



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA SOLOS E NUTRIÇÃO DE
PLANTAS**

JACKSON DE LIMA ARAÚJO

**ARTRÓPODES E ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS DO SOLO EM CULTIVO DE
FRUTEIRAS NO VALE DO CURU-CE**

**FORTALEZA
2014**

JACKSON DE LIMA ARAÚJO

**ARTRÓPODES E ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS DO SOLO EM CULTIVO DE
FRUTEIRAS NO VALE DO CURU-CE**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Agronomia. Área de concentração Solos e Nutrição de Plantas.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Vânia Felipe Freire Gomes
Coorientador: Prof. Dr. Patrik Luiz Pastori

**FORTALEZA
2014**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- A689a Araújo, Jackson de Lima.
Artrópodes e atributos microbiológicos do solo em cultivo de fruteiras no Vale do Curu-CE /
Jackson de Lima Araújo. – 2014
80 f.: il. color.; enc.; 30 cm.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias
Departamento de Ciências do Solo, Programa de Pós Graduação em Agronomia: Ambiência Agrícola
– Engenharia de Sistemas Agrícolas, Fortaleza, 2014.
Área de Concentração: Agronomia Solos e Nutrição de Plantas.
Orientação: Profa. Dra. Vânia Felipe Freire Gomes.
Coorientação: Prof. Dr. Patrik Luiz Pastori.
1. Biologia do solo. 2. Região Semiárida. 3. Artrópodes. I. Título.

Aos meus queridos pais

Roboão Perote e Maria Dominga.

AGRADECIMENTOS

A Cristo, pela vida, saúde, paciência e capacitação para enfrentar e vencer mais uma batalha nessa curta jornada de vida.

A Universidade Federal do Ceará (UFC) através do curso de pós-graduação em Agronomia Solo e Nutrição de Plantas do Departamento de Ciência do Solo por tornar possível a conquista dessa qualificação profissional.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos, sem a qual não seria possível a realização desse sonho.

A Prof.^a Dr.^a Vânia Felipe Freire Gomes, pela orientação, compreensão e apoio nos momentos de dificuldades do período vigente desse mestrado.

Ao Prof. Dr. Patrik Luiz Pastori, pela coorientação, apoio, incentivo, pelo exemplo de companheirismo e de dedicação em prol da pesquisa científica e por me fazer acreditar em meu potencial.

Ao Prof. Dr. Paulo Furtado Mendes Filho, pelas ricas colaborações na realização desse trabalho, pelo exemplo de pessoa e de profissional, sempre atencioso nos momentos em que solicitei ajuda.

Ao Prof. Dr. Luís Alfredo Pinheiro Leal Nunes, pelas ricas e majestosas contribuições nas correções do trabalho.

A doutoranda Aldenia Mascena e ao mestrando Gildean Portela pelas ajudas nas análises dos atributos microbiológicos do solo, pelo convívio e companheirismo nesse período de estudo.

Aos doutorandos Alcione Guimarães e Cleyton Saialy pelas sugestões valiosas das análises estatísticas dos dados.

As mestrandas Winnie Fernandes e Lilianne Maia pelas valorosas ajudas na realização da triagem e identificação dos grupos da fauna edáfica, pelo crescimento mútuo e pela amizade.

Aos mestrandos Eder de Oliveira e Fabiana Albuquerque pelas contribuições na realização do trabalho em campo, pela camaradagem e apoio.

A todo pessoal que compõe a equipe de estudos em Entomologia e Acarologia: Aline, Gustavo, Dalila, Elvis, Rosanya e Laura, pelas imprescindíveis ajudas na realização da triagem, sem a qual não seria possível concluir em tempo oportuno e pelo agradável convívio.

A todos os funcionários da Fazenda Experimental Vale do Curu (FEVC-UFC) pela receptividade, acolhimento e agradável convívio.

Aos servidores técnico-administrativos da UFC, através do Departamento de Ciências do Solo, e da FUNCEME, pela atenção e receptividade.

Ao Doutor Carlos Alberto Kenji Taniguchi (pesquisador da EMBRAPA Agroindústria Tropical) por ter cedido o laboratório e o bloco digestor para determinação do nitrogênio da biomassa microbiana, meus sinceros agradecimentos.

A todos os alunos, hoje técnicos agrícolas, que me ajudaram na implantação do trabalho em campo.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização desse trabalho.

RESUMO

Uma das grandes preocupações relacionadas aos sistemas de manejo agrícola adotado pelo homem reside nos efeitos sobre os processos biológicos que ocorrem no solo, cuja ação dentro dos ecossistemas visando à exploração agrícola, modifica a intensidade desses processos em virtude do emprego de práticas que objetivam exclusivamente a maximização da produção vegetal. Um dos desafios da pesquisa em biologia do solo é justamente entender os impactos do manejo sobre as complexas interações de todos os organismos edáficos ao nível de comunidade que são fundamentais na manutenção da qualidade do solo. Objetivou-se avaliar a influência dos manejos em cultivos de fruteiras (mangueira, goiabeira e coqueiro) na composição e distribuição dos artrópodes de solo (mesofauna e macrofauna edáfica) e sobre a biomassa microbiana, sua atividade e interação com os atributos químicos, físicos e ambientais. O estudo dos artrópodes edáficos teve início em julho de 2013 e seguiu até maio de 2014, com coletas realizadas em quatro períodos. As atividades microbiológicas do solo foram avaliadas mediante as determinações dos atributos microbianos do solo (RBS, CBM, NBM, NBM/N, qCO₂ e qMIC). Constatou-se que os artrópodes de solo mostraram-se sensíveis as alterações ocasionadas pelos sistemas de manejos do solo, possibilitando a sua indicação como importante ferramenta para aplicar-se como bioindicadores da qualidade do sistema edáfico. O sistema com cultivo de goiabeiras mostrou-se instável ao longo do tempo em relação à estrutura da comunidade dos artrópodes de solo. O sistema com cultivo de coqueiros propicia melhores características do solo e aumento na abundância e riqueza de espécies da macrofauna invertebrada. O carbono da biomassa microbiana (CBM), nitrogênio da biomassa microbiana (NBM) e o quociente metabólico (qCO₂), foram os principais atributos microbiológicos do solo responsáveis por identificar dissimilaridades entre as áreas. Correlações entre as variáveis microbiológicas e faunísticas do solo foram baixas, com correlações significativas somente entre Collembola, NBM e NBM/N.

Palavras-chave: Biologia do solo, Região Semiárida, Artrópodes.

ABSTRACT

A major concern related to agricultural management systems used by the man lies on the effects on biological processes in the soil, whose action within ecosystems aiming at the farm, modifies the intensity of these processes under use of techniques that exclusively aim to maximize crop yield. One of the challenges of research in soil biology is precisely understand the impacts on the complex interactions of all soil organisms at the community level by the management that are critical in maintaining soil quality. The objective of this work was to evaluate the influence of management practices on fruit trees (mango, guava and coconut trees) in the composition and distribution of soil arthropods (edaphic macrofauna, mesofauna) and on microbial biomass, the activity and interaction with the chemical, physical and environmental attributes. The study of soil arthropods began in July 2013 and followed until May 2014, with measurements at four periods. Microbiological soil activities were evaluated by the determination of microbial soil properties (RBS, CBM, NBM, NBM / N, qCO₂ and qMIC). It was found that the soil arthropods were sensitive to changes arising from different soil tillage systems, allowing it to be used as an important tool to apply as bio-indicators of the quality of edaphic system. The system with guava cultivation proved to be unstable over time in relation to the structure of the community of soil arthropods. The system with coconut tree cultivation allows for better soil quality, increase in abundance and species richness of invertebrate macrofauna. The microbial biomass carbon (MBC), microbial biomass nitrogen (NBM) and the metabolic quotient (qCO₂) were the main microbiological soil properties responsible for identifying dissimilarities between areas. Correlations between microbiological and faunal characteristics of the soil were low with significant correlations only between Collembola, NBM and NBM / N.

Keywords: Soil biology, Semiarid Region, Arthropods

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização da Fazenda Experimental Vale do Curu e das áreas analisadas.....	27
Figura 2 - Médias de temperatura e volume total das precipitações referente aos meses de Junho de 2013 a Maio de 2014 na Fazenda Experimental Vale do Curu-CE.....	28
Figura 3 - Áreas da fazenda utilizada no experimento.....	30
Figura 4 - Sequencia de instalação das armadilhas nas áreas.....	31
Figura 5 - Disposição das armadilhas dentro de cada uma das áreas.....	32
Figura 6 - Pontos de amostragens do solo próximos às armadilhas (<i>Pitfall</i>) instaladas em cada uma das áreas estudadas.....	33
Figura 7 - Círculo das correlações entre as variáveis originais (Artrópodes de solo e índices) e os fatores na análise de componentes principais das áreas cultivadas com fruteiras e de mata nativa no Vale do Curu – CE.....	52
Figura 8 - Círculo das correlações entre as variáveis originais (Atributos microbiológicos, químicos e físicos do solo) e os fatores na análise de componentes principais das áreas cultivadas com fruteiras e de mata nativa no Vale do Curu – CE.....	60
Figura 9 - Dendograma da análise de agrupamento dos dois períodos de coletas realizados em mata nativa (MN), cultivo de mangueiras (CM), cultivo de goiabeiras (CG), cultivo de coqueiros (CC) na região do Vale do Curu-CE.....	65
Figura 10 - Círculo das correlações entre as variáveis originais (Artrópodes e atributos microbiológicos do solo) e os fatores na análise de componentes principais das áreas cultivadas com fruteiras e de mata nativa no Vale do Curu – Ce.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características físicas dos solos na profundidade de 0-15 cm, em Mata Nativa (MN), Cultivo de Mangueiras (CM), Cultivo Goiabeira (CG) e Cultivo Coqueiro (CC), na região do Vale do Curu-CE.....	34
Tabela 2 - Características químicas do solo, na profundidade de 0-15 cm, em Mata Nativa (MN), Cultivo Mangueira (CM), Cultivo Goiabeira (CG), Cultivo Coqueiro (CC), na região do Vale do Curu - CE.....	34
Tabela 3 - Análises da fauna edáfica (Artrópodes) dentro das áreas de Mata Nativa (MN), cultivo mangueiras (CM), cultivo goiabeiras (CG) e cultivo coqueiros (CC) coletados em quatro períodos sazonais no Vale do Curu - CE.....	39
Tabela 4 – Percentual dos artrópodes de solo coletados em mata nativa (MN) nos quatro períodos de amostragens (Transição chuvoso/seco, seco, transição seco/chuvoso e chuvoso)	40
Tabela 5 – Percentual dos artrópodes de solo coletados em cultivo de mangueiras nos quatro períodos de amostragens (Transição chuvoso/seco, seco, transição seco/chuvoso e chuvoso)	42
Tabela 6 – Percentual dos artrópodes de solo coletados em cultivo de goiabeiras nos quatro períodos de amostragens (Transição chuvoso/seco, seco, transição seco/chuvoso e chuvoso)	45
Tabela 7 – Percentual dos artrópodes de solo coletados em cultivo de coqueiros nos quatro períodos de amostragens (Transição chuvoso/seco, seco, transição seco/chuvoso e chuvoso)	47
Tabela 8 - Correlações entre variáveis artrópodes, índice de diversidade, índice de equitabilidade e riqueza de grupos em área de mata nativa e cultivada com fruteiras no Vale do Curu - CE.....	49
Tabela 9 – Correlações entre as variáveis originais (Artrópodes de solo) e os componentes principais.....	50
Tabela 10 - Autovalores e percentual de variância explicada de cada componente.....	51
Tabela 11 - Valores médios de quatro repetições resultantes das análises microbiológicas dos solos realizadas para o período chuvoso e seco em áreas de Mata Nativa (MN), Cultivo de Mangueira (CM), Cultivo Goiabeira (CG), Cultivo Coqueiro (CC), na região do Vale do Curu-CE.....	55
Tabela 12 – Correlações entre variáveis microbiológicas, químicas e físicas do solo em área de mata nativa e cultivada com fruteiras no Vale do Curu - CE.....	57
Tabela 13 - Correlações entre os dados originais (Atributos microbianos, químicos e físicos do solo) e as componentes principais.....	58
Tabela 14 - Autovalores e percentual da variância explicada de cada componente.....	59

Tabela 15 – Análise de correlação das variáveis (Artrópodes e microbiológicos)	67
Tabela 16 - Correlações entre os dados originais (Artrópode de solo e atributos microbianos do solo) e as componentes principais.....	68
Tabela 17 - Autovalores e percentual da variância explicada de cada componente.....	69

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1 A importância dos cultivos de fruteiras para região semiárida brasileira.....	16
2.2 Os organismos edáficos e a ecologia do solo.....	17
2.3 Influência do manejo do solo nos organismos edáficos e suas implicações.....	19
2.4 Comportamento da fauna edáfica nos solos.....	20
2.5 Avaliação da fauna edáfica.....	22
2.6 Importância da atividade microbiana para o solo.....	24
2.7 Avaliação da atividade microbiana do solo.....	25
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1 Localização e descrição geral.....	27
3.1.1 <i>Caracterização das áreas experimentais</i>	29
3.1.1.1 <i>Área 1 - Mata nativa (Caatinga)</i>	29
3.1.1.2 <i>Área 2 - Cultivo de mangueiras (<u>Mangifera indica</u> L.)</i>	29
3.1.1.3 <i>Área 3 - Cultivo de goiabeiras (<u>Psidium guajava</u>)</i>	29
3.1.1.4 <i>Área 4 - Cultivo de coqueiros (<u>Cocos nucifera</u> L.)</i>	29
3.2 Períodos de amostragens e métodos de coletas da fauna edáfica.....	30
3.3 Triagem e identificação da fauna edáfica.....	32
3.4 Análises das coletas de fauna (índices faunísticos).....	32
3.5 Amostragens de solo nas áreas.....	33
3.6 Caracterizações químicas e físicas do solo.....	34
3.7 Análises microbiológicas do solo (RBS, CBM, NBM, qCO ₂ , qMIC e NBM/N).....	35
3.7.1 <i>Carbono da biomassa microbiana (CBM)</i>	35
3.7.2 <i>Respiração basal do solo (RBS)</i>	35
3.7.3 <i>Quociente metabólico e microbiano (qCO₂; qMIC)</i>	36
3.7.4 <i>Nitrogênio da biomassa microbiana (NBM)</i>	36
3.7.5 <i>Nitrogênio da biomassa microbiana por nitrogênio do solo (NBM/N)</i>	36
3.8 Análises estatísticas.....	37
5 RESULTADOS E DISCUSÕES.....	39
5.1 Composição e distribuição dos artrópodes de solo em cultivo de fruteiras.....	39
5.1.1 <i>Análise fatorial e de componentes principais</i>	48

5.2 Atividade microbiológica do solo.....	55
<i>5.2.1 Análise fatorial e de componentes principais.....</i>	<i>55</i>
<i>5.2.2 Análise de agrupamento.....</i>	<i>64</i>
5.3 Artrópodes e atributos microbiológicos do solo.....	66
<i>5.3.1 Análise fatorial e de componentes principais.....</i>	<i>66</i>
6 CONCLUSÕES.....	73
REFERÊNCIAS BIBIOGRÁFICAS.....	74

1INTRODUÇÃO

O solo constitui-se em habitat de uma variedade de organismos cujas funções e interações, determinam em parte, propriedades químicas, físicas e biológicas essenciais à formação e desenvolvimento do sistema edáfico, contribuindo de forma significativa na estruturação e manutenção de sua qualidade em que todos os elementos, minerais e biológicos encontram-se em profunda harmonia numa intensa relação de trocas.

As relações entre as espécies que compõem a biodiversidade edáfica e as funções que desempenham nos solos são bastante complexas e pouco conhecidas. Porém, existe a teoria de que alguns mecanismos constituem a base dessas relações, de que quanto mais diverso for o sistema edáfico, maior a habilidade em realizar uma grande quantidade de funções, possuindo um maior potencial de interações e de uma melhor adaptação às mudanças.

É decorrente de que a intensificação das atividades agrícolas tem causado profundas alterações, muitas vezes de forma irreversível, principalmente por promover o rompimento dessas relações, influenciando tanto na abundância quanto na diversidade dos organismos edáficos, com perda de grupos funcionais que podem levar a sérios danos ecológicos e econômicos.

Muitos estudos têm sido realizados na busca de informações sobre a biodiversidade dos solos, procurando entender a forma como se relacionam e como são afetados pelas distintas intervenções realizadas no ecossistema. No entanto, esse conhecimento apresenta-se de forma incipiente, principalmente para região semiárida brasileira, tornando-se ainda mais crítico à medida que as alterações ambientais antropogênicas se acentuam.

Vale ressaltar, a lacuna de informações sobre as espécies que se associam aos locais de cultivos, cuja adaptação e domínio podem servir de parâmetro de avaliação dos manejos e de sustentabilidade, juntamente com os atributos microbiológicos do solo que possuem subsídios bastante consistentes no que se refere à quantificação e indicação do grau de conservação de um determinado sistema.

Por serem bastante sensíveis às alterações, tanto de forma natural como pela ação antrópica, a fauna edáfica apresenta-se como um potencial bioindicador da qualidade ambiental, especialmente no que se refere à intensificação do uso dos solos, visto que esses organismos respondem de forma rápida ao menor sinal de perturbação do sistema, tanto pela fuga de organismos para locais preservados, como pelo crescimento populacional de determinada(s) espécie(s) que podem chegar a condições de praga(s) dependendo dos níveis de danos ocasionados aos cultivos.

A ação conjunta dos microrganismos do solo reflete a intensidade com que estão sendo processadas as reações de transformações das mais diferentes substâncias depositadas no solo, que se realizam mediante ação de poderosas enzimas nos processos de decomposição e de mineralização dos ciclos biogeoquímicos.

Nesse contexto, apresentam-se as hipóteses de que o manejo realizado nos cultivos de fruteiras promove a redução da biodiversidade dos artrópodes edáficos, mantendo índices de dominância elevados enquanto que, a atividade metabólica dos microrganismos do solo é intensificada.

Objetivou-se avaliar a influência do manejo em cultivos de fruteiras (Mangueiras, goiabeiras e de coqueiros) na composição e distribuição dos artrópodes de solo (Mesofauna e macrofauna edáfica) e sobre a biomassa microbiana, sua atividade e interação com os atributos químicos, físicos e ambientais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A importância dos cultivos de fruteiras para região semiárida brasileira

A exploração agrícola no Nordeste brasileiro tem vivenciado nas últimas décadas um crescimento considerável de sua cadeia produtiva (CUNHA, 2009) graças a atividades como a fruticultura, que encontrou na semiaridez condições favoráveis ao cultivo de diversas fruteiras de clima tropical, o que é evidenciado pela expressiva diversidade de espécies nativas e exóticas encontradas na região (RODRIGUES *et al.*, 2012; SANTOS; JUNIOR; PRATA, 2012). Algumas já exploradas com emprego de práticas culturais recomendadas e outras, através do extrativismo ou em pomares domésticos sem nenhuma tecnologia, necessitando de informações sobre manejo, a respeito da melhor forma de propagação, adubações, tratamentos culturais, colheita e pós-colheita a serem empregadas.

Fatores como clima, solo, localização, disponibilidade de água para irrigação, aliada ao preço atrativo de terras e à disponibilidade e custo de mão-de-obra, conferem à região Nordeste, vantagens comparativas para a fruticultura em relação às demais regiões do Brasil e asseguram a sua liderança na produção e exportação de frutas tropicais para as mais diferentes localidades (IBGE, 2012).

O Estado do Ceará vem se destacando e ganhando posições no mercado internacional de frutas com tendência de chegar a ser o maior exportador desse gênero do país, uma vez que vem subindo no ranking nacional de maiores exportadores desde o ano de 2008 quando saltou da 5ª posição para 3ª ficando atrás apenas de Pernambuco e Bahia, superando Estados como São Paulo e Rio Grande do Norte, e que também o classificam como 6º maior produtor nacional de frutas (IBGE, 2012; ADACE, 2013).

De acordo com dados elaborados pela Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará (ADACE), a quantidade de espécies compondo a cadeia produtiva de frutas em território cearense é bem ampla e estão distribuídas em seis grandes polos produtivos localizados desde a zona litorânea até interior do Estado, que juntos contabilizam uma área de 38,4 mil hectares dos quais se destacam os cultivos de coqueiro, mangueira e goiabeira.

O coqueiro constitui uma das mais importantes culturas perenes, capaz de gerar renda, alimentação e uma diversidade de produtos em que a região Nordeste é a principal produtora com 80% de toda produção nacional (EMBRAPA, 2006). No Ceará, segundo a Associação do Distrito de Irrigação Curu-Paraipaba (ADICP, 2012), essa região é a que apresenta uma maior concentração do cultivo de coqueiros do Estado, com 2.554 hectares do

tipo ano irrigado e que gera uma produção mensal de 4,5 milhões de frutos e que estão integralizados 805 produtores.

A mangueira é cultivada em toda região Nordeste, apresentando como maiores produtores os Estados de Pernambuco, Bahia e Ceará, esse último, possuindo 5.641ha dos quais se destacam os municípios de Jaguaruana e Cascavel em cultivos irrigados e de sequeiros respectivamente (ADACE, 2012).

A cultura da goiabeira, de grande importância socioeconômica para o Nordeste brasileiro foi por muito tempo a grande fornecedora de matéria-prima para a indústria de doces da região. No Ceará, o cultivo dessa fruta ocupa a 7^o posição no ranking nacional de produtores e foi escolhida para ser cultivada em todo território cearense tendo como objetivo a redução da entrada de frutos vindos de outros estados e conseqüentemente o aumento da oferta dentro do comércio local com as características desejadas pelo mercado consumidor, seja para indústria ou consumo in natura.

Segundo Djau *et al.* (2012) essa atividade já desponta no Ceará como a segunda em participação na balança comercial do Estado com 39,7% perdendo apenas para produção de grãos com 42,3% enquanto que outras atividades contam com 18% de participação e que está em franca expansão em todo o Estado.

Apesar de todos os benefícios gerados por essa atividade na economia local, muitos questionamentos têm sido levantados sobre os impactos gerados por esses cultivos no ecossistema, tendo em vista que em muitas localidades já é possível detectar sinais de degradação dos solos.

2.2 Os organismos edáficos e a ecologia do solo

Os organismos habitantes do solo representam a fração viva do sistema edáfico cuja diversidade contém representantes de todos os domínios e reinos e que ocupam os mais variados níveis taxonômicos do ecossistema, no qual desempenham atividades indispensáveis à manutenção e sobrevivência das comunidades vegetais e animais (MOÇO *et al.*, 2005).

A variabilidade de espécies que compõem a biodiversidade dos solos segundo Lavelle *et al.* (1992, 1996) está intrinsecamente relacionada à grande variedade de micro-habitat e de recursos que o sistema solo-serapilheira pode oferecer a esses organismos que apesar de estar na maioria das vezes “imperceptíveis”, isso porque ou estão dentro do solo ou da serapilheira, são poucos reconhecidos e valorizados (SILVA *et al.*, 2012).

Na literatura são encontrados diferentes estudos sobre os organismos edáficos e de suas interações com o meio onde vivem (LAVELLE *et al.*, 2014; MOÇO *et al.*, 2010;

BARETTA *et al.*, 2011), cujas atividades no solo variam conforme o tamanho, a forma como se locomove no perfil, a posição que ocupam na cadeia trófica e pela diversidade metabólica, o que os torna extremamente versáteis na ocupação de diversos nichos ecológicos.

Distintas classificações são dadas aos organismos do solo, no entanto, a mais citada e com destaque na literatura é com relação aos processos realizados de forma individual ou pela ação conjunta desses organismos, sendo classificados como grupos funcionais de acordo com as atuações nos processos biológicos do ecossistema.

Exemplos desses grupos são os microrganismos envolvidos no ciclo do nitrogênio (diazotróficos, nitrificadores, desnitrificadores, amonificadores) e os envolvidos no ciclo do carbono, desde os degradadores de polímeros complexos, até as arqueas, incluindo metanogênicas e metanotróficas (ZILLI *et al.*, 2003), na decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, bioturbação e no controle de pragas e doenças.

A decomposição da matéria orgânica é basicamente realizada pela ação enzimática de fungos, bactérias e actinobactérias, mas é extremamente facilitada pelos componentes da fauna edáfica como, ácaros, oligoquetos, térmitas e milípedes que trituram os resíduos de plantas e animais e incorporam ao solo (CORREIA, 2002; RESENDE *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2013).

Na ciclagem de nutrientes segundo Toyota *et al.* (2013), quem lidera os processos metabólicos é a atividade enzimática dos microrganismos do solo e está estritamente associada à decomposição da matéria orgânica, no entanto, a taxa de mineralização na qual o processo opera de acordo com Resende *et al.* (2013), é determinado por pequenos animais tais como nematóides, collembolos e ácaros.

Enquanto que a bioturbação consiste no processo em que raízes de plantas, oligoquetos, térmitas, formigas e outros grupos da macrofauna do solo são fisicamente ativos na movimentação do solo pela construção de canais, poros, agregados e de montículos que se dá pela movimentação de partículas de um horizonte a outro que, além de determinar a estrutura física do solo, também cria e modifica micro-habitat para outros organismos menores (BARETTA; BROWN; CARDOSO, 2010).

O controle de pragas e de doenças pode estar relacionado com as relações antagônicas dos organismos do solo que incluem desde a ação dos microrganismos por diferentes mecanismos, principalmente na produção de substâncias antibióticas (antibioses) (POLLI *et al.*, 2012) e/ou pela ação de micro predadores e parasitoides que se alimentam respectivamente de outros organismos (ROY *et al.*, 2011).

De certa forma todas as relações estabelecidas entre as espécies que compõem a biodiversidade dos solos estão em íntima relação com o ambiente em que vivem e limitados pelas condições que lhes são impostas, sejam elas bióticas e/ou abióticas, sendo reguladas pelas condições ambientais dominantes ou pré-estabelecidas pela ação antrópica (LAVELLE *et al.*, 2014; BARETTA *et al.*, 2011).

2.3 Influência do manejo do solo nos organismos edáficos e suas implicações

Uma das grandes preocupações relacionadas aos sistemas de manejo agrícola adotado pelo homem reside nos efeitos sobre os processos biológicos que ocorrem no solo. Em ecossistema natural, a biota do solo se encontra em equilíbrio, mantendo a sua biodiversidade (HAVLICEK, 2012), e esta harmonia permite que os diversos processos biológicos ocorram de forma que se tenha uma produção de biomassa vegetal estável com o tempo. A ação do homem dentro dos ecossistemas visando à exploração agrícola modifica a intensidade desses processos em virtude do emprego de práticas que objetivam exclusivamente a maximização da produção vegetal (LAVELLE, 2009).

Por serem sensíveis e de reagirem a mudanças induzidas por atividades antrópicas e naturais do solo e de sua cobertura vegetal, as populações e a diversidade dos organismos edáficos podem ser usadas como bioindicadores do uso do solo ou de sua fertilidade, dando uma noção do seu estado atual e de mudanças induzidas por fatores bióticos e abióticos ao longo do tempo (BARETTA *et al.*, 2007, 2011; LAVELLE, 2009; SILVA *et al.*, 2009).

Segundo os mesmos autores, tais distúrbios alteram a distribuição da fauna do solo à medida que é alterada a disponibilidade de recursos alimentares, modificando as interações ecológicas intra e interespecíficas que desaparecem com o desmatamento ou com maior perturbação do sistema.

A realização de manejos que envolvem frequentes movimentações de solo acelera os processos que levam ao empobrecimento da matéria orgânica, principalmente devido a uma maior exposição de resíduos ao ataque de decompositores, intensificando a mineralização o que pode acarretar em consideráveis perdas de nutrientes (TOYOTA *et al.*, 2013) e em uma menor taxa de formação da serapilheira utilizada por muitos organismos (epigêicos) como abrigo e/ou como fonte de alimento.

A formação de encrostamento superficial e de camadas compactadas em subsuperfície são outros resultados de degradação física do solo com repercussão na taxa de infiltração de água e de aeração no solo, por serem bastante consistentes, podem servir de barreiras para organismos (Anécicos e Endogêicos) que vivem e se movimentam nos espaços

intersticiais ou que cavam galerias e constroem ninhos em camadas de subsuperfície (OLIVEIRA; RESCK; FRIZZAS, 2006; SILVA; JUCKSCH; TAVARES, 2012).

Segundo Hole *et al.* (2005) os efeitos das práticas de manejo sobre as populações de organismos, funções e interações, embora exista uma ampla gama de respostas entre as diferentes espécies, demonstra que a maioria dos grupos apresenta maior abundância ou biomassa em sistemas conservacionistas do que em sistemas de preparo convencional, por apresentar uma menor perturbação de seus habitats na preservação de estruturas que abrigam esses organismos.

Baretta *et al.* (2011) afirmam que, em geral, organismos maiores parecem ser mais afetados pelas operações de lavoura do que organismos menores, sendo mais sensíveis as alterações do microclima local devido à ruptura da estruturação física do solo, expondo os organismos a condições desfavoráveis de luz, temperatura, umidade e por torna-los vulneráveis aos ataques de predadores.

Conforme Smith *et al.* (2009) e Baretta *et al.* (2011) mudanças no ambiente físico e no fornecimento de alimento afetam diferentes grupos de organismos nas mais variadas formas incluindo rizófagos, saprófagos, predadores e parasitoides e em alguns casos pode destruir por completo a estrutura das comunidades primárias, deixando vazios por tempo indeterminado.

Um dos desafios da pesquisa em biologia do solo é entender os impactos do manejo sobre as complexas interações de todos os organismos edáficos ao nível de comunidade, que segundo Aquino *et al.* (2006) e Lavelle *et al.* (2009), essas interações são fundamentais na manutenção da qualidade do solo mediante formação de agregados, ciclagem de nutrientes, decomposição da matéria orgânica e na supressividade de pragas e de doenças.

2.4 Comportamento da fauna edáfica nos solos

O solo é um sistema dinâmico e essa propriedade também decorre das atividades biológicas de ação conjunta dos organismos edáficos em processos que envolvem o fluxo de energia e, nas relevantes etapas dos ciclos biogeoquímicos dentro dos ecossistemas (ESTRADE *et al.*, 2010), sendo de fundamental importância para o desenvolvimento vegetal e para qualidade do solo dos quais a fauna edáfica caracteriza-se como os principais reguladores desses processos (DUC; NENTWIG; LINDFELD, 2011).

Entende-se por fauna edáfica a comunidade de invertebrados que vivem ou que passam alguma fase de seu ciclo no solo, utilizando como abrigo ou como fonte provedora de recursos a sua sobrevivência (AQUINO, 2007).

Na literatura são encontradas distintas formas de classificação da fauna edáfica, diferindo quanto à mobilidade, hábito alimentar, função que desempenham no solo e principalmente pelo tamanho e diâmetro corporal, sendo classificados em microfauna (<0,2 mm), mesofauna (0,2 – 2,0 mm) e macrofauna (>2,0 mm) e que ocupam diferentes níveis da cadeia trófica, o que lhes conferem habilidades diferenciadas em suas estratégias alimentares e na adaptação a diferentes habitats (LAVELLE *et al.*, 2006).

A relevância dos processos biológicos incide na constatação de que estes, além de desempenharem um papel importante na gênese do solo, ainda atuam de modo decisivo como reguladores de nutrientes essenciais aos vegetais e conseqüentemente na construção e manutenção da fertilidade do solo (LAVELLE *et al.*, 2006; TOYOTA *et al.*, 2013).

A importância da fauna edáfica para os ecossistemas segundo Moço *et al.* (2005), dá-se pelas funções desempenhadas por esses organismos no solo principalmente por promover a fragmentação e movimentação (vertical e horizontal) de resíduos orgânicos, pela deposição na serapilheira, incorporação da matéria orgânica misturando com a fração mineral, na mobilização de nutrientes e por regular a população microbiana pela predação e/ou dispersão de propágulos desses organismos no ambiente.

Vale ressaltar a construção de galerias e a excreção de “pellets” fecais que modificam o espaço poroso e desempenham importante papel na aeração e na permeabilidade do solo, facilitando ou obstruindo a circulação do ar e a infiltração de água, e que podem interferir na penetração de raízes pela modificação de sua resistência mecânica e no padrão de penetração.

A microfauna compreende os organismos de tamanho micrométrico, em que os principais representantes são os protozoários e nematoides, cuja função no solo é de promover a regulação populacional de microrganismos, principalmente bactérias (LAVELLE *et al.*, 2006), e que apresentam hábito semelhante aos microrganismos, vivendo e movimentando-se na solução do solo, sendo bastante sensíveis às mudanças ocorridas no regime hídrico do perfil.

A mesofauna por sua vez, refere-se aos organismos de tamanho intermediário, cujas funções no solo além de atuarem como predadores no controle populacional de microrganismos e de representantes da microfauna, também atuam na decomposição da matéria orgânica (BOLGER; KENNY; ARROYO, 2013; ASPUND; BOKHORST; WARDLE, 2013) e na degradação de substâncias (xenobioticos) contaminantes do solo como, por exemplo, inseticidas que segundo Zeppelini (2012) podem ser metabolizados por algumas espécies pertencentes à classe Collembola, sendo úteis na recuperação de solos contaminados e em operações de despoluição de áreas agrícolas e industriais.

A macrofauna é representada por organismos cuja visualização pode ser realizada a olho nu (sem lentes) e que é composta pelos mais variados grupos taxonômicos, sendo de predomínio os pertencentes à classe Insecta, apresentando uma grande mobilidade e sensibilidade às alterações ocorridas no ambiente.

Diferentes trabalhos têm demonstrado que a composição faunística do solo participa de forma direta e/ou indireta nos processos químicos e físicos do solo, mediante decomposição, mineralização e humificação de resíduos orgânicos (LAVELLE, 2009; SMITH *et al.*, 2009), na imobilização e mobilização de macro e micronutrientes (TOYOTA *et al.*, 2013), nas relações biotróficas entre fungos micorrízicos e plantas (SIDDIKY *et al.*, 2012), na estruturação e agregação do solo (HOLE *et al.*, 2005; SIDDIKY *et al.*, 2012), sendo fundamentais na manutenção e preservação da qualidade edáfica.

Conforme Baretta (2007), o papel exato das espécies ou de seus grupos funcionais dentro dos ecossistemas depende de oscilações numéricas das populações pela intensidade de forrageamento e reprodução, que está diretamente vinculada à sazonalidade ou pelas condições imposta pelo homem.

Todavia em termos de fluxo energético da cadeia trófica, a macro e mesofauna do solo, desenvolvem principalmente as funções detritívoras, sendo os microrganismos os principais responsáveis pela mineralização e disponibilização dos nutrientes na solução do solo.

Assim, a decomposição constitui-se no processo fundamental na manutenção dos ecossistemas, uma vez que, está diretamente relacionada à ciclagem e disponibilidade de nutrientes necessários ao desenvolvimento vegetal, de modo que não haveria floresta tampouco vida no planeta se não houvesse decomposição devido ao acúmulo de uma grande quantidade de resíduos e do esgotamento de nutrientes nos solos.

Portanto, o conhecimento de parâmetros que estimam as atividades microbianas do solo e de suas interações com a fauna edáfica, caracteriza-se em uma importante ferramenta na identificação de distúrbios ocorridos no sistema.

2.6 Avaliação da fauna edáfica

O solo é o habitat de uma diversidade de organismos que estão em constantes interações com os fatores bióticos e abióticos do ecossistema. Isolar, identificar e quantificar todos os grupos existentes nesse ambiente é tarefa muito difícil, além disso, não existe método que seja universalmente aceito e que consiga extrair representantes de todos os grupos de animais existentes nos mais variados tipos de solo (AQUINO, 2007).

No entanto, encontram-se na literatura diferentes métodos com resultados bastante significativos no que se refere à captura e avaliação dos organismos edáficos (AQUINO, 2007). Dentre os mais utilizados estão os monólitos apontados como sendo os melhores no estudo de organismos que vivem no interior do perfil do solo (Endogeicos), os métodos de transecto no estudo de organismos sociais (Cupins), a extração de Winkler no estudo de formigas e com armadilhas do tipo alçapão (*Pitfall traps*) (MOREIRA; HUISING; BIGNELL, 2010).

O método com armadilhas do tipo *Pitfall* é o mais utilizado para avaliar a atividade da fauna epígea, ou seja, dos componentes que atuam principalmente na superfície do solo (MOLDENKE, 1994). Esse método é bastante simples e consiste na colocação de recipientes no solo com a borda ficando em nível de superfície, contendo cerca de 10 cm de altura e 10 cm de diâmetro de forma que os animais, ao se locomoverem, caiam acidentalmente nesses recipientes.

Segundo EMBRAPA (2006), os recipientes podem ser de diferentes materiais. Potes de mel de 500 mg, por exemplo, podem ser utilizados e funcionam muito bem, principalmente, porque podem ser bem fechados e transportados seguramente do campo para o laboratório, embora também possam ser utilizados materiais alternativos, como por exemplo, garrafas de politereftalato de etileno (PET) cortadas ao meio já utilizadas em diferentes estudos com eficiência comprovada (DUTRA, 2009, 2012).

As avaliações da fauna edáfica são realizadas por meio de índices que expressam a biodiversidade (Shanon-weaner), dominância (Berger parker), distribuição e equitabilidade (Pielou) e a riqueza de espécies (Jackknife) (AQUINO, 2007). Essas análises têm sido empregadas com propósitos diversos.

No meio agrônômico, em geral, objetivam a elaboração de programas integrados de controle de pragas (DUTRA, 2009, 2012). Em estudos ecológicos, tendo por finalidade a caracterização e a estrutura de comunidades, assim como a avaliação de impactos a partir da comparação de dados na decomposição e abundância da fauna, obtidas em períodos diversos (LAVELLE, 2009; BARETTA, 2007; BARETTA *et al.*, 2011).

O índice de diversidade de Shannon-Weaver (1949) fornece informações sobre a estabilidade da comunidade. Quando a poluição aumenta, a comunidade fica sob estresse e a sua instabilidade também aumenta. As formas de vida mais sensíveis começam a desaparecer, enquanto as mais tolerantes, por falta de competição por alimento e espaço, se tornam mais abundantes. Este aspecto traduz-se por uma diminuição do índice de diversidade.

A equitabilidade mede o modo como o número total de indivíduos se distribui pelos vários grupos taxonômicos que formam a comunidade. Este índice é um bom indicador da

diversidade porque depende da forma como os indivíduos estão repartidos pelos grupos taxonômicos considerados e tenta medir a dominância de um ou mais grupos.

Esse índice está levemente correlacionado com o número de indivíduos e fortemente correlacionado com o número de grupos e que mede a proporção da diversidade observada com a máxima diversidade esperada, variando de 0 a 1 (NUNO FERRERO, 2007).

Portanto, quanto maior for o índice de Shannon calculado, maior será a diversidade da população de organismos, e para o índice de Pielou, quanto mais próximo de 1, maior a equitabilidade da população.

2.5 Importância da atividade microbiana para o solo

Os microrganismos do solo são os principais gerenciadores dos processos de reações que ocorrem nos ciclos biogeoquímicos do ecossistema, no qual se tornam essenciais por participarem de forma intensiva em praticamente todas as reações que envolvem a ciclagem de elementos dentro do ecossistema, cujas reações ocorrem devido às atividades metabólicas desses organismos na decomposição e mineralização das mais variadas substâncias depositadas no solo, tendo como objetivo a obtenção de energia necessária para realização de suas atividades vitais (ZILLI *et al.*, 2003; ARAÚJO; MONTEIRO, 2007; MARTINS *et al.*, 2010).

A ação microbiana do solo depende, dentre outros fatores, da temperatura, da aeração, das condições de umidade, dos teores de nutrientes (ANDERSON *et al.*, 2008) e das relações de antagonismo estabelecidas entre as espécies, cujo estudo tem sido utilizado como parâmetro de avaliação dos sistemas frente às alterações realizadas pelas mais distintas atividades humanas ou como método alternativo do controle de agentes patogênicos responsáveis por causar uma série de danos nos mais variados sistemas agrícolas (ARAÚJO *et al.*, 2013).

Segundo Araújo e Monteiro (2007), as estimativas da atividade metabólica dos microrganismos do solo são realizadas com base na intensidade com que ocorre a mineralização da matéria orgânica no solo, cujos valores são reduzidos à medida que são intensificadas a atividade dos microrganismos pelo aumento da taxa respiratória e consequente aumento da emissão de carbono na forma de CO₂ para atmosfera.

Maior atividade microbiana no solo acelera os processos de mineralização da matéria orgânica e torna disponível, para ser assimilada pelas plantas, maior quantidade de nutrientes que, em curto prazo, é bom para as culturas, mas que ao longo do tempo pode significar consideráveis perdas de matéria orgânica do solo e gerar graves consequências (TOYOTA *et al.*, 2013).

Apesar de todos os benefícios das atividades microbianas sobre os processos de ciclagem de nutrientes nos ecossistemas, a maior especulação nos dias atuais é a ação desses organismos sobre os xenobióticos (estranho ao sistema biológico), que são lançados constantemente ao solo, pela capacidade de resistência (resiliência) conferida ao sistema nas mudanças abruptas das atividades de manejo e pela regeneração de sua capacidade produtiva (BARRETO *et al.*, 2008; GLAESER *et al.*, 2010; ALVES *et al.*, 2011).

2.7 Avaliação da atividade microbiana do solo

O solo apresenta-se como principal receptáculo de resíduos orgânicos, de origem vegetal e animal, sendo que a maior contribuição vem de folhas senescentes que desprendem do dossel das plantas e de restos culturais deixados sobre a superfície formando a serapilheira.

O tipo de vegetação e as condições climáticas são os fatores determinantes da quantidade e da qualidade do material que cai sobre o solo, influenciando tanto em sua heterogeneidade como na atividade dos microrganismos decompositores (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A matéria orgânica do solo é a principal fonte de recursos utilizados pelos microrganismos heterotróficos na obtenção de energia e/ou como base de carbono necessária na formação de seus constituintes celulares. Dessa forma, seu declínio ou acréscimo serve como critério a ser utilizado na avaliação da sustentabilidade dos solos nos ecossistemas.

A biomassa microbiana representa a fração viva da matéria orgânica nos solos, sendo constituída por bactérias, fungos, actinobactérias, protozoários e algas (FEREIRA *et al.*, 2007), que juntos representam o compartimento central do ciclo de carbono no solo e, de acordo com as condições edafoclimáticas do ecossistema e da composição dos resíduos vegetais sobre a superfície, pode funcionar como reservatório de nutrientes ou como agentes catalizadores nos processos de decomposição dos resíduos orgânicos (BALOTA *et al.*, 1998; MAIA, 2006).

Entretanto, sua medida por si só mostra-se pouco informativa, ficando evidente a necessidade do uso de parâmetros que contribuam com seu potencial de bioindicação de distúrbios ocorridos no sistema como, por exemplo: A quantificação do Carbono da Biomassa Microbiana (CBM), a Respiração Basal do Solo (RBS), o quociente Microbiano (qMIC) e o quociente Metabólico (qCO₂) (PEREZ; RAMOS; MCMANUS, 2004).

A respiração basal do solo é definida como a soma total de todas as funções metabólicas nas quais o CO₂ é produzido (SILVA; AZEVEDO; POLI, 2007), e que possui uma estreita relação com as condições abióticas do solo entre elas a umidade, temperatura e aeração,

no que o torna um bioindicador sensível das atividades microbianas, revelando rapidamente alterações nas condições ambientais.

O Carbono da biomassa microbiana é o componente mais ativo da fração lábil, pois transforma e transfere energia e nutrientes para os demais componentes do ecossistema, sendo atualmente usado, conjuntamente com outros atributos, como indicador da qualidade ambiental e da sustentabilidade de agroecossistemas (SIMÕES *et al.*, 2010).

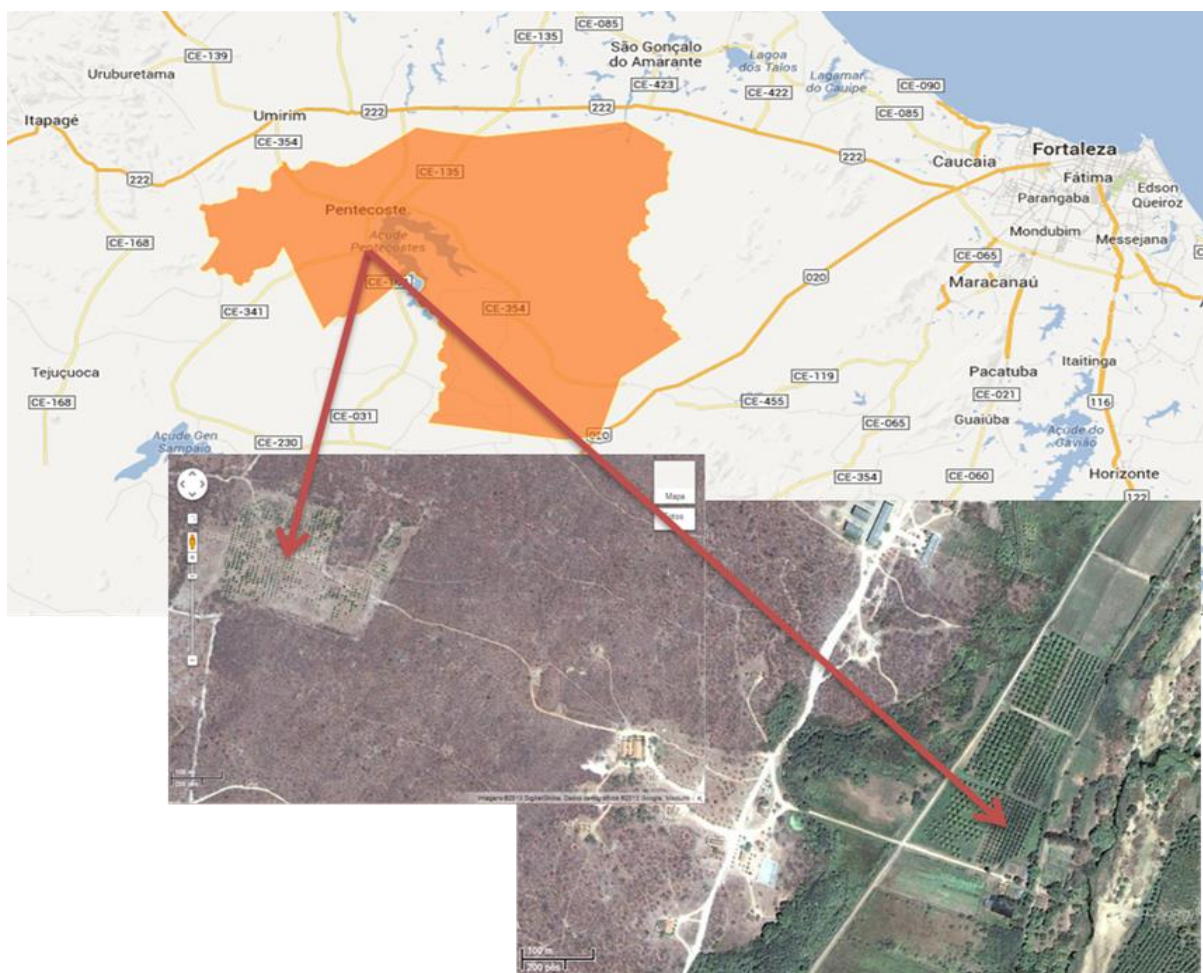
O quociente microbiano (qMIC) refere-se à relação entre o carbono microbiano e o carbono orgânico total do solo que serve como parâmetro indicativo da quantidade de matéria orgânica no solo. Enquanto que o quociente metabólico (qCO₂) reflete a eficiência de conversão do carbono orgânico total do solo em carbono microbiano, podendo ser interpretado como um fator positivo ou negativo na disponibilização de nutrientes para as plantas e/ou pelas perdas de carbono no solo respectivamente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e descrição geral

O trabalho foi realizado na Fazenda Experimental Vale do Curu (FEVC-UFC) (Latitude 3°48'37" Sul, Longitude 39°20'49" Oeste, altitude 47m) pertencente a Universidade Federal do Ceará (UFC), localizada no município de Pentecoste, cidade da região Norte Cearense. A área total da fazenda é de 823 hectares, dos quais cerca de 100 ha são irrigados com recursos hídricos provenientes do açude General Sampaio, por meio do Rio Curu (FIGURA 1).

Figura 1 -Localização da Fazenda Experimental Vale do Curu e das áreas analisadas

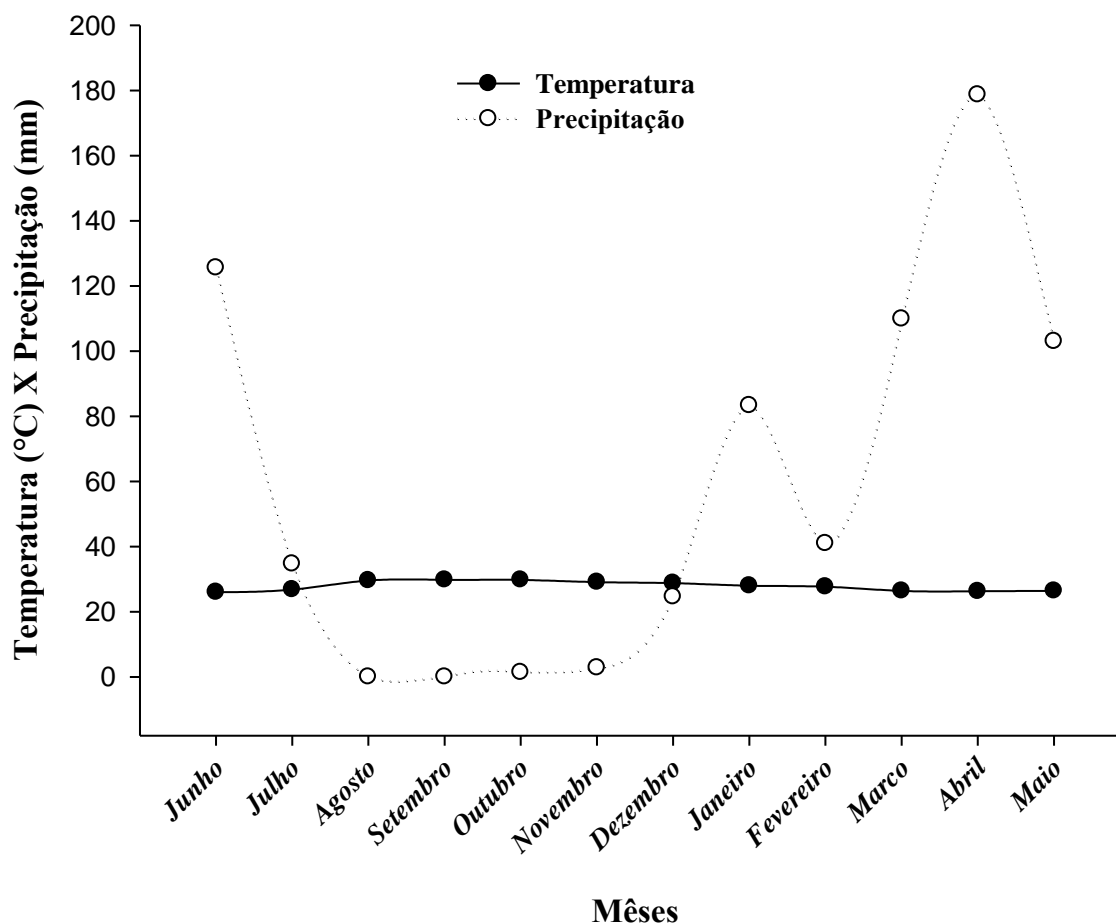


Fonte: <<https://maps.google.com.br>>. Adaptado por Araújo, 2014.

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo BSw^h, semiárido com chuvas irregulares e com precipitação pluvial média de 801 mm/aa, com período crítico de deficiência hídrica ocorrendo nos meses de Junho a Janeiro (AGUIAR *et al.*, 2003).

Os dados de temperatura e precipitação do período de realização do trabalho encontram-se no gráfico 1. O solo de predomínio na Fazenda, segundo o atual sistema brasileiro de classificação dos solos, está classificado em Neossolo Flúvico.

Figura 2 - Médias de temperatura e volume total das precipitações referente aos meses de Junho de 2013 a Maio de 2014 na Fazenda Experimental Vale do Curu-CE



Fonte: Dados coletados na Estação Meteorológica da FEVC – UFC 2014.

Para realização das avaliações foram escolhidas quatro áreas da Fazenda, sendo três manejadas com o cultivo de fruteiras e uma com vegetação nativa para servir de testemunha.

A escolha das áreas com seus respectivos cultivos foram realizados levando em consideração a importância da atividade para economia local e o tempo que os pomares estavam implantados na fazenda, possibilitando assim a avaliação da influência dos cultivos nas atividades biológicas do solo sem a interferência das alterações ocorridas na implantação dos mesmos.

3.1.1 Caracterização das áreas experimentais

3.1.1.1 Área 1 - Mata nativa (Caatinga)

Área de vegetação natural de fitofisionomia marcada pela presença da Caatinga arbustivo-arbórea (FIGURA 2a) com predomínio de espécies lenhosas como o marmeleiro (*Croton sonderianus* Müll. Arg.), o pau-branco (*Auxemma oncocalyx* Taub.), o pereiro (*Aspidosperma pirifolium* Mart.), o sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. J), o angico (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan), a jurema preta (*Mimosa acutistipula* Benth.) e o juazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart.) (PEREIRA *et al.*, 1989).

3.1.1.2 Área 2 - Cultivo de mangueiras (*Mangifera indica* L.)

Área de 5 ha cultivada com mangueiras ‘Tommy’ implantadas há cerca de dez anos (FIGURA 2b). Durante os cinco primeiros anos esteve sobre o manejo de controle das ervas espontâneas, coroamento ao redor das árvores, adubação mineral com aplicação de NPK [Ureia (NH_2CONH_2), Superfosfato Simples ($\text{CaH}(\text{PO}_4)\cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e Cloreto de Potássio (KCl)], aplicação de defensivos agrícolas para o controle de pragas e de doenças e quando necessário irrigação localizada.

Nos últimos anos o manejo tem se limitado a podas e controle das ervas espontâneas utilizando roçagens mecânicas o que deixa sobre a superfície do solo quantidade significativa de material triturado (cobertura morta). Na área observam-se sinais de deficiência nutricional (manchas foliares, queima dos ponteiros, frutos rachados, aborto floral) e de um intenso ataque de pragas e de doenças que vem causando a morte de varias mangueiras.

3.1.1.3 Área 3 - Cultivo de goiabeiras (*Psidium guajava*)

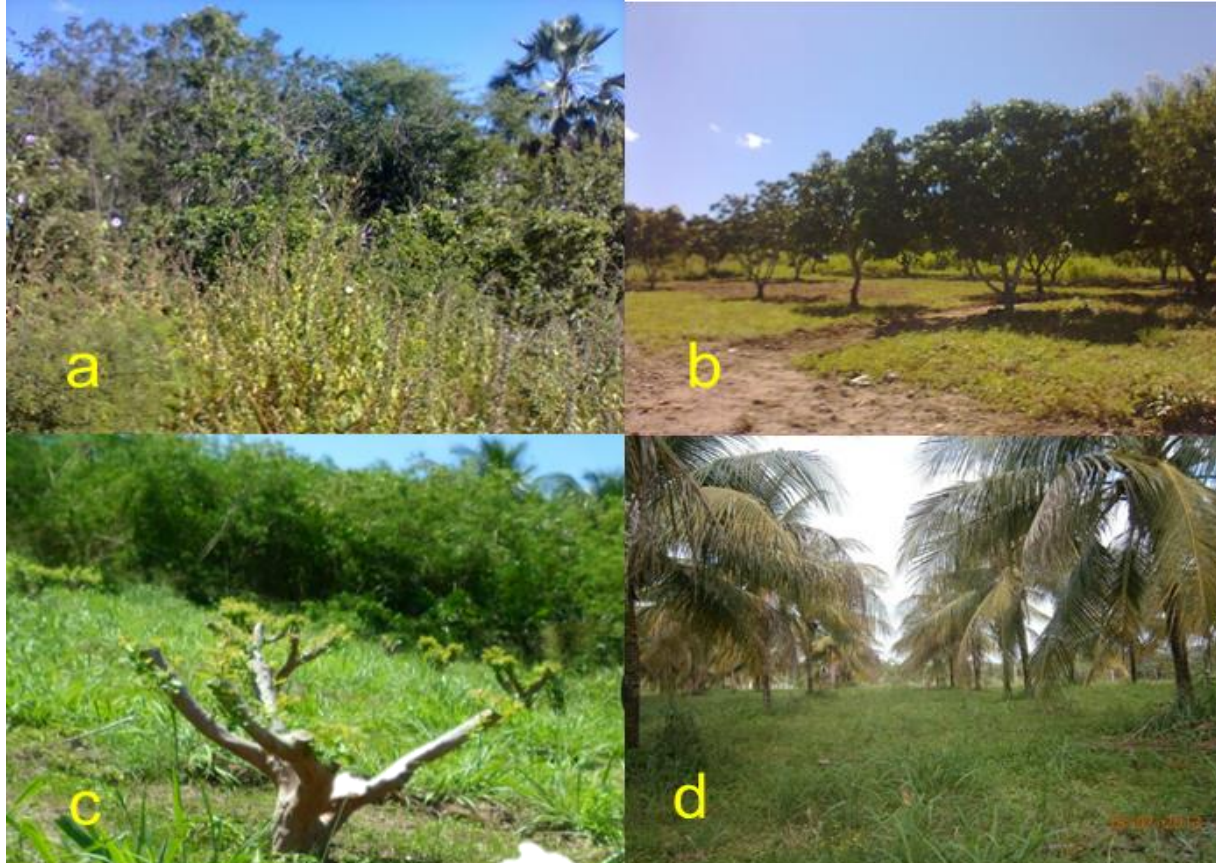
Área de 2 ha com plantas de goiabeiras ‘Paluma’ que durante dez anos vem sendo cultivada na Fazenda (FIGURA 2c) e que semelhante a área de mangueiras esteve sobre contínuo manejo nos cinco primeiros anos e, redução da intensidade de manejo nos últimos anos. Em 2013 voltou a ser manejada com maior frequência sendo removida toda vegetação espontânea do pomar nas realizações de cortes e de roçagens e retomada de podas das plantas e irrigação localizada.

3.1.1.4 Área 4 - Cultivo de coqueiros (*Cocos nucifera* L.)

Área de 3 ha cultivada com coqueiros ‘Anã’ (FIGURA 2d). Implantada há mais de 10 anos e está sobre contínuo manejo por meio de corte da vegetação espontânea, aplicação de

fertilizante na forma de esterco bovino, podas de limpeza com remoção de folhas e de inflorescências senescentes, coroamento ao redor das plantas, controle de pragas, principalmente ácaros e de constante irrigação por meio de aspersores.

Figura 3 - Áreas da fazenda utilizada no experimento. a- Mata Nativa; b- Cultivo Mangueira; c- Cultivo Goiabeira; d- Cultivo Coqueiro



Fonte: Araújo, 2014.

3.2 Períodos de amostragens e métodos de coletas da fauna edáfica

O estudo da fauna edáfica teve início em julho de 2013 e foi conduzido até maio de 2014, com quatro coletas realizadas nos seguintes períodos: Transição chuvoso/seco (Julho/Agosto 2013), seco (Outubro/Novembro 2013), seco/chuvoso (Janeiro/Fevereiro 2014) e chuvoso (Abril/Maio 2014).

A captura foi realizada utilizando armadilhas de interceptação (*Pitfalls*) com pequenas modificações das que são propostas pela EMBRAPA (2006) e por Dutra (2009, 2012). As armadilhas foram confeccionadas de garrafas de politereftalato de etileno (PET) contendo duas unidades de tamanhos diferentes. A primeira unidade contendo 15 cm de altura e 10 cm de diâmetro (Área de captura) foi enterrada ficando a borda ao nível do solo (FIGURA 4a), a segunda unidade com 10 cm de altura e 8 cm de diâmetro foi utilizada como coletor e

teve dois terços do seu volume ocupado com uma solução conservante (Água, detergente e NaCl), também responsável pela imobilização e morte dos invertebrados (FIGURA 4b).

A parte superior da garrafa foi utilizada como funil que ficou encaixada no recipiente coletor (FIGURA 4c). A abertura das armadilhas foi recoberta por um prato plástico de 20 cm de diâmetro suspenso por palitos de madeira a 5,0 cm de altura do solo cuja finalidade foi impedir que galhos e folhas fechassem a entrada das armadilhas e/ou favorecesse a fuga dos organismos capturados além de impedir/ reduzir a entrada de água durante as precipitações e irrigações (FIGURA 4d).

Figura 4 - Sequência de instalação das armadilhas nas áreas. Em a - Recipiente maior com a borda ao nível do solo; b - Recipiente coletor com o líquido conservante; c - encaixe do funil; d - cobertura da armadilha

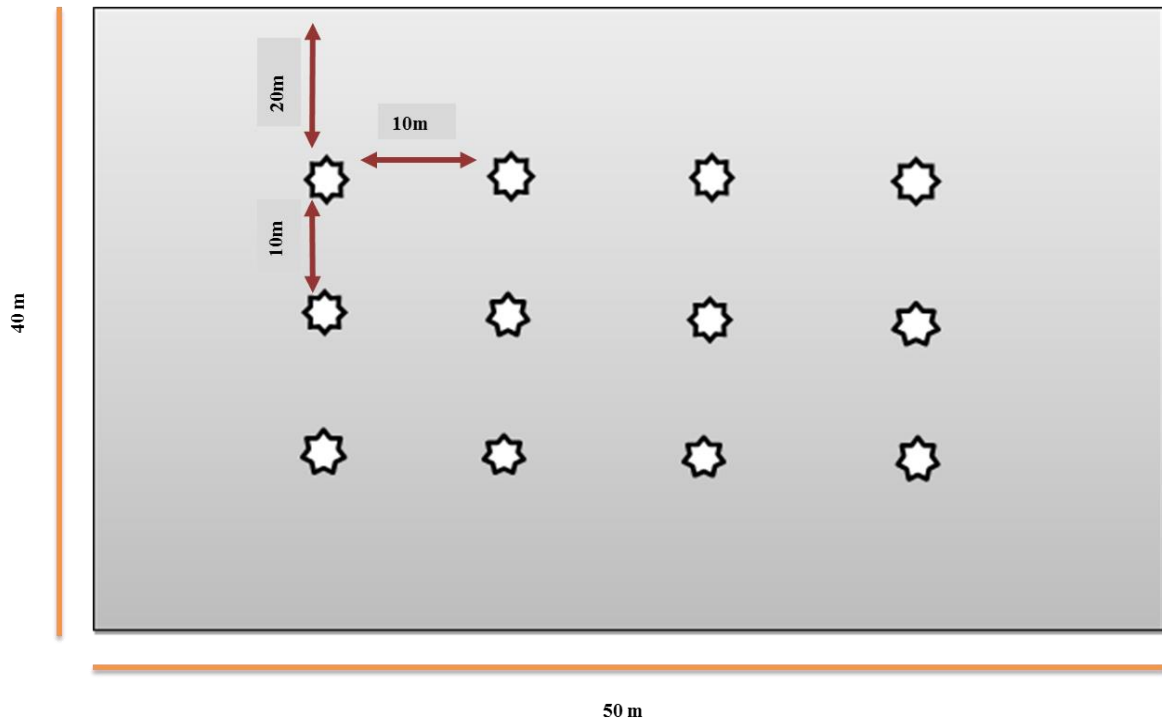


Fonte: Araújo, 2014.

Dentro de cada área (Caatinga, mangueira, goiabeira e coqueiro) foram instaladas 12 armadilhas equidistantes a 10 m, cobrindo uma área de amostragem de 2000m² cujo efeito de borda foi eliminado com um espaçamento entre a primeira linha de armadilhas e a área adjacente de 20 m (FIGURA 5).

Dentro das áreas cultivadas as armadilhas ficaram instaladas nas entrelinhas do cultivo com coletas realizadas nos períodos pré-estabelecidos do estudo. Em cada período houve ativação da armadilha e coleta dos materiais sete dias depois.

Figura 5 - Disposição das armadilhas dentro de cada uma das áreas



Fonte: Araujo, 2014.

3.3 Triagem e identificação da fauna edáfica

Após realização da coleta, o material foi conduzido ao Laboratório de Acarologia e Entomologia localizado no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, onde o conteúdo passou por uma lavagem em água corrente para remoção da solução conservante e de impurezas que dificultam a identificação e separação dos organismos, sendo em seguida preservados em álcool 70% até a triagem.

Com o auxílio de uma placa de *Petri* e sob o foco de um microscópio estereoscópico binocular (lupa), os organismos foram triados em nível de grandes grupos (Ordem, Família e/ou Morfo-espécies). A identificação dos táxons foi realizada com base na literatura especializada e/ou pelo envio de amostras a especialistas.

3.4 Análises das coletas de fauna (Índices faunísticos)

Os dados foram tabulados em planilhas Excel (Office 2010) e analisados com o uso de softwares específicos (DIVES – Diversidade de espécies v 3.0). Foi mensurada a riqueza de indivíduos e de grupos, bem como os índices de diversidade (Shannon) e equitabilidade (Pielou).

O índice de diversidade de Shannon (H) foi definido pela equação

$$H = -\sum p_i \cdot \log p_i \quad (1)$$

Onde:

$$p_i = n_i/N$$

n_i = densidade de cada grupo

$N = \Sigma$ da densidade de todos os grupos

O Índice de Uniformidade de Pielou (e) foi definido pela equação

$$e = H/\log S \quad (2)$$

Onde:

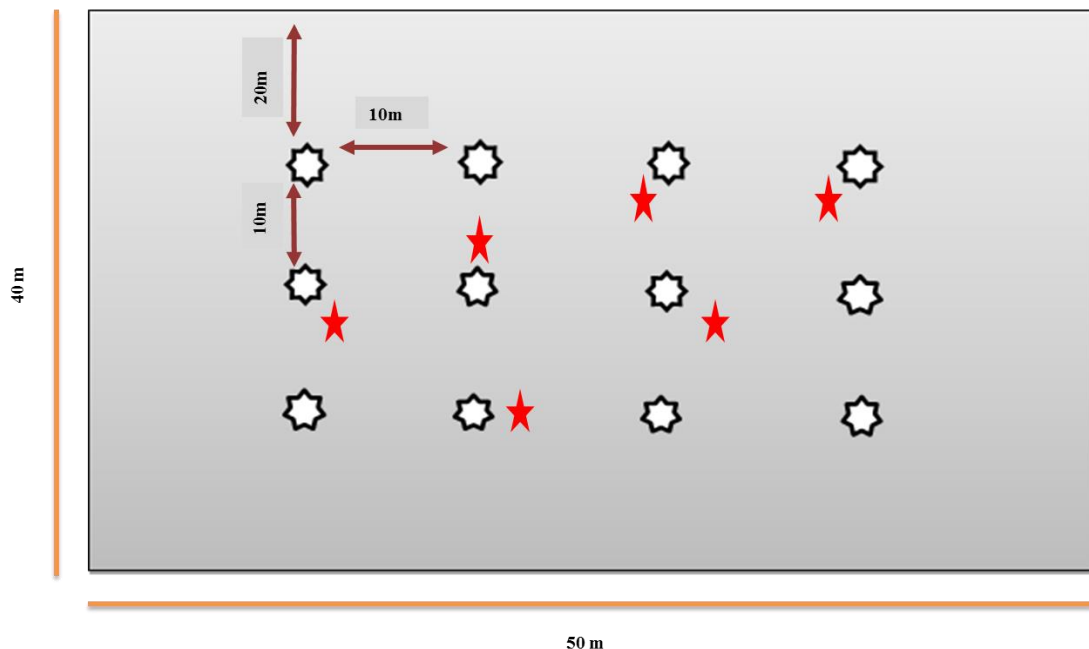
H = índice de Shannon

S = Número de espécies ou grupos

3.5 Amostragens de solo nas áreas

Para realização das análises químicas, físicas e microbiológicas dos solos foram sorteados 06 pontos próximos às armadilhas (*Pitfalls*) instaladas nas áreas (FIGURA 6), sendo coletado 300g de solo por ponto de amostragem em uma profundidade de 0-15 cm, no qual compôs uma amostra (composta) de 1.800g por área.

Figura 6 - Pontos de amostragens do solo próximos às armadilhas (*Pitfalls*) instaladas em cada uma das áreas estudadas



Fonte: Araújo, 2014.

Depois da coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e conduzidas ao Laboratório de Microbiologia do Solo do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará, onde permaneceram sobre refrigeração (4°C) até a realização

das análises. As coletas foram realizadas em dois períodos (Julho de 2013 e Dezembro de 2013) caracterizando o período chuvoso e seco, respectivamente.

3.6 Caracterizações físicas e químicas do solo

As análises de solo foram realizadas por meio de amostras compostas obtidas de seis amostras simples. Na caracterização física foram determinadas as proporções de areia, silte e argila, classificando-o segundo a classe textural (TABELA 1). As determinações foram realizadas no Laboratório de Rotina de Análises de Solo e Água da Universidade Federal do Ceará conforme metodologias propostas pela EMBRAPA (1997).

Tabela 1 - Características físicas dos solos na profundidade de 0-15 cm, em Mata Nativa (MN), Cultivo de Mangueiras (CM), Cultivo Goiabeira (CG) e Cultivo Coqueiro (CC), na região do Vale do Curu-CE

Áreas	Areia Grossa	Areia fina	Silte	Argila	Classe Textural
	------(g/Kg)-----				
MN	433	346	136	85	Franco arenoso
CM	466	282	168	84	Franco arenoso
CG	20	250	497	233	Franco siltoso
CC	474	276	180	70	Franco arenoso

Fonte – Araújo, 2014.

Na caracterização química foram determinados o pH em água (1:2,5), condutividade elétrica (CE), acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação de bases (V%), porcentagem de sódio trocável (PST), P disponível, matéria orgânica total, carbono orgânico total (COT), N disponível e relação C/N (TABELA 2).

Tabela 2 - Características químicas do solo, na profundidade de 0-15 cm, em Mata Nativa (MN), Cultivo Mangueira (CM), Cultivo Goiabeira (CG), Cultivo Coqueiro (CC), na região do Vale do Curu-CE

Períodos	Áreas	pH	CE	H+Al ³⁺	CTC	V	PST	P	MOT	COT	N	C/N
		H ₂ O	ds/m	(Cmol _c /Kgsolo)	-----%----	(mg/Kg)	------(g/Kg)-----					
Chuvoso	MN	5,5	0,40	2,64	8,8	70	1	5	18,10	10,50	0,97	11
	CM	6,1	0,34	2,31	10,3	78	1	9	25,55	14,82	1,34	11
	CG	7,0	0,61	1,16	20,2	94	3	48	31,24	18,12	1,79	10
	CC	7,5	0,56	0,00	10	100	2	60	19,45	11,28	1,10	10
Seco	MN	5,2	0,41	4,79	11	56	1	7	24,20	14,00	1,51	9
	CM	6,5	0,52	2,15	9,6	77	2	9	24,90	14,50	1,32	11
	CG	6,5	1,18	2,97	23,4	88	3	50	46,50	27,00	2,85	9
	CC	7,1	0,78	0,99	8,4	88	4	39	28,50	16,60	1,67	10

Fonte – Araújo, 2014

3.7 Análises microbiológicas do solo (RBS, CBM, NBM, qCO₂, qMic e NBM/N)

A atividade microbiológica do solo foi avaliada mediante determinação da respiração do solo que estima a quantidade de carbono emitido na forma de CO₂ pela respiração (aeróbica e anaeróbica) de microrganismos heterotróficos do solo.

Também foram realizados a determinação do Carbono da Biomassa Microbiana (CBM), que estima a quantidade de carbono metabolizado e imobilizado na forma de constituinte celular dos microrganismos em mg/ kg de solo, pelo quociente metabólico (qCO₂), que expressa a relação entre o carbono emitido para atmosfera e o imobilizado pelos microrganismos, na determinação do nitrogênio da biomassa microbiana (NBM) referente a imobilização desse elemento do solo pelos microrganismos em mg/Kg de solo, pelo quociente microbiano (qMIC), que é a relação direta entre o carbono microbiano e o carbono total do solo expresso em percentagem, e pela relação do nitrogênio da biomassa microbiana e o nitrogênio disponível no solo (NBM/N) expresso em percentagem.

3.7.1 *Respiração Basal do Solo (RBS)*

A respiração basal do solo foi estimada seguindo a metodologia proposta por Alef (1995). O solo foi destorroado e por catação retirado fragmentos de raízes e folhas sendo em seguida homogeneizado pela passagem em peneira com malha de 2 mm.

As análises foram realizadas com quatro repetições em que 100g de solo foram pesados e condicionados em recipientes de vidro hermeticamente fechados e com umidade aferida para 60% de sua capacidade de campo, no qual passou por um período de pré-incubação de 7 dias cuja finalidade é de restabelecer a comunidade microbiana do solo.

No final desse período, deu-se o início a avaliação sendo colocados em cada recipiente dois béqueres; um contendo 20 ml de água e outro com 20 ml de NaOH (0,5 N), e a cada 24 horas por um período de 10 dias feito a leitura do CO₂ capturado, retirando-se uma alíquota de 10ml de NaOH parando a reação com uma alíquota de Cloreto de Bário e em seguida titulado com HCl.

3.7.2 *Carbono da biomassa microbiana (CBM)*

A determinação do carbono da biomassa microbiana foi realizada pelo método da fumigação-extração (VANCE *et al.*, 1987), que apresenta, como princípio básico, a extração do C microbiano, após a morte dos microrganismos, e lise celular, pelo ataque do clorofórmio e liberação dos constituintes celulares cujo calculo foi realizado pela equação

$$CBM = FC. kc^{-1} \quad (3)$$

Onde:

CBM é o carbono da biomassa microbiana em mg de C por kg de solo (ou $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$);

FC é o fluxo obtido da diferença entre a quantidade de C ($\text{mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$) recuperada no extrato da amostra fumigada e a recuperada na amostra não fumigada e

Kc é o fator de correção.

O fator de correção (kC) em situações que exijam maior exatidão deverá ser calculado para cada tipo de solo. Como para os solos do Brasil o fator ainda não foi determinado, sugere-se utilizar o valor 0,33 preconizado por Sparling & West (1988) a fim de expressar a fração do CBM recuperada após o processo de fumigação-extração.

3.7.3 Quociente Metabólico ($q\text{CO}_2$)

Foi avaliado também, o quociente metabólico ($q\text{CO}_2$) que é a razão entre a respiração basal do solo por unidade de carbono da biomassa microbiana do solo cujo cálculo foi realizado pela equação

$$q\text{CO}_2 = (\text{RBS} / \text{CBM}) \cdot 10^{-3} \quad (4)$$

Onde:

$q\text{CO}_2$ ($\text{mg C-CO}_2 \cdot \text{mg}^{-1} \text{C-mic}$) é o quociente metabólico do solo;

RBS ($\text{mg C-CO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \text{ solo}$) é a respiração basal do solo;

CBM ($\text{mg C-mic} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ solo}$) é o carbono da biomassa microbiana do solo e

10^{-3} é o fator de correção de unidade.

3.7.4 Quociente Microbiano ($q\text{MIC}$)

Foi determinado ainda, o quociente microbiano (C-Mic/C-Org) que é a relação entre o carbono microbiano e o carbono orgânico total do solo que serve como parâmetro indicativo da quantidade de matéria orgânica no solo cujo valor foi calculado pela equação

$$q\text{MIC} = (\text{CBM} / \text{COT}) \cdot 100 \quad (5)$$

Onde:

$q\text{MIC}$ (%) é o quociente microbiano;

CBM ($\text{mg C-mic} \cdot \text{Kg}^{-1} \text{ solo}$) é o carbono da biomassa microbiana e

COT ($\text{g C} \cdot \text{Kg}^{-1} \text{ solo}$) é o carbono orgânico total do solo.

3.7.5 Nitrogênio da Biomassa Microbiana (NBM)

O Nitrogênio da biomassa microbiana (NBM) foi determinado nos mesmos extratos obtidos para a determinação do Carbono da biomassa microbiana (CBM). Utilizando-se o método de Kjeldahl. As diferenças entre as amostras fumigadas e não fumigadas foram divididas pelo fator de conversão ($K_n = 0,54$). O NBM foi calculado pela equação

$$NBM = FN \cdot k_n^{-1} \quad (6)$$

Onde:

NBM ($\text{mg N} \cdot \text{Kg}^{-1}$ solo) é o nitrogênio da biomassa microbiana;

FN é o fluxo obtido da diferença entre a quantidade de N das amostras ($\text{mg N} \cdot \text{Kg}^{-1}$ solo) e

K_n^{-1} é o fator de conversão, sendo utilizado $K_n 0,54$ preconizado por Brookes *et al.* (1985).

A determinação do NBM do solo foi feita em tubos digestores onde se adicionou 5,0 mL do extrato e 5,0 mL da mistura digestora, que se procedeu a digestão por 5 horas (até obter uma solução clara levemente esverdeada).

Após a digestão, esperaram-se os tubos esfriarem e em seguida foi adicionada água destilada. Já na destilação foram acrescentados 15,0 mL de hidróxido de sódio (NaOH) 15,0 mols. L^{-1} , recolhendo-se 50,0 mL em erlenmeyer de 125 mL, com 5,0 mL da solução indicadora previamente pipetada. Ao final procedeu-se a titulação com (H_2SO_4) 0,001 mol L^{-1} , até ocorrer a mudança da cor verde para a rosa.

A relação nitrogênio da biomassa microbiana do solo por nitrogênio disponível, expresso em porcentagem, foi determinada pela equação

$$(NBM/N) \cdot 100 \quad (7)$$

Onde:

NBM ($\text{mg N} \cdot \text{Kg}^{-1}$ de solo) é o nitrogênio da biomassa microbiana e

N é o nitrogênio disponível no solo.

3.8 Análises estatísticas

Os dados foram tabulados em planilhas do software Microsoft Office Excel® (2010) e as análises realizadas pelo programa estatístico Statistica® (2014). Utilizou-se análises multivariadas empregando técnicas de análise fatorial (AF), componentes principais (ACP) e de agrupamentos (AA).

Por se tratarem de dados não paramétricos e de estarem em unidades diferentes, os valores originais foram padronizados obtendo médias igual a 0 e desvio padrão igual a 1, tendo como finalidade a eliminação da influência que uma variável poderia causar sobre a outra na formação do componente principal.

Na matriz de correlação das variáveis com os componentes, foi considerado um nível de significância de 5% de probabilidade para então selecionar as variáveis apresentadas como significativas que exibem uma alta correlação com o componente principal em que se encontram.

Na análise fatorial (AF), os fatores com autovalores maiores que 1,0 foram extraídos por componentes principais, e os eixos fatoriais rotacionados pelo método 'Varimax normalized' que possibilita uma melhor visualização das variáveis no plano. Estabeleceu-se para este estudo o valor de 0,7 para cargas fatoriais significativas.

As variáveis microbiológicas (RBS, CBM, NBM, qCO₂, qMIC, NBM/N), variáveis químicas (pH, CE, CTC, P, N, COT, MOT) e físicas (%Areia, %Silte e %Argila) foram utilizadas como variáveis ativas (originais) enquanto que as variáveis ambientais (Temperatura e precipitação) foram utilizadas como variáveis suplementares (Explicativas) das modificações dos atributos microbiológicos do solo e da fauna edáfica [Densidade de Formicidae, Coleoptera, Acari, Araneae, Scorpiones, Pseudoscorpiones, Diptera, Diplopoda, Isoptera, Isopoda, Orthoptera, Blattodea, Collembola, Hemiptera, Hymenoptera, Thysanoptera, Larva de Diptera, Larva de Lepidoptera, Larva de Coleoptera, Riqueza (R), índice de Shannon (H) e índice de Pielou (e)] na Análise de componentes principais (ACP).

Em seguida, foi realizada uma análise de agrupamento (AA), que é uma ferramenta de caráter exploratório, cujo objetivo é agrupar elementos de um conjunto em subgrupos homogêneos, considerando-se que a similaridade entre os elementos de um mesmo agrupamento deve ser maior do que a similaridade destes com os elementos de outros agrupamentos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Composição e distribuição dos artrópodes de solo em cultivo de fruteiras

Em todos os períodos de coleta foram capturados organismos de diferentes grupos do filo Arthropoda, sendo classificados como constantes: Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera e Orthoptera (classe Insecta), Acarina, Araneae, Pseudoscorpiones e Scorpiones (classe Arachnida) e a classe Collembola, além de Thysanoptera, Lepidoptera, Dermaptera, Isoptera e Blattodea (classe Insecta), classe Diplopoda e a ordem Isopoda (classe Crustacea) capturados em baixa frequência relativa. No total foram coletados 139.931 indivíduos, distribuídos em 19 grupos, 4 classes e 16 ordens (TABELA 3).

Tabela 3 - Análises da fauna edáfica (Artrópodes) dentro das áreas de Mata Nativa (MN), cultivo mangueiras (CM), cultivo goiabeiras (CG) e cultivo coqueiros (CC) coletados em quatro períodos sazonais no Vale do Curu –CE

Valores	Mata Nativa (MN)			
	Períodos de coletas			
	Chuvoso/Seco	Seco	Seco/Chuvoso	Chuvoso
Total de artrópodes	2861	1720	2672	13448
Índice de Shannon	7,5	5,2	7,2	3,8
Equitabilidade (Pielou)	0,64	0,53	0,62	0,32
Riqueza de grupos	16	16	16	18
	Cultivo Mangueiras (CM)			
Total de artrópodes	3692	4031	2882	3511
Índice de Shannon	7,5	2,9	7,2	6,7
Equitabilidade (Pielou)	0,59	0,26	0,66	0,66
Riqueza de grupos	16	16	14	18
	Cultivo Goiabeiras (CG)			
Total de artrópodes	12314	1227	9345	58885
Índice de Shannon	4,8	4,7	5,7	1,8
Equitabilidade (Pielou)	0,36	0,46	0,46	0,15
Riqueza de grupos	16	16	19	17
	Cultivo Coqueiros (CC)			
Total de artrópodes	3372	2725	5955	11291
Índice de Shannon	9,0	6,0	7,0	5,6
Equitabilidade (Pielou)	0,69	0,56	0,59	0,50
Riqueza de grupos	18	16	19	17

Fonte – Araújo, 2014.

Os valores obtidos mostram que, para o mesmo local de coleta e condições de captura, houve uma variação na comunidade dos artrópodes de solo entre os períodos sazonais da região. Esta variação é ilustrada especialmente pelo aumento da abundância de alguns grupos e, conseqüentemente, da abundância total de indivíduos (TABELA 3).

Embora as alterações nos períodos sejam evidentes não se observa grandes variações entre as áreas, sendo obtido um valor máximo de 19 grupos nas áreas com cultivo de

goiabeiras (CG) e de coqueiros (CC) no período de transição seco/chuvoso e um valor mínimo de 14 grupos na área com mangueiras (CM) no mesmo período (TABELA 3).

Na área de mata nativa (MN), os principais grupos coletados foram da classe Collembola (20%) e a subclasse Acari (52%) no período chuvoso/seco; as ordens da classe Insecta, família Formicidae (Hymenoptera) (48%) e Hemiptera (37%) no período seco; a família Formicidae (Hymenoptera) (39%) e a classe Collembola (31%) no período seco/chuvoso e a classe Collembola (84%) no período chuvoso. Quanto aos demais grupos não foram observadas diferenças percentuais significativas dentro dos períodos de coletas e nem entre os grupos classificados (TABELA 4).

Tabela 4 – Percentual dos artrópodes de solo coletados em mata nativa (MN) nos quatro períodos de amostragens (transição chuvoso/seco, seco, transição seco/chuvoso e chuvoso)

Grupos	Percentual de artrópodes (%)			
	Período			
	Chuvoso/seco	Seco	Seco/chuvoso	Chuvoso
Collembolas	20	8,7	31	84
Formicidae	8,2	48	39	3,7
Isopoda	0,3	0,0	0,3	0,1
Ácari	52	2,1	15	4,7
Diptera	8,6	0,6	4,9	3,9
Coleoptera	2,6	0,1	0,4	1,5
Hymenoptera	1,1	0,1	0,4	0,2
Pseudoscorpiones	0,5	0,9	0,6	0,1
Hemiptera	1,3	37	0,8	0,3
Scorpiones	0,0	0,1	0,1	0,0
Araneae	0,5	1,2	2,0	0,3
Isoptera	1,2	0,3	0,1	0,0
Orthoptera	0,1	0,3	0,4	0,1
Dermaptera	0,0	0,0	0,0	0,0
Thysanoptera	0,1	0,1	0,0	0,0
Diplopoda	0,0	0,0	0,0	0,0
Blattodeae	0,0	0,0	0,0	0,0
Larva Lep	0,3	0,1	1,5	0,0
Larva Dip	1,0	0,1	1,9	0,4
Larva Col	1,8	0,3	1,0	0,0

Números em negrito são percentuais de artrópodes mais elevados.

Fonte – Araújo, 2014.

A abundância relativa da comunidade dos artrópodes de solo coletados em mata nativa (MN) em todos os períodos foi bastante significativa embora esperasse um número bem mais relevante em relação à diversidade taxonômica.

Observou-se que no período chuvoso a classe Collembola apresentou alta população de indivíduos (dominância) enquanto que no período seco a família Formicidae (Hymenoptera) foi mais abundante (TABELA 4), o que ocasionou simultaneamente para esses

períodos, um menor valor para os índices de diversidade (Shannon) e de equitabilidade (Pielou) (TABELA 3).

É provável que esses grupos sejam perfeitamente adaptados às condições de temperatura e a grandes variações no regime hídrico, que ocorreram nesse período, sendo considerados, portanto, espécies dominantes.

Nos dois períodos de transição, outros grupos menos frequentes (raros) foram mais expressivos, resultando em melhor distribuição dos organismos e elevação dos índices de diversidade e equitabilidade (TABELA 4). Esses grupos, apesar do número reduzido de indivíduos, são importantes na regulação interna do fluxo de energia desse ecossistema.

No período seco, embora tenha sido coletada mesma quantidade de grupos, o número de indivíduos foi consideravelmente reduzido (TABELA 4). Esse resultado decorre da falta de umidade no solo referente ao período sazonal da região devido à escassez de chuvas frequentes, sendo normal para esse ambiente (semiárido). Dessa forma, pressupõe-se que a escassez de água torna a serapilheira inóspita para algumas espécies além de restringir os processos metabólicos e aumentar a taxa de mortalidade em ordens mais sensíveis.

A redução da população edáfica está relacionada ao comportamento intrínseco dos grupos, principalmente os epigéicos (vivem na superfície do solo), por apresentar comportamento sazonal, ou seja, serem ativos em determinados períodos do ano, e de exibir caráter oportunista, explorando condições favoráveis do solo para aumentarem suas populações rapidamente, que podem, logo em seguida, serem diminuídas novamente (AQUINO *et al.*, 2008). A população dos artrópodes de solo ainda depende diretamente de fatores ambientais e, quando esses fatores são favoráveis à população conseqüentemente aumenta (SILVEIRA NETO *et al.*, 1976).

Para Assad (1997), a sazonalidade pluviométrica afeta as populações dos organismos edáficos, tendo em vista que a água é o principal fator limitante da sua atividade. Collembolas, por exemplo, são extremamente dependentes da umidade, sendo encontrados em ambientes úmidos ou em ambientes aquáticos e raramente em ambientes secos.

Seguindo este princípio as populações dos artrópodes edáficos manifestam, através das características de suas comunidades, as condições do ambiente, podendo servir como parâmetro indicativo de alterações na qualidade do sistema.

Na área com cultivo de mangueiras (CM) os maiores percentuais de artrópodes coletados pertenceram à família Formicidae (Hymenoptera) (53%) e à classe Collembola (11%) no período chuvoso/seco; à família Formicidae (Hymenoptera) (91%) no período seco; à classe Collembola (55%) e à família Formicidae (Hymenoptera) (18%) no período seco/chuvoso e à

classe Collembola (61%), à família Formicidae (Hymenoptera) (13%) e à subclasse Acari (12%) no período chuvoso/seco (TABELA 5).

Tabela 5 – Percentual dos artrópodes de solo coletados em cultivo de mangueiras nos quatro períodos de amostragens (transição chuvoso/seco, seco, transição seco/chuvoso e chuvoso)

Grupos	Percentual de artrópodes (%)			
	Período			
	Chuvoso/seco	Seco	Seco/chuvoso	Chuvoso
Collembolas	11	3,2	55	61
Formicidae	53	91	18	13
Isopoda	0,2	0,0	0,0	0,1
Ácari	13	1,5	4,2	12
Diptera	6,4	0,8	10	6,4
Coleoptera	1,2	0,6	3,3	1,4
Hymenoptera	4,5	0,1	0,6	0,3
Pseudoscorpiones	0,4	0,4	0,7	0,6
Hemiptera	1,4	0,6	0,2	0,8
Scorpiones	0,0	0,0	0,1	0,1
Araneae	3,9	0,7	1,5	1,1
Isoptera	0,0	0,2	0,0	0,0
Orthoptera	0,7	0,0	0,8	0,5
Dermaptera	0,0	0,0	0,0	0,1
Thysanoptera	0,1	0,0	0,0	0,1
Diplopoda	0,0	0,0	0,0	0,6
Blattodeae	0,0	0,0	0,0	0,0
Larva Lep	0,2	0,0	1,9	0,0
Larva Dip	3,2	0,1	2,6	0,3
Larva Col	0,1	0,1	0,1	0,1

Números em negrito são percentuais de artrópodes mais elevados

Fonte – Araújo, 2014.

Das áreas avaliadas, a área CM foi a que expôs o mais baixo valor de riqueza entre os períodos (14 grupos seco/chuvoso) e as maiores oscilações em todos os estimadores faunísticos (TABELA 3).

Formicidae (Hymenoptera) apresentou maiores quantidades nos períodos chuvoso/seco e seco, demonstrando elevada dominância, enquanto que para os períodos seco/chuvoso e chuvoso, a dominância foi da classe Collembola.

Outros grupos se despontaram bastantes expressivos para os períodos chuvoso/seco e chuvoso que foram Acari e Diptera, porém sem expressar dominância (TABELA 5). A presença de grupos raros (menos frequentes) também coletados não deixa de ser relevante, pois pouco se conhece sobre os organismos que habitam os solos da Caatinga e de seu papel na ciclagem de nutrientes.

Observou-se que em todos os períodos em que foram coletados maiores quantidades de indivíduos de Formicidae (Hymenoptera) a população de Collembola apareceu de forma reduzida e quando Formicidae decresceu, os Collembola tornaram-se dominantes (TABELA 5). Isso sugere que além das condições ambientais adversas, relações antagônicas podem estar ocorrendo entre esses grupos (DÁTTILO *et al.*, 2009).

Considerando que fatores físicos como temperatura e umidade afetam a comunidade dos artrópodes de solo, antes da implantação da cultura, a comunidade desses organismos apresentava equilíbrio que alterou com o cultivo, por causa de alterações no microclima do solo devido ao sombreamento, irrigação, vegetação e pela modificação da serapilheira.

Essas novas características geram condições favoráveis ao estabelecimento de uma menor quantidade de espécies, embora em nível de grandes grupos, não se tenha observado grandes mudanças em comparação à área de mata nativa. A manutenção da palhada na superfície do solo favorece os organismos criando condições de umidade e temperatura favoráveis, além de fornecer alimento e de proteger espécies menos tolerantes ao contato direto dos raios solares, chuva e vento.

Para Silva *et al.* (2012), a serapilheira representa mais que uma fonte de alimento, pois nela é providenciado ‘habitat’ apropriado para a maioria dos grupos de invertebrados que vivem no solo cujas comunidades variam conforme a quantidade e qualidade do material depositado sobre a superfície que é resultado direto da estrutura e natureza da vegetação.

Em conformidade com Lavelle *et al.* (1992), a estrutura e abundância das comunidades da macrofauna do solo são muito sensíveis à variação da qualidade das plantas de cobertura e nestas condições sobrevivem apenas as espécies que são mais resistentes ou adaptadas.

Desta forma, pressupõe-se que a alta frequência de Formicidae (Hymenopteras) em todos os períodos de coletas esteja relacionada com sua adaptabilidade ao meio e a grande facilidade de locomoção e que possivelmente podem estar migrando de áreas que cercam o cultivo (menor recurso) em busca de abrigo e de diversificação alimentar.

De acordo com Pereira, Albanez e Mamédio (2012), esses organismos têm hábito de vida colonial e que possui uma tendência de serem amostrados em agregados com elevado número de indivíduos.

Para vários autores (AQUINO *et al.*, 2007; BARETTA *et al.*, 2007; BARETTA *et al.*, 2010; NUNES; ARAÚJO FILHO; MENEZES 2008, 2009; LAVELLE *et al.*, 2006, 2009; MOÇO *et al.*, 2005), o uso continuado do solo, com repetição de práticas agrícolas na mesma

área, pode alterar o equilíbrio e a diversidade da fauna edáfica o que favorece determinados grupos em detrimento de outros.

Conforme Ibáñez, Krasilnikov e Saldaña (2012), Ludwig *et al.* (2012) as alterações na densidade e na diversidade dos artrópodes de solo são observadas em ecossistemas que sofreram algum tipo de intervenção em sua cobertura vegetal, pois a diversidade estrutural de uma comunidade de plantas correlaciona-se com a diversidade de animais que habitam aquela comunidade.

Observou-se que a equitabilidade foi expressivamente menor nos períodos seco e chuvoso, ou seja, baixa uniformidade na distribuição das espécies, por causa da dominância (Formicidae ou Collembola) apresentada nesses períodos (TABELA 3).

Na área cultivada com goiabeiras (CG) os grupos coletados em maior percentual foram semelhantes aos das áreas anteriores: classe Collembola (82%) no período chuvoso/seco; Formicidae (Hymenoptera) (72%) no período seco; classe Collembola (68%) e Formicidae (Hymenoptera) (10%) no período seco/chuvoso e classe Collembola (94%) no período chuvoso (TABELA 6).

Tabela 6 – Percentual dos artrópodes de solo coletados em cultivo de goiabeiras nos quatro períodos de amostragem (transição chuvoso/seco, seco, transição seco/chuvoso e chuvoso)

Grupos	Percentual de artrópodes (%)			
	Período			
	Chuvoso/seco	Seco	Seco/chuvoso	Chuvoso
Collembolas	82	4,8	68	94
Formicidae	4,7	72	10	1,2
Isopoda	0,0	0,0	0,0	0,0
Ácari	2,6	8,3	12	1,6
Diptera	3,7	3,6	3,6	0,3
Coleoptera	0,5	1,6	0,9	0,3
Hymenoptera	3,1	1,4	0,6	1,4
Pseudoscorpiones	0,5	0,0	0,0	0,0
Hemiptera	0,6	1,2	0,2	0,1
Scorpiones	0,0	0,0	0,0	0,0
Araneae	0,7	3,7	1,1	0,2
Isoptera	0,0	1,5	0,1	0,0
Orthoptera	1,1	0,3	0,4	0,0
Dermaptera	0,2	0,1	0,1	0,0
Thysanoptera	0,0	0,2	0,0	0,0
Diplopoda	0,2	0,0	0,1	0,0
Blattodeae	0,1	0,2	0,0	0,0
Larva Lep	0,0	0,0	0,4	0,0
Larva Dip	0,3	0,0	0,4	0,0
Larva Col	0,1	0,1	0,2	0,1

Números em negrito são percentuais de artrópodes mais elevados

Fonte – Araújo, 2014.

A área CG apresentou as maiores quantidades de artrópodes coletados, sendo quase que exclusivamente de um único grupo (classe Collembola), que demonstrou alta dominância enquanto os demais grupos uma baixa quantidade de indivíduos, exceto no período seco em que Fomicidae (Hymenoptera) foram os mais abundantes (TABELA 6). Obteve-se também, menor valor para os índices de diversidade e equitabilidade, indicando que nessa área, as alterações ocorridas no solo foram mais acentuadas do que nas outras áreas do estudo.

É provável que o decréscimo na diversidade dos artrópodes em todos os períodos seja decorrente da diminuição na oferta de alimento nessa área, o que limita a existência de alguns grupos, restando apenas aos mais adaptados sobreviver às condições de escassez de alimento, alterações hídricas e da temperatura no solo.

Esses resultados podem estar relacionados com a qualidade e disponibilidade de resíduos vegetais no solo que tem como consequência redução da quantidade de abrigo e de recursos alimentares para uma vasta gama de espécies (NUNES; ARAÚJO FILHO; MENEZES, 2008).

As mudanças nas condições de sobrevivência pela ausência de vegetação (nas entrelinhas) agravada pelo déficit hídrico promove a eliminação direta de praticamente todos os animais que vivem na superfície, pois a redução da serapilheira elimina a fonte de alimentos e contribui para um baixo teor de umidade no solo.

Conforme Hole *et al.* (2005) e Baretta *et al.* (2011), as práticas convencionais de manejo do solo (Remoção da vegetação espontânea) expõe os organismos a maiores variações de luz, temperatura e umidade além de torná-los vulneráveis ao ataque de predadores.

A maioria dos artrópodes edáficos não se desenvolve na presença de luz. Assim, caso o solo seja compactado e desnudo, como ocorre muitas vezes com os solos agrícolas, não existe abrigo e por terem o corpo despigmentado não suportam a insolação direta.

A elevação da temperatura do solo pode ser mortal para uma vasta quantidade de indivíduos, tendo em vista que os mesmos não são capazes de suportar altas temperaturas. Além disso, o aumento de temperatura promove a redução da umidade do solo (Ressecamento) o que também desfavorece as espécies.

Nesta situação (Altas temperaturas e baixa umidade), as condições de colonização do meio tornam-se limitadas para poucas espécies em detrimento de outras, que podem migrar para a subsuperfície ou mesmo para outras áreas.

Conforme Smith *et al.* (2009) e Baretta *et al.* (2011) esses resultados são decorrentes de mudanças na estruturação física do solo e no fornecimento de alimento que

afetam diferentes grupos de organismos nas mais variadas formas de vida incluindo rizófagos, saprófagos, predadores e parasitoides.

Segundo Baretta *et al.* (2007) e Aquino *et al.* (2008) essas implicações derivam das práticas de manejos do solo que podem acarretar modificações em diferentes graus de intensidade na composição e diversidade dos organismos edáficos, em função de mudanças no habitat, fornecimento de alimento, criação de microclimas e competição intra e interespecífica.

O fato dos Collembola terem apresentado maior incidência populacional em quase todos os períodos, pode ser atribuído a uma reduzida relação antagônica com outros organismos (Predação e competição), principalmente nos períodos mais úmidos (Chuvoso) e pela disponibilidade de alimento (Baretta *et al.*, 2011, Maunsell *et al.*, 2013). No entanto, tal fato carece de uma investigação mais apurada.

Para Bolger, Kenny e Arroyo (2013), a população de Collembolas em uma localidade difere entre as espécies vegetais existentes e o micro-habitat encontrado na mesma, o que torna evidente a influencia de outros fatores além da umidade.

Baretta *et al.* (2007) quando avaliaram o efeito do cultivo do solo sobre a diversidade da fauna edáfica obteve resultado semelhante ao observar uma maior quantidade de Collembola em sistema de plantio convencional do que em sistema de plantio direto.

Conforme Aquino *et al.* (2008), a presença de alterações na população de Collembola pode ser utilizada como indicador da condição biológica do solo, dada sua sensibilidade às alterações ambientais.

Observou-se que o índice de diversidade pouco se alterou nos três primeiros períodos, mesmo tendo sido coletado uma menor quantidade de grupos e de indivíduos no período seco que demonstrou maior diversidade do que o período chuvoso (demonstrou alta dominância) (TABELA 3).

Na área cultivada com coqueiros (CC) os grupos que obtiveram maiores percentuais de coleta foram: classe Collembola (26%), Formicidae (Hymenoptera) (26%) e subclasse Acari (23%) no período chuvoso/seco; classe Collembola (25%) e Formicidae (Hymenoptera) (57%) no período seco; classe Collembola (61%) e Formicidae (Hymenoptera) (16%) no período seco/chuvoso e classe Collembola (24%) e subclasse Acari (63%) no período chuvoso (TABELA 7).

Tabela 7 – Percentual dos artrópodes de solo coletados em cultivo de coqueiros nos quatro períodos de amostragens (transição chuvoso/seco, seco, transição seco/chuvoso e chuvoso)

Grupos	Percentual de artrópodes (%)			
	Período			
	Chuvoso/seco	Seco	Seco/chuvoso	Chuvoso
Collembolas	26	25	61	24
Formicidae	26	57	16	7,0
Isopoda	0,4	0,1	0,1	0,0
Ácari	23	2,3	10	63
Diptera	8,0	8,8	4,9	1,8
Coleoptera	2,6	0,4	1,4	1,0
Hymenoptera	2,9	0,8	0,6	0,2
Pseudoscorpiones	0,0	0,0	0,1	0,1
Hemiptera	2,4	1,1	0,7	0,5
Scorpiones	0,1	0,1	0,0	0,0
Araneae	3,5	3,2	1,9	1,1
Isoptera	0,0	0,3	0,4	0,0
Orthoptera	0,8	0,2	0,5	0,1
Dermaptera	0,2	0,1	0,1	0,0
Thysanoptera	0,2	0,0	0,0	0,1
Diplopoda	2,2	0,1	0,3	0,2
Blattodeae	0,1	0,0	0,0	0,0
Larva Lep	0,0	0,0	0,0	0,1
Larva Dip	0,2	0,0	0,0	0,1
Larva Col	1,7	0,0	0,0	0,2

Números em negrito são percentuais de artrópodes mais elevados.

Fonte – Araújo, 2014.

A área CC apresentou maior diversidade dos artrópodes edáficos, evidenciada pela riqueza de grupos taxonômicos e pelo valor do índice de diversidade de Shannon, nas quatro amostragens (TABELA 3).

Diferente das áreas anteriores exibiu dominância para mais de um grupo de organismos que se alternaram entre os quatro períodos de coleta (TABELA 7).

Conforme Odum (1983), a ocorrência de dominância por mais de um grupo de organismo (co-dominância) altera-se o padrão de proporcionalidade inversa (Diversidade e equitabilidade é inversamente proporcional à dominância) entre os componentes de diversidade que foram observados nessa área.

Conforme Baretta *et al.* (2011) e Smith *et al.* (2009), esse resultado pode ser atribuído a ocorrência de maior disponibilidade de alimento e de menor perturbação do sistema, principalmente devido à camada de cobertura do solo proveniente dos materiais que são retirados da própria cultura e depositados no solo ao redor das mesmas e pela adição de

composto orgânico na forma de fertilizante que proporciona ambiente favorável à proliferação e manutenção de vários grupos de artrópodes.

Segundo Nunes, Araújo Filho e Menezes (2008), os recursos alimentares disponíveis, bem como a estrutura do micro-habitat gerado nessas condições que mantém maior umidade do solo, possibilitam a colonização de várias espécies de fauna do solo com diferentes estratégias de sobrevivência no sistema de manejo em questão.

De acordo com Aquino *et al.* (2008), quanto mais diversa for a cobertura vegetal, maior será a heterogeneidade da serapilheira, que apresentará maior diversidade das comunidades de fauna em função de uma maior disponibilidade de nichos ecológicos e consequente restauração das cadeias alimentares.

5.1.1 Análise fatorial (AF) e componentes principais (ACP)

As avaliações das áreas nos quatro períodos de coleta demonstraram dissimilaridades entre si na composição e distribuição dos artrópodes de solo, o que torna evidente o efeito das alterações ocorridas pelas práticas de manejo e de ocupação do solo. A confirmação ocorreu pela separação das áreas em função das correlações apresentadas entre as variáveis e os fatores obtidos na análise fatorial e de componentes principais.

O resultado do teste de correlação entre as variáveis (Grupos de artrópodes e índices faunísticos) em que foram obtidas correlações significativas $P < 0,05$ de moderada a forte, na qual é rejeitada a hipótese de que a matriz de correlação é uma matriz identidade, ou seja, de que não existem correlações entre as variáveis encontra-se na tabela 8.

Tabela 8 - Correlações entre variáveis: Artrópodes, índice de diversidade, índice de equitabilidade e riqueza de grupos em área de mata nativa e cultivada com fruteiras no Vale do Curu – CE. Coll = Collembola; Form= Formicidae; Aca = Acari; Dip = Diptera; Col = Coleoptera; Hym = Hymenoptera; Hem = Hemiptera; Ara = Araneae; Orth = Orthoptera; H' = índice de Shannon; e = Equitabilidade (Pielou) e R = Riqueza

Variáveis	Coll	Form	Aca	Dip	Col	Hym	Hem	Ara	Orth	Out	H'	e	R
Coll	1,00	-0,19	0,01	0,11	0,60	0,92	-0,07	0,23	0,17	0,16	-0,62	-0,68	0,17
Form		1,00	-0,17	-0,43	-0,39	-0,14	-0,09	0,06	-0,23	-0,32	-0,26	-0,29	-0,11
Aca			1,00	0,04	0,31	-0,04	-0,10	0,39	-0,06	-0,01	0,02	0,00	0,02
Dip				1,00	0,62	0,12	-0,38	0,25	0,58	0,53	0,13	-0,02	0,41
Col					1,00	0,41	-0,28	0,22	0,11	0,33	-0,30	-0,40	0,41
Hym						1,00	-0,06	0,36	0,42	0,35	-0,50	-0,60	0,05
Hem							1,00	-0,26	-0,09	-0,31	-0,08	0,02	-0,07
Ara								1,00	0,28	0,34	0,17	-0,0	0,40
Orth									1,00	0,50	-0,05	-0,20	0,10
Out										1,00	0,44	0,22	0,17
H'											1,00	0,96	0,07
e												1,00	-0,04
R													1,00

Correlações (Análises totais). Correlações marcadas em negrito são significativas a $p < 0,05$.

Fonte – Araújo, 2014.

Na análise do inter-relacionamento entre as variáveis foram obtidos 5 fatores que apresentaram correlações significativas $P < 0,05$ com as variáveis originais na qual se observa quais fatores pertencem as variáveis e o quanto cada uma explica de cada componente (TABELA 9).

Tabela 9 - Correlações entre as variáveis originais (Artrópodes de solo) e os componentes principais

Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5
Collembola	0,86*	0,27	0,18	0,19	0,07
Formicidae	0,11	-0,22	-0,08	-0,89*	-0,14
Acari	-0,02	-0,18	0,79*	0,11	0,04
Diptera	0,00	0,41	0,09	0,51*	-0,66*
Coleoptera	0,48	0,05	0,38	0,57*	-0,44
Hymenoptera	0,76*	0,57*	0,11	0,04	0,15
Hemiptera	0,02	-0,16	-0,12	0,18	0,81*
Araneae	0,03	0,51*	0,74*	-0,28	-0,09
Orthoptera	0,15	0,77*	-0,12	0,12	-0,15
Outros	-0,17	0,79*	0,11	0,25	-0,25
Diversidade	-0,93*	0,27	0,13	0,10	0,01
Equitabilidade	-0,95*	0,07	0,04	0,14	0,13
Riqueza	0,04	0,04	0,58*	0,22	-0,29

*Correlações significativas $P < 0,05$ para $N = 16$ (Número de observações);

Outros= Soma dos grupos de artrópodes coletados em pequenas quantidades.

Fonte – Araújo, 2014.

No primeiro fator as variáveis que apresentaram maiores contribuições foram os Collembola, Hymenoptera, Diversidade e Equitabilidade, enquanto que o segundo fator foram Hymenoptera, Araneae, Orthoptera e Outros. No terceiro fator as maiores contribuições foram realizadas por Acari, Araneae e Riqueza. Já para o quarto fator por Formicidae, Diptera e Coleoptera enquanto que para quinto fator pelos Diptera e Hemiptera (TABELA 9).

Esses cinco fatores apresentaram autovalores maiores que 1 e juntos, sintetizaram uma variância acumulada acima de 70% cujos autovalores foram: 3,88; 2,93; 1,46; 1,25; e 1,05 respectivamente (TABELA 10).

Tabela 10 - Autovalores e percentual de variância explicada de cada componente

Valor do numero	Autovalor	Total de variância	Autovalor acumulado	Acumulado
		-----%-----		-----%----
1	3,888	29,910	3,888	29,910
2	2,934	22,576	6,823	52,486
3	1,468	11,292	8,291	63,779
4	1,257	9,673	9,548	73,453
5	1,057	8,134	10,606	81,587
6	0,890	6,849	11,496	88,437
7	0,767	5,904	12,264	94,341
8	0,365	2,808	12,629	97,150
9	0,266	2,052	12,896	99,202
10	0,056	0,434	12,952	99,636
11	0,034	0,263	12,986	99,899
12	0,011	0,086	12,998	99,986
13	0,001	0,133	13,000	100,000

Fonte – Araújo, 2014.

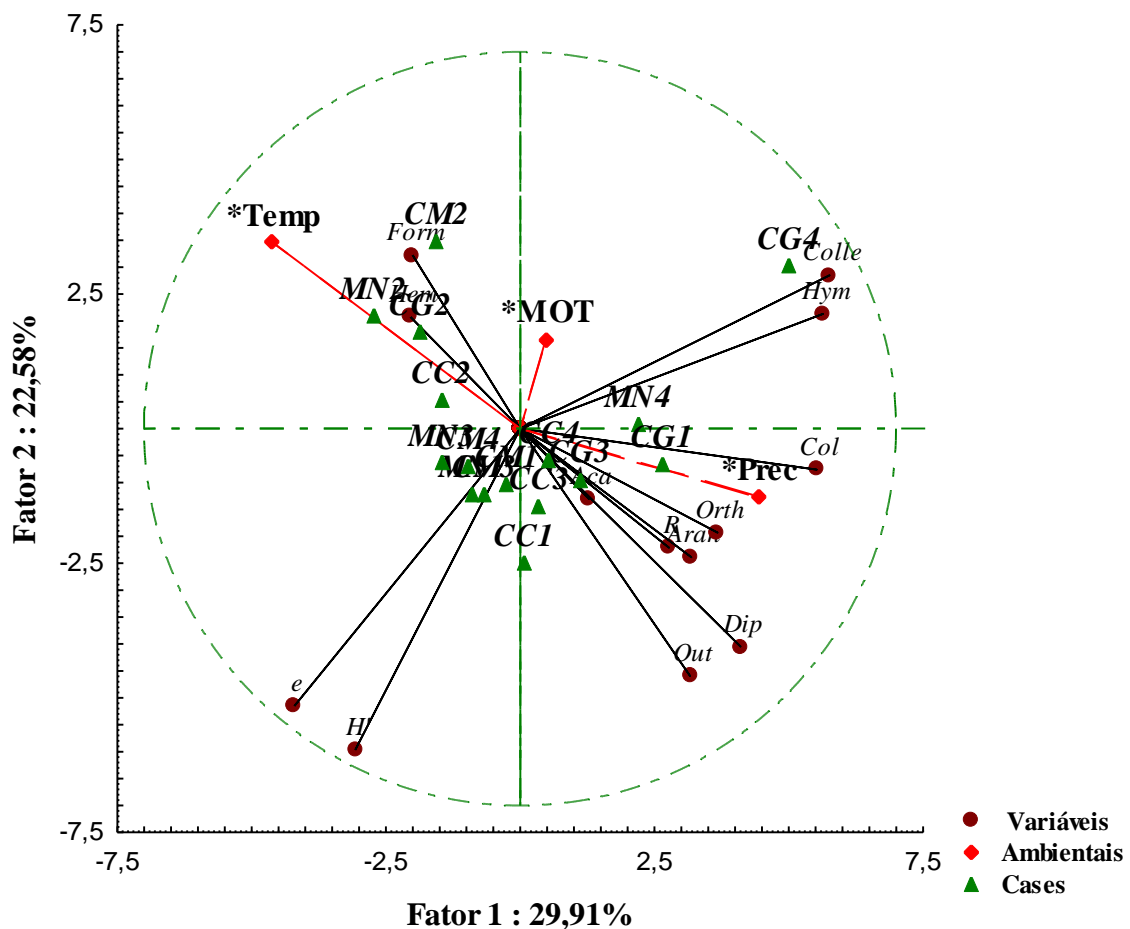
A variabilidade dos dados (artrópodes de solo e índices faunísticos) foi avaliada em 100% de todas as informações contidas nas amostras (TABELA 10).

A análise de componentes principais foi realizada com os dois primeiros fatores, por serem os mais representativos nas análises dos dados cujos autovalores explicaram 29,91% e 22,57% respectivamente da variabilidade dos mesmos, permitindo-se, portanto, explicar 52,48% da variância total das variáveis analisadas (TABELA 10).

Percentagem de explicação semelhante (55,2%) foi utilizado por Baretta *et al.* (2008) quando analisou a diversidade de famílias de Collembola em áreas de araucárias e por Baretta *et al.* (2014), com percentagem total de 58,2% de variabilidade dos dados quando avaliou a fauna edáfica em diferentes manejos do solo.

No circulo das correlações visualiza-se a discriminação das áreas em função das combinações lineares estabelecidas entre as variáveis e entre as variáveis e os componentes principais, ficando ordenadas em distintos quadrantes (FIGURA 7).

Figura 7 – Círculo das correlações entre as variáveis originais (Artrópodes de solo e índices) e os fatores na análise de componentes principais das áreas cultivadas com fruteiras e de mata nativa no Vale do Curu – CE. Coll= Collembolas; Aca= Acari; Form= Formicidae; Hym= Hymenoptera; Ara= Araneae; He= Hemiptera; Dip= Diptera; Colle= Coleoptera; Orth= Orthoptera; Out= Artrópodos coletados em baixa frequência; H' = índice de Shannon; e= Pielou; MOT= Matéria orgânica total; Prec= Precipitação; Temp= Temperatura; MN1= Mata nativa (chuvoso/seco); CM1= Cultivo mangueira (chuvoso/seco); CG1= Cultivo goiabeira (chuvoso/seco); CC1= Cultivo coqueiro (chuvoso/seco); MN2= Mata nativa (seco); CM2= Cultivo mangueira (seco); CG2= Cultivo goiabeira (seco); CC2= cultivo coqueiro (seco); MN3= Mata nativa (seco/chuvoso); CM3= Cultivo mangueira (seco/chuvoso); CG3= Cultivo goiabeira (seco/chuvoso); CC3= Cultivo coqueiro (seco/chuvoso); MN4= Mata nativa (chuvoso); CM4= Cultivo mangueira (chuvoso); CG4= Cultivo goiabeira (chuvoso) e CC4= Cultivo coqueiro período (chuvoso)



Fonte: Araújo, 2014.

No primeiro quadrante, localizado no canto superior direito do gráfico, ficaram as variáveis Collembola e Hymenoptera. No segundo quadrante, localizado no canto superior esquerdo as variáveis Formicidae e Hemiptera. Já no terceiro quadrante, canto inferior esquerdo ficou a Equitabilidade e Diversidade enquanto que no quarto quadrante ficaram os Coleoptera, Diptera, Orthoptera, Araneae, Outros, Riqueza e Acari (FIGURA 7).

As variáveis agrupadas no lado direito do gráfico foram influenciadas pela precipitação e em menor proporção pela matéria orgânica total. As mais influenciadas pela umidade localizaram-se no quadrante quatro (Coleoptera, Ortoptera, Araneae, Diptera, Outros, Riqueza e Acari) por agrupar-se no mesmo quadrante e apresentarem maior aproximação. Enquanto que as do primeiro quadrante foram mais influenciadas pela matéria orgânica total (FIGURA 7).

No lado esquerdo do gráfico, todas as variáveis sofreram influência da temperatura e principalmente as do segundo quadrante (Formicidae e Hemiptera) pelo mesmo motivo do anterior (FIGURA 7).

As variáveis Collembola e Hymenoptera apresentaram boas correlações entre si e com os componentes principais, por estarem bem próximas no plano e relativamente distantes do centro de origem, o que implica dizer que esses organismos foram coletados em maiores quantidades nas áreas CG4 e MN4 (chuvoso) e que tiveram contribuições semelhantes na formação dos fatores (FIGURA 7).

Em termos biológicos essa correlação positiva pode significar uma relação direta entre os grupos, mas deve ser analisada com maiores detalhes em trabalhos futuros. A constatação de que Collembola e Hymenoptera são influenciados pela precipitação é bastante pertinente, já que para ambos os grupos é esperado maior crescimento populacional nesse período (VASCONCELLOS *et al.*, 2010).

A área CG4 (chuvoso) foi a que mais se distanciou por apresentar alta dominância (classe Collembola) e menor valor para os índices de diversidade e equitabilidade cujas variáveis ficaram plotadas em lados opostos no gráfico (FIGURA 7).

As coletas realizadas no período seco, em todas as áreas, ordenaram-se em um só quadrante e apresentaram relativa aproximação, destacando-se as variáveis Formicidae e Hemiptera por apresentarem boas correlações entre si e entre os fatores (FIGURA 7). Esses resultados constata a influencia dos fatores ambientais (Temperatura, umidade e matéria orgânica) sob a comunidade dos artrópodes edáficos, e que outros fatores (não determinados), também podem estar contribuindo para um maior percentual desses organismos nesse período.

As áreas em seus respectivos períodos de coleta (MN1, MN3, CM1, CM3 e CM4) apresentaram alta similaridade, cujas variáveis (H' , e) exibiram alta correlação entre si e entre os componentes principais por estarem próximas ao círculo unitário (FIGURA 7). Esses resultados são bastante coerentes já que o índice de diversidade reflete a relação entre o número de indivíduos e de como estão distribuídos nos grupos (Equitabilidade) (TABELA 3).

Semelhante ao referido anterior, as áreas (CC1, CC3, CC4, CG1 e CG3) em suas respectivas coletas, foram ordenadas no mesmo quadrante e apresentaram relativa similaridade entre si por exibirem maior percentual de indivíduos cujas variáveis ficaram ordenadas bem próximas no plano, embora demonstrando diferentes contribuições na formação dos componentes principais (FIGURA 7).

Observa-se então, que nessas áreas e em seus respectivos períodos de coleta, a população dos organismos edáficos foi encontrada de forma semelhante e são altamente influenciadas pelas precipitações. Esses resultados corroboram com as afirmações de que a composição faunística do solo é determinantemente influenciada pelos diferentes sistemas de cultivos, no qual respondem de forma sistemática em sua comunidade as alterações ocorridas nos solos, cuja estimativa apresenta-se como uma importante ferramenta na avaliação de manejos e do sistema como um todo.

A constatação de que os artrópodes de solo mantêm alta regulação pelas condições ambientais tem sido confirmada em vários trabalhos (AQUINO *et al.*, 2008; BARETTA *et al.*, 2011; MOÇO *et al.*, 2005, 2010; FERNANDES *et al.*, 2011; LUDWIG *et al.*, 2012; MAUNSELL *et al.*, 2013), porém poucos têm demonstrado a flutuação populacional desses organismos para as condições semiáridas brasileiras (Floresta Tropical Seca) (VASCONCELLOS *et al.*, 2010).

No entanto, mais estudos empreendidos com outras metodologias de coleta, são necessários para a determinação mais precisa dos padrões de distribuição e diversidade de espécies dos artrópodes de solo desse ambiente.

5.2 Atividade microbiológica do solo

Os resultados das análises microbiológicas do solo da área de mata nativa (Caatinga) e das áreas manejadas com cultivos de fruteiras (Mangueiras, goiabeiras e coqueiros) nos dois períodos de amostragem (Chuvoso e seco) podem ser visualizados na tabela 11.

Tabela 11 - Valores médios de quatro repetições resultantes das análises microbiológicas dos solos realizadas para o período chuvoso e seco em áreas de Mata Nativa (MN), Cultivo de Mangueira (CM), Cultivo Goiabeira (CG), Cultivo Coqueiro (CC), na região do Vale do Curu-CE

Período	Atributos microbiológicos						
	Áreas	RBS ¹	CBM ²	NBM ³	qCO ₂ ⁴	qMic ⁵	NBM/N ⁶
		----mg/Kg de solo----			mg CO ₂ /mg Cmic	-----%-----	
Chuvoso	MN	81,0	207,3	4,8	0,39	2,0	0,5
	CM	98,0	206,7	15,5	0,47	1,4	1,1
	CG	103,0	218,0	65,6	0,47	1,2	3,5
	CC	96,0	158,9	9,5	0,60	1,4	0,8
Seco	MN	189,5	360,2	41,7	0,53	1,3	2,8
	CM	178,0	340,9	9,5	0,52	1,3	0,7
	CG	329,0	338,8	119,2	0,97	1,2	4,2
	CC	173,0	337,7	44,1	0,51	1,3	2,6

¹Respiração basal do solo; ² Carbono da biomassa microbiana; ³ Nitrogênio da biomassa microbiana; ⁴ Quociente metabólico; ⁵ Quociente microbiano; ⁶ Relação do nitrogênio da biomassa microbiana por nitrogênio disponível no solo.

Fonte: Araújo, 2014.

5.2.1 Análise fatorial e de componentes principais

Através da análise fatorial as variáveis dos atributos microbiológicos, químicos e físicos dos solos foram agrupadas em função das correlações apresentadas entre si, com o propósito de explicá-las através de suas dimensões comuns, os fatores. No teste de correlação de Pearson, as correlações foram significativas $P < 0,05$ na qual é rejeitada a hipótese de que a matriz de correlação é uma matriz-identidade, ou seja, de que não existem correlações entre as variáveis (TABELA 12).

Tabela 12 – Correlações entre variáveis microbiológicas e químicas do solo em área de mata nativa e cultivada com fruteiras no Vale do Curu – CE

Variáveis	RBS	CBM	NBM	qCO2	qMIC	NBM/N	pH	CE	CTC	P	COT	N	Arr	Sil	Arg
RBS	1,00	0,76*	0,78*	0,86*	-0,51	0,66	-0,04	0,81*	0,56	0,20	0,83*	0,86*	-0,45	0,44	0,45
CBM		1,00	0,43	0,35	-0,43	0,46	-0,27	0,40	0,11	-0,22	0,46	0,49	-0,04	0,03	0,07
NBM			1,00	0,78*	-0,56	0,94*	0,12	0,85*	0,89*	0,50	0,94*	0,97*	-0,84	0,84	0,83*
qCO2				1,00	-0,48	0,59	0,21	0,86*	0,68	0,52	0,82*	0,84*	-0,57	0,58	0,54
qMIC					1,00	-0,63	-0,44	-0,46	-0,48	-0,46	-0,60	-0,60	0,47	-0,49	-0,42
NBM/N						1,00	0,09	0,70*	0,80*	0,46	0,83*	0,88*	-0,78	0,77*	0,77*
pH							1,00	0,41	0,17	0,83*	0,18	0,14	-0,29	0,34	0,17
CE								1,00	0,69	0,65	0,87*	0,88*	-0,67	0,69	0,62
CTC									1,00	0,52	0,85*	0,84*	-0,97	0,96*	0,97*
P										1,00	0,43	0,45	-0,57	0,61	0,47
COT											1,00	0,98*	-0,81	0,81*	0,79*
N												1,00	-0,79	0,79*	0,78*
Arr													1,00	-0,99	-0,99
Sil														1,00	0,98*
Arg															1,00

Correlações (Análises Totais) Correlações marcadas com * são significativas a $p < 0,05$.

Fonte: Araújo, 2014.

Na tabela 13 encontra-se a matriz de correlação entre as variáveis originais e os componentes principais e a contribuição de cada variável em relação a cada fator.

Tabela 13 - Correlações entre os dados originais (Atributos microbianos, químicos e físicos do solo) e as componentes principais

Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Fator 6	Fator 7
RBS	-0,77447*	-0,55685	0,22238	-0,16988	0,07686	0,02698	-0,07177
CBM	-0,37526	-0,82482*	0,23775	0,23515	-0,15465	0,16070	-0,13140
NBM	-0,97357*	-0,12343	-0,09459	-0,01802	-0,11477	-0,10945	0,04981
qCO ₂	-0,82389*	-0,16153	0,25321	-0,38263	0,25402	-0,13147	-0,05261
qMIC	0,64685	0,01416	-0,39798	-0,5953	-0,25146	0,07099	-0,01519
NBM/N	-0,89127*	-0,12469	-0,10931	0,25061	-0,25259	-0,22515	0,02868
pH	-0,29232	0,70897*	0,60483	0,07909	-0,04172	0,19278	0,03021
CE	-0,88851*	-0,03734	0,28540	-0,29484	-0,16729	0,11170	0,01696
CTC	-0,91858*	0,16455	-0,33016	-0,00485	0,12047	-0,01983	-0,07194
P	-0,60121	0,64113	0,39977	-0,09320	-0,13295	-0,17948	-0,09533
COT	-0,96162*	-0,15963	-0,00996	-0,04190	0,05559	0,09868	0,18735
N	-0,97118*	-0,19782	0,00413	-0,05388	0,00036	-0,00666	0,12124
Are	0,89080*	-0,29439	0,32207	-0,06110	-0,01293	-0,10035	0,04581
Silt	-0,89698*	0,32338	-0,27395	0,06303	0,00743	0,10331	-0,03294
Arg	-0,86659	0,22729	-0,42378	0,05612	0,02484	0,09266	-0,07350

Fonte: Araújo, 2014

*Correlações significativas $P < 0,05$ para $N=9$ (Número de observações).

Fonte: Araújo, 2014.

As variáveis que apresentaram maior contribuição na formação no fator 1 foram o nitrogênio disponível no solo (N), nitrogênio da biomassa microbiana (NBM), carbono orgânico total (COT), capacidade de troca catiônica (CTC), relação do nitrogênio da biomassa microbiana por nitrogênio disponível no solo (NBM/N), percentual de areia (Are), Sílte (Silt) e Argila (Arg), e a condutividade elétrica (CE), enquanto que para o fator 2 as que mais contribuíram foram o carbono da biomassa microbiana (CBM) e o potencial hidrogênionico (pH).

Nessa análise foram obtidos 7 fatores e somente os três primeiros apresentaram autovalores maiores que 1 obtendo uma variância acumulada acima de 70%, cujos autovalores foram: 9,87; 2,29 e 1,42 respectivamente (TABELA 14).

Tabela 14 - Autovalores e percentual da variância explicada de cada componente

Valor do numero	Autovalor	Total de variância	Autovalor acumulado	Acumulado
		-----%-----		-----%-----
1	9,877303	65,84868	9,87730	65,8487
2	2,297202	15,31468	12,17450	81,1634
3	1,423986	9,49324	13,59849	92,8235
4	0,765588	5,10392	14,36408	95,7605
5	0,300422	2,00281	14,66450	97,7633
6	0,232920	1,55280	14,89742	99,3161
7	0,102579	0,68386	15,00000	100,0000

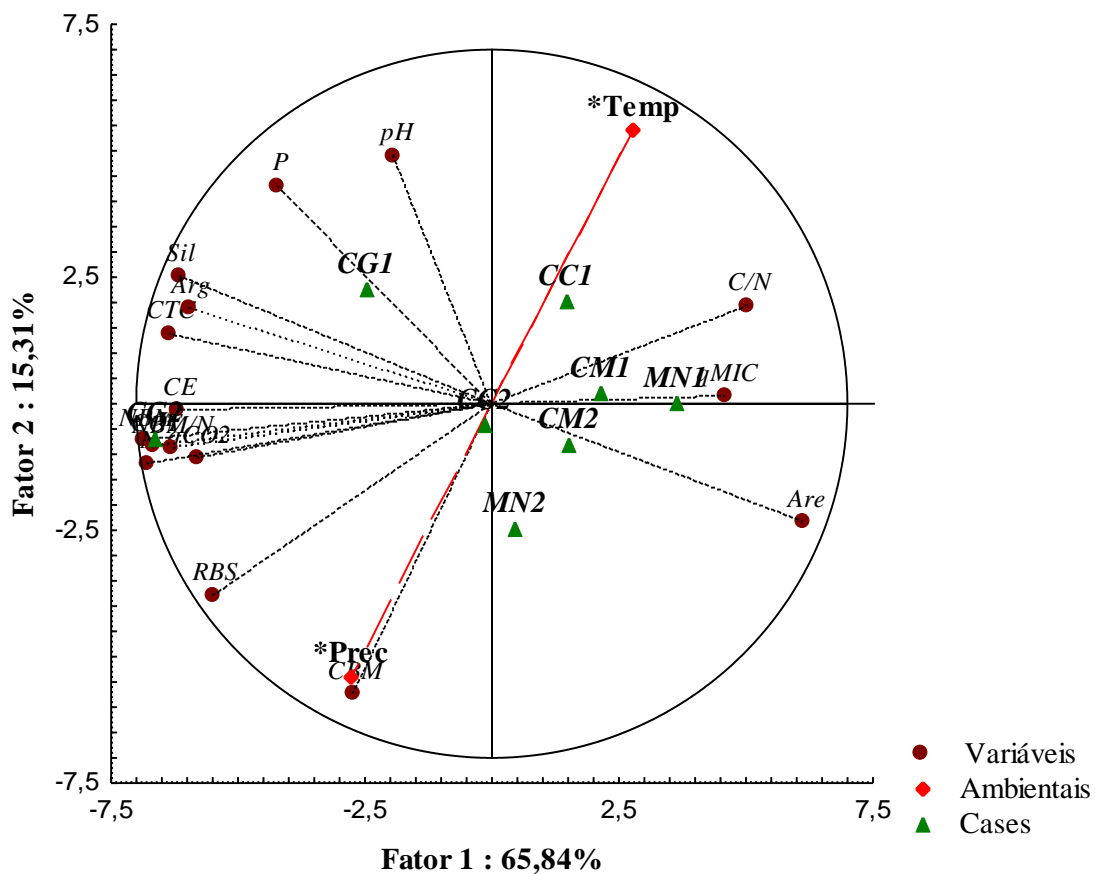
Fonte: Araújo, 2014.

A análise de componentes principais foi realizada considerando os dois primeiros fatores, cujos autovalores explicaram 65,84% e 15,31% respectivamente da variabilidade dos dados com acumulado de 81,16% de explicação da variância total das variáveis analisadas. O fator 3 por apresentar baixa explicação da variabilidade dos dados foi desconsiderada nessa avaliação (TABELA 14).

No círculo das correlações (FIGURA 8) é possível visualizar a estrutura da matriz de correlação entre as variáveis e entre as variáveis e os fatores, em que todas apresentaram uma boa correlação por ficarem ordenadas distantes do centro de origem e próximas ao círculo unitário.

Quanto mais próximas entre si as variáveis estiverem maior é a correlação entre as mesmas, o que implica dizer que as contribuições de cada uma foram semelhantes na formação dos fatores e quanto mais próximas do círculo as variáveis estiverem, maior a correlação das mesmas com os fatores (FIGURA 8).

Figura 8 – Círculo das correlações entre as variáveis originais (Atributos microbiológicos, químicos e físicos do solo) e os fatores na análise de componentes principais das áreas cultivadas com fruteiras e de mata nativa no Vale do Curu - CE. RBS= Respiração basal do solo; CBM= Carbono da biomassa microbiana; NBM= Nitrogênio da biomassa microbiana; qCO_2 = Quociente metabólico; $qMIC$ = Quociente microbiano; NBM/N= Nitrogênio da biomassa microbiana por nitrogênio disponível no solo; MOT= Matéria orgânica total; Prec = Precipitação; Temp= Temperatura; MN1= Mata nativa período chuvoso; CM1= Cultivo mangueira período chuvoso; CG1= Cultivo goiabeira período chuvoso; CC= Cultivo coqueiro período chuvoso; MN2= Mata nativa período seco; CM2= Cultivo mangueira período seco; CG2 = Cultivo goiabeira período seco e CC2= cultivo coqueiro período seco



Fonte: Araújo, 2014.

Observou-se que a área CG1 (Período chuvoso) ocorreu uma maior correlação entre as variáveis CTC, Arg, Silt, P e pH enquanto que a área CG2 (Período seco) a maior correlação ocorreu entre as variáveis COT, N, NBM, NBM/N, qCO_2 , CE, RBS e CBM, ficando ordenados em quadrantes diferentes e sobre a influência da temperatura (FIGURA 8).

As áreas MN1, MN2, CM1, CM2 e CC1 apresentaram uma maior correlação entre as variáveis $qMIC$ e areia e que estão sobre a influência da precipitação (Umidade), enquanto que a área CC2 por ordenar-se próximo a origem dos eixos mostrou-se com baixa representatividade em ambos componentes principais (FIGURA 8).

De maneira geral, evidenciou-se por meio da relação entre os componentes principais 1 (CP1) e 2 (CP2) que a área manejada com o cultivo de goiabeiras (CG), independente do período de amostragem, ficou separada das demais áreas e caracterizou-se por apresentar maiores valores em praticamente todos os atributos químicos (pH, CE, CTC, P, N, COT), físicos (Silte e argila) (TABELA 7) e microbiológicos (RBS, CBM, NBM, NBM/N e qCO₂) do solo (TABELA 8).

Os maiores valores para os atributos químicos do solo em parte, podem ser elucidados pelo maior percentual de argila, silte e de matéria orgânica em comparação as outras áreas. Sabe-se que solos mais argilosos e que possuem maiores teores de matéria orgânica apresentam maior CTC e uma melhor disponibilidade de nutrientes (Macro e micro) além de contribuir com uma maior atividade dos micro-organismos do solo.

Nessas condições, e em conformidade com Alves *et al.* (2011), pode-se estabelecer a existência de uma maior diversidade de decompositores com uma maior eficiência na utilização do substrato, resultando, assim, em uma melhor disponibilidade de nutrientes e de alta relação do carbono microbiano por carbono total do solo.

Esses resultados corroboram com a afirmativa de que uma maior atividade microbiana do solo, a princípio, pode significar em maiores disponibilidades de nutrientes para serem absorvidas pelas plantas, mas em longo prazo, segundo Balota *et al.* (1998), Barreto *et al.* (2008) e Glaeser *et al.* (2010), podem constituir em perdas de matéria orgânica no solo com fortes implicações na qualidade do sistema edáfico.

A alusão de que as variáveis que se correlacionaram dentro da área CG foram altamente influenciadas pela temperatura na qual tiveram seus processos de reações intensificados, conduz ao entendimento de que os manejos realizados nessa cultura têm proporcionado aos microrganismos do solo uma maior condição de estresse.

De acordo com Jansson e Tas (2014), esses resultados em parte podem ser explicados pelo aumento da temperatura do solo mediante a falta de cobertura e exposição direta dos raios solares sobre a superfície proporcionada pelas constantes realizações de podas e roço mecânico das ervas espontâneas que crescem nas entrelinhas cujo material recortado, na quase totalidade, é retirado para fora da área.

Com relação às variações ambientais muitos trabalhos têm sido realizados na busca de informações sobre os efeitos na atividade dos microrganismos dos solos, no qual tem sido constatada a existência da interferência sobre determinadas funções desempenhadas por esses micro-organismos no ecossistema (MCDANIEL *et al.*, 2013; ZHANG *et al.*, 2013; ANDRESEN *et al.*, 2014; JANSSON; TAS, 2014; REINSCH *et al.*, 2014).

Rodrigues *et al.* (2011), ao avaliarem a variabilidade quantitativa da população microbiana associada as condições microclimáticas, constataram que as variáveis ambientais como, temperatura e umidade, foram os fatores determinantes nas atividades dos microrganismos do solo, quando os mesmos observaram que as populações de fungos se desenvolviam melhor no período seco enquanto que a população de bactérias tiveram um melhor desenvolvimento no período chuvoso.

A mesma interferência da temperatura sobre as atividades microbianas também foram vistas por Oliveira *et al.* (2010), quando avaliaram a influência do pH e da temperatura sobre as atividades amilolíticas de bactérias rizobianas isoladas de solos Amazônicos, no qual se observou que a produção de enzimas que atuam sobre a estrutura do amido se reduziu consideravelmente com a elevação da temperatura.

Observou-se que as variáveis que mais contribuíram na formação do fator 1 foram o carbono orgânico total (COT) e o nitrogênio disponível no solo (N), e que mostraram uma alta correlação com NBM, NBM/N e com o qCO_2 . A aproximação entre estas variáveis no gráfico, com uma quase sobreposição, nos indica que todas tiveram um “peso” semelhante na formação das componentes principais.

Esses resultados se mostram bastante coerentes uma vez que, tanto o COT como o (N) constituem a base dos atributos microbianos do solo, e que o qCO_2 reflete a quantidade de carbono metabolizado (pelos micro-organismos heterotróficos) e emitido para atmosfera na forma de CO_2 por quantidade de carbono imobilizado pelos mesmos nos processos de mineralização da matéria orgânica.

Da mesma forma tem-se o NBM/N que é a relação direta do percentual de N imobilizado (pelos os micro-organismos heterotróficos) por nitrogênio disponível no solo e que ambos (qCO_2 e NBM/N), refletem sistematicamente a atividade metabólica desses micro-organismos servindo como parâmetro indicativo de alterações no sistema.

De acordo com Reis Junior e Mendes (2007) e Nicodemo (2009) o COT representa a principal fonte de recursos utilizada pelos microrganismos heterotróficos do solo, cuja variabilidade em termos quantitativos e qualitativos pode limitar ou induzir a ação dos microrganismos em um determinado sistema.

Barreto *et al.* (2008) também utilizando-se de análises multivariadas por componentes principais para interpretar a relação entre atributos químicos e microbiológicos do solo em plantações de eucaliptos, observaram que o COT e o N disponível no solo foram os que apresentaram maiores correlações com o primeiro componente principal, sendo demonstrado a total dependência dos microrganismos do solo por essas variáveis, no qual,

concluíram que os teores de COT e de N foram indicadores mais discriminantes que a biomassa microbiana para aferir variações entre as plantações de eucalipto.

Outro dado observado é que as áreas foram agrupadas de acordo com o período de amostragem e que apresentaram uma relativa distância entre os dois períodos, o que implica dizer que a atividade microbiana do solo e as demais variáveis tiveram um “comportamento” diferente dentro de cada sistema e entre os períodos sazonais.

A discriminação das áreas em relação aos períodos de amostragens deve-se aos valores determinados nas avaliações para cada período, nos quais se mostraram levemente superiores no período seco. É provável que esses resultados tenham sido influenciados pelas épocas de amostragem do solo, realizados no final de cada período, e que refletiram de forma sistemática as atividades dos microrganismos do solo correspondente ao período sazonal da região.

Resultados semelhantes foram obtidos por Glaeser *et al.* (2010), quando analisaram a influência do sistema de manejo orgânico na cultura do café sobre a biomassa microbiana, na qual observaram um aumento significativo das atividades microbianas do solo no período seco com uma variação que ficou na ordem de 21,3 a 152,1% em relação ao período chuvoso.

E por Alves *et al.* (2011), quando avaliaram a biomassa e atividade microbiana do solo sob vegetação nativa e de diferentes sistemas de manejos em região com clima tropical estacional de savana.

Mas divergiram com os valores obtidos por Araújo *et al.* (2013), quando avaliaram as propriedades microbianas do solo e estabilidade temporal em terras degradadas e restauradas do Nordeste do Brasil.

Em relação à área de referência (mata nativa), segundo Alves, Araújo e Nascimento (2009), durante o período de estiagem (seco) a vegetação local (Caatinga) libera suas folhas, flores, frutos e sementes em um processo de senescência natural, típica da região semiárida (Floresta tropical seca), sendo depositada sobre a superfície do solo uma quantidade considerável de material orgânico formando a serapilheira.

Esse material por apresentar baixos valores de umidade, passa tão somente por processos de fragmentação física e/ou pela ação de organismos da fauna edáfica, tornando disponível para os microrganismos mineralizarem assim que as condições ideais de umidade forem restabelecidas com o surgimento das primeiras chuvas.

No início do período chuvoso, a deposição de matéria orgânica ao solo é reduzida e grande parte do que foi acumulado no período anterior (seco), rapidamente é metabolizado pelos microrganismos oportunistas em que, uma quantidade significativa de nutrientes torna-se

lábio para serem absorvidos pelas plantas e utilizados na renovação da parte aérea e de suas raízes.

Em última análise, as diferenças entre as áreas manejadas e a de mata nativa deve-se a ciclagem de nutrientes devido ao maior aporte de matéria orgânica da serapilheira que ocorrem em ambos os períodos dentro dos cultivos, por causa da contínua produção de biomassa vegetal (plantas perenes), favorecida pelo constante fornecimento de água na irrigação e pela aplicação de fertilizantes que contribui com uma maior reposição da serapilheira.

Vale ressaltar que as atividades de manejo do solo com modificação das estruturas naturais que expõe uma maior quantidade de substrato aliado à incorporação de resíduos, manutenção da umidade, regulação da temperatura pela cobertura entre outros fatores tende induzir a atividade dos micro-organismos do solo.

Esses resultados corroboram com as afirmações de que a atividade microbiológica do solo é uma excelente bioindicadora da qualidade do sistema edáfico, em que muitos trabalhos têm sido realizados e com resultados bastante consistentes na avaliação de diferentes sistemas (BOLOTA *et al.*, 1998; BARRETO *et al.*, 2008; GLASER *et al.*, 2010; ALVES *et al.*, 2011; ARAÚJO *et al.*, 2013).

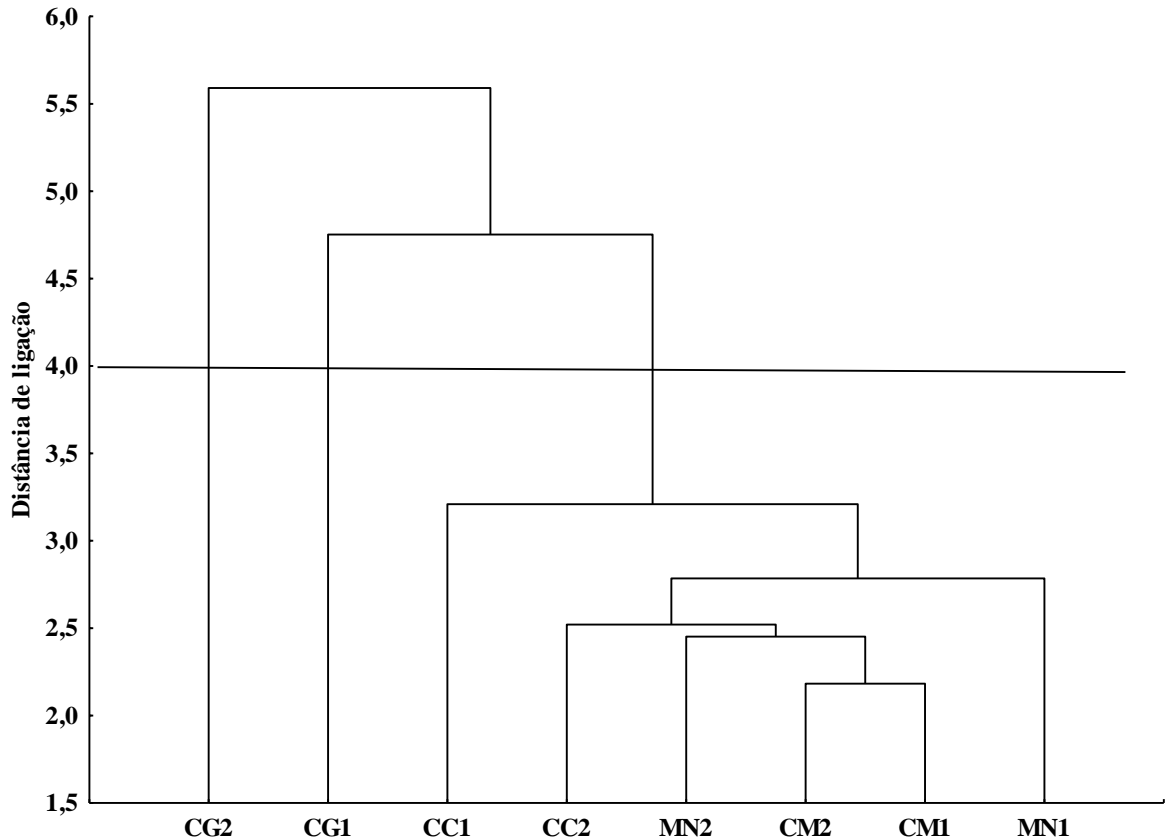
5.2.2 Análise de agrupamento (AA)

No Gráfico (FIGURA 9) a escala vertical indica o nível de similaridade, e o eixo horizontal As “cases” (áreas em seus respectivos períodos de amostragens) de acordo com a ordem em que foram agrupados. As linhas verticais que partem das “cases” e que fazem a ligação uma com as outras possuem uma altura correspondente ao nível em que as “cases” são considerados semelhantes.

Analisando o gráfico (FIGURA 9) é possível verificar que o maior salto (Distância Euclidiana), encontra-se entre as alturas 3,3 e 4,7. Ao se fazer um corte com uma linha horizontal entre essas duas alturas do eixo vertical passam a existir três agrupamentos homogêneos distintos.

O primeiro agrupamento formado pelas “cases” MN1, CM1, CM2, MN2, CC1, CC2, deslocando-se da direita para esquerda no gráfico, e o segundo e terceiro agrupamentos formados pela CG1, e CG2 respectivamente, no qual se distinguiram das demais áreas, pelo fato de ter formado um grupo isolado, o que significa dizer que esta área é heterogênea em relação às outras.

Figura 9 - Dendograma da análise de agrupamento dos dois períodos de coletas realizados em mata nativa (MN), cultivo de mangueiras (CM), cultivo de goiabeiras (CG), cultivo de coqueiros (CC) na região do Vale do Curu-CE



Fonte: Araújo, 2014.

No primeiro agrupamento o primeiro grupo a ser formado foi entre CM1 e CM2 que representam a mesma área de cultivo (Mangueiras) em seus dois períodos de coletas, ficando evidente a similaridade das variáveis em ambos os períodos, cujos resultados se mostraram próximos aos observados em mata nativa no período seco (MN2) e com pouca variação em relação à área cultivada com coqueiro, também no período seco (CC2), que por sua vez mostraram uma relativa similaridade entre os valores encontrados na área de mata nativa no período chuvoso (MN1) e próximo aos valores observados na área com cultivo de coqueiros no período seco (CC2).

Esses resultados tornam evidente que essas áreas mesmo contendo uma singularidade em relação aos atributos químicos, físicos e microbiológicos do solo, possuem similaridades entre os manejos no qual demonstraram possuir um maior equilíbrio entre as variáveis nesses sistemas.

O segundo e terceiro agrupamento (grupos) foram obtidos por apenas uma “case” (CG1 e CG2 respectivamente), referente ao cultivo de goiabeiras com coletas realizadas em ambos os períodos (chuvoso e seco respectivamente), o que confirma a total heterogeneidade da atividade metabólica dos micro-organismos do solo em relação às outras áreas, sugerindo que independente do período de avaliação nessa área o metabolismo microbiano terá uma elevada atividade.

Vale ressaltar a comprovação de que os atributos microbianos do solo são altamente correlacionáveis com os atributos químicos e físicos e que são influenciadas pelas variações ambientais e se expressam de forma diferenciada dentro de cada cultivo.

5.3 Artrópodes e atributos microbiológicos do solo

No solo tem-se a alusão de que todos os componentes tanto bióticos como abióticos mantêm um determinado grau de correlação entre seus componentes, principalmente quando se referem aos organismos vivos, considerados dentre os fatores de formação.

A princípio, essa conjectura pode ser admissível uma vez que, os componentes bióticos desempenham diferentes funções sem as quais não seria possível a manutenção da vida nesse ambiente, principalmente quando se referem à ciclagem de nutrientes, ao acúmulo de resíduos e ao empobrecimento dos solos.

De certa forma o que se espera é que todos os atributos intrínsecos ao solo demonstrem alguma afinidade com outros que não são cuja finalidade, é de elucidar algumas questões hipotéticas e que não foram totalmente entendidas como, por exemplo, as relações entre atributos microbiológicos e artrópodes de solo dentro da complexa cadeia trófica do ecossistema.

Nesse trabalho as interações entre os variáveis artrópodes de solo, índices faunísticos e atributos microbiológicos foram bastante promissoras na separação das áreas nos diferentes períodos de avaliação, no que se mostraram bastantes coerentes com as condições esperadas.

5.3.1 Análise fatorial e de componentes principais

Na análise de correlação de Pearson as variáveis mostraram correlações de moderada a forte ($P < 0,05$), permitindo rejeitar a hipótese de que a matriz de correlação é uma matriz identidade, ou seja, de que as variáveis não se correlacionam (TABELA 15).

Tabela 15 – Análise de correlação das variáveis (Artrópodes e microbiológicos). Coll = Collembola; Aca = Acari; Form = Formicidae; Hym = Hymenoptera; Ara = Araneae; He = Hemiptera; Dip = Diptera; Cole = Coleoptera; Orth = Orthoptera; Out = Artrópodes coletados em baixa frequência; H' = índice de Shannon; e = Pielou; R = Riqueza; RBS = Respiração basal do solo; CBM = Carbono da biomassa microbiana; NBM = Nitrogênio da biomassa microbiana; qCO₂ = Quociente metabólico; qMIC = Quociente microbiano; NBM/N = Nitrogênio da biomassa microbiana por nitrogênio disponível no solo

Variáveis	Coll	Form	Aca	Dip	Cole	Hym	He	Ara	Orth	Out	H'	e	R	RBS	CBM	NBM	qCO ₂	qMIC	NBM/N
Coll	1,00	-0,22	-0,12	0,86	0,10	0,69	0,20	0,14	0,88	-0,03	-0,89	-0,94	0,24	0,29	0,08	0,74	0,33	-0,51	0,78
Form		1,00	-0,24	-0,31	-0,42	0,07	0,12	0,79	-0,13	-0,12	0,15	0,01	0,20	0,08	-0,03	0,08	0,16	-0,37	0,09
Aca			1,00	-0,09	0,25	-0,30	-0,01	-0,15	-0,35	-0,25	0,14	0,07	0,48	0,09	-0,26	0,14	0,27	0,66	-0,04
Dip				1,00	0,49	0,70	0,31	0,15	0,82	0,15	-0,66	-0,73	0,11	0,05	-0,19	0,43	0,19	-0,33	0,38
Cole					1,00	-0,17	-0,01	0,03	-0,04	-0,09	0,13	0,15	0,25	0,12	-0,10	-0,03	0,26	0,08	-0,24
Hym						1,00	0,67	0,30	0,93	0,51	-0,55	-0,74	-0,10	-0,37	-0,50	0,20	-0,18	-0,29	0,30
He							1,00	0,45	0,51	0,60	0,15	-0,16	0,22	-0,66	-0,83	-0,20	-0,29	0,02	-0,11
Ara								1,00	0,18	-0,06	0,06	-0,19	0,57	0,09	-0,21	0,25	0,33	-0,52	0,24
Orth									1,00	0,36	-0,72	-0,84	-0,03	-0,14	-0,24	0,39	-0,03	-0,45	0,50
Out										1,00	0,22	0,05	-0,47	-0,60	-0,70	-0,41	-0,30	0,06	-0,38
H'											1,00	0,94	-0,01	-0,39	-0,32	-0,74	-0,26	0,42	-0,78
e												1,00	-0,18	-0,27	-0,05	-0,77	-0,30	0,45	-0,80
R													1,00	0,40	0,04	0,54	0,58	-0,20	0,48
RBS														1,00	0,76	0,79	0,87	-0,51	0,67
CBM															1,00	0,43	0,36	-0,44	0,47
NBM																1,00	0,79	-0,56	0,94
qCO ₂																	1,00	-0,48	0,59
qMIC																		1,00	-0,64
NBM/N																			1,00

Escores em negrito são correlações significativas $P < 0,05$.

Fonte: Araújo, 2014.

Em mais de 50% das variáveis foram observadas correlações significativas, exceto entre as variáveis microbiológicas e dos artrópodes de solo, cujas correlações ocorreram tão somente entre os Collembola, NBM e NBM/N, com correlações positivas de 0,74 e 0,78 respectivamente (TABELA 15).

Em termos estatísticos, estas correlações indicam que entre as variáveis existem semelhanças na distribuição dos escores, ou seja, na distribuição de suas frequências ou pelo compartilhamento de variância. Em termos biológicos, segundo Gange (2000); Hodge *et al.* (2000) e Lussenhop e BassiriRad (2005), Collembola são conhecidos por aumentar a disponibilidade de nitrato e amônio para as plantas através do pastoreio de fungos na rizosfera e na decomposição da matéria orgânica, todavia é necessária uma averiguação mais apurada para que se faça qualquer afirmação dessa correlação.

Na análise fatorial foram obtidos 5 fatores que demonstraram boas correlações com as variáveis as quais exibiram diferentes contribuições na formação dos mesmos, cujos valores podem ser visualizados na tabela 16.

Tabela 16 - Correlações entre os dados originais (Artrópode de solo e atributos microbianos do solo) e as componentes principais. MOT = Matéria orgânica total; RBS = Respiração basal do solo; CBM = Carbono da biomassa microbiana; NBM = Nitrogênio da biomassa microbiana; qCO₂ = Quociente metabólico; qMIC = Quociente microbiano; NBM/N = Nitrogênio da biomassa microbiana por nitrogênio disponível no solo

Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5
Collembola	0,98*	0,07	0,03	-0,03	0,17
Formicidae	-0,16	0,02	0,81*	-0,17	-0,42
Acari	-0,10	0,06	-0,08	0,97*	0,12
Diptera	0,80*	-0,18	-0,02	-0,07	0,54
Coleoptera	-0,07	0,03	-0,05	0,13	0,97*
Hymenoptera	0,76*	-0,59	0,14	-0,19	-0,08
Hemiptera	0,22	-0,86*	0,37	0,12	0,06
Araneae	0,11	-0,12	0,97*	-0,05	0,06
Orthoptera	0,89*	-0,36	0,03	-0,24	0,06
Outros	0,04	-0,75*	-0,08	-0,29	0,08
MOT	0,64	0,63	0,34	0,08	0,14
Diversidade	-0,92*	-0,28	0,16	0,07	0,11
Equitabilidade	-0,98*	-0,06	-0,09	-0,03	0,10
Riqueza	0,15	0,25	0,63	0,58	0,21
RBS	0,22	0,92*	0,20	0,04	0,14
CBM	0,02	0,92*	-0,13	-0,28	-0,11
NBM	0,72*	0,58	0,29	0,20	0,01
qCO ₂	0,26	0,64	0,45	0,20	0,32
qMIC	-0,44	-0,34	-0,52	0,61	-0,08
NBM/N	0,77*	0,50	0,27	0,07	-0,18

*Correlações significativas $p < 0,05$ para $N=8$ (numero de observações).

Outros - significam a soma dos grupos de artrópodes coletados em baixas quantidades.

Fonte: Araújo, 2014.

No primeiro fator as variáveis que apresentaram maiores contribuições foram os Collembola, Diptera, Hymenoptera, Orthoptera, Diversidade, Equitabilidade, NBM e NBM/N enquanto que para o segundo fator os Hemiptera, Outros, RBS e CBM. No terceiro fator as maiores contribuições foram dos Formicidae e Araneae, para o quarto fator os Acari, enquanto que para quinto fator os Coleoptera (TABELA 16).

Esses cinco fatores apresentaram autovalores maiores que 1 e juntos sintetizaram uma variância acumulada acima de 70%, cujos autovalores foram: 6,91; 4,68; 2,55; 2,30; e 1,31 respectivamente (TABELA 17).

Tabela 17 - Autovalores e percentual da variância explicada de cada componente

Numero do valor	Autovalor	Total de variância	Autovalor acumulado	Acumulado
		-----%-----		-----%-----
1	6,917	36,406	6,917	36,406
2	4,688	24,677	11,605	61,083
3	2,553	13,437	14,159	74,521
4	2,307	12,146	16,466	86,667
5	1,310	6,896	17,777	93,564
6	0,728	3,832	18,505	97,397
7	0,494	2,602	19,000	100,000

Fonte: Araújo, 2014.

A variabilidade dos dados (Artrópodes, atributos microbiológicos do solo e índices faunísticos), obtidos nas quatro áreas e durante os dois períodos do estudo (Chuvoso e seco), foi ilustrada em 100% de todas as informações contidas nas amostras (TABELA 17).

A análise de componentes principais foi realizada considerando-se os dois primeiros fatores, cujos autovalores explicaram 36,40% e 24,67% respectivamente da variabilidade dos dados, permitindo-se, portanto, explicar 61,08% da variância total das variáveis analisadas (TABELA 17).

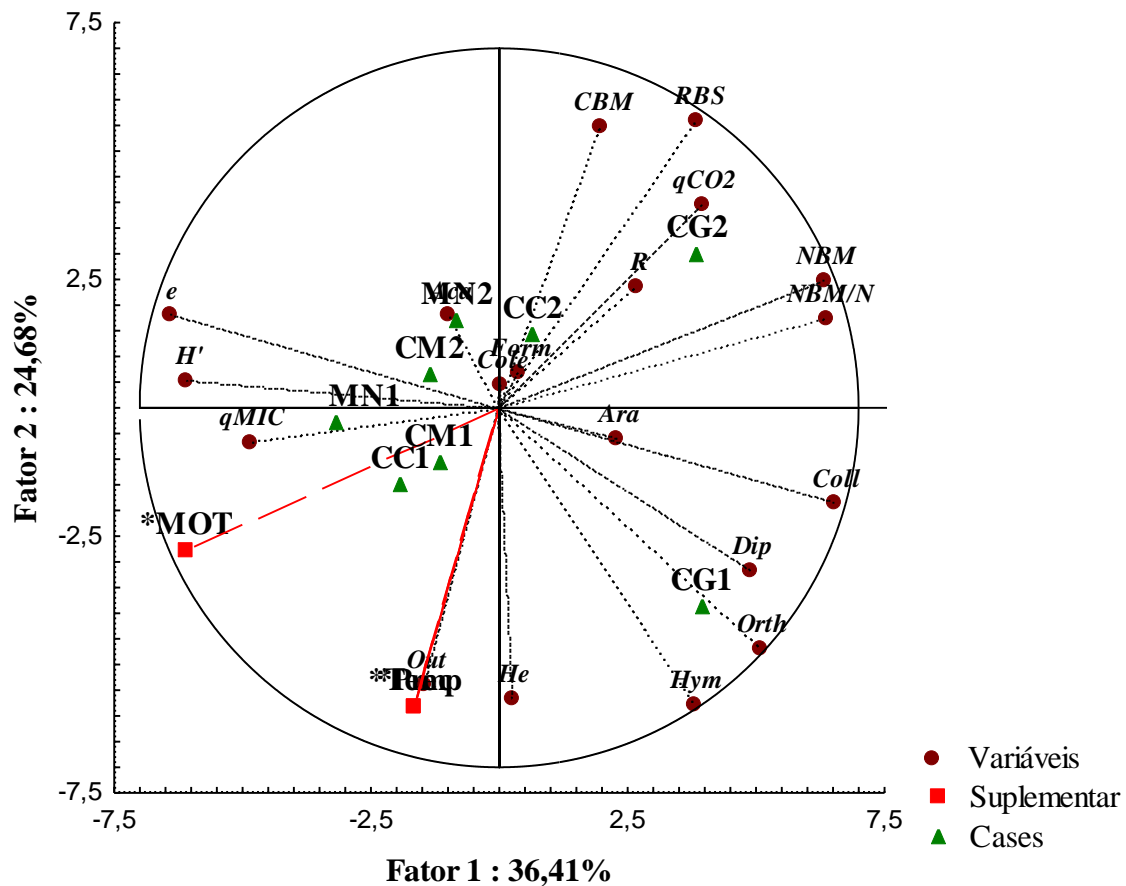
Vale ressaltar que para o presente trabalho esse percentual de explicação, embora pareça pouco, foi suficiente para visualizar dissimilaridade entre as áreas com base na atividade biológica dos solos sem grandes perdas de informações.

Percentagem de explicação semelhante (55,2%) foi utilizado por Baretta *et al.* (2008) quando analisou a diversidade de famílias de Collembola em áreas de Araucárias e por Arroio Junior, Araújo e Sousa (2011) com percentagem de 64,62% de explicação da variância dos dados.

Na figura 10 encontra-se o circulo das correlações entre as variáveis originais e os fatores, no qual são visualizadas as diferentes contribuições das variáveis na formação dos componentes principais e conseqüentemente na separação das áreas conforme alterações

ocorridas na distribuição da comunidade dos artrópodes e na atividade dos micro-organismos edáficos.

Figura 10 - Círculo das correlações entre as variáveis originais (Artrópodes e atributos microbiológicos do solo) e os fatores na análise de componentes principais das áreas cultivadas com fruteiras e de mata nativa no Vale do Curu – CE. Coll= Collembolas; Aca= Acari; Form= Formicidae; Hym= Hymenoptera; Ara= Araneae; He= Hemiptera; Dip= Diptera; Cole= Coleoptera; Orth= Orthoptera; Out = Artrópodes coletados em baixa frequência; H'= índice de Shannon; e= Pielou; RBS= Respiração basal do solo; CBM= Carbono da biomassa microbiana; NBM= Nitrogênio da biomassa microbiana; qCO₂= Quociente metabólico; qMIC= Quociente microbiano; NBM/N = Nitrogênio da biomassa microbiana por nitrogênio disponível no solo; MOT= Matéria orgânica total; Prec= Precipitação; Temp= Temperatura; MN1= Mata nativa período chuvoso; CM1= Cultivo mangueira período chuvoso; CG1= Cultivo goiabeira período chuvoso; CC= Cultivo coqueiro período chuvoso; MN2= Mata nativa período seco; CM2= Cultivo mangueira período seco; CG2 = Cultivo goiabeira período seco e CC2= cultivo coqueiro período seco



Fonte: Araújo, 2014.

A ACP mostrou que as categorias ecológicas foram suficientes para separar os quatro sistemas estudados, e para indicar que composições de artrópodes e atributos microbianos foram mais associadas com cada um dos sistemas.

As posições das variáveis no gráfico (FIGURA 10) indicam a formação de diferentes grupos, os quais ficaram ordenados em distintos quadrantes e que apresentaram díspares contribuições na formação dos componentes principais.

No primeiro quadrante (Canto superior direito) ficaram as variáveis RBS, CBM, NBM, qCO_2 , NBM/N, Riqueza, Formicidae e Coleoptera, enquanto que no segundo quadrante (Canto superior esquerdo) as variáveis e (Equitabilidade), H' (Diversidade), e Acari. Já no terceiro quadrante (Canto inferior direito) ficaram os Hemiptera, $qMIC$ e 'Outros' (Soma dos artrópodes coletados em baixa frequência), enquanto que no quarto quadrante os Collembola, Orthoptera, Diptera, Hymenoptera e Araneae.

As variáveis suplementares (temperatura, precipitação e matéria orgânica) ficaram ordenadas em um único quadrante e demonstraram altas correlações com as variáveis 'Outros', Hemiptera e $qMIC$ e em menor intensidade com as variáveis H' (Índices de diversidade) e e (Equitabilidade).

Observou-se que a área CG1 (Chuvoso) apresentou uma alta correlação entre as variáveis (Artrópodes) na qual tiveram maiores contribuições na separação da mesma os Collembola, Hymenoptera, Orthoptera, Hemiptera, Diptera e em menor proporção Araneae. Enquanto que a área CG2 (Seco) as maiores correlações ocorreram com as variáveis (Microbiológicas) que foram: RBS, NBM, NBM/N, CBM, qCO_2 e R.

Esses resultados sugerem que dentro dessa área ocorre uma maior atividade dos artrópodes de solo no período chuvoso enquanto que no período seco uma maior atividade microbiana e que possivelmente podem ser explicados, em decorrência de uma maior variabilidade de fatores ambientais tornando-se menos favorável em termos de temperatura, umidade (FIGURA 2) e de menor qualidade da matéria orgânica da serapilheira (TABELA 2).

Vale lembrar, que a substituição da vegetação nativa por espécies fruteiras e de forma extensiva, provoca modificação do ambiente abiótico (solo), que por sua vez altera a comunidade biológica dessas áreas. Os cultivos consistem basicamente em monoculturas, a qual interfere diretamente na biodiversidade dessas áreas e, portanto, na estrutura e funcionalidade desses ecossistemas.

Outro fator é que essa área (CG) vem sofrendo constantes movimentações de máquinas na realização de roços mecânicos que contribui com uma maior compactação do solo, e com isso, modifica as estruturas que servem de refúgios além de dificultar a movimentação de organismos anésicos (cavam e vivem em galerias).

A maior atenção dada aos resultados dessa área (CG), não é pelo fato de ter apresentado maior atividade dos organismos edáficos, mas sim, por ter se distanciado das demais áreas, e em especial, da área de mata nativa utilizada como referência.

Quanto à atividade microbiana, em geral, aumento na temperatura atmosférica corresponde a aumento do metabolismo desses organismos. As taxas de crescimento e atividade são características individuais de cada comunidade microbiana e podem variar de forma independente, o que implica dizer que as condições climáticas que favorecem um elevado nível de atividade microbiana, nem sempre proporcionam um elevado crescimento microbiano e aumento da biomassa associada.

As áreas MN1, MN2 e CM2 apresentaram maiores valores de Equitabilidade, Diversidade, qMIC e Acari. Esses resultados demonstram que a área manejada com cultivo de coqueiros no período seco mostrou-se similar às condições encontradas em área de mata nativa em ambos os períodos, ou seja, apresentando um maior equilíbrio entre os grupos dos artrópodes edáficos e da atividade microbiana do solo.

Enquanto que para as áreas CC1 e CM1 apresentaram maiores correlações das variáveis Hemiptera e outros, e que demonstrou estarem sendo influenciadas pela temperatura e precipitação. O que implica dizer que esses dados ambientais podem estar contribuindo para um maior valor desses organismos nessas áreas e nesse período.

As diferenças entre as áreas de estudo foram mais expressivas na época chuvosa, onde os maiores valores de índice de diversidade foram nos cultivos de mangueiras e de coqueiros (TABELA 3). Embora a coleta de indivíduos tenha sido superior no cultivo de goiabeiras, este tratamento sofreu mais com os efeitos da redução de umidade ao longo do tempo, enquanto que nas demais áreas e em especial a de mata nativa, alterou-se pouco com a redução da umidade, mesmo tendo sido amostrada uma quantidade reduzida da riqueza dos táxons (TABELA 3).

O reduzido número de trabalhos encontrados na literatura sobre as atividades biológicas dos solos em áreas manejadas com cultivos de fruteiras em condições de semiaridez (Floresta Tropic Seca), dificultou a discussão desse trabalho em virtude de não apresentar parâmetros comparativos no qual permitisse maior confronto dos resultados e de melhores conclusões dos mesmos, o que nos leva acreditar que a realização desse trabalho pode contribuir para que muitos outros possam ser realizados.

6 CONCLUSÕES

O sistema com cultivo de goiabeiras mostrou-se instável ao longo do tempo em relação à estrutura da comunidade dos artrópodes do solo.

Os artrópodes de solo mostraram-se sensíveis as alterações ocasionadas pelos sistemas de manejos do solo, possibilitando a sua indicação como importante ferramenta para aplicar-se como bioindicadores da qualidade do solo.

A abundância e riqueza de espécies dos grupos taxonômicos da macrofauna edáfica varia com a época de coleta e são favorecidas na época chuvosa.

O sistema com cultivo de coqueiros propicia melhores características do solo e aumento na abundância e riqueza de espécies da macrofauna invertebrada.

De maneira geral ocorrem pequenas variações na composição da meso e macrofauna nas diferentes áreas de cultivo na fazenda Vale do Curu - CE, sendo que os principais grupos foram classe Collembola, família Formicidae (Hymenoptera) e a subclasse Acari.

A atividade microbiológica do solo foi sensível às alterações antropogênicas nos cultivos de fruteiras da Fazenda Vale do Curu – CE.

O carbono da biomassa microbiana (CBM), nitrogênio da biomassa microbiana (NBM) e o quociente metabólico (qCO_2), foram os principais atributos microbiológicos do solo responsáveis por identificar dissimilaridades entre as áreas.

Correlações entre as variáveis microbiológicas e faunísticas do solo foram baixas, com correlações significativas somente entre Collembola, NBM e NBM/N.

REFERÊNCIAS

- AGENCIA DE DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO CEARÁ S/A. **Frutas do Ceará 2011**. Fortaleza, 2013.
- AGUIAR, M. J. N. *et al.* Dados climatológicos: Estação de pentecoste, 2003. 1. ed. Fortaleza. **Embrapa Agroindústria Tropical**, 2004.
- ALEF, K.; NANNIPIERI, P. *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. London: Academic Press, 1995. 576 p.
- ALVES, T. S. *et al.* Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, p. 341-347, 2011.
- ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A. de; NASCIMENTO, S. S. do. Degradação da caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 126-135, 2009.
- ANDERSON, J. D.; INGRAM, L. J.; STAHL, P. D. Influence of reclamation management practices on microbial biomass carbon and soil organic carbon accumulation in semiarid mined lands of Wyoming. **Applied soil ecology**, v. 40, p. 387-397, 2008.
- ANDRESEN, L. C. *et al.* Bacteria and fungi respond differently to multifactorial climate change in a temperate Heathland, traced with ¹³C-Glycine and FACE CO₂. **PLoS ONE**, v. 9, p. 387 - 397, 2014. doi:10.1371/journal.pone.0085070.
- ARAÚJO, A. S. F. *et al.* Soil microbial properties and temporal stability in degraded and restored lands of Northeast Brazil. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 66, p. 175 - 181, 2013.
- ARAÚJO FILHO, J. A. Sistemas agroflorestais sustentáveis pecuários para regiões semiáridas. *In: Curso para organização de assistência técnica sobre manejo florestal sustentável de uso múltiplo da Caatinga*. Projeto MMA/PNUD/GEF/BRA/02/G31. Patos, 2009.
- ARROIO JUNIOR, P. P.; ARAÚJO, R. R.; SOUSA, A. Monitoramento da qualidade da água no manancial do Rio Santo Anastácio, Presidente Prudente. **Colloquium Exactarum**, v. 3, p. 10-17, 2011.
- ASSAD, M. L. L. 1997. Fauna do solo. *In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. Biologia dos solos dos serrados*. Planaltina: EMBRAPA. p. 363 - 443.
- ASPLUD, J.; BOKHORST, S.; WARDLEA, D. Secondary compounds can reduce the soil micro-arthropod effect on lichen decomposition. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 66, p. 10-16, 2013.
- AQUINO, A. M. de. *et al.* Invertebrate soil macrofauna under different ground cover plants in the no-till system in the Cerrado. **European Journal of Soil Biology**, v. 44, p. 191-197, 2008.
- BALOTA, E. L.; COLOZZI FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 641-649, 1998.

BARETTA, D. *et al.* Earth worm populations sampled using collection *Araucaria angustifolia* methods in Atlantic Forests. **Scientia Agricola**, v. 64, p. 384-392, 2007.

BARETTA, D. **Fauna do solo e outros atributos edáficos como indicadores da qualidade ambiental em áreas com *Araucária angustifolia* no Estado de São Paulo**. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.

BARETTA, D. *et al.* Colêmbolos (hexapoda: collembola) como bioindicadores de qualidade do solo em áreas com araucária angustifolia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v 32, p. 2693-2699, 2008.

BARETTA, D.; BROWN, G. G.; CARDOSO, E. J. B. N. Potencial da macrofauna e outras variáveis edáficas como indicadores da qualidade do solo em áreas com araucária angustifolia. **Acta Zoológica Mexicana**, v. 2, p. 135-150, 2010.

BARETTA, D. *et al.* Fauna edáfica e qualidade do solo. **Tópicos Ciência do Solo**, v. 7, p. 119-170, 2011.

BARRETO, P. A. B. *et al.* Atividade microbiana, carbono e nitrogênio da biomassa microbiana em plantações de eucalipto, em seqüência de idades. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, p. 611-619, 2008.

BOLGER, T.; KENNY, J.; ARROYO, J. The Collembola fauna of Irish forests - a comparison between forest type and microhabitats within the forests. **Soil Organisms**, v. 85, p. 61-67, 2013.

BROOKES, P.C., LANDMAN, A.; PRUDEN, G., JENKINSON, D.S. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford. v. 17, p. 837-842, 1985.

CORREIA, M. E. F. **Relações entre a diversidade da fauna de solo e o processo de decomposição e seus reflexos sobre a estabilidade dos ecossistemas**. Seropédica: EMBRAPA-AGROBIOLOGIA, 2002, 33p. (EMBRAPA AGROBIOLOGIA. Documentos 156). 2002.

CUNHA, J. **Fruticultura: O Nordeste em transformação**. São Paulo: [s.n.], 2009. 7p.

DÁTTILO, W. *et al.* Mutualistic interactions between ants and plants. **EntomoBrasilis**, v. 2, p. 32-36, 2009.

DJAU, M. A.; ALCÂNTARA, S. M. P.; REIS, J. N. P. **Mapeamento dos arranjos produtivos da fruticultura no Estado do Ceará**. II Colóquio Sociedade, Políticas Públicas, Cultura e Desenvolvimento - CEURCA Universidade Regional do Cariri - URCA, Crato. Ceará. Brasil, 2012.

DUC, C.; NENTWIG, W.; LINDFELD, A. No adverse effect of genetically modified antifungal wheat on decomposition dynamics and the soil fauna community – A field study. **PLOS ONE**, v. 6, 2011.

DUTRA, C. C. **Impacto de algodão geneticamente modificado resistente a insetos sobre a entomofauna do solo**. 2009. Dissertação (Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) - Universidade Federal da Grande Dourados, 2009. 54p.

DUTRA, C. C. **Risco bioecológico do milho transgênico em insetos não-alvo do sistema de produção**. 2012. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, 2012. 72p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Circular Técnica 18 On line. **Recomendações para coletas de artrópodes terrestres por armadilhas de queda (“Pitfall Traps”)**. Fortaleza, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Circular Técnica 25 On line. **Manejo da irrigação do coqueiro anão**. Fortaleza, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análises de solo. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPq, 1997. v.1. 210p.

ESTRADE, J. R. *et al.* Tillage and soil ecology: Partners for sustainable agriculture. **Soil & Tillage Research**, v. 111, p. 33-40, 2010.

FERNANDES, M. M. *et al.* Influência de diferentes coberturas florestais na fauna do solo na Flora Mário Xavier, no município de Seropédica, RJ. **Floresta**, v. 41, p. 533-540, 2011.

FERREIRA, E. A. B.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C.; RAMOS, M. L. G. Dinâmica do carbono da biomassa microbiana em cinco épocas do ano em diferentes sistemas de manejo do solo no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p.1625-1635, 2007.

GANGE, A.C. Arbuscular mycorrhizal fungi, Collembola and plant growth. **TREE** 15, p. 369-372, 2000.

GLAESER, D. F. *et al.* Biomassa microbiana do solo sob sistema de cultivo orgânico em cultivos de café. **Ciências biológicas, agrárias e da saúde**, v. 14, p. 2010.

HAVLICEK, E. Soil biodiversity and bioindication: From complex thinking to simple acting. **European Journal of Soil Biology**, v. 49, p. 80-84, 2012.

HODGE, A. *et al.* Plant N capture and microfaunal dynamics from decomposing grass and earthworm residues in soil. **Soil Biology and Biochemistry**. v. 32, p. 1763-1772, 2000.

HOLE, D. G. *et al.* Does organic farming benefit biodiversity?. **Science Direct**, v. 122, p. 113-130, 2005.

IBÁÑEZ, J. J.; KRASILNIKOV, P. V.; SALDAÑA, A. Archive and refugia of soil organisms: Applying a pedodiversity framework for the conservation of biological and non-biological heritages. **Journal of Applied Ecology**. v. 49, p.1267-1277, 2012.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Estudos e pesquisa: informação geográfica número – 9. **Indicadores de desenvolvimento sustentável – Brasil 2012**, Rio de Janeiro, 2012.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 11 jan. 2012.

JANSSON, J. K.; TAS, A. N. The microbial ecology of permafrost. **Nature reviews microbiology**. v. 12, p. 414 – 425, June 2014.

LAVELLE, P. Diversity of Soil Fauna and Ecosystem Function. **Biology Internacional**. n. 33, p. 16, July 1996.

LAVELLE, P. Ecology and the challenge of a multifunctional use of soil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 803- 810, 2009.

LAVELLE, P. *et al.* The impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics. In: **Myths and Science of Soils of the Tropics** (Ed. by P.A. Sanchez and R. Lal), p. 157-185, 1992.

LAVELLE, P. *et al.* Soil ecosystem services and land use in the rapidly changing Orinoco River Basin of Colombia. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v. 185, p. 106-117, 2014.

LAVELLE, P. *et al.* Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. 3 -15, 2006.

LUDWIG, R. L. *et al.* Efeito de diferentes sistemas de uso do solo na diversidade da fauna edáfica na região central do Rio Grande do Sul. **Enciclopédia biosfera**, v.8, p. 485 - 495, 2012.

LUSSENHOP, J. BASSIRIRAD, H. Collembola effects on plant mass and nitrogen acquisition by ash seedlings (*Fraxinus pennsylvanica*). **Soil Biology & Biochemistry**. v. 37, p. 645-650, 2005.

MAIA, A. M. **Atividade da microbiota do solo associada ao melão cultivado com o composto orgânico Bokashi**. 2006. Dissertação (Mestrado em Agronomia solo e Nutrição de Plantas) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006. 70p.

MARTINS, C. M. *et al.* Atributos químicos e microbianos do solo de áreas em processo de desertificação no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1883-1890, 2010.

MAUNSELL, S. C. *et al.* Springtail (Collembola) assemblages along an elevational gradient in Australian subtropical rainforest. **Australian Journal of Entomology**. v.52, p. 114-124, 2013.

MCDANIEL, M. D. *et al.* Climate change interaction saffect soil carbon dioxide efflux and microbial functioning in a post-harvest forest. **Oecologia**, v. 174, p. 1437-1448, 2014.

- MOÇO, M. K. S. *et al.* Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 555-564, 2005.
- MOÇO, M. K. S. *et al.* Relationships between invertebrate communities, litter quality and soil attributes under different cacao agroforestry systems in the south of Bahia, Brazil. **Applied Soil Ecology**. v. 46, p. 347-354, 2010.
- MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.39, n.11, p.1103-1110, nov. 2004.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 729 p.
- NICODEMO, M. L. F. Uso de biomassa microbiana para avaliação de qualidade do solo em sistemas silvipastoris. **Embrapa Pecuária Sudeste**. São Carlos, 2009. 35 p. (Documentos / Embrapa Pecuária Sudeste, 93).
- NUNES, L. A. P. L.; ARAÚJO FILHO, J. A.; MENEZES, R. I. Q. Recolonização da fauna edáfica em áreas de caatinga submetidas a queimadas. **Revista Caatinga**, v. 21, p. 214-220, 2008.
- NUNES, L. A. P. L.; ARAUJO FILHO, J. A.; MENEZES, R. I. Q. Diversidade da fauna edáfica em solos submetidos a diferentes sistemas de manejo no semi-árido nordestino. **Scientia Agrária**, v. 10, p. 43-49, 2009.
- ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1983. 434 p.
- OLIVEIRA, C. M.; RESCK, D. V. S.; FRIZZAS, M. S. Artrópodes edáficos: Influência dos sistemas de preparo do solo e de rotação de culturas. **Embrapa Cerrados**. Planaltina, 2006. 26p.
- OLIVEIRA, A. N. *et al.* Influência do pH e temperatura sobre a atividade amilolítica de rizóbios isolados de solos da Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 40, p. 401-404, 2010.
- PEREIRA, R. M. A. *et al.* Estudos fenológicos de algumas espécies lenhosas e herbáceas da Caatinga. **Ciências Agronomicas**, v. 20, p. 11-20, 1989.
- PEREIRA, R. C.; ALBANEZ, J. M.; MAMÉDIO, I. M. P. Diversidade da meso e macrofauna edáfica em diferentes sistemas de manejo de uso do solo em Cruz das Almas. **Magistra**, v. 24, p. 63-76, 2012.
- PEREZ, K. S. S.; RAMOS, M. L. G.; MCMANUS, C. Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejo nos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 567-573, 2004.
- POLLI, A. *et al.* Aspectos da interação dos microrganismos endofíticos com plantas hospedeiras e sua aplicação no controle biológico de pragas na agricultura. **SaBios: Rev. Saúde e Biologia**.v.7, p.82-89, 2012.

- REIS JUNIOR, F. B.; MENDES, I. C. Biomassa microbiana do solo. **Embrapa Cerrados**. Planaltina, 2007. 40 p. (Documentos / Embrapa Cerrados, 205).
- RESENDE, A. S. *et al.* Artrópodes do solo durante o processo de decomposição da matéria orgânica. *Agronomia Colombiana*, v. 31, p. 89-94, 2013.
- RODRIGUES, W. C. *et al.* Populational dynamic of brown citrus aphid (Sternorrhyncha) in organic cropping of tangerine (*Citrus reticulata* Blanco) in Seropédica – RJ. **EntomoBrasilis**, v. 3, p. 38-44, 2010.
- RODRIGUES, H. J. B. *et al.* Variabilidade quantitativa de população microbiana associada às condições microclimáticas observadas em solo de floresta tropical úmida. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 4, p. 629 – 638, 2011.
- RODRIGUES, E. P. *et al.* Qualidade de frutos de cajazeira em diferentes estádios de maturação provenientes de clones Cultivados no Ceará - CE. **Revista Caatinga**, v. 25, p. 38-43, 2012.
- RODRIGUES, W.C. Dives - Diversidade de Espécies v3.0. Entomologistas do Brasil. 2014 Disponível em: <<http://www.dives.ebras.bio.br>>. Acesso em: 21 de junho de 2014.
- ROY, H. E. *et al.* Alien arthropod predators and parasitoids: An ecological approach. **BioControl**. v. 56, p. 375-382, 2011.
- SANTOS, T. C.; JÚNIOR, J. E. N.; PRATA, A. P. N. Frutos da Caatinga de Sergipe utilizados na alimentação humana. **Scientia Plena**, v. 8, p. 1-7, 2012.
- SIDDIKY, M. R. K. *et al.* Soil biota effects on soil structure: Interactions between arbuscular mycorrhizal fungal mycelium and Collembola. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 50, p. 33-39, 2012.
- SILVA, J. *et al.* Invertebrados edáficos em diferentes sistemas de manejo do cafeeiro na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, p. 112-125, 2012.
- SILVA, C. F. *et al.* Fauna edáfica em área periodicamente inundável na restinga da Marambaia, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 587-595, 2013.
- SILVA, C. F. da. *et al.* Fauna edáfica em áreas de agricultura tradicional no entorno do Parque Estadual da Serra do Mar em Ubatuba (SP). **Revista Ciências Agrárias**, Belém, n. 52, p. 107-115, jul./dez. 2009.
- SILVEIRA NETO, S., O. NAKANO, D. BARBIN & N.A. VILLA NOVA. Manual de ecologia dos insetos. Piracicaba, Ed. Agronômica Ceres, 1976, 419p.
- SMITH, J. *et al.* The impact of two arable field margin management schemes on litter decomposition. **Applied Soil Ecology**, v. 41, p. 90-97, 2009.
- SIMÕES, S. M. O.; ZILLI, J. E.; COSTA, M. C. G.; TONINI, H.; BALIEIRO, F. C. Carbono orgânico e biomassa microbiana do solo em plantios de *Acacia mangium* no Cerrado de Roraima. **Acta Amazônia**, v. 40, p. 23-30, 2010.

SOARES, I. M. F. *et al.* Caracterização de ninhos e tamanho de colônia de *Acromyrmex rugosus* (F. Smith) (Hymenoptera, Formicidae, Attini) em restingas de Ilhéus, BA, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 50, p. 128-130, 2006.

SOUTO, P. C. *et al.* Comunidade microbiana e mesofauna edáfica sem solo sob Caatinga no semi-árido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, p. 151-160, 2008.

STATSOFT, INC. STATISTICA (Data Analysis Software System), Version 7, 2014.

TOYOTA, A. *et al.* Soil fauna increase nitrogen loss in tilled soil with legume but reduce nitrogen loss in non-tilled soil without legume. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 60, p. 105-112, 2013.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. Na extraction method for measuring microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 19, p. 703-707. 1987.

VASCONCELLOS, A. *et al.* Seasonality of insects in the semi-arid Caatinga of Northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, p. 471-476, 2010.

ZHANG, N. *et al.* Global change ecology - original research. **Oecologia**, v. 173, p. 1125-1142, 2013.

ZEPPELINI, D. Collembola Lubbock, 1873. *In: Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia.* São Paulo: Holos, 2012. cap. 13. p. 2001-2012.

ZILLI, J. E. *et al.* Diversidade microbiana como indicador de qualidade do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília**, v. 20, p. 391-411, 2003.