mg p-nitrofenol* g^{-1} de solo* h); FDA = hidrólise de diacetato de plouresceína (μg de FDA hidrolisados em g de solo).

3.3. Avaliação de atributos em análise de componentes principais.

Através da relação dos atributos selecionados Sev (%) P, Ca, K, BGF, RBS, areia, FOSF AC e ARIL dos solos após submissão de um inoculante patogênico de *S. lignicola* foram formados diagramas bidimensionais de ordenação visual para avaliação de vetores, para os 10 solos mais condutivos e os 10 mais supressivos.

Na análise multivariada para os solos condutivos verifica-se nos 3 primeiros fatores um acúmulo de 79,57%. Conforme diagrama (Figura 1 A) o 1º fator é responsável por explicar a influência das variáveis K, Ca, P, areia, Sev (%) e fosfatase ácida na condutividade dos solos avaliados. O 2º fator apresentou maior influência nas variáveis microbiológicas e bioquímicas sendo responsável pela variação de BGF e Aril. Na figura 1B verifica-se a formação de três principais grupos, onde o sistema de cultivo de CAJ apresentou-se diferenciado dos demais sistemas avaliados na sobreposição dos gráficos observa-se que a variável de maior influências. O segundo grupo foi formado pelos solos de PAL, PEP e REP os quais apresentam classe textural franco arenosa. O grupo 3 foi formado pelos sistemas de MAT, LAR, ALG, FEJ, MAR, PACA (Tabela 5) .

TABELA 5. Avaliação das características dos grupos de similaridades resultantes da análise de componentes principais para os 10 solos mais condutivos.

Grupo	Sistema de cultivo	K	Ca	P	RBS	BGF	Areia	FOSAC	UREASE	SEVR (%)
1	CAJ	4,00	0,95	15,86	2,56	60,65	13,71	0,72	221,14	25,74
2	PEP, REP, PAL	17,39	2,58	286,07	2,61	75,13	32,42	0,68	660,03	34,65
3	LAR, MAR, ALG, MAT, FEJ, PACA	7,36	1,09	8,09	2,74	86,26	26,04	0,74	518,55	30,66

Médias dos sistemas de cultivo agrupados. P e K extraídos por Mehlich I; Ca + Mg extraídos com KCL 1mol l⁻¹; FOSAC = fosfatase acida (mg p-nitrofenol* g⁻¹ de solo* h); UREASE= urease (mg p-nitrofenol* g⁻¹ de solo* h); RBS= respiração basal do solo (C-CO₂mg Kg⁻¹ de solo); BGF= bactérias do grupo fluorescentes; Areai = %. FEJ= feijão, REP= repolho, PAL= palma, PACA= pasto, MAT= jurema, PEP= pepino, ALF= algodão, LAR= laranja, MAR= maracujá, CAJ= Cajú.

Hoper e Alabouvette (1996) enfatiza a influência das características físicas do solo na capacidade supressiva ou condutiva para a murcha causada pelo *F.oxysporum* e relata que os maiores índices de condutividade foram observados em solos arenosos, como verificados neste trabalho. Rodrigues et al. (1998) avaliando os fatores envolvidos na supressividade a *Rhizoctonia solani* em alguns solos tropicais brasileiros verificaram que houve influência direta da fração argila do solo e a natureza condutiva ou supressiva dos solos.

A análise de componentes principais permitiu a separação dos solos condutivos em três grupos de similaridade (Figura 1B)

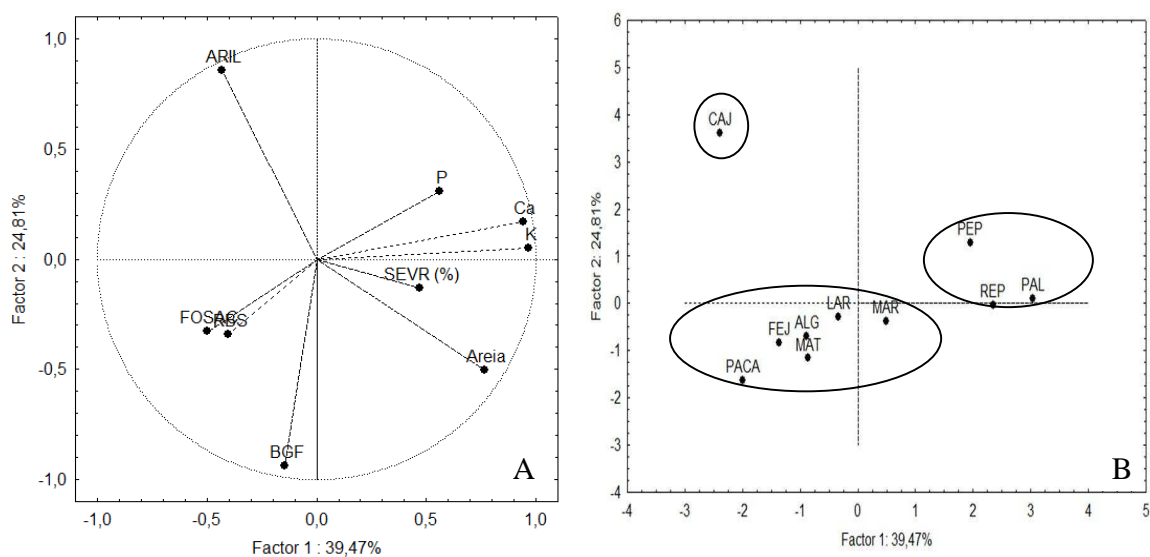


FIGURA 1: A) diagrama de ordenação dos componentes principais da condutividade de solos arenosos do semiárido de Pernambuco. B) Diagrama de projeção dos vetores de solos condutivos.

Para os solos classificados como supressivos os 3 primeiros fatores foram responsáveis por explicarem 78,50% das variações apresentadas (Figura 2). O 1º fator responde pelas variáveis K, Ca, P, RBS e BGF demonstrando a forte influência das características químicas e microbiológicas do solo. O gênero de bactérias que apresentam capacidade antagonistas a fitopatógenos mais comumente encontrados no solo são *Pseudomonas* sp e *Bacillus* sp. (Betioli e Ghini, 2005). Neste trabalho observa-se que as bactérias do grupo fosforescentes (BGF) apresentaram correlação moderadamente forte ($r = 0,544$) com a capacidade supressiva dos solos avaliados. Alvorado (2007) ao caracterizar os solos de Pernambuco quanto à supressividade a *Pectotterium carotovorum* subsp. *Carotovorum* não encontrou correlação entre bactérias do grupo fluorescentes e a supressividade dos solos avaliados.

O 2º fator explica as variáveis RBS, BFS, FOSFAC, ARIL, SEVR (%) e FDA, assim como para as populações autóctones apresentando maior relação com as variáveis microbiológicas e bioquímicas.

A análise de componentes principais permitiu a separação dos solos supressivos em cinco grupos de similaridade (Figura 2B)

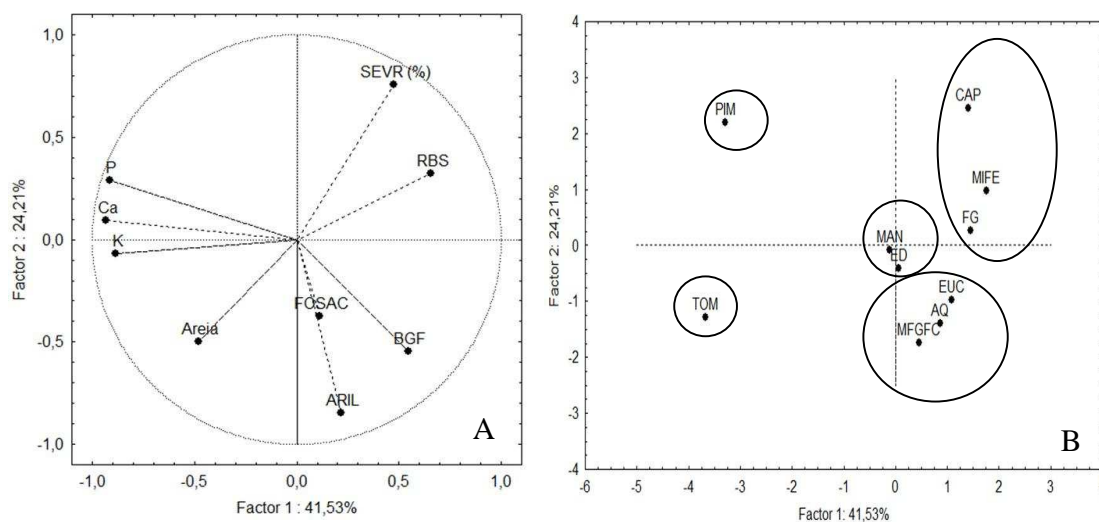


FIGURA 2: A) diagrama de ordenação dos componentes principais da supressividade de solos arenosos do semiárido de Pernambuco. B) Diagrama de projeção dos vetores de solos condutivos.

A análise de componentes principais foi responsável por dividir os 10 solos mais supressivos em 5 grupos. Sendo o primeiro grupo composto apenas pelo sistema de cultivo PIM, é o segundo composto somente pelo sistema de cultivo TOM. O grupo três agregou dois sistemas, MAN e ED. O grupo quatro e o grupo 5 agruparam, ambos, três sistemas de cultivo, sendo EUC, AQ e MFGFC no grupo quatro e CAP, MIFE e FG no grupo cinco. Na tabela 6 verificam-se as medias gerada a partir desses grupos para as características que apresentaram correlação positiva para a influência sobre a supressividade do solo.

TABELA 6. Avaliação das características dos grupos de similaridades resultantes da análise de componentes principais para os 10 solos mais supressivos.

Grupo	Sistema de cultivo	K	Ca	P	RBS	BGF	Areia	FOSAC	UREASE	SEVR (%)
1	PIM	18,50	2,70	541,32	2,36	72,68	26,54	0,68	457,97	16,87
2	TOM	27,00	3,25	381,50	2,47	82,50	30,93	0,68	545,51	8,85
3	MAN, ED	12,00	1,63	119,92	2,46	86,73	24,07	0,70	544,59	11,63
4	EUC, AQ, MFGFC	6,56	1,33	14,55	2,57	86,52	27,46	0,75	329,40	12,34
5	CAP, MIFE, FG	7,50	1,20	22,38	2,74	84,97	25,67	0,70	512,28	21,69

Médias dos sistemas de cultivo agrupados. P e K extraídos por Mehlich I; Ca + Mg extraídos com KCL 1mol l⁻¹; FOSAC = fosfatase acida (mg p-nitrofenol* g⁻¹ de solo* h); UREASE= urease (mg p-nitrofenol* g⁻¹ de solo* h); RBS= respiração basal do solo (C-CO₂mg Kg⁻¹ de solo); BGF= bactérias do grupo fluorescentes; Areai = %. MAN= mandioca, TOM= tomate, PAL= palma, CAP= capim elefante, PIM= pimentão, FG= feijão guandu, AQ= área queimada, MIFE= consórcio milho e feijão, EUC= eucalipto, ED= erva-doce.

De acordo com Scheneider (1982) ambientes ecologicamente balanceados, onde as características químicas, físicas e microbianas possam estar estabilizadas por sofrerem baixas perturbações bióticas e abióticas podem apresentar capacidade supressiva. Ghini (2001) avaliando a relação entre coberturas vegetais e supressividade de solos a *Rhizoctonia solani* identificaram os solos de mata, pasto e pousio da região de Sumaré – SP como supressivos. Entretanto, o mesmo autor afirma ainda que apenas a cobertura vegetal não é suficiente para julgar o caráter supressivo ou conducente do solo. Alvorado (2007) relata que a resposta ao estresse em termos de amplitude e/ou resistência da comunidade microbiana pode ser o melhor indicador universal para indicar a capacidade supressiva ou conduciva de solos.

4. Conclusões

As principais variáveis envolvidas na supressividade foram elevados teores de K, Ca, respiração basal do solo, matéria orgânica, carbono da biomassa microbiana, qCO₂, qMic, PT, ponto de murcha permanente, areia, arilsulfatase e FDA.

A análise de componentes principais selecionou os atributos Sev (%) P, Ca, K, BGF, RBS, areia, FOSF AC e ARIL, capazes de detectar diferenças entre os tratamentos, separando em três grupos de similaridade entre os solos condutivos e em cinco grupos entre os solos mais supressivos à podridão radicular da mandioca, causada por *Scytalidium lignicola*.

Na avaliação dos solos mais supressivos foi observada uma correlação positiva com a respiração basal do solo (RBS) e o teor de matéria orgânica (MO).

5. Agradecimento

Os autores agradecem ao CNPq, pelo apoio financeiro no Projeto Universal Processo: 481436/2010-3 e à FACEPE pela bolsa de mestrado do primeiro autor.

6. Referências

Alabouvette, C., Raaijmakers, J., De Boer, W., Notz, R., Défago, G., Steinberg, C., Lemanceau, P., 2006. Concepts and methods to assess the phytosanitary quality of soils. In: Bloem, J., Hopkins, W.W., Benedetti, A. (Eds.), *Microbiological Methods for Assessing Soil*.

Alabouvette, C. Biological control of Fusarium wilt pathogens in suppressive soils. 1990 In: Hornby, D. (Ed.). *Biological control of soilborne plant pathogens*. Wallingford: CAB International, p.35-42.

Alvorado, I.C.M., Michereff, S.J., Mariano, R.L.R., Silva, A.M.F. e Nascimento, C.W.A. Caracterização de solos de Pernambuco quanto à supressividade a *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*. 2007. *Fitopatologia Brasileira* 32:222-228.

Anderson, T.H.; Domsch, K.H. Determination of ecophysiological maintenance carbon requirements of soil microorganisms in a dormant state. 1985. *Biol. Fertil. Soils*. 1:81-89.

Anderson, T.H.; Domsch, K.H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions. such as pH. on the microbial biomass of forest soils. 1993. *Soil Bio. Bioch.* 25:393-395.

Aplevicz, K.S., Demiate, I.M. 2007. Caracterização de amidos e utilização em produtos panificados. *Cienc. Tec. de Alim.*, 27, 478-484.

- Arshad, M.A.; Martin, S. Identifying critical limits for soil quality indicators in agroecosystems. 2002. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Amsterdam, v.88, n.1, p.153-160.
- Baker, R., Cook, J., 1974. *Biological control of plant pathogens*. San Francisco: W.H. Freeman, 433p.
- Barker, R., Martinson. Epidemiology of disease caused by *Rhizoctonia solani*. 1970. In: PARMETER, J.R. (ed.) *Biology and pathology of Rhizoctonia solani*. Berkeley, 255p.
- Bartlett, R. J.; Ross, D. S. Colorimetric determination of oxidizable carbon in acid soil solutions. 1988. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 52: 191-1192.
- Bettiol, W. et al. Supressividade a fitopatógenos habitantes do solo. 2009. In: BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. (Eds.). *Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas*. Jaguariúna: Embrapa Meio-Ambiente, 183-205. p.
- Bettiol, W., Ghini, R., 2005. Solos supressivos. In: Michereff, S.J., Andrade, D.E.G.T., Menezes, M. (Eds.), *Ecologia Manejo de Patógenos Radiculares em Solos Tropicais*. UFRPE - Imprensa Universitária, Recife, pp. 125-153.
- Braga, J.M. e Defelipo, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e material vegetal. 1974. *R. Ceres*. 21:73-85.
- Casida Jr., L.E., Klein, D.A., Santoro, T. Soil dehydrogenase activity. 1964. *Soil Science*. 98:371-376.
- CEPEA-ABAM. 2012 Mandioca: Análise econômica seminal sobre o setor da mandioca, Perspectiva 2012. Ano 11, São Paulo.
- Chellemi, D.O. e Porter, I.J. The role of plant pathology in understanding soil health and its application to productive agriculture. 2001. *Australasian Plant Pathology* 30:103-109.
- Chen, W., Hoitnik, A.J., Schmitthenner, A.F., Touvinen, O.H., The role of microbial activity in supression of damping-off causad by *Pythium ultimum*. 1988. *Phytopathology*. 78:314-322.
- Cuenca, M.A.G.; Mandarin, D.C. Aspectos agroeconômicos da cultura da mandioca: características e evolução da cultura no Estado do Sergipe entre 1990 e 20042006.. Aracaju: Embrapa, 21p. (Documentos, 98).
- Ellis, M.B. Dematiaceous hyphomycetes. 1971. *Commonwealath Mycological Institute*. Rew, Surrey, England, 28.7 p.

Eloy, A.P., Michereff, S.J., Nascimento, C.W.A., Laranjeira, D., Borges, M.A.S., 2004. Natureza da supressividade de solo à murcha-de-fusário do caupi e dinâmica populacional de *Fusarium oxysporum* f.sp. *tracheiphilum*. Summa Phytopathol. 30, 209-218.

Embrapa. Manual de métodos de análise de solo. 1997. 2. Ed. Rio de Janeiro: Centro nacional de pesquisas de solos. 212p.

Embrapa. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2009. Brasília: Embrapa. DF:Embrapa Informações Tecnológica. 627 p.

Evazi, F., Tabatabai, M.A. Glucosidases and Galactosidases in soils. 1988. Soil Biology and Biochemistry. 20(5):601-606.

Evazi, F., Tabatabai, M.A. Phosphatases in soils. 1977. Soil Biology and Biochemistry., 9:167-172.

FAO – Fundação Agricultural Organization). Participação dos continentes na produção mundial de mandioca em 2008. FAOSTAT Database Gateway – FAO. Roma, Disponível em:< <http://apps.fao.org>.>

Fukuda, C. Podridão das Raízes da Mandioca. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1991. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Mandioca em Foco, 08).

Ghini, R., Morandi, A.B., Biotic and abiotic factors associated with soil suppressiveness to *Rhizoctonia solani*. 2006. Sci. Agric. 63(2), 153-160

Ghini, R., ZARONF, M.M.H., Relação entre coberturas vegetais e supressividade de solos a *Rhizoctonia solani*. 2001. Fitopatol. Brás. 26(1), 10 – 15.

Ghini, Raquel e Morandi, Marcelo Augusto Boechat. Biotic and abiotic factors associated with soil suppressiveness to *Rhizoctonia solani*. 2006. *Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)* [online]. 63(2): 153-160.

Höper, H.; Alabouvette, C. Importance of physical and chemical soil properties in the suppressiveness of soil to plant diseases. 1996. European Journal of Soil Biology, Paris, v.32, n.1, p.41-58.

Huber, D.M.; Schneider, R.W. The description and occurrence of suppressive soils. 1982. In: Schneider, R.W. (Eds.). *Suppressive soils and plant disease*. St. Paul: The American Phytopathological Society, p.1-7.

IBGE – Produção agrícola municipal 2008. Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>.>

Johnson, L.F.; Curl, E.A.1972. Methods for research on the ecology of soil-borne plant pathogens. Minneapolis: Burgess, 235p.

Kandeler, E., Gerber, H., Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium. 1988.Biol. Fertil. Soils 6:68-72.

Lacaz, C.S., Pereira, A.D., Heins-Vaccari, E.M., Cucé, L.C., Benatti, C.; Nunes, R.S., Melo, N.T., Freitas-Leite, R.S.; Hernández-Arriigada, G.L. Onychomycosis caused by *Scytalidium dimidiatum*. Report of two cases. Review of the taxonomy of the synanamorph and anamorph forms of this coelomycete. 1999. Rev Inst Med trop S Paulo, 41 (5), 319-323.

Laranjeira, D., Oliveira, S.M.A., Santana, A.A.D., Ocorrência de *Macrophoma* sp. em palma forrageira no estado de Alagoas. 1998. Fitopatologia Brasileira v. 23 (suplemento), p. 251.

Lima, M.F., Reifschneider, F.J.B., Takatsu, A. e Fonseca, M.E.N. Caracterização de isolados de *Phytophthora* de mandioca. 1993.Fitopatologia Brasileira. 18, 416-424.

López-Jodra, O., Torres-Rodrigues, J.M. Especies fúngicas poco comunes responsables de onicomycosis. 1999. Rev Iberoam Micol; 16 (1),11-15.

McKiney, H.H. Influence os soil temperature and misture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum*. 1923. Journal of Agricultural Research 195-218.

Mendonça, E. S e Matos, E. da S. Matéria orgânica do solo: Métodos de análises. Viçosa: UFV. 2005, p.86-92.

Menezes, M; Silva-Hanlin, D. M. W. Guia prático para fungos fitopatogênicos. 1997. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 106 p.

Michereff, S.J.; Peruch, L.A.M.; Aandrade, D.E.G.T. Manejo integrado de doenças radiculares. In: Michereff, S.J.; Aandrade, D.E.G.T.; Menezes, M. (Eds.) Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais. 2005. Recife: Imprensa Universitária da Universidade Federal Rural de Pernambuco, p.377-398.

Msikita, W., Bissang, B., James, B. D., Baimey, H., Wilkinson, H. T., Ahounou, M., e Fagbemissi, R. 2005. Prevalence and severity of *Natrassia mangiferae* root and stem rot pathogen of cassava in Bénin. Plant Dis. 89:12-16.

Muniz, M. F.S., Santiago, A.D., Fukuda, C., Menezes, M. *Scytalidium lignicola*: patógeno da mandioca no estado de Alagoas. 1999. Summa Phytopathologica, Jaboticabal, v. 25, p. 156-158.

Muniz, M. F. S., Aandrade, F. W. R., Queiroz, F. M., Moura Filho, G. e Menezes, M. Caracterização de isolados de *Phytophthora drechsleri*, agente causal da podridão mole de raízes de mandioca. 2006. *Fitopatologia Brasileira* 31:195-198.

Oliveira, M.A.; Fiorine, R.A. Análise de crescimento em mudas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) provenientes de estacas em diferentes recipientes para cultivo. 2006. *Rev. Raíz. e Ami. Trop. . Botucatu*, 2, 12-26.

Quality. CAB International, Wallingford, pp. 257-269. Lemanceau, P., 2006. Concepts and methods to assess the phytosanitary quality of soils. In: Bloem, J., Hopkins, W.W., Benedetti, A. (Eds.), *Microbiological Methods for Assessing Soil Quality*. CAB International, Wallingford, pp. 257-269.

Rodrigues, F.A., Corrêa, G.F., Santos, M.A., Borges Filho, E.L., 1998. Fatores envolvidos na supressividade a *Rhizoctonia solani* em alguns solos tropicais brasileiros. *R. Bras. Ci. Solo* 22, 239-246.

Rodriguez-Kábana, R. e Calvet, C. Capacidad del suelo para controlar enfermedades de origen edafico. 1994. *Fitopatol. Bras.*, 19:129-138.

SCheneider, R.W., *Suppressividade doils and plants*. APS press, St.Poul, 1982.

Silva, A.B.; Barros, A.H.C.; Silva, C.P. ; *Zoneamento Agroecológico de Pernambuco – ZAPE*. Embrapa Solos. UEP Recife. 2001.

Sparling, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. *Austral. J. Soil Res.* 30:195-207, 1992.

Statistica. 2011. Data analysis software system. versão 7.0 StatSoft. <http://www.statsoft.com/>. Accessed 18 jul 2011.

Tabatabai, M.A., Bremmer, J.M. Assay of urease activity of soils. 1972. *Soil Biology and Biochemistry*. 4(4):479-487.

Tate, K. R.; Ross, D. J.; Feltham, C. W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: effects of experimental variables and some different calibration procedures. 1988. *Soil Biol. Bioch. Oxford*. 20:329-335.

Vance, E. D.; Brooks, P. C.; Jenkinson, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. 1987. *Soil Biol. Bioch.* 19:703-707.

Yeomans, J.C. e Bremner, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Communic.* 1988. *Soil Scien. and Plant Anal.* 19:1467-1476.

CONSIDERAÇÕES E PERSPECTIVAS

Os estudos desenvolvidos possibilitaram a avaliação das condições químicas, físicas, biológicas e bioquímicas dos solos provenientes de quatro municípios do semiárido de Pernambuco, de textura arenosa, que apresentam potencial para a produção de mandioca. A avaliação permitiu identificar os principais agentes patogênicos causadores da podridão radicular da mandioca, e onde ocorre a maior incidência dos mesmos. Os indicadores de qualidade do solo permitem mensurar o impacto causado pela ação antropica em diferentes sistemas de manejo e a interferência dessa ação no desequilíbrio biológico do sistema solo-planta. O fungo *Scytalidium lignicola* mostrou-se de alta severidade e difícil controle na ação patogênica nas plantas de mandioca.

A continuidade das pesquisas envolvendo a capacidade supressiva e/ou condutora do solo a diversos agentes patogênicos viabilizará o desenvolvimento de sistemas de cultivo que minimizem as perdas provocadas por estes. Sendo necessário que estes estudos se estendam as mais variadas culturas.