

**Indicadores de sustentabilidade em sistemas agroecológicos por  
agricultores familiares do semi-árido cearense**

**ADERVAN FERNANDES SOUSA**

AGOSTO - 2006  
FORTALEZA - CEARÁ  
BRASIL

**Indicadores de sustentabilidade em sistemas agroecológicos por  
agricultores familiares do semi-árido cearense**

**ADERVAN FERNANDES SOUSA**

Dissertação submetida à  
Coordenação do Programa de Pós-  
Graduação em Agronomia, área de  
concentração em Solos e Nutrição de  
Plantas, como requisito para a  
obtenção do grau de Mestre.

AGOSTO - 2006  
FORTALEZA - CEARÁ  
BRASIL

Esta dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, outorgado pela Universidade Federal do Ceará. Uma via do presente estudo encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca de Tecnologia da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

---

Adervan Fenandes Sousa

Dissertação aprovada em 03/08/2006

---

Prof.<sup>o</sup> Teógenes Senna de Oliveira – D.Sc.  
(Orientador)

---

Prof.<sup>a</sup> Irene Maria Cardoso – Ph.D.  
(Examinadora)

---

Prof.<sup>o</sup> Luiz Antônio Maciel de Paula – Ph.D.  
(Examinador)

Aos agricultores e às agricultoras  
do semi-árido cearense

DEDICO

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela fé, coragem, perseverança e força de vontade para a realização deste curso.

A minha família, sem exceção, pelo apoio.

A Rita Carolina, pelo afeto, carinho, companheirismo e amizade nas mais distintas situações que vivenciamos durante o encaminhamento deste trabalho.

Ao Professor Teógenes Senna de Oliveira, que soube cobrar quando necessário e compreender quando preciso e pela orientação deste trabalho.

Ao Professor da Universidade Federal do Ceará (UFC), Marcos Esmeraldo, pelas suas sugestões e orientações.

Ao Professor da Universidade do Vale do Acaraú (UVA), Luís Alfredo Leal Nunes, pelo o apoio dado e pela importante contribuição.

A Professora da Universidade Federal de Viçosa – MG (UFV), Irene Maria Cardoso, pelas suas contribuições e por dispor em participar da banca examinadora e sugestões críticas.

Ao Professor da Universidade Federal do Ceará, Luiz Antonio Maciel de Paula, por dispor em participar da banca examinadora e sugestões críticas.

A todos professores do curso de pós-graduação do Departamento de Ciências Solo da UFC, pelos conhecimentos transmitidos.

Ao ESPLAR, em especial a Beth e Fernanda e ao Marcus Vinícius, Pedro Jorge, Ronildo, Sílvia e Sérgio pelas suas preciosas contribuições.

Aos/as meus/minhas colegas Ana Maria, Antônio José, Eliezer, Luciano, Regília, Régis e Sandro, pelo companheirismo e vivência.

A todos/as agricultores/as pelas informações fornecidas e em especial aos agricultores José Eduardo Sobrinho e Raimundo Valentim de Sousa pela disponibilidade de suas áreas.

Aos/as funcionários/as do Laboratório de Análises de Solo e Água da FUNCEME, Antônio José, Antônio Carlos e Tavares, que contribuíram para a realização das análises.

As bolsistas do Departamento de Ciências do Solo da UFC, Camille, Priscilla e Wanderlúcia.

Aos laboratoristas Geórgia do Laboratório de Manejo do Solo e Franzé do Laboratório de Física do Solo pelo apoio nas análises.

A Herdjânia Veras de Lima pelas suas importantes contribuições e sugestões.

As/aos estudantes de Agronomia da Universidade Federal do Ceará Ana Leônia, Beatriz Simplício, Rodrigo e Valdenira pelo apoio na oficina.

A todos/as funcionários/as do Departamento de Ciências do Solo da UFC.

## ÍNDICE

	Página
1. INTRODUÇÃO .....	1
<b>CAPÍTULO 1 – INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE E A PERCEPÇÃO DOS/AS AGRICULTORES/AS FAMILIARES DO SEMI-ÁRIDO CEARENSE EM SISTEMAS AGROECOLÓGICOS .....</b>	<b>3</b>
1. INTRODUÇÃO .....	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	6
2.1. Desenvolvimento sustentável: uma proposta em construção .....	6
2.2. A agricultura familiar no semi-árido brasileiro .....	8
2.3. O cultivo do algodoeiro em bases agroecológicas no semi-árido cearense .....	10
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	18
<b>CAPÍTULO 2 – INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMAS AGROECOLÓGICOS CONDUZIDOS POR AGRICULTORES FAMILIARES DO MUNICÍPIO DE TAUÁ .....</b>	<b>29</b>
1. INTRODUÇÃO .....	29
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	31
2.1. Qualidade do solo e sua mensuração .....	31
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	34
3.1. Descrição das áreas escolhidas para avaliação .....	34
3.2. Coleta e preparo de amostras de solos .....	39
3.3. Análises químicas .....	40
3.4. Análises físicas .....	41
3.5. Fauna do solo .....	41
3.6. Produção dos sistemas agroecológicas .....	43
3.7. Análises estatísticas .....	42
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	44
4.1. Produção e renda .....	44
4.2. Qualidade biológica do solo das áreas JESA, JESN, RVSA e RVST .....	48
4.3. Qualidade física do solo das áreas JESA, JESN, RVSA e RVST .....	54
4.4. Avaliação dos níveis de fertilidades do solo das áreas JESA, JESN, RVSA e RVST .....	57
4.5. Variação dos níveis de nutrientes do solo ao longo do tempo nas áreas JESA e RVSA.....	66
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	72
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	73
7. ANEXOS .....	81

## RESUMO

SOUSA, Adervan Fernandes. Indicadores de sustentabilidade em sistema agroecológicos conduzidos por agricultores familiares do semi-árido cearense. 93p. (Dissertação de Mestrado). Mestre em Agronomia. Área de concentração: Solos e Nutrição de Plantas. UFC, Fortaleza – CE.

Para avaliar a percepção dos/as agricultores/as quanto às mudanças em seus sistemas de produção e alguns indicadores destas, o presente trabalho foi desenvolvido com agricultores/as adotantes de sistemas de produção de algodão em bases agroecológicas no semi-árido cearense. A proposta de produção do algodoeiro nas bases comentadas tem a efetiva participação dos/as agricultores/as em todo o processo e busca a sustentabilidade ecológica dos sistemas, por meio de práticas que mantenham ou recuperem as fertilidades física, química e biológica do solo. A identificação de indicadores foi feita através do diagnóstico participativo envolvendo agricultores dos municípios de Tauá, Choró e Massapê. Os indicadores selecionados foram os de qualidade química: carbono orgânico total (COT), taxa de estratificação do COT, teores médios de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^{+}$  trocáveis, fósforo (P) disponível, capacidade de troca catiônica (CTC) e valores de pH do solo; os de qualidade física: densidade do solo, macro e microporosidade e retenção de umidade; e os de qualidade biológica: diversidade, abundância, riqueza, índices de Shannon e de Pielou da fauna epigeica do solo. Para testá-los, foram avaliadas quatro áreas a saber: duas sob sistema de produção em bases agroecológicas pertencentes aos agricultores José Eduardo Sobrinho (JESA) e Raimundo Valentim de Sousa (RVSA) e duas outras áreas, sendo uma sob vegetação natural (JESN) e outra sob cultivo tradicional (RVST), também dos mesmos

agricultores citados e na seqüência respectiva. Essas áreas estão localizadas no município de Tauá – CE. Com os resultados obtidos, concluiu que os/as agricultores/as que adotam os sistemas de produção em bases agroecológicas são capazes de identificar indicadores de sustentabilidade em suas áreas nos diferentes aspectos considerados no contexto de sustentabilidade – solo (ambiental), social e econômico, e que as qualidades química, física e biológica do solo da área JESA foram superiores as da área JESN. Por outro lado, as qualidades química, física e biológica das áreas RVSA e RVST, foram semelhantes.

## SUMMARY

SOUSA, Adervan Fernandes. Agroecológicos pointers of sustentabilidade in system lead by family agriculturists at the Ceará state semiarid. 93p. (Dissertação de Mestrado). Master in Agronomy. Area of concentration: Ground and Nutrition of Plants. UFC, Fortaleza - CE.

To evaluate the farmer's perception about the changes in their systems and in some production pointers, the present work was developed with farmers that adopt cotton production systems in agroecológicas bases at the Ceará state semiarid. The cotton plant production proposal in the commented bases has the effective participation of farmers in the whole process and try to find the ecological support of the systems by means of practice that keep or recover the physical, chemical and biological ground fertilities. The pointers identification diagnosis was made with the participation of agriculturists in the cities of Tauá, Choró and Massapê. The selected pointers were chemical quality: total organic carbon (COT), stratification rate of the COT, exchangeable average rates of  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$ , available phosphorus (P), cationic exchange capacity (CTC) and pH values of the ground; physical quality: ground density, macro and microporosity, and humidity retention; and biological quality: diversity, abundance, richness, Shannon and Pielou's indices of ground epigenetic fauna. Four areas were evaluated to test them: two under system of production in

agroecológicas bases belonging to the agriculturists José Eduardo Sobrinho (JESA) and Raimundo Valentim de Sousa (RVSA) and two other areas, being one under natural vegetation (JESN) and another one under traditional culture (RVST) belonging respectively to the same agriculturists. These areas are located in the city of Tauá, Ceará. With the achieved results, one has concluded that farmers that adopt the production systems in agroecológicas bases are capable to identify supportive pointers in its areas at different aspects considered in the context of support – ground (ambient), social and economic, and that the chemical, physical and biological qualities of the ground in the area JESA have been superior than in the area JESN. On the other hand, the chemical, physical and biological qualities in the areas RVSA and RVST were similar.

## 1. INTRODUÇÃO

A história da nossa civilização está muito mais relacionada com a cultura agrícola do que com a industrial (Paulus & Schindwein, 2001). A evolução dos sistemas agrícolas é o resultado da co-evolução entre a cultura (humana) e o meio ambiente (Gliessman, 2003). Ela se caracterizou por grandes transformações no funcionamento do meio ambiente e destruiu, em algumas décadas, o que a natureza levou milhões de anos para formar. Diante de tal situação, cada vez mais a sociedade tem manifestado suas preocupações em relação aos níveis de degradação do meio ambiente e com o futuro das próximas gerações. Tais preocupações indicam a necessidade de desenvolver atividades que garantam a sobrevivência da geração atual, sem ameaçar as futuras, o que significa observar, além das suas necessidades, a conservação dos recursos naturais, mantendo a dinâmica natural dos ecossistemas. Esta questão resultou na criação de conferências e fóruns mundiais nos quais uma série de medidas foi discutida, com o intuito de regulamentar modelos de desenvolvimento sustentáveis e de orientar a população mundial na implantação destes.

O modelo de desenvolvimento proposto nesses eventos considera os impactos gerados sobre o meio natural e as conseqüências socioculturais (Marazall & Almeida, 2000), como quesitos básicos a serem considerados para se alcançar um desenvolvimento justo, igualitário e sustentável.

O debate sobre desenvolvimento sustentável alcançou grandes dimensões em todo mundo a partir de meados dos anos 80, tornando um tema muito importante nos debates sociais. A solidificação da idéia de sustentabilidade se consagrou internacionalmente na conferência mundial ocorrida no Rio de Janeiro, então nomeada Rio-92 (Pinheiro, 2000).

Mesmo antes da Rio-92, várias organizações sociais e grupos de agricultores desenvolveram propostas de produção baseadas nos princípios de sustentabilidade. O ESPLAR, por exemplo, uma Organização Não Governamental (ONG) que atua no semi-árido cearense, desenvolve, desde 1989, juntamente com agricultores familiares da região estratégias de produção do algodoeiro em bases agroecológicas, buscando a interação entre os aspectos econômico, social e ambiental.

O sistema de cultivo em bases agroecológicas tem mostrado resultados promissores no que diz respeito ao desenvolvimento de formas mais sustentáveis de produção. Nele se busca a sustentabilidade ambiental, observando os processos que ocorrem na natureza, sendo que, para tanto, utiliza técnicas que favoreçam a reciclagem de nutrientes e as fertilidades química, física e biológica do solo. Contudo, segundo Gliessman (2003), a prova desta sustentabilidade estará sempre no futuro. Torna-se patente, portanto, a necessidade de construir indicadores que possibilitem, numa perspectiva de longo prazo, a mensuração e a avaliação de forma detalhada e efetiva das modificações ocorridas nos sistemas de produção e que os mesmos sejam de fácil aplicabilidade prática (Deponi et al., 2002). Entretanto, se conhecem poucos instrumentos ou indicadores adequados para avaliar a viabilidade e adaptabilidade dos sistemas de produção em bases agroecológicas (Altieri, 1998).

Sob a hipótese de que os sistemas agroecológicos proporcionam alterações na qualidade do solo e de que os agricultores são capazes de perceber estas alterações, pretende-se com este trabalho alcançar os seguintes objetivos:

- Identificar e sistematizar indicadores de sustentabilidade, a partir da percepção dos agricultores (as) familiares, com foco em possíveis melhorias na qualidade do solo, em sistemas agroecológicos desenvolvidos no semi-árido cearense;
- Selecionar e testar alguns indicadores de sustentabilidade percebidos pelos/as agricultores/as familiares associados à qualidade do solo.

## **CAPÍTULO 1**

### **PERCEPÇÃO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PELOS/AS AGRICULTORES/AS FAMILIARES DO SEMI-ÁRIDO CEARENSE EM SISTEMAS AGROECOLÓGICOS**

#### **1. INTRODUÇÃO**

Há mais de dez anos, agricultores/as familiares do semi-árido cearense desenvolvem, com o apoio do ESPLAR, sistemas de produção do algodoeiro em bases agroecológicas. O manejo adotado nesses sistemas é o resultado do acúmulo de conhecimento construído ao longo dos anos de forma gradativa e com a efetiva participação dos/as envolvidos/as (Lima, 2005).

A proposta de produção do algodoeiro em bases agroecológicas visa à efetiva participação dos/as agricultores/as em todo o processo e busca a sustentabilidade ecológica dos sistemas, por meio de práticas que mantenham ou recuperem as fertilidades física, química e biológica do solo.

Entretanto, as reais modificações do solo proporcionadas por manejos que visam a sustentabilidade dos sistemas só poderão ser percebidas, segundo Gliessman (2003), no futuro. Diante disso, surge a necessidade de construir indicadores que possibilitem a mensuração, o monitoramento e a avaliação de possíveis modificações ocorridas nos sistemas.

Indicador é um instrumento que permite a avaliação de um sistema e que determina o nível ou a condição em que esse sistema deve ser mantido para que seja sustentável (Deponi & Almeida, 2003). Vários autores têm se empenhado na tentativa de identificar indicadores. Doran & Parkin (1994) sugerem a utilização, sempre que possível, de critérios que envolvam os processos ocorrentes nos ecossistemas; integrem propriedades e processos físicos, químicos e biológicos; sejam acessíveis e aplicáveis no campo; tenham sensibilidade à variação de manejo e de clima; e que componham banco de dados de solos.

Segundo Altieri (1998) é necessário incluir, no processo de monitoramento e avaliação os níveis de segurança alimentar, fortalecimento social, potencial econômico e independência ou autonomia das famílias produtoras, além da quantificação da produção de alimentos e do controle de qualidade do solo ou da água. Isso implica na necessidade de estudar não apenas o balanço do que entra e do que sai do sistema, mas também o que ocorre ou poderia ocorrer dentro e fora do mesmo (Caporal & Costabeber, 2002).

Fernández & Garcia (2001) sugerem cinco propriedades dos agroecossistemas que podem ser usados como indicadores de sustentabilidade: produtividade, estabilidade, sustentabilidade ambiental, equidade e autonomia. Caporal & Costabeber (2002) consideram que, para o desenvolvimento rural sustentável, deve-se levar em conta seis aspectos os quais se relacionam entre si e estão divididos em três níveis: ecológico, econômico e social (primeiro nível), cultural, político (segundo nível) e ética (terceiro nível).

No que se refere à forma de construção dos indicadores, é importante possibilitar a participação dos/as agricultores/as, pois os/as mesmos/as são os/as principais interessados/as e conhecedores/as do processo (Marazall & Almeida, 2000). A participação das famílias agricultoras em todos os estágios de monitoramento e avaliação dos sistemas de produção deve ser garantida para os mesmos tornem-se força geradora dos objetivos e atividades dos projetos de desenvolvimento rural sustentável (Martins, 2000).

É importante considerar o saber historicamente acumulado pelos/as agricultores/as, especialmente aos vinculados à agricultura familiar (Martins 2000), pois este conhecimento local responde à prioridade e à capacidade das comunidades rurais, em desenvolver agroecossistemas eficazes, rentáveis e sustentáveis (Guzmán, 2001). Portanto, é necessário viabilizar espaço de negociação nos quais a comunidade local

possa expressar seus interesses e necessidades de forma horizontal com as demais pessoas envolvidas (Caporal & Costabeber, 2002), o que resultará, desta forma, em uma interação entre produtores/as e pesquisadores/as de estratégias sustentáveis de produção.

Neste contexto, objetivou-se neste capítulo identificar indicadores de sustentabilidade a partir da percepção dos/as agricultores/as familiares que conduzem sistemas agroecológicos com o algodoeiro no semi-árido cearense.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Desenvolvimento sustentável: uma proposta em construção

Na concepção de sustentabilidade, o desenvolvimento almejado baseia-se no equilíbrio entre as dimensões econômica, sociocultural e ambiental, o que torna o processo de transição, lento e sempre dinâmico, pois se dá no embate de racionalidades diferentes, existindo distintas visões sobre o assunto. Neste contexto é necessário um novo compromisso social que vá além da competitividade e da rentabilidade (Martins, 2000).

Os problemas mais complexos são observados e para a sua mediação é necessário um enfoque sistêmico e multidisciplinar, pressupondo ações locais com visão global (Martins, 2000). Por outro lado, a abordagem disciplinar é ignorada, porque se restringe a solução de um pequeno grupo de problemas se remetendo a uma visão reducionista (Pinheiro, 2000). A diferença entre estes dois paradigmas se dá pelo fato da multidisciplinaridade não considerar apenas aspectos disciplinares, mas pelo seu caráter de redimensionar o objeto da disciplina científica a partir de enfoques multifacetários, mantendo a técnica como parte integrante da reflexão científica, contrabalançando-a pela formação sociocultural histórica (Neto, 2000).

A confluência das diferentes disciplinas, em decorrência da interdisciplinaridade, permite compreender o funcionamento dos ciclos minerais, as transformações de energia, os processos biológicos e as relações socioeconômicas como um todo e na análise dos diferentes processos que ocorrem no agroecossistema (Leff, 2002). A abordagem holística e o enfoque sistêmico tornam-se importantes,

pois dão um tratamento integral a todos os elementos do agroecossistema e, exige uma combinação de meios e conhecimentos tradicionais e modernos, sem que uma forma de conhecimento sobreponha a outra. Este enfoque tem se tornado cada vez mais necessário, em detrimento da crescente complexidade de sistemas organizados e manejados pela humanidade e da emergência do conceito de sustentabilidade (Pinheiro, 2000; Caporal & Costabeber, 2002; Fernández & Garcia, 2001).

O desenvolvimento sustentável é um modelo que preconiza satisfazer às necessidades presentes sem comprometer os recursos necessários à satisfação das gerações futuras, buscando atividades que funcionem em harmonia com a natureza e promovendo, acima de tudo, a melhoria da qualidade de vida de toda sociedade. Este paradigma surge como uma revisão das relações sócio-econômico-cultural-ambientais, com a exigência de incluir novas concepções e atitudes na responsabilidade humana (Jará, 2001). Esse conceito resultou do amadurecimento das consciências e do conhecimento dos problemas sociais e ambientais, bem como de várias formulações acadêmicas e técnicas que surgiram com críticas ao economicismo e defesa do respeito ao meio ambiente e às culturas (Buarque, 2002).

O aproveitamento de forma duradoura dos recursos naturais só é possível por meio da transição de um modelo convencional para um modelo sustentável de produção, ou seja, estabelecer formas mais produtivas e igualitárias, mas, também, melhores formas de convivência social e de relação com a natureza. A agricultura é uma atividade que depende, necessariamente, dos recursos naturais e dos processos ecológicos e, na mesma medida, dos desenvolvimentos técnicos humanos e do trabalho (Fernández & Garcia, 2001).

Agricultura sustentável deve incorporar valores humanos básicos, valorizar as comunidades rurais em seus aspectos humanos e culturais, considerando no mesmo patamar, tanto a diversidade cultural quanto a biodiversidade vegetal e animal (Schlindwin & Paulus, 2001). Portanto, a sustentabilidade de um agroecossistema só é alcançada, quando se consegue, por meio de um enfoque interdisciplinar, o equilíbrio entre diferentes dimensões, onde o fundamento ecológico se combina com os componentes sociais, econômicos e políticos (Gliessman, 2003). O desenvolvimento rural sustentável deve ser concebido a partir das concepções culturais e políticas dos grupos sociais, considerando-se suas relações de diálogos e de integração com a sociedade maior (Caporal & Costabeber, 2002).

Os sistemas de cultivo em bases agroecológicas têm mostrado resultados promissores no que diz respeito ao desenvolvimento de formas mais sustentáveis de produção. Segundo Caporal & Costabeber (2003), estes sistemas buscam contextos de sustentabilidade crescentes, alicerçados em estilos de agricultura compatíveis com a heterogeneidade dos agroecossistemas, considerando os conhecimentos locais, os avanços científicos e a socialização de saberes, além do uso de tecnologias menos agressivas ao meio ambiente e à saúde das pessoas. Entretanto, a construção deste paradigma está em processo onde o velho não serve mais e o novo ainda não está perfeitamente delineado, o que exige novas formas de tecnologias e de organização social (Gomes, 2003).

Qualquer definição de agricultura sustentável deve observar o sistema inteiro, valorizar os componentes humanos tanto quanto os ecológicos (Fernández & Garcia, 2001; Guzmán, 2002; Leff, 2002; Gliessman, 2003; Caporal & Costabeber, 2003 & Gomes, 2003). As técnicas utilizadas devem ser ecologicamente apropriadas e culturalmente apropriáveis, onde se faz necessário que os saberes tradicionais se confluem com os conhecimentos científicos modernos. Elas devem permitir, ainda, a otimização da unidade de produção através da incorporação de novos elementos às práticas tradicionais de manejo, tratando os recursos naturais de acordo com suas formas de ser, com condições de existência, de renovação e de evolução (Leff, 2002). A condição essencial para a agricultura sustentável é um ser humano evoluído cuja atitude em relação à natureza seja de coexistência e não de exploração da mesma (Fernández & Garcia, 2001).

A abordagem agroecológica, inclui não só produção crescente, mas também propriedades como sustentabilidade, segurança alimentar, estabilidade biológica, conservação de recursos e equidade (Altieri, 1998). Isso implica na consideração da complexidade de processos biológicos, sociais e políticos, garantindo a circulação dos bens produzidos até que cheguem ao consumidor (Guzmán, 2002).

## **2.2. A agricultura familiar no semi-árido brasileiro**

Uma infinidade de metodologias, critérios e variáveis é sugerida para construir o conceito de agricultura familiar, entretanto, nenhuma delas é inteiramente satisfatória (Guanziroli & Cardim, 2000). De modo geral, na agricultura familiar, a própria família

é responsável pelo funcionamento da propriedade direção e há predominância do trabalho familiar em relação à mão-de-obra contratada (Guanziroli et al., 2001).

Predominantemente os sistemas de produção adotados pelas famílias agricultoras são complexos, nos quais há uma combinação coerente de várias culturas e a criação de animais dentro de uma mesma unidade de produção e transformações primárias tanto para o consumo familiar como para o mercado. Os mesmos refletem as potencialidades e limitações socioambientais, intrínsecas de cada espaço, bem como a história local e das pessoas que os adotam.

A diversidade da agricultura familiar reflete a sua própria natureza, em particular sua capacidade e tentativa de adaptação às condições ambientais locais, à disponibilidade de recursos, à experiência, à cultura e à história das famílias assim como às condições impostas pelo mercado e pela sua inserção na sociedade (Guanziroli et al., 2001).

Os números revelam a importância da agricultura familiar para o país. Os estabelecimentos familiares ocupando 30,5% da área agrícola e são responsáveis por 37,9% de toda produção nacional. Os/as agricultores/as familiares produzem 24% do VBP (Valor Bruto da Produção) total da pecuária de corte, 52% da pecuária de leite, 58% dos suínos e 40% das aves e ovos produzidos. Em relação a algumas culturas, a agricultura familiar produz 33% do algodão, 31% do arroz, 72% da cebola, 67% do feijão, 97% do fumo, 84% da mandioca, 49% do milho, 32% da soja, 46% do trigo, 58% da banana, 27% da laranja, 47% da uva, 25% do café e 10% da cana-de-açúcar (Guanziroli & Cardim, 2000).

Historicamente a agricultura familiar enfrenta dificuldades decorrentes, além de outros fatores, de uma discriminação negativa da política agrícola que sempre favoreceu os grandes produtores, impedindo o desenvolvimento da mesma (Guanziroli et al., 2001). Denardi (2001) destaca que a política agrícola sempre favoreceu os interesses dos grandes empresários e, nas últimas décadas, deu lugar às políticas macroeconômicas e neoliberais, prevalecendo sempre às políticas fiscal, monetária e cambial. Contudo, ela não apenas sobreviveu a essas condições adversas, como reforçou sua posição como produtora de mercadorias para o mercado doméstico e internacional.

A região Nordeste, por exemplo, mesmo tendo o maior percentual de estabelecimentos familiares (49,7% do total) e uma significativa participação no VBP (Valor Bruto da Produção), recebe uma parcela de apenas 14,3% do total de financiamentos agrícolas (Guanziroli & Cardim, 2000). Ainda segundo os mesmos

autores, nesta região, apenas 65% dos/as agricultores/as são donos/as de suas terras e, em termos de estrutura fundiária, são os/as mais prejudicados/as, uma vez que 58,8% dos estabelecimentos possuem menos de cinco hectares.

Todos esses fatores negativos, acima mencionados, associados à fragilidade das condições naturais da região semi-árida, ao baixo nível de renda gerado pelas unidades produtivas, a pressão demográfica e a deterioração ambiental, impedem o desenvolvimento da agricultura familiar e exerce uma forte pressão sobre a vida das famílias agricultoras. Apesar deste contexto desfavorável, vários sistemas se mostram viáveis (Guanziroli et al., 2001) e nesta região, se concentra um maior número de estabelecimentos agrícolas familiares absorvendo 83% da mão-de-obra do campo (Sousa, 2000).

O aumento demográfico na região gerou uma gradativa tendência à fragmentação das propriedades rurais devido ao processo de partilha de herança (Silveira et al., 2002). Com uma menor disponibilidade de terra para implantação dos sistemas de produção, as famílias dos agricultores se depararam com a necessidade de intensificar o uso do solo agrícola e da vegetação nativa. Como consequência gerou-se uma significativa incompatibilidade entre a intensificação de exploração dos recursos naturais e a capacidade de regeneração da fertilidade do ecossistema, comprometendo de forma decisiva a sustentabilidade ecológica dos agroecossistemas tradicionais (Silveira et al., 2002).

Associado a isso, o manejo adotado nos estabelecimentos familiares sem nenhuma prática conservacionista, contribuiu para a degradação dos recursos naturais tornando inviável a prática de alguns sistemas de produção. Um exemplo a ser citado, é a crise dos sistemas de produção do algodoeiro mocó no semi-árido nordestino, que, além de outros fatores, está relacionada com a prática de uma agricultura sem qualquer preocupação com a conservação ou recuperação da fertilidade do solo (Lima, 1996).

### **2.3. O cultivo do algodoeiro em bases agroecológicas no semi-árido cearense**

Historicamente os agricultores familiares do semi-árido cearense cultivaram o algodoeiro mocó (*Gossypium hirsutum* Marie Galante Hutch) consorciado com o milho (*Zea mays*) e o feijão de corda (*Vigna unguiculata*). Após a colheita, utilizavam as “capoeiras” como campos de pastejo para o rebanho (Esplar, 1990; Lima, 1996), o que caracterizava uma estreita relação entre as práticas agrícola e pecuária. A inexistência

de um manejo que visasse à conservação ou até mesmo a recuperação da fertilidade do solo, associada ao uso de sementes misturadas, estão entre as causas da crise desse sistema de produção e muitos agricultores pararam de cultivar algodão mocó (Esplar, 1990; Lima, 1996; Esplar, 1997; Esplar, 1998). Esta crise foi evidenciada, no estado do Ceará, em meados dos anos 80, com a disseminação do bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis*). O bicudo agravou a crise, mas não foi a causa primária da crise supracitada.

No ano de 1989 o agricultor Veríssimo Pereira do Nascimento, assentado da Fazenda Mofumbo, em Madalena – CE, manifestou-se interessado em voltar a produzir algodão. O agricultor conseguiu em seu roçado, uma produção de algodão satisfatória, mesmo estando os sistemas de produção dessa cultura no auge de sua crise. Com o desejo de entender porque continuava a produzir algodão, mesmo com a presença do bicudo do algodoeiro, este agricultor procurou o ESPLAR, uma Organização não Governamental (ONG) sediada em Fortaleza – CE, que trabalha com o desenvolvimento da agricultura familiar no semi-árido nordestino. Aceitando o desafio posto pelo agricultor, a referida ONG, juntamente com agricultores do semi-árido cearense, começou a discutir uma proposta de pesquisa de caráter participativo, com o objetivo de encontrar alternativas para superar a crise dos sistemas de produção do algodoeiro mocó.

Esta proposta foi gradativamente construída com a efetiva participação dos/as agricultores/as, o que resultou no projeto de pesquisa: *Manejo ecológico do algodoeiro mocó (Gossypium hirsutum Marie Galante Hutch) visando à convivência produtiva com o bicudo (Anthonomus grandis Boheman)* (Esplar, 1992). O projeto baseou-se no paradigma agroecológico, no qual buscava-se a sustentabilidade dos sistemas agrícolas de uma forma ampla, sob os pontos de vista econômico, ambiental, social e cultural (Lima, 1996). A proposta pressupunha a participação dos/as agricultores/as no planejamento, na execução, no monitoramento, na avaliação e na difusão das práticas, e norteava-se no manejo ecológico do sistema, por meio de práticas que buscavam a manutenção e a recuperação das fertilidades física, química e biológica do solo.

O aproveitamento desigual das informações por parte dos/as participantes, o tempo necessário exigido por uma pesquisa dessa natureza para obter resultados satisfatórios e a instabilidade produtiva do algodão foram as principais dificuldades do projeto na etapa inicial, as quais foram responsáveis pelo abandono da proposta por

parte de algumas pessoas. Contudo, a produção de conhecimento em um processo participativo, a capacidade de difusão e inserção em diferentes organizações adquirida, bem como uma produção superior aos rendimentos médios do estado obtida na maioria das situações, manteve aceso o desejo, por parte dos/as agricultores/as, a vontade de continuar desenvolvendo a proposta (Esplar, 1997).

A compra de uma pequena máquina descaroçadeira de algodão por parte das organizações de pequenos/as produtores/as dos municípios de Tauá, Parambu e Quiterianópolis, possibilitou discutir e incluir na proposta, um novo elo da cadeia produtiva. A oportunidade de beneficiar a produção possibilitou, em 1993, a ADEC (Associação de Desenvolvimento Educacional e Cultural de Tauá) comercializar a primeira amostra de algodão orgânico (Esplar, 1993). Esse advento abriu a oportunidade de acesso, por parte dos/as agricultores/as familiares, ao mercado de algodão orgânico, com vantagens em termos de preços, quando comparados com os do algodão convencional (Esplar, 1997).

Os conhecimentos acumulados e os resultados até então obtidos, subsidiaram a implementação no município de Tauá-CE, em 1997, de um novo projeto intitulado, *Pesquisa & Desenvolvimento de sistemas agroecológicos com agricultores familiares do semi-árido cearense* (Esplar, 1998). Neste, utilizou-se além do algodão arbóreo, o algodão herbáceo (*Gossipium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch) e uma linhagem derivada de híbridos entre os dois (7MH). O objetivo deste projeto foi pesquisar sob a ótica do desenvolvimento sustentável, alternativas que viabilizassem os sistemas de produção do algodão, em convivência com o bicudo do algodoeiro.

Para tanto, foi discutida uma série de iniciativas para assegurar o referido manejo nas quais se incluíam: o plantio em consórcio do algodoeiro com fileiras de culturas alimentares como milho (*Zea mays*), feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*) e gergelim (*Sesamum indicum*), tradicionalmente cultivadas pelos agricultores familiares cearenses, com culturas que visavam à manutenção e recuperação da fertilidade do solo como leucena (*Leucaena leucocephala*) e guandu (*Cajanus cajan*); adubação com esterco de animais de acordo com a disponibilidade de cada agricultor/a e com biofertilizantes à base de esterco fermentado e/ou urina de vaca em lactação; plantio em nível e, quando necessário, construção de muretas de pedras, valetas de retenção e enleiramento de ramos em nível para evitar que ocorra degradação do solo; manejo de pragas com técnicas de controle mecânico e biológico; e manejo do gado nas lavouras

após a colheita, seguido da erradicação do algodoeiro herbáceo ou poda do 7MH (Esplar, 1998).

Outros aspectos importantes considerados no projeto foram: a valorização das organizações locais, uma vez que o debate e a implantação da proposta envolve necessariamente os STTRs (Sindicatos de Trabalhadoras e Trabalhadores Rurais) municipais e/ou outros tipos de organizações; garantia do acompanhamento técnico pautado na valorização do conhecimento construído dentro do grupo por meio da troca de experiência entre os/as participantes; capacitação via cursos e visitas de intercâmbio, não só no aspecto produtivo, mas em outros, como segurança alimentar e nutricional, relações de gênero, comercialização e organização (Lima & Pinheiro, 2005).

Em Tauá, um maior número de agricultores/as aderiram ao sistema de manejo agroecológico. A razão foram os bons rendimentos obtidos em duas áreas experimentais no ano de 1997 por dois agricultores do município e o valor superior normalmente pago pelo algodão produzido em bases agroecológicas, em relação do algodão convencional (Esplar, 1999). Os resultados obtidos despertaram o interesse de agricultores/as de outros municípios em participar da proposta. Atualmente agricultores de quatro municípios do semi-árido cearense: Tauá, Choro, Massapê e Quixadá, participam efetivamente do grupo de “agricultores/as agroecológicos/as” como são conhecidos/as (Quadro 1).

**Quadro 1. Total de agricultores/as de acordo com cada município entre os anos de 1997 a 2005.**

Município	Anos								
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
<b>Tauá</b>	4	69	104	154	64	122	64	50	65
<b>Choro</b>	-	-	-	-	-	-	7	32	46
<b>Massapê</b>	-	-	-	-	-	-	26	41	38
<b>Quixadá</b>	-	-	-	-	-	-	-	7	8
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>69</b>	<b>104</b>	<b>154</b>	<b>64</b>	<b>122</b>	<b>97</b>	<b>130</b>	<b>157</b>

O volume de algodão produzido, aquém da demanda do mercado, tem sido o principal e persistente problema enfrentado por esta proposta ao longo dos anos. Isso se deve à reduzida escala de produção da agricultura familiar de sequeiro no semi-árido, da deficiência técnica no controle do bicudo do algodoeiro, sua principal praga (Lima,

2005) e da irregularidade e quantidade das chuvas normalmente ocorridas na região (Esplar, 1999).

O reduzido número de agricultores/as que produzem algodão em bases agroecológicas, a reduzida escala de produção da agricultura familiar de sequeiro no semi-árido, a deficiência técnica no controle do bicudo do algodoeiro, sua principal praga (Lima, 2005) e a irregularidade e quantidade das chuvas normalmente ocorridas na região (Esplar, 1999), implicam em uma produção reduzida de algodão.

O volume de algodão produzido, aquém da demanda do mercado, tem sido o principal e persistente problema enfrentado por esta proposta ao longo dos anos, pois dificulta a sua comercialização no mercado de produtos orgânicos. Uma forma encontrada para diminuir o efeito desse problema foi possibilitar que o maior número possível de elos da cadeia produtiva do algodão permaneça sobre o controle das pessoas integrantes do grupo. Para isso, todo algodão produzido, inclusive de outros municípios, é beneficiado (produção de pluma e cardos) na ADEC e posteriormente comercializado. Este processo possibilitou agregar valor ao produto e, o mais importante, a organização da comercialização um quesito indispensável para superar as dificuldades postas por esta.

Um passo importante na cadeia produtiva foi a criação de grupos de fiandeiras: dois no município de Tauá – CE, em 2002, e outro no município de Choró - CE, no ano de 2004. Estes grupos produzem fios artesanais a partir do algodão produzido agroecologicamente. Parte dos fios é usada pelas próprias fiandeiras na confecção de peças de crochê e a outra, é vendida no mercado. Contudo o mercado existente para fios artesanais e peças em crochê com eles confeccionados é limitado, e impossibilitou os resultados desejados (Lima & Pinheiro, 2005).

O manejo adotado nos sistemas de produção do algodoeiro em bases agroecológicas tem mostrado resultados promissores em termos de qualidade do solo e rendimentos das diferentes culturas que compõem o consórcio. Lima (2001) observou, no município de Tauá-CE, que os solos das áreas sob o referido manejo apresentaram níveis de nutrientes superiores aos sistemas convencionais do mesmo município, além de promover uma maior diversidade de indivíduos. No ano de 2001, foi observado no referido município, que os sistemas agroecológicos favoreceram a manutenção da qualidade do solo, pois estes apresentaram qualidades química, física e biológica semelhantes e/ou melhores do que os de condições naturais (Otutumi et al., 2004).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O diagnóstico foi feito por meio de uma oficina que teve sua metodologia baseada no Diagnóstico Rural Participativo (DRP). O DRP visa à construção e a troca de conhecimentos e é sensível às modificações e às adaptações de acordo com as particularidades de cada situação (SASOP, 1995). O processo permitiu a participação efetiva dos/as agricultores/as, ficando a cargo da equipe constituída por técnicos do ESPLAR, professores e estudantes das Universidades Federal do Ceará – UFC e de Viçosa – UFV, apenas o papel de mediadora do processo.

A oficina foi realizada nos dias 16, 17 e 18 de fevereiro de 2005 no SESC (Serviço Social do Comércio) – Iparana, distrito de Caucaia – CE. Nela, participaram seis agricultoras e vinte agricultores dos municípios de Tauá, Massapê e Choró, todos do semi-árido cearense, além da equipe técnica referida anteriormente (Quadro 2).

A seleção dos/as referidos/as agricultores/as foi feita pela equipe técnica do ESPLAR a qual atentou para os três critérios: **Tempo de inserção na proposta agroecológica** – foram selecionadas pessoas que tinham diferentes tempos de inserção na proposta de produção em bases agroecológicas, com o objetivo de permitir a troca de experiências entre as mesmas e identificar as diferentes visões decorrentes das experiências acumuladas durante o período de adoção de práticas agroecológicas; **Capacidade de percepção** – foram escolhidas pessoas que detinham uma melhor capacidade de percepção, com a premissa de tornar a discussão mais dinâmica, mediante suas observações e opiniões. Para selecionar essas pessoas, os/as técnicos/as do ESPLAR se basearam em suas observações durante o acompanhamento técnico feitos nas unidades produtivas destas pessoas, bem como em seus relatórios nos quais constam os registros de todas atividades da equipe; e **Distribuição geográfica** – como

a proposta de produção em bases agroecológicas difundida pelo ESPLAR é praticada em três municípios cearenses, conforme citados anteriormente, procurou-se envolver representantes dos referidos municípios, com o ensejo de possibilitar uma representação das diferentes realidades naturais e culturais.

A oficina foi realizada em cinco momentos/etapas. O primeiro momento foi realizado com o objetivo de levantar as expectativas dos/as participantes. Para isto formou-se cinco grupos: grupo 1 - estudantes da Universidade Federal do Ceará (UFC); grupo 2 - agricultoras; grupos 3 e 4 - agricultores; grupo 5 - um professor e um estudante de pós-graduação do Departamento de Ciências do Solos da UFC e uma professora da UFV; e o grupo 6 - a equipe técnica do Esplar.

No segundo momento um integrante da equipe técnica fez um retrospecto dos passos seguidos para a construção do projeto. Nesse momento, enfatizou-se o que motivou o grupo a discutir e a elaborar uma proposta de produção do algodoeiro em bases agroecológicas, apontando os resultados e entraves verificados desde então.

No momento seguinte cada agricultor/a fez, na plenária, um relato sobre a sua experiência com a proposta. Para estimular a discussão foram propostas as seguintes questões: Como começou a participar da proposta de consórcios? O que o/a motivou no início e o que o/a motiva a permanecer? Como tem vivido a experiência? O que há de bom e o que pode melhorar?

No quarto momento, os/as agricultores/as, em grupo, discutiram sobre as mudanças observadas na vida de cada um/a e nas áreas destes com enfoque em possíveis melhorias da qualidade do solo, após e/ou durante a participação no projeto de consórcios. Os/as agricultores/as foram separados, de forma aleatória, em quatro grupos, sendo que cada grupo contou com a participação de integrantes da equipe técnica. Após as discussões, houve uma plenária onde cada grupo apresentou uma síntese de suas discussões. Antes do próximo momento, a equipe sistematizou as questões sugeridas nos relatos das experiências e as mudanças ocorridas. Neste instante foi feita uma reflexão dos pontos em comuns entre os objetivos da proposta de produção em bases agroecológicas com as questões levantadas.

No quinto e último momento, foi feita uma apresentação dos dados sistematizados. A partir da discussão destes dados, definiu-se os indicadores, com ênfase nos indicadores de qualidade do solo, sem perder de vista os objetivos do projeto e as motivações/desejos dos/as agricultores/as.

**Quadro 2. Agricultores/as e membros da equipe técnica participantes da oficina realizada no SESC – IPARANA nos dias 16, 17 e 18 de fevereiro de 2005**

AGRICULTORES/AS		
NOME	MUNICÍPIO	TEMPO DE INSERÇÃO
Antonio Martiniano Pereira		6 anos
Antonia de Sousa Castro		4 anos
Francisco Chagas Loiola Maia		6 anos
Francisca Gonçalo Divino		3 anos
João Alves de Oliveira		9 anos
Juvenal Bezerra de Lima		5 anos
José Marcos Gomes de Souza	Tauá	2 anos
Kacileide Lima Oliveira		2 anos
Manoel Gonçalo Sobrinho		6 anos
Raimundo Tertuliano de Melo		7 anos
Raimundo Valentim de Souza		8 anos
Raimundo Pereira		*
Rosendo Fernandes		7 anos
Gerardo Pereira do Nascimento		3 anos
José Océlio do Nascimento	Massapê	3 anos
Manoel Ribeiro da Penha		3 anos
Pedro Daniel Nascimento Sousa		3 anos
Antonio Alberto Benício de Melo		3 anos
Edílson Lobo Ramos		3 anos
Francisco Antonio Maciel Dantas		2 anos
João Felix de Sousa		2 anos
João Alberto Pinheiro Fernandes	Choro	2 anos
João Paulo Lobo Ramos		3 anos
Maria Liduina Ferreira da Silva		2 anos
Maria Liduina da Silva		2 anos
Reginaldo Martins de Sousa		2 anos
EQUIPE TÉCNICA		
NOME	FUNÇÃO/INSTITUIÇÃO	
Elizabete Ferreira Cruz		
Marcus Vinícius de Oliveira		
Ronildo Matroiani F. da Silva	Técnicos/as do Esplar	
Sérgio Maciel pinheiro		
Sílvia Bezerra Góes		
Irene Maria Cardoso	Professora da Universidade Federal de Viçosa – UFV	
Teógenes Senna de Oliveira	Professor da do Departamento de Solos da Universidade Federal do Ceará – UFC	
Adervan Fernandes Sousa	Estudante de pós-graduação do Departamento de Solos da Universidade Federal do Ceará – UFC	
Ana Leônia de Araújo		
Beatriz Simplicio Fernandes	Estudantes do curso de agronomia da Universidade Federal do Ceará – UFC	
Rodrigo Luís Santos Martins		
Maria Valdenira R. de Almeida		

\* este agricultor foi substituindo o pai

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Para os/as agricultores/as, o que os/as motivou a entrarem e a permanecerem adotando a proposta foi a preservação do meio ambiente, a garantia do acompanhamento técnico do Esplar, o apoio das organizações (STRs e ADEC), a construção de conhecimento, o aumento da renda e a oportunidade de uma alimentação humana livre de agrotóxicos.

Segundo eles/as, para preservar os recursos naturais, utilizam técnicas de conservação do solo e excluem o uso de insumos químicos. O apoio das organizações (STRs, ADEC) e a garantia do acompanhamento técnico pelo Esplar são fatores que fortalecem a proposta e favorecem a construção de conhecimento, pois os/as agricultores/as têm a oportunidade de participar efetivamente da proposta por meio de reuniões, intercâmbios e nos diferentes espaços de discussão viabilizados pela metodologia adotada pela proposta. O menor risco de perda total da produção, o melhor preço obtido pelo gergelim e pelo algodão e a oportunidade de uma alimentação humana livre de agrotóxico contribuem para o aumento da renda e melhoria da qualidade de vida.

A inserção na proposta resultou em mudança nas práticas de cultivos, as quais estão voltadas para a conservação da terra, para o aumento da renda através do aumento da produção, da oportunidade de novos produtos de mercado e para alimentação, organização da produção e da comercialização de alguns produtos e o uso de insumos internos. Foi observada ainda, a melhoria na relação com a comunidade e com a família e a oportunidade de renda e aprendizagem para as mulheres. Todos esses fatores despertaram nos/as agricultores/as o amor a terra, o bem estar coletivo, o orgulho de ser agricultor e melhorou a auto-estima dos/as mesmos/as.

Foram discutidas, na oficina, as dificuldades encontradas pelas pessoas que trabalham com a proposta de produção do algodoeiro em bases agroecológicas. Para elas, a descrença dos vizinhos no manejo da cultura, as dificuldades no controle do bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis*), a não disponibilidade de esterco de curral para a adubação orgânica e a comercialização do feijão, do milho e de outros alimentos produzidos e livres de agrotóxicos pelo mesmo preço dos produtos convencionais são os principais obstáculos encontrados.

As informações obtidas com o diagnóstico foram sistematizadas e agrupadas em sete variáveis, sendo duas ambientais (qualidade do solo e biodiversidade), uma econômica (renda) e quatro sociais (organização, participação/valorização da juventude, participação/valorização das mulheres e segurança alimentar). Para cada variável identificou-se indicadores e métodos de avaliação dos mesmos. Uma síntese da sistematização encontra-se no quadro 3.

Esperava-se um maior número de indicadores na variável qualidade do solo, pois o sistema adotado pelos/as agricultores/as, baseia-se, fundamentalmente, na perspectiva de conservar ou melhorar a qualidade do solo e, o próprio diagnóstico teve como meta, identificar indicadores de sustentabilidade com foco aos de qualidade do solo. Além disso o solo desempenha diversas funções nos agroecossistemas, pois atua como um meio para o crescimento das plantas, como regulador e divisor do fluxo de água no ambiente e como moderador ambiental na formação, na atenuação e na degradação de compostos naturais e perigosos (Franzluebbers, 2002)

Foi feita uma subdivisão dos indicadores de qualidade do solo entre os níveis biológico (cinco indicadores), químico (um) e físico (quatro). Notadamente, o nível químico apresenta o menor número de indicadores, o que é perfeitamente natural, pois os atributos físicos do solo das áreas destes agricultores são os mais limitantes e os biológicos os mais fáceis de serem observados.

Um variado número de indicadores de qualidade do solo é utilizado atualmente como meio de monitorar e avaliar sistemas de produção. Conservar e/ou recuperar a fertilidade do solo pode garantir a manutenção de um sistema ao longo do tempo, pois este depende, dentre outros fatores, de sua capacidade de produção. Por apresentar um funcionamento dinâmico, o solo tem uma influência de uma importância considerável na distribuição e no desenvolvimento da biodiversidade.

Dos indicadores apontados na variável qualidade do solo, os mais utilizados como meio de verificação de mudanças ocorridas no solo são o teor de matéria orgânica

(Reichert et al., 2003) e a diversidade biológica do solo (Zilli et al., 2003). O nível de matéria orgânica no solo é considerado como um dos mais importantes indicadores de qualidade do solo, pois se relaciona com inúmeras propriedades físicas, químicas e biológicas (Reichert et al., 2003). Dentre estas, pode-se citar a melhoria na estrutura do solo por meio da formação de agregados e estabilidade dos mesmos (Reichert et al., 2003) que, por sua vez, influencia direta ou indiretamente na disponibilidade de água, nutriente e oxigênio para as plantas (Secco et al., 2005) e o aumento da capacidade de troca de cátions - CTC (Amado & Eltz, 2003; Falleiro et al., 2004).

Em diversos trabalhos conduzidos em áreas sob sistemas conservacionistas, têm-se demonstrado o efeito do manejo nos níveis de carbono orgânico do solo. Os sistemas de plantio direto, que baseiam-se em práticas conservacionistas e princípios de sustentabilidade agrícola (Amado & Eltz, 2003), têm contribuído para o incremento da matéria orgânica, principalmente na camada superficial do solo (Costa et al. 2004; Reichert et al., 2003; Conceição & Amado, 2002 & Amado & Eltz, 2003). Souza (2000) constatou que o manejo em cultivo orgânico proporcionou aumentos de 71% nos teores de matéria orgânica no solo em relação a cultivos convencionais.

Otutumi et al. (2004) analisaram, no ano de 2001, o efeito do manejo em sistemas agroecológicos nos níveis de carbono orgânico do solo de duas áreas localizadas no município de Tauá-CE. As áreas analisadas foram de dois agricultores (Raimundo Valentim de Sousa e José Eduardo Sobrinho) integrantes do grupo que participou deste diagnóstico. Em suas análises, os autores utilizaram como parâmetro os níveis de carbono orgânico existentes no solo da vegetação caatinga e concluíram que o manejo agroecológico não implicou em perdas de carbono, pois os valores encontrados neste sistema foram semelhantes aos encontrados na vegetação natural.

Estes resultados confirmam a percepção dos/as agricultores/as quando eles/as afirmam que o teor de matéria orgânica pode ser usado como um indicador de qualidade de solo e que, em suas áreas, estes níveis têm se mantido ou até mesmo aumentado ao longo dos anos (Quadro 3).

No que se refere à diversidade biológica do solo, vale ressaltar que esta é importante para o ecossistema, por está envolvida nos processos edáficos tais como ciclagem de nutrientes, decomposição da matéria orgânica e melhoria de atributos físicos do solo (Correia 1997; Mulongoy et al. 1992). Correia (1997) acrescenta, ainda, que o monitoramento da fauna do solo permite avaliar não só a qualidade de um solo, como também o próprio funcionamento de um sistema de produção.

Da fauna do solo, as minhocas são consideradas como um dos mais importantes animais, em decorrência da amplitude de sua população e de suas ações transformadoras no meio (Miklós, 1997). Segundo o mesmo autor, as minhocas desenvolvem ações sobre os processos de humificação, sobre os elementos totais, trocáveis e assimiláveis e contribui para o processo de nitrificação da matéria orgânica, aumentando, desta forma, o teor de nitrogênio nos solos. Além do mais, através do seu metabolismo, as minhocas podem agir sobre herbicidas, alterando sua dissipação e acumulando resíduos e/ou metabólitos em seus tecidos (Papini, 2004), contribuindo, desta forma, para a degradação e compartimentação de resíduos tóxicos do solo.

A fauna do solo nas áreas sob sistemas agroecológicos dos agricultores José Eduardo Sobrinho (JESA) e Raimundo Valentim de Sousa (RVSA), também foram avaliadas nos anos 2000 (Lima, 2001) e 2001 (Otutumi et al., 2004). Comparando o efeito do manejo em sistemas agroecológicos e em sistemas convencionais sobre a fauna do solo, Lima (2001) observou que o número de indivíduos foi bem superior nos sistemas agroecológicos em relação aos cultivos convencionais. Otutumi et al (2004) compararam o número de indivíduos encontrado nos sistemas agroecológicos com o número encontrado na vegetação caatinga e constataram que, em geral, o nível de indivíduos foi superior nas áreas sob sistemas agroecológicos em relação à vegetação caatinga. A ordem anelídea (minhocas) apareceu em maior proporção no solo da área JESA tanto no ano de 2000 (Lima, 2001) como no ano de 2001 (Otutumi et al., 2004). Estas constatações corroboram com a observação dos/as agricultores/as os/as quais relataram que suas áreas apresentavam uma maior quantidade de anelídeos.

As perdas do solo por erosão são consideradas como um indicador chave para avaliar a qualidade do solo (Gliessman, 2003), pois resultam, conseqüentemente, em perdas totais de nutrientes. Experimentos realizados em áreas sob sistemas de plantio direto demonstraram que as perdas de solo por erosão são bem menores do que em sistemas convencionais, o que diminui, desta forma, as perdas de nutrientes junto com os sedimentos (Bertol et al., 2004; Beutler et al., 2003; Amado & Eltz, 2003; Schick et al., 2000 & Hernani et al., 1999). Beutler (2003) avaliou as perdas dos solos em função do manejo adotado e concluiu que os sistemas conservacionistas foram mais eficazes do que os convencionais no controle das perdas de solo e água por erosão hídrica. Segundo Bertol et al. (2004), o efeito do manejo conservacionista sobre a redução da erosão do solo, torna-se mais efetivo em longo prazo.

**Quadro 3. Variáveis, indicadores de sustentabilidade e métodos para verificação dos indicadores sugeridos pelos/as agricultores/as dos município de Tauá, Massapê e Choro, adotantes de sistemas de produção em bases agroecológicas**

<b>ASPECTO AMBIENTAL</b>			
<b>Variável</b>	<b>Indicador</b>	<b>Métodos para verificação dos indicadores sugeridos pelos/as agricultores/as</b>	<b>Avaliação da melhoria de qualidade</b>
	<b>Nível biológico</b>		
	Diversidade de plantas espontâneas	Contar o número de espécies existentes na área	Maior
	Presença de minhocas e coprólitos	Contar o número de indivíduos e quantidade de coprólitos sobre o solo	Maior
	Vigor e velocidade de crescimento das plantas espontâneas e cultivadas	Observar a velocidade de desenvolvimento e aspecto fisionômico das plantas espontâneas e cultivadas	Mais rápido
<b>Qualidade do solo</b>	Produção	Contabilização do rendimento das culturas e comparação com os rendimentos obtidos em anos anteriores e outros sistemas de cultivo	Maior
	Quantidade e tamanho de raízes	Verificação do número e tamanho das raízes	Maiores
	<b>Nível químico</b>		
	Matéria orgânica no solo	Estimar a cobertura do solo por restos culturais e pela queda das folhas das plantas presentes no consórcio	Maior
	<b>Nível físico</b>		
	Retenção de umidade pelo solo	Comparar a umidade do solo entre os sistemas de cultivo	Maior
	Erosão do solo	Exposição do subsolo	Menor
	Porosidade do solo e maciez do solo	Verificar a facilidade de penetração dos instrumentos agrícolas (enxada, enxadeco)	Maior
	Camada de impedimento do solo	Verificar se há acúmulo de água. Dificuldade de penetração de instrumentos agrícolas.	Não foi identificado
<b>Biodiversidade</b>	Manutenção/recuperação de espécies de plantas nativas	Ocorrência e contabilização do número de espécies	Aumentou
	Manutenção e recuperação de espécies e raças de animais	Ocorrência e contabilização do número de espécies ou raças	Aumentou
<b>ASPECTO ECONÔMICO</b>			
	Diversidade de produtos destinados ao mercado	Quantidade e número de produtos vendidos no mercado	Maior
	Custo de produção	Quantidade de insumos e mão-de-obra necessários para produção	Menor
<b>Renda</b>	Preço do algodão e gergelim	Comparação entre os preços dos produtos obtidos em sistemas agroecológicos com os preços dos produtos convencionais	Maior
	Agregação de valor através do beneficiamento do algodão	Comparação entre a renda obtida quando vende o algodão em caroço com a renda obtida quando vende o algodão beneficiado (pluma ou cardo)	Maior
	Comercialização sem a ação de intermediários	Quantidade de produtos vendidos diretamente as instituições interessadas no comércio justo e número de instituições interessadas	Maior

Continua...

Quadro 3, Cont.

ASPECTO SOCIAL			
Variável	Indicador	Métodos para verificação dos indicadores sugeridos pelos/as agricultores/as	Avaliação da melhoria de qualidade
<b>Organização</b>	Número de pessoas organizadas em associações locais	Contabilização do número de associados	Maior
	Participação em reuniões, eventos, cursos/capacitações e intercâmbio no local e em comunidades vizinhas	Registro do número de pessoas que participam de reuniões, eventos, cursos/capacitações e intercâmbios	Maior
	Consciência associativa	Registrar o números de pessoas associadas	Maior
	Participação ativa – associação/consórcios	Observar o número de pessoas falando nas reuniões	Maior
<b>Participação/valorização da juventude</b>	Numero de jovens nas reuniões	Identificação de jovens que participam das reuniões	Maior
	Inclusão de jovens na proposta	Contabilização do número de jovens que participam da proposta de produção em bases agroecológicas	Maior
	Formação dos/as jovens pelo acesso ao conhecimento	Identificação do número de jovens formados nos cursos	Maior formação
	Permanência do/a jovem no meio rural	Verificação de números de jovens que viajam para outros locais em busca de emprego	Menor
<b>Participação/valorização das mulheres</b>	Renda obtida pelas mulheres	Quantidade produtos produzidos e vendidos pelas mulheres	Maior
	Saída do espaço doméstico	Contabilizar a participação das mulheres nos espaços produtivo, nas reuniões em outras localidades	Maior
	Número de mulheres na condução dos sistemas agroecológicos	Contabilização de mulheres que participam nos consórcios	Maior
	Participação das mulheres em diferentes espaços de organização: associações, casa de sementes, celebração e movimentos	Contabilizar o número de mulheres participando	Maior
<b>Segurança alimentar</b>	Diversidade e quantidade de alimentos para a família	Tipos de alimentos produzidos	Maior
	Alimentos sem resíduos químicos (Qualidade dos alimentos: feijão, milho, gergelim, leite, carne)	Consumo de alimento produzido nos sistemas agroecológicos nos quais não se utilizam agrotóxicos	Maior uso de alimento sem agrotóxicos

O desenvolvimento das raízes e porosidade também podem ser utilizados como indicadores de qualidade do solo. Na opinião de Reichert et al. (2003), a observação do sistema radicular pode ser usado como um indicador de sucesso, pois revela as

condições do ambiente do solo abaixo da superfície como, por exemplo, se há sinais ou não de limitação física.

Em seu trabalho, Lima (2001), constatou que a densidade do solo não variou significativamente entre os sistemas agroecológicos e convencionais, embora o valor médio dos cultivos orgânicos tenham sido menor. Otutumi et al. (2004) também encontrou semelhanças entre os valores da densidade dos solos das áreas sob sistema agroecológico e os valores da densidade do solo da vegetação caatinga e constatou que os valores encontrados podem dificultar a penetração das raízes e prejudicar o desenvolvimento dos vegetais. Assim, pode-se concordar com os/as agricultores/as quanto ao fato de que a porosidade do solo pode ser utilizada como meio de verificar mudanças na qualidade do solo. Contudo, os dados encontrados em seus sistemas pelas autoras supracitadas revelam uma condição contrária à inferida pelos/as mesmos/as.

A capacidade do solo em reter água pode ser um indicador utilizado para avaliar a qualidade do solo, pois está relacionada com as condições físicas do mesmo. Vários autores têm avaliado a capacidade de retenção de umidade pelos solos sob sistemas conservacionistas e convencionais. As taxas de infiltração de água e umidade volumétrica foram maiores em solos sob plantio direto do que em solos sob sistemas convencionais (Stone & Silvera, 1999; Costa et al., 2004; Salton & Mielniczuk, 1995)

As plantas espontâneas foram apontadas como indicadoras de qualidade do solo. São consideradas plantas espontâneas aquelas que, em condições ideais do solo, emergem espontaneamente sem interferência antrópica. Tais plantas reciclam nutrientes, contribuem para o aumento da disponibilidade de nutrientes no solo, através da matéria seca produzida (Heinrichs et al., 2000). Além disto são plantas de cobertura de solo, o que contribui para diminuir a erosão. Considerando esta interpretação, pode-se inferir que as plantas espontâneas podem contribuir na melhoria da qualidade do solo e revelam a qualidade do mesmo, pois diferentes espécies, com diferentes potenciais e necessidades dependem da qualidade do solo para o seu sucesso.

Alterações no rendimento das culturas também foram sugeridas como uma forma de mudança na qualidade do solo. Segundo os/as agricultores/as, o rendimento em seus sistemas, tem aumentado em relação aos sistemas adotados anteriormente. Otutumi et al. (2004) constataram que os rendimentos médios do algodão, milho e feijão obtidos na área sob sistema agroecológico do agricultor Raimundo Valentim de Sousa, nos anos de 1999 e 2000, foram superiores as médias do município de Tauá - CE.

A biodiversidade aparece com dois indicadores: manutenção/recuperação das espécies de plantas nativas e abundância e diversidade de espécies animal. O modelo agrícola predominante se baseia na monocultura a qual modifica a paisagem e destrói a biodiversidade simplificando, desta forma, os ecossistemas (Stolton et al., 2000). A perda da variabilidade biótica é um dos motivos das constantes preocupações em mudar o padrão de uso do solo para que a biodiversidade dos ecossistemas seja mantida (Constantino et al., 2005).

A biodiversidade dos sistemas agroecológicos conduzidos em Tauá – CE foi um dos elementos estudados em trabalhos realizados em anos anteriores. No ano de 1997, Lima et al. (1997) observou uma maior diversidade da fauna do solo benéfica e uma maior diversidade de plantas cultivadas e de espécies nativas em áreas sob sistemas agroecológicos, quando comparadas com sistema convencionais. Lima (2001), observou, em 2000, uma maior abundância de indivíduos tanto no solo como na serrapilheira dos sistemas agroecológicos, sendo que a maior diversidade foi verificada apenas na serrapilheira. No ano seguinte, Otutumi et al. (2004) observaram, no solo dessas mesmas áreas, maior número de indivíduos do que em solo da vegetação caatinga.

No aspecto econômico a única variável sugerida foi a obtenção de renda. Como consta no Quadro 3, cinco indicadores foram sugeridos para esta variável. A diversidade de culturas existente nos consórcios agroecológicos diminui os riscos de perda total da produção (Esplar, 1997, Esplar, 1999; Lima, 2005), fato que pode ter um valor significativo para a agricultura familiar. Segundo Altieri (1998), o policultivo diminui a variabilidade e aumenta a estabilidade da produção, o que pode refletir positivamente na renda das famílias produtoras. Além do mais, a policultura possibilita atender a diferentes nichos de mercado e, em algumas situações, conseguir melhores preços o que, conseqüentemente, aumentará a renda do agricultor.

O custo de produção é um indicador que pode refletir diretamente em uma maior ou menor renda dos/as agricultores/as. Na produção de algodão em bases agroecológicas no semi-árido cearense, os/as agricultores/as priorizam o uso de insumos de produção própria, (como por exemplo sementes, esterco de gado, pó de folha de neem (*Azadirachta indica*)) e a utilização de mão-de-obra própria da família (Lima, 2005). O aproveitamento dos recursos locais, como acontece nesse sistema, resulta num menor custo de produção e na menor dependência de insumos externos, o que reduz as necessidades financeiras e, conseqüentemente, aumenta o retorno monetário.

A comercialização da produção do algodão e gergelim obtida nos sistemas agroecológicos é feita através da ADEC – Associação de Desenvolvimento de Educação e Cultura de Tauá, a qual recolhe toda produção destes produtos e vende para empresas, entidades ou instituições preocupadas com o comércio justo e dispostas a pagar um preço superior ao do mercado (Esplar 1999, Esplar, 2001; Lima 2005). O preço do algodão produzido em bases agroecológicas e a agregação de valor à produção através do beneficiamento da mesma possibilitaram, nos primeiros anos, preço em torno de 30 e 50% superior ao alcançado no mercado convencional (Esplar, 2001). Na safra de 2004, obteve-se o dobro do preço (Lima, 2005). Isso tem possibilitado melhores rendimentos financeiros o que, conseqüentemente, pode viabilizar economicamente a atividade e proporcionar melhor distribuição de riquezas obtidas no processo produtivo.

Tais dados coadunam com a afirmação dos/as agricultores/as de que obtiveram melhoria de suas rendas. Vale ressaltar, no entanto, que os desafios postos pelo sistema (controle do bicudo por exemplo) reduz a produção e a área cultivada limitando o aumento, de forma significativa, da renda de cada pessoa participante dessa atividade (Lima, 2005). Por outro lado, o retorno financeiro em sistemas agroecológicos depende de um tempo maior para obter resultados mais significativos, quando comparado com os sistemas convencionais (Altieri, 1998).

Vale ressaltar que dentre as culturas utilizadas, quatro têm se destacado quanto a sua participação nos consórcios: algodão, milho, feijão e gergelim. No ano de 2004, o feijão foi a cultura que teve maior participação (41,2%) do VBP (Valor Bruto de Produção), seguido pelo algodão (25,7%) e milho (20,5%) (Lima, 2005). O algodoeiro é considerado como a principal cultura nos consórcios e ocupa, em geral, em torno de 50 a 60 % da área plantada. Na configuração dos consórcios a área ocupada pelo milho varia de 12 a 20% e pelo feijão ente 10 a 20%. Entretanto, não existe um esforço maior para a comercialização do milho, do feijão e de outros produtos dos consórcios agroecológicos (Lima & Pinheiro, 2005), deixando como única opção para os/as agricultores/as, vender seus produtos no mercado intermediário.

O gergelim é a cultura que apresenta a menor participação nos consórcios em relação às culturas citadas. No entanto, esta cultura é reconhecida pelos/as agricultores/as participantes do projeto, pela sua importância tanto quanto produto para o mercado quanto para o consumo alimentar da família.

Diante do exposto, maiores esforços para organizar a comercialização dos outros produtos dos consórcios e um replanejamento da participação de cada cultura no

consórcio com vistas a uma melhor distribuição desta, seriam elementos necessários para que os/as agricultores/as obtenham um aumento significativo em suas rendas. Além disso, faz-se necessário considerar no planejamento, a importância da produção para alimentação tanto humana como animal.

Como se observa no Quadro 3, as variáveis sugeridas no contexto social foram organização, participação/valorização da juventude, participação/valorização das mulheres e segurança alimentar. A organização é sem dúvida importante para o fortalecimento social, uma vez que envolve a comunidade local nas tomadas de decisões, no planejamento das atividades, na produção e na troca de conhecimento e objetiva a mobilização desta, para ações sociais coletivas. Desta forma, possibilita o desenvolvimento político dos/as produtores/as e aumenta a sua capacidade de negociação com as mais diferentes instituições (Deponti & Almeida, 2003).

Uma condição para que os/as agricultores/as se integrem ao grupo de produtores de algodão em bases agroecológicas é estarem organizados/as em uma associação local interessada em organizar a produção de seus/suas associados/as. Com isto ocorre a valorização e dinamização dos processos locais de cooperação e articulação entre os/as participantes da proposta o que demonstram avanços no âmbito da sustentabilidade social e organizativa (Lima, 2005).

Dentro do conceito de sustentabilidade, busca-se além de outras dimensões, a igualdade social, portanto é necessário reconhecer o papel da mulher na produção, uma vez que, historicamente o trabalho das mulheres é subordinado e subvalorizado, embora elas participam de várias atividades agrícolas (Pacheco, 2002). No meio rural são os homens que responsabilizam-se e decidem sobre a produção bem como sobre a sua comercialização, e as mulheres é atribuído o papel de cuidar do espaço doméstico, tais como, limpar a casa e prepara os alimentos da família e de cuidar dos pequenos animais, dentre outros (Aragão, 1999). Portanto, faz-se necessário reconhecer a mulher como produtora de bens, e então assegurar-lhe apoio organizativo, controle sobre recursos produtivos e capacitação técnica (Pacheco, 2002).

O quadro 4 mostra que o número de mulheres que participam do consórcio variaram ao longo dos anos em cada município. No município de Tauá onde um maior número de agricultores e agricultoras participam da proposta, observa-se uma variação no número de mulheres nos consórcios agroecológicos, com os menores valores nos anos de 2001 (3) e 2003 (11). Contudo, a percentagem relativa aumentou de forma gradativa, saindo de um valor de 4,7% em 2002 e chegando a um valor de 30,8% em

2005, fato não verificado nos demais municípios. Configura-se então, o aumento da participação das mulheres no consórcio conforme sugerido pelos/as agricultores/as. Entretanto, isso se dá de uma forma gradativa depois de algum tempo de adoção da proposta numa dada região.

**Quadro 4. Evolução da participação de homens e mulheres ao longo dos anos em cada município**

Anos	Tauá				Massapê				Choro				Quixadá			
	Homem		Mulher		Homem		Mulher		Homem		Mulher		Homem		Mulher	
2001	61	(95,3)	3	(4,7)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	107	(87,7)	15	(12,3)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	53	(82,8)	11	(17,2)	24	(92,7)	2	(7,7)	7	(100)	0	0	0	0	0	0
2004	35	(70)	15	(30)	40	(97,6)	1	(2,4)	28	(87,5)	4	(12,5)	7	(100)	0	0
2005	45	(69,2)	20	(30,8)	38	(100)	0	0	41	(89,1)	5	(10,9)	8	(100)	0	0

Garantir a população o acesso à uma dieta em níveis desejados, em termos de quantidade e qualidade, é um dos principais desafios, pois, atualmente, a maior parte da produção agrícola brasileira é destinada a exportação e que, muitas vezes, não faz parte dos hábitos alimentares da maior parte da população. Além do mais, os níveis de resíduos de agrotóxicos encontrados numa parcela significativa dos alimentos para o mercado interno, comprometem a sua qualidade (Caporal & Costabeber, 2003).

A segurança alimentar é essencial, para uma distribuição igualitária de bens e inclusão social. Segundo Altieri (1989), sistemas que utilizam policulturas, estão mais aptos a fornecer uma dieta variada nutricionalmente. O sistema de produção em bases agroecológicas no semi-árido cearense permitiu às famílias o consumo de alimentos livres de agrotóxicos, além da incorporação do gergelim, um alimento de alto valor nutricional, na dieta familiar (Lima, 2005).

De uma forma geral, os/as agricultores/as demonstraram uma capacidade em avaliar os seus sistemas. A maior parte dos indicadores sugeridos, foram utilizados e/ou citados por diversos pesquisadores. Além disso, parte desses foram comprovados por pesquisas realizadas em suas áreas ou por pesquisas em outros sistemas conservacionistas.

## **CAPÍTULO 2**

### **INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMAS AGROECOLÓGICOS CONDUZIDOS POR AGRICULTORES FAMILIARES DO MUNICÍPIO DE TAUÁ**

#### **1. INTRODUÇÃO**

Os sistemas agroecológicos visam a integração dos componentes de maneira que a eficiência biológica global seja incrementada e a biodiversidade dos agroecossistemas e sua alta capacidade de se sustentar sejam mantidas (Altieri & Nicholls, 2003). A premissa da sustentabilidade agrícola é preservar e melhorar a capacidade produtiva dos sistemas e a qualidade dos recursos renováveis, além do eficiente aproveitamento dos recursos finitos e não renováveis. Dentre os recursos finitos e não renováveis, o solo se destaca por desempenhar diversas funções nos agroecossistemas, pois atua como um meio para o crescimento das plantas, como regulador e divisor do fluxo de água no ambiente e como moderador ambiental na formação, na atenuação e na degradação de compostos naturais e perigosos (Franzluebbers, 2002). Neste contexto, o solo pode ser considerado a base de sustentação dos sistemas agrícolas, fazendo-se necessário a adoção de práticas que mantenham suas habilidades funcionais e conseqüentemente a sua qualidade.

Qualquer fator que envolva a transformação da estrutura e funcionalidade dos ecossistemas como o uso da terra, padrões climáticos e sistemas de manejo podem alterar as condições do solo, interferindo diretamente nas suas habilidades funcionais e qualidade. Assim, em uma perspectiva de sustentabilidade dos sistemas agrícolas, é de fundamental importância a utilização de técnicas apropriadas de manejo do solo, as quais têm como objetivo limitar e balancear os processos de degradação com os processos de produção.

Os sistemas de manejo conservacionistas têm apresentado expressivo efeito na melhoria da qualidade de solos tropicais e subtropicais. Nestes sistemas, o manejo é dirigido para a otimização dos processos e ciclagem de nutrientes, acúmulo de matéria orgânica, controle biológico das pragas e produção equilibrada (Altieri & Nicholla, 2003; Costa et al., 2004).

Agricultores/as do município de Tauá-CE que adotam o manejo do algodoeiro em bases agroecológicas, buscam a sustentabilidade dos seus sistemas, por meio de técnicas que mantenham ou recuperem a qualidade do solo de suas áreas. Quando avaliadas as áreas sob sistema de produção agroecológico em Tauá apresentaram capacidade de promover melhor qualidade do solo comparadas aos sistemas convencionais (Lima, 2001) e de manter a qualidade do solo em condições semelhantes à natural (Otutumi et al., 2004).

Os sistemas citados também foram avaliados pelos/as próprios/as agricultores/as que os adotam. Na avaliação destes/as, o manejo agroecológico tem proporcionado melhoria na qualidade de seus sistemas de produção quando comparados aos adotados anteriormente por eles/as.

Neste capítulo objetivou-se testar alguns indicadores de qualidade do solo apontados e selecionados pelos/as agricultores/as, bem como alguns sugeridos pela literatura, em sistemas agroecológicos conduzidos por agricultores/as familiares do município de Tauá.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Qualidade do solo e sua mensuração

Há diversas definições de qualidade do solo. Uma das mais simplificadas considera de qualidade *o solo que apresenta aptidão para o uso* (Sparting & Schipper, 1998). Uma visão mais ampla sobre qualidade do solo foi sugerida pela Soil Science Society of América (SSSA, 1995), a qual diz que *a qualidade do solo é a capacidade de um tipo específico de solo em funcionar dentro dos limites naturais ou ecossistemas controlados, sustentar a produtividade da planta e do animal, manter ou realçar a qualidade da água e do ar e suportar a habitação e a saúde humana*. A qualidade do solo é definida em termos de suas propriedades químicas, físicas e biológicas.

Uma questão antiga, controversa e pertinente, é como avaliar a alteração na qualidade de um determinado solo em função do manejo utilizado. Uma forma bastante utilizada atualmente é o uso de propriedades presentes no agroecossistema, que sejam indicativas de qualidade do solo. Uma nova questão a ser definida dentro deste processo é: qual ou quais seriam essas propriedades a serem utilizadas como indicadores de qualidade do solo? (Zilli et al., 2003).

Para que se possa medir a qualidade do solo, as propriedades utilizadas como indicadores devem ser integradoras de processos e relacionar-se claramente com as funções do solo. Para a sua avaliação, é importante a sua quantificação via indicadores físicos, químicos e biológicos, observando o tempo necessário para que um dado manejo produza alterações quantificáveis e observáveis e, ainda, considerando as variações espaciais proporcionadas pelo mesmo (Reichert et al., 2003).

Dentre as propriedades do solo, a matéria orgânica (MO) é considerada como o mais importante indicador de qualidade do solo, pois se relaciona com numerosas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Reichert et al., 2003) tais como, aumento da capacidade do solo em reter água, favorecimento da formação de agregados e estabilidade dos mesmos, reserva de nutrientes como nitrogênio (N), fósforo (P), enxofre (S) e outros; formação de quelatos; e é fonte de C para a biota do solo.

Em sistemas que almejam a sustentabilidade, manter níveis satisfatórios de matéria orgânica no solo é um componente integrante de quaisquer estratégias de manejo, pois esta desempenha papel importante na qualidade do solo para o desenvolvimento das plantas (Conceição et al., 2004; Conceição, 2002).

Os níveis de matéria orgânica no solo são influenciados por diversos fatores. Dentre os que afetam a quantidade e a qualidade de resíduos orgânicos depositados no solo, os mais relevantes são as variáveis climáticas, a disponibilidade de nutrientes no solo, as características genéticas das plantas, a idade e a diversidade do plantio e os sistemas de manejo do solo e dos resíduos culturais (Correia & Andrade, 1999).

Nos ecossistemas naturais a quantidade de carbono orgânico presente no solo é usualmente maior que o presente na vegetação viva (Conceição, 2002). As coberturas florestais proporcionam grande aporte de estruturas vegetais que são depositadas nas camadas superficiais dos solos e que, sob a ação das comunidades decompositoras, são transformadas em carbono orgânico do solo.

A vegetação é a principal responsável pelas diferentes estruturas orgânicas e pela velocidade que estas estruturas são depositadas nas camadas superficiais dos solos. Por outro lado, a diferenciação de compostos orgânicos observados no perfil do solo é controlada pela velocidade de decomposição (Correia & Andrade, 1999), a qual, é regulada pela composição da comunidade decompositora, pela qualidade do material orgânico e pelas condições físico-químicas do ambiente que, por sua vez, são reguladas pelo clima e características edáficas do local (Monteiro & Gama-Rodrigues, 2004).

O manejo adotado nos sistemas de produção pode afetar o conteúdo da matéria orgânica do solo. O sistema de plantio direto, no qual não há o revolvimento do solo e os resíduos das culturas são adicionados na camada superficial ao aumenta a matéria orgânica do solo (Costa et al., 2004). Nestes sistemas, os fatores citados associados à menor umidade na interface solo-atmosfera, torna mais efetivo o acúmulo de carbono orgânico na camada superficial do solo, quando comparado com sistema de cultivo onde há o revolvimento do solo (Franzluebber et al. 1996).

Por controlar a erosão, melhorar a infiltração de água e conservar os nutrientes, o acúmulo da matéria orgânica na camada superficial do solo é essencial, pois a superfície do solo é a interface vital que recebe diretamente o intenso impacto das chuvas, os fertilizantes e pesticidas aplicados nos plantios e divide o fluxo de gases entre os meios interno e externo do perfil do solo. Devido a estas funções, o grau de estratificação da matéria orgânica no perfil do solo, que reflete o carbono orgânico acumulado na superfície, pode ser usado como um indicador da qualidade ou do funcionamento do ecossistema do solo (Franzluebber, 2002).

A diversidade biológica do solo também é um meio de verificação da qualidade do solo (Zilli et al., 2003), pois essa exerce funções importantes no solo como ciclagem de nutrientes (Assad, 1997) e melhora a estrutura do solo através da mistura de partículas orgânicas e minerais (Correia & Oliveira, 2000). Em solos pobres, onde a matéria orgânica representa a maior fonte de nutrientes, a atividade da fauna edáfica se torna particularmente importante, uma vez que essa é responsável pela decomposição e ciclagem de nutrientes (Correia & Oliveira, 2000).

As práticas agrícolas acarretam inúmeras modificações na composição e diversidade dos organismos do solo (Assad, 1997). As alterações na fauna do solo em função do uso da terra são normalmente atribuídas a modificações no ambiente devido ao preparo do solo e pela adição ou diminuição de matéria orgânica nos sistemas de cultivo adotados.

A influência do manejo do solo sobre esses componentes biológicos apresenta normalmente resposta mais rápida do que outras propriedades do solo, servindo como indicadores das alterações ecológicas nos agroecossistemas. Neste contexto torna-se importante avaliar a diversidade e a importância de determinados grupos para a compreensão da capacidade reguladora da fauna edáfica nos ecossistemas e das conseqüências esperadas a partir da exclusão de um ou mais grupos.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Descrição das áreas escolhidas para avaliação

Para a realização deste trabalho, foram selecionadas quatro áreas localizadas no município de Tauá-CE, o qual está situado na região do Sertão dos Inhamuns, sendo duas sob sistemas de produção em bases agroecológicas, uma sob sistema natural e uma sob sistema tradicional. As áreas estão localizadas nas propriedades dos agricultores José Eduardo Sobrinho e Raimundo Valentim de Sousa, nas microregiões de Baixas-Marrecas e de Juá, respectivamente. Estes agricultores fazem parte, desde 1998, do grupo de agricultores que conduzem sistemas em bases agroecológicos no semi-árido cearense. Na propriedade do agricultor José Eduardo Sobrinho selecionou-se duas áreas, uma agroecológica (JESA) e a outra sob condição natural (JESN), enquanto que na propriedade do agricultor Raimundo Valentim de Sousa, as áreas escolhidas foram sob sistemas agroecológico (RVSA) e tradicional (RVST).

Os critérios adotados para a escolha destes agricultores como representantes do grupo foram tempo de inserção deles na proposta e estudos realizados anteriormente nas áreas. A área JESA foi avaliada nos anos de 1998 (Esplar, 1999), 2000 (Lima, 2001) e 2001 (Otutumi, 2003) e a área RVSA nos anos 2000 (Lima, 2001) e 2001 (Otutumi, 2003). Neste caso foram verificados o comportamento dos sistemas ao longo do tempo. Os históricos das áreas em questão estão relatados no quadro 6.

**Quadro 6. Histórico do uso das áreas sob sistemas de cultivo agroecológico e tradicional e vegetação da natural dos agricultores familiares José Eduardo Sobrinho e Raimundo Valentim de Sousa, no município de Tauá - CE**

Área JESN – Área sob sistema natural do agricultor José Eduardo Sobrinho			
Ano	Culturas plantadas	Manejo adotado	Observação
1953	-	Derrubada da vegetação seguido de sua queima	Na ocasião as espécies vegetais arbóreas que predominavam na área eram marmeleiro ( <i>Croton hemiargyreus</i> ), mororó ( <i>Bauhinia forficata</i> Link.), quebra-faca ( <i>Cássia trachypus</i> Mart.), imburana-de-espinho ( <i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J. B. Gillett), aroeira ( <i>Myracrodouon urundeuva</i> Allemão), angico ( <i>Anadenanthera colubrina</i> Vell.) e quinaquina ( <i>Remijia ferrugiea</i> DC.)
1954 – 1958	Plantio do algodão mocó sob sistema tradicional	Plantio e capina no primeiro ano; roço das plantas espontâneas durante o ciclo da cultura e, após a colheita, pastejo pelo gado.	-
1959 – 1979	Pousio	-	Pousio
1979	-	Derrubada da vegetação seguido de sua queima	Nesta ocasião, o número de espécies vegetais arbóreas existentes eram bem menor quando comparado com o primeiro, sendo o marmeleiro ( <i>C. hemiargyreus</i> ) e canafístula ( <i>Cássia excelsa</i> ) suas principais representantes.
1980 – 1990	Palma forrageira	Roço e colheita	-
1990 – 2005	Pousio	-	A espécie predominante é o marmeleiro
Área RVST – Área sob sistema tradicional do agricultor Raimundo Valentim de Sousa			
1961	-	Derruba da vegetação seguida da queima	As espécies vegetais predominante eram: juazeiro ( <i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.), aroeira ( <i>M. urundeuva</i> ), angico ( <i>A. colubrina</i> ), marmeleiro ( <i>C. hemiargyreus</i> ), maria-preta ( <i>Cordia Salzmanni</i> ) e velame ( <i>Croton campestris</i> St. Hil.)

Continua...

Quadro 6, Cont.

Ano	Culturas plantadas	Manejo adotado	Observação
1962 – 1972	Milho e feijão consorciado	Preparo da área, plantio, capina, controle das pragas com inseticidas químicos	-
1973 – 1983	Algodoeiro herbáceo	Preparo da área, plantio, capina e controle das pragas com inseticidas químicos	A partir de 1977 o agricultor começou a utilizar mecanização com grade destorroadora para o preparo do solo
1984 - 2005	Milho	Gradagem com grade destorroadora, uma única capina das plantas espontâneas e colheita.	-
<b>Área JESA - Área sob sistema agroecológico do agricultor José Eduardo Sobrinho</b>			
<b>Antes de ser adotado o manejo agroecológico (de 1953 a 1997)</b>			
1953	-	Derrubada da vegetação seguido da queima da mesma	Na ocasião a vegetação arbórea predominante era: marmeleiro ( <i>C. hemiargyreus</i> ), mororó ( <i>B. forficata.</i> ), quebra-faca ( <i>C. trachypus.</i> ), imburana-de-espinho ( <i>C. leptophloeos</i> ), aroeira ( <i>M. urundeuva</i> ), angico ( <i>A. colubrina</i> ), e quina-quina ( <i>R. ferrugiea</i> ).
1954 – 1958	Plantio do algodão mocó sob sistema tradicional	Plantio e capina no primeiro ano, roço das plantas espontâneas e colocação do rebanho na área, após a colheita do algodão	-
1959 – 1979	Pousio	-	Pousio
1979	-	Derrubada da vegetação seguido da queima da mesma	Na ocasião a vegetação se diferenciava da existente quando foi realizado o primeiro desmatamento. As espécies arbóreas predominantes eram: marmeleiro e canafistula
1980 – 1990	Palma forrageira	Roço e colheita	-
1990 – 1997	Pousio	-	Pousio
<b>Após de ser adotado o manejo agroecológico (de 1997 a 2002)</b>			
1997	-	Desmatamento através da destoca (arranquio dos troncos das árvores) e retirada do material vegetal para fora da área	As espécies vegetais arbóreas predominantes eram: marmeleiro e canafistula. Desta vez não foi feita queimada
1998	Algodão, milho gergelim e guandu consorciados	Uso de cultivador (utilizado para arar o solo), adubação com esterco de ovinos/caprinos (em tordo de 6000 litros/ha), de três a quatro capinas e catação dos botões florais do algodoeiro para o controle da população do bicudo.	-

Continua...

Quadro 6, cont.

Ano	Culturas plantadas	Manejo adotado	Observação
1999	Algodão, milho gergelim e guandu consorciados	Uso de cultivador, adubação com esterco de ovinos/caprinos ((em tordo de 6000 litros/ha)), adubação com biofertilizante a base de esterco fermentado, de três a quatro capinas e catação dos botões florais do algodoeiro para o controle da população do bicudo.	-
2000	Algodão, milho gergelim e guandu consorciados	Uso de cultivador, adubação com esterco de ovinos/caprinos ((em tordo de 6000 litros/ha)), de três a quatro capinas e catação dos botões florais do algodoeiro para o controle da população do bicudo.	-
2001	Milho, feijão, gergelim e guandu consorciados	Uso de cultivador, adubação com esterco de ovinos/caprinos ((em tordo de 6000 litros/ha)), de três a quatro capinas e catação dos botões florais do algodoeiro para o controle da população do bicudo.	-
2002	Algodão 7MH, milho, feijão, gergelim e guandu consorciados	Uso de cultivador, adubação com esterco de ovinos/caprinos ((em tordo de 6000 litros/ha)), de três a quatro capinas e valetas de retenção e catação dos botões florais do algodoeiro para o controle da população do bicudo.	-
2003 – 2005	Pousio	-	Ainda são encontradas plantas de algodão 7MH
<b>Área RVSA – Área sob sistema agroecológico do agricultor Raimundo Valentim de Sousa</b>			
<b>Antes de ser adotado o manejo agroecológico (de 1961 a 1998)</b>			
1961	-	Derrubada seguida da queima da vegetação	A vegetação predominante na ocasião era: juazeiro ( <i>Z. joazeir</i> ), aroeira ( <i>M. urundeuva</i> ), angico ( <i>A. colubrina</i> ), marmeleiro ( <i>C. hemiargyreus</i> ), maria-preta ( <i>C. Salzmanni</i> ) e velame ( <i>Cróton. campestris</i> ).
1962 – 1972	Milho e feijão consorciados	Preparo da área, plantio, capina, controle das pragas com inseticidas químicos	-
1973 – 1983	Algodão herbáceo	Preparo da área, plantio, capina, controle das pragas com inseticidas químicos	A partir de 1977 o agricultor começou a utilizar mecanização com grade destorroadora para o preparo do solo
1984 – 1998	Milho e feijão	Gradagem com grade destorroadora, capina, controle das pragas com inseticidas químicos	-
<b>Após de ser adotado o manejo agroecológico (de 1999 a 2005)</b>			
1999	Algodão, milho, feijão e gergelim consorciados	Gradagem com grade destorroadora, adubação do solo com esterco, adubação com biofertilizante preparado a partir de esterco fermentado, capina e catação dos botões florais do algodoeiro para o controle da população do bicudo.	-

Continua...

Quadro 6, Cont.

Ano	Culturas plantadas	Manejo adotado	Observação
2000	Algodão, milho, feijão e gergelim consorciados	Preparo do solo para o plantio com grade destorroadora, adubação foliar com biofertilizante preparado a partir de esterco fermentado, capina e catação dos botões florais do algodoeiro para o controle da população do bicudo.	-
2001	Algodão, milho, feijão, gergelim e guandu consorciados	Preparo do solo para o plantio com grade destorroadora, adubação foliar com biofertilizante preparado a partir de esterco fermentado, capina e catação dos botões florais do algodoeiro para o controle da população do bicudo.	-
2002	Algodão 7MH, milho feijão, gergelim e nim consorciados	Preparo do solo para o plantio com grade destorroadora, adubação foliar com biofertilizante a base de esterco fermentado, catação dos botões florais para o controle do bicudo do algodoeiro e utilização de inseticida natural.	-
2003	Algodão 7MH, milho feijão, gergelim, guandu e neem ( <i>Azadirachta indica</i> ) consorciados	Preparo do solo para o plantio com grade destorroadora, adubação com esterco (3 mil kg), adubação foliar com biofertilizante preparado a partir de esterco fermentado	-
2004	Algodão 7MH, milho feijão, gergelim, guandu e neem consorciados	Preparo do solo para o plantio com grade destorroadora, adubação foliar com biofertilizante a base de esterco fermentado, catação dos botões florais para o controle do bicudo do algodoeiro e utilização de inseticida natural.	-
2005	Algodão 7MH, milho feijão, gergelim, guandu e neem consorciados	Preparo do solo para o plantio com grade destorroadora, adubação foliar com biofertilizante a base de esterco fermentado, catação dos botões florais para o controle do bicudo do algodoeiro e utilização de inseticida natural.	-

Foram abertas duas trincheiras para coletas de amostras e informações dos perfis dos solos para que fosse feita a classificação destes (Anexo) utilizando o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999). Uma trincheira foi aberta entre as áreas JESA e JESN e a outra, entre as áreas RVSA e RVSN, uma vez que as mesmas eram contínuas e possuíam características semelhantes tais como textura e cor. O solo das áreas JESA e JESN foi classificado como Luvissole Crômico Pálico abrupto, enquanto que o solo das áreas RVSA e RVST como um Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico. No quadro 5 estão, de forma resumida, as informações destes solos.

**Quadro 5. Caracterização dos horizontes Bt1 e 3C2 do solos Luvissole Crômico Pálico abrupto e Neossolo Flúvico Ta Eutrófico respectivamente**

	Luvissole Crômico Pálico abrupto	Neossolo Flúvico Ta Eutrófico
<b>Horizontes</b>	<b>Bt1</b>	<b>3C2</b>
<b>Propriedades/Características</b>		
Profundidade	22 – 44 cm	29 – 46 cm
pH	7	6,5
Carbono Orgânico - CO (g/kg)	3,82	2,94
Na <sup>+</sup> trocável (cmol <sub>c</sub> /kg)	0,1	0,04
K <sup>+</sup> trocável (cmol <sub>c</sub> /kg)	0,39	0,16
Ca <sup>2+</sup> trocável (cmol <sub>c</sub> /kg)	5,9	2,7
Mg <sup>2+</sup> trocável (cmol <sub>c</sub> /kg)	1,5	1,3
H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup> trocáveis (cmol <sub>c</sub> /kg)	0	0
Soma de bases - S (cmol <sub>c</sub> /kg)	7,89	4,2
CTC (cmol <sub>c</sub> /kg)	7,89	4,2
Saturação por bases - V (%)	100	100
Areia (%)	48,51	77
Silte (%)	27,49	16,4
Argila (%)	24	6,6
Classe textural	Franco-argiloso-arenoso	Areia franca
Cor	Vermelho escuro (2,5YR 3/6, úmido), vermelho (2,5YR 4/8, seco)	Bruno escuro (10YR 4/3, úmido), bruno (10YR 5/3, seco)
Estrutura	Fraca com grãos simples, pequena e muito pequena e subangular	Moderada, média a grande, angular e subangular
Consistência	Ligeiramente duro, muito friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso	Duro, muito friável; ligeiramente plástico e não pegajoso; transição difusa e plana

### 3.2. Coleta e preparo das amostras de solos

Para as análises químicas e granulométrica (física) foram coletadas amostras deformadas em três pontos (repetições) em cada área nas profundidades de: 0–5 cm (P1); 5-15 cm (P2) e 15–30 (P3). Estas amostras foram acondicionadas em bandejas de jornal e colocadas em local ventilado e seco (casa de vegetação) até a completa secagem ao ar. Posteriormente, as amostras foram destorroadas com um rolo de madeira e passadas em uma peneira com malha de 2 mm de diâmetro. Foram coletadas, ainda, oitenta amostras com estruturas indeformadas, vinte em cada área, utilizando amostrador e anéis com volume de 68,8 cm<sup>3</sup>, com o intuito de determinar a curva de retenção, macro e microporosidade e densidade dos solos das quatro áreas.

### 3.3. Análises químicas

Foram feitas as determinações de pH em água (1:2,5) por potenciometria; de cálcio (Ca<sup>2+</sup>), magnésio (Mg<sup>2+</sup>), sódio (Na<sup>+</sup>) e potássio (K<sup>+</sup>) trocáveis por extração com acetato de amônio a pH 7,0, sendo que os níveis de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> foram determinados por titulometria com EDTA 0,0125 M, e os de Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> por fotometria de chama. O fósforo disponível (P) foi extraído com Mehlich – 1 e o seu teor determinado por colorimetria. Determinou-se a acidez potencial (H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>) por titulometria após extração com CaAc 0,5 mol L<sup>-1</sup> a pH 7. Posteriormente foram estimadas a capacidade de troca de cátions (CTC) e a soma de bases (valor S). Todas estas análises foram feitas conforme Embrapa (1997).

O teor de carbono orgânico do solo foi determinado por oxidação via úmida, empregando solução de dicromato de potássio (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) a 0,4 N em meio ácido, com fonte externa de calor e titulação com sulfato ferroso amoniacal (Fe(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) a 0,1 N, conforme orientação da Embrapa (1997).

As informações obtidas nas análises químicas realizadas nas áreas RVSA e JESA em 1998 (Esplar, 1999), 2000 (Lima, 2001) e 2001 (Otutumi, 2003) foram sistematizadas para avaliação das variações ao longo do tempo. Os resultados disponíveis em Esplar (1999) e Lima (2001) foram obtidos das profundidades de 0-10 cm (P1), 10-20 cm (P2) e de 20-30 cm (P3). Já Otutumi (2003) coletou solo nas profundidades de 0-5 cm (P1), 10-20 cm (P2) e 20-30 cm (P3). Na análise sobre a variação dos teores de carbono orgânico total não utilizou-se dados do Esplar (1999).

Embora não haja um padrão nas profundidades de coletas das amostras analisadas, elas se concentram na camada de 0-30 cm no perfil do solo.

A taxa de estratificação do CO foi obtida por meio da metodologia utilizada por Franzluebber (2002), na qual se faz uma relação entre os teores do carbono orgânico nas camadas superficial e a mais profunda, conforme demonstrado abaixo.

- Taxa de estratificação CO em 2000 = Teor do carbono orgânico na profundidade 0–10 cm (P1)/ Teor do carbono orgânico na profundidade 20–30 cm (P3);

- Taxa de estratificação CO em 2003 = Teor do carbono orgânico na profundidade 0–5 cm (P1)/ Teor do carbono orgânico na profundidade 20–30 cm (P3);

- Taxa de estratificação CO em 2005 = Teor do carbono orgânico na profundidade 0–5 cm (P1)/ Teor do carbono orgânico na profundidade 15–30 cm (P3);

### **3.4. Análises físicas**

A análise granulométrica foi feita por dispersão total. As amostras foram dispersas com solução normal de hidróxido de sódio (NaOH), seguida por uma dispersão mecânica feita com agitador elétrico de 12.000 rpm. A areia foi separada por tamisação. Para o determinar o teor de argila, foi pipetado um volume da solução e colocado em uma estufa a 105°C por um período de 24 horas para a completa secagem e, posteriormente, pesagem do material. O teor de silte foi obtido pelo valor correspondente ao complemento dos percentuais para 100% (Embrapa, 1997).

Para a determinação das curvas de retenção de umidade das áreas saturou-se as amostras por 24 horas em bandeja com água até dois terços da altura do anel. Em seguida as amostras foram drenadas nas tensões de 10, 20, 40, 60, 80, 100, 200, 300, 400, 500, 600 e 800 cm e colocadas, posteriormente, em estufa a 105°C até a completa secagem. Com os dados obtidos, foi determinada a umidade das amostras e elaboradas as curvas de retenção de umidade do solo, bem como a densidade e a porosidade do solo de cada área (Embrapa, 1997).

### **3.5. Fauna do solo**

Para determinar a diversidade e a abundância da fauna do solo foram instaladas armadilhas nas áreas RVSA, RVST, JESA e JESN, em dois períodos, sendo o primeiro datado no dia 06/05/2005 e o segundo no dia 06/06/2005. As armadilhas utilizadas

foram do tipo “pitfall” as quais consistiram em recipientes com 10 cm de diâmetro e 10 cm de profundidade.

Dentro de cada recipiente foi adicionada uma quantidade de álcool a 50% correspondente a 1/3 do seu volume. Os mesmos foram inseridos no solo a uma profundidade em que suas bordas coincidisse exatamente com a superfície do solo. A distribuição destes nas áreas foi feita por meio de um único transecto num espaçamento de 5 m entre cada um, totalizando 5 armadilhas. Em cada período, as armadilhas permaneceram nas áreas por um intervalo de tempo de sete dias. Diariamente foi feita a coleta dos indivíduos capturados e, sempre que necessário, foi feita a reposição do álcool perdido por evaporação. A fauna coletada foi, posteriormente, classificada em seus grandes grupos e quantificados. Este método foi adaptado de Freitas et al. (2003).

Foram calculados os índices de riqueza ( $d$ ), de diversidade de Shannon ( $H$ ) e uniformidade de Pielou ( $e$ ), sendo:

Índice de riqueza ( $d$ )

$$d = S - 1/\log N,$$

onde  $S$  é o número de espécies ou grupo e  $N$  o número total de indivíduos.

Índice de diversidade de Shannon ( $H$ )

$$H = \sum p_i \cdot \log p_i, \text{ em que } p_i = n_i/N; n_i \text{ número de indivíduo de cada espécie ou grupo}$$

Índice de uniformidade ( $e$ )

$$e = H/\log S$$

O índice de Shannon leva em consideração a riqueza das espécies e sua abundância relativa, enquanto que o de Pielou refere-se ao padrão de distribuição dos indivíduos entre as espécies.

### 3.6. Produção dos sistemas agroecológicos

Para calcular a produção das diferentes culturas das áreas JESA e RVSA, nos anos de 1998, 1999, 2000 e 2001, coletou-se informações nos registros de acompanhamento feitos pela equipe técnica do ESPLAR, sobre a composição dos consórcios, a área ocupada e a produção obtida por cada cultura. Enquanto que para calcular a produção das culturas nas áreas RVSA e RVST, no ano de 2005, foram delimitadas, em cada delas, duas parcelas. Destas parcelas, obteve-se informações sobre a composição dos consórcios, a área ocupada e a produção obtida por cada cultura.

As informações sobre os rendimentos médios das diferentes culturas dos sistemas de monocultivo tradicionalmente praticados no município de Tauá-CE, para que fosse feita uma comparação dos diferentes sistemas, foram obtidas utilizando dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) dos anos de 1999, 2000, 2001 e 2005.

### **3.7. Análises estatísticas**

Para proceder a comparação dos tratamentos as médias estatísticas foram apresentadas na forma de intervalo de confiança ( $p < 0,05$ ), conforme Lapponi (2005).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Produção e renda

No quadro 7 estão as informações sobre a produtividade e a renda obtidos nas áreas JESA (1998, 1999, 2000 e 2001), RVSA (1999, 2000, 2001 e 2005) e RVST (2005).

Os índices pluviométricos nos anos de 1998 e 2001 na área JESA foram os mais baixos registrados nos quatro anos observados, o que prejudicou o desenvolvimento das culturas. Das culturas plantadas no ano de 1998, apenas o algodão e o milho completaram seus ciclos, mas, seus rendimentos ficaram aquém dos observados nos anos de 1999 e 2000. O feijão foi uma das culturas que completaram seu ciclo em 2001 e sua produção foi muito próxima à média municipal.

Os maiores índices de chuvas bem como os maiores rendimentos obtidos nos quatro anos observados na área JESA foram os dos anos de 1999 e 2000. As culturas plantadas no ano de 1999 foram algodão, milho, gergelim e guandu e destas, apenas o milho não produziu satisfatoriamente. Por outro lado, nos anos supracitados observou-se a maior produção de algodão.

Os maiores rendimentos do algodão e milho obtidos na área RVSA foram os dos anos de 1999 e 2000, enquanto que do feijão sempre foram superiores do que a média municipal exceto do ano de 2000, onde a média municipal foi maior. Nos referidos anos a produção do algodão foi superior a média municipal em 68 e 303%, respectivamente.

A produção do milho na área RVSA foi superior a média municipal nos anos de 1999 e 2000 (10 e 18%, respectivamente). No entanto, verifica-se que no ano de 2005 a produção média municipal foi superior em 208%.

Em 2005, obtiveram-se informações sobre o rendimento do milho produzido em monocultivo sob sistema tradicional (RVST), o que permitiu a comparação dos rendimentos dos dois sistemas produzidos em iguais condições de campo. Como se verifica no quadro 7, a produtividade desta cultura da área RVST superou as médias obtidas na área RVSA e no município em 83,9 e 468%, respectivamente.

Foi feita uma comparação das rendas obtidas nas diferentes formas de cultivos ao longo dos anos. Verificou-se que os valores em dinheiro obtidos nos sistemas agroecológicos (JESA e RVSA) foram superiores aos obtidos nos monocultivos de algodão, milho e feijão no município e ao obtido no monocultivo de milho do sistema tradicional (RVST). Os valores obtidos no monocultivo do algodão no município de Tuaá, nos anos de 1998 e 2001, são exceções do citado, pois foram superiores aos obtidos no sistema agroecológico do agricultor José Eduardo Sobrinho (JESA).

Os maiores valores obtidos no sistema agroecológico do agricultor José Eduardo Sobrinho em relação aos obtidos nos monocultivos do município de Tauá, variaram entre 112 a 177%, 10 a 252% e 12 a 334% para o algodoeiro, o milho e o feijão, respectivamente. Já os valores obtidos no sistema agroecológico do Raimundo Valentim de Sousa (RVSA) superaram em percentuais que variaram de 130 a 643%, de 166 a 398% e de 356 a 652% aos obtidos nos monocultivos do algodoeiro, do milho e do feijão, respectivamente. A renda obtida na área RVSA foi superior a obtida na RVST em 44% no ano de 2005.

O algodão produzido nos sistemas agroecológicos é vendido por preços superiores aos do mercado convencional. Esse valor maior não foi incluído na renda dos sistemas agroecológicos apresentada no quadro 7. Essa diferença implica, certamente, em maiores vantagens para o/a agricultor/a que adota o sistema de cultivo em bases agroecológicas.

De modo geral, verifica-se que o plantio consorciado proporciona maior vantagem no tocante à produtividade das culturas e a renda. Quando faz-se uma análise individual das áreas sob o sistema agroecológico, verifica-se que a maior diversidade de culturas contribuiu para a obtenção de maior renda e em um menor risco de perda total da produção, mesmos em anos com baixos índices pluviométricos.

**Quadro 7. Produção média das culturas de milho, algodão, feijão e gergelim obtida nas áreas JESA, RVSA e no município de Tauá, do milho na área RVST e renda obtidas nos diferentes sistemas nos anos de 1998, 1999, 2000, 2001 e 2005**

Culturas	1998								
	JESA			RVSA			Município <sup>1</sup>		
	Produt. (kg/ha)	Preço/kg (R\$) <sup>2</sup>	Renda/ha (R\$)	Produt. (kg/ha)	Preço/kg (R\$) <sup>2</sup>	Renda/ha (R\$)	Produt. (kg/ha)	Preço/kg (R\$) <sup>2</sup>	Renda/1 ha em monocultivo (R\$)
Algodão (7H) <sup>3</sup>	-	0,80	-	-	0,80	-	150	0,80	<b>120,00</b>
Algodão (7MH) <sup>3</sup>	72	0,80	58,00	-	0,80	-	-	0,80	-
Milho <sup>4</sup>	14	0,40	18,00	-	0,40	-	44	0,40	<b>18,00</b>
Feijão <sup>4</sup>	-	0,75	-	-	0,75	-	75	0,75	<b>50,00</b>
Gergelim <sup>4</sup>	-	1,50 <sup>5</sup>	-	-	1,50 <sup>5</sup>	-	-	1,50 <sup>5</sup>	-
<b>Renda total em 1 ha de consórcio (R\$)</b>			<b>63,00</b>		-			-	
Culturas	1999								
	JESA			RVSA			Município <sup>1</sup>		
	Produt. (kg/ha)	Preço/kg (R\$) <sup>2</sup>	Renda/ha (R\$)	Produt. (kg/ha)	Preço/kg (R\$) <sup>2</sup>	Renda/ha (R\$)	Produt. (kg/ha)	Preço/kg (R\$) <sup>2</sup>	Renda/1 ha em monocultivo (R\$)
Algodão (7H) <sup>3</sup>	-	0,80	-	808	0,80	646,00	480	0,80	<b>384,00</b>
Algodão (7MH) <sup>3</sup>	671	0,80	537,00	-	0,80	-	-	0,80	-
Milho <sup>4</sup>	19	0,40	9,00	638	0,40	255,00	580	0,40	<b>232,00</b>
Feijão <sup>4</sup>	-	0,75	-	341	0,75	256,00	250	0,75	<b>188,00</b>
Gergelim <sup>4</sup>	182	1,50 <sup>5</sup>	273,00	-	1,50 <sup>5</sup>	-	-	1,50 <sup>5</sup>	-
<b>Renda total em 1 ha de consórcio (R\$)</b>			<b>817,00</b>			<b>1.157,00</b>		-	
Culturas	2000								
	JESA			RVSA			Município <sup>1</sup>		
	Produt. (kg/ha)	Preço/kg (R\$) <sup>2</sup>	Renda/há (R\$)	Produt. (kg/ha)	Preço/kg (R\$) <sup>2</sup>	Renda/ha (R\$)	Produt. (kg/ha)	Preço/kg (R\$) <sup>2</sup>	Renda/1 ha em monocultivo (R\$)
Algodão (7H) <sup>3</sup>	-	0,80	-	807	0,80	646,00	200	0,80	<b>160,00</b>
Algodão (7MH) <sup>3</sup>	333	0,80	266,00	-	0,80	-	200	0,80	<b>160,00</b>
Milho <sup>4</sup>	133	0,40	53,00	769	0,40	308,00	650	0,40	<b>260,00</b>
Feijão <sup>4</sup>	-	0,75	-	187	0,75	140,00	210	0,75	<b>158,00</b>
Gergelim <sup>4</sup>	82	1,50 <sup>5</sup>	123,00	64	1,50 <sup>5</sup>	96,00	-	1,50 <sup>5</sup>	-
<b>Renda total em 1 ha de consórcio (R\$)</b>			<b>443,00</b>			<b>1.189,00</b>		-	

Continua...

Quadro 7, Cont.

Culturas	2001								
	JESA			RVSa			Município <sup>1</sup>		
	Produt. (kg/ha)	Preço/kg (R\$) <sup>2</sup>	Renda/ha (R\$)	Produt. (kg/ha)	Preço/kg (R\$) <sup>2</sup>	Renda/ha (R\$)	Produt. (kg/ha)	Preço/kg (R\$) <sup>2</sup>	Renda/1 ha em monocultivo (R\$)
Algodão (7H) <sup>3</sup>	-	0,80	-	225	0,80	180,00	312	0,80	250,00
Algodão (7MH) <sup>3</sup>	-	0,80	-	-	0,80	-	-	0,80	-
Milho <sup>4</sup>	0	0,40	0,00	430	0,40	172,00	488	0,40	195,00
Feijão <sup>4</sup>	106	0,75	80,00	250	0,75	188,00	146	0,75	110,00
Gergelim <sup>4</sup>	91	1,50 <sup>5</sup>	137,00	25	1,50 <sup>5</sup>	37,00	-	1,50 <sup>5</sup>	-
<b>Renda total em 1 ha de consórcio (R\$)</b>			<b>216,00</b>			<b>1.189,00</b>			
Culturas	2005								
	RVSA			RVST			Município <sup>1</sup>		
	Produt. (kg/ha)	Preço/kg (R\$) <sup>2</sup>	Renda/ha (R\$)	Produt. (kg/ha)	Preço/kg (R\$) <sup>2</sup>	Renda/1 ha em monocultivo (R\$)	Produt. (kg/ha)	Preço/kg (R\$) <sup>2</sup>	Renda/1 ha em monocultivo (R\$)
Algodão (7H) <sup>3</sup>	-	0,80	-	-	0,80	-	-	0,80	-
Algodão (7MH) <sup>3</sup>	315	0,80	252,00	-	0,80	-	-	0,80	-
Milho <sup>4</sup>	182	0,40	73,00	1034	0,40	414,00	562	0,40	225,00
Feijão <sup>4</sup>	182	0,75	137,00	-	0,75	-	175	0,75	131,00
Gergelim <sup>4</sup>	91	1,50 <sup>5</sup>	136,00	-	1,50 <sup>5</sup>	-	-	1,50 <sup>5</sup>	-
<b>Renda total em 1 ha de consórcio (R\$)</b>			<b>598,00</b>		-			-	

Legenda: (1) = informações obtidas no IBGE; (2) = informações obtidas no mês de agosto de 2006 na EMATERCE; (3) = produção pluma com caroço; (4) = produção em grãos; (5) = informação obtida no comércio de Tauá em agosto de 2006; (-) = não plantou a referida cultura ou dado não disponível; JESA = área sistema agroecológico do agricultor José Eduardo Sobrinho; RVSA = área sistema agroecológico Raimundo Valentim de Sousa e RVST área sistema tradicional Raimundo Valentim de Sousa.

#### 4.2. Qualidade biológica do solo das áreas JESA, JESN, RVSA e RVST

A metodologia utilizada possibilitou a coleta de indivíduos da fauna do solo com comportamento ecológico relacionado com a superfície do solo. A identificação destes foi realizada no nível de ordem.

As alterações na fauna do solo em função do uso da terra são normalmente atribuídas à modificações no ambiente devido ao preparo do solo e adição de matéria orgânica nos sistemas de cultivo adotados. Sob condições de estresse, a diversidade tende a ser reduzida, mas, pode ocorrer também, em ambientes físicos estáveis em decorrência da competição entre os indivíduos do local (Odum, 1983).

A diversidade em termos dos principais grupos e o número total de organismos da epifauna do solo foram influenciados pelos sistemas adotados, com variação conforme o período da coleta (Figuras 1 e 2). Por ocasião da segunda coleta não foi capturado nem um indivíduo na área JESN. A fauna do solo está intimamente associada aos processos de decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes (Correia & Oliveira, 2000) e, por ser a serrapilheira um sítio onde ocorre parte das etapas desses processos (Merlim, 2005), é provável que esta variação tenha decorrido do teor e da qualidade de resíduos vegetais depositados sobre a superfície do solo por ocasião do período das coletas.

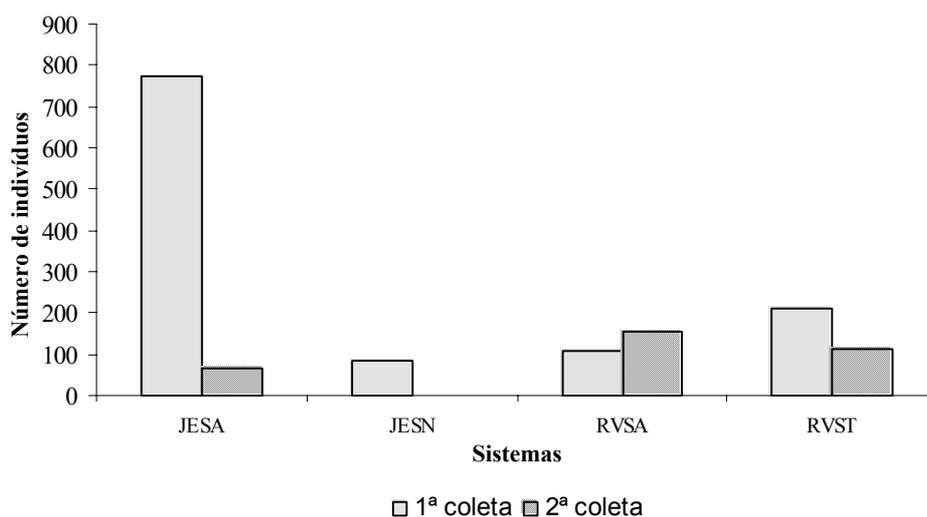


Figura 1. Número de indivíduos da fauna do solo de acordo com cada coleta nas áreas sob sistema agroecológico (JESA) e condição natural (JESN) do agricultor José Eduardo Sobrinho e sob sistemas agroecológico (RVSA) e tradicional (RVST) do agricultor Raimundo Valentim de Sousa em 2005.

Nas duas coletas, as ordens Hymenoptera e Coleoptera ocorreram em todas as áreas e sempre se apresentaram em maior número em relação aos demais grupos na maioria dos casos (Figura 2). Nos anos de 2000 (Lima, 2001) e de 2001 (Otutumi et al., 2004) estes grupos também estavam entre os mais representados no solo e na serrapilheira das áreas JESA e RVSA.

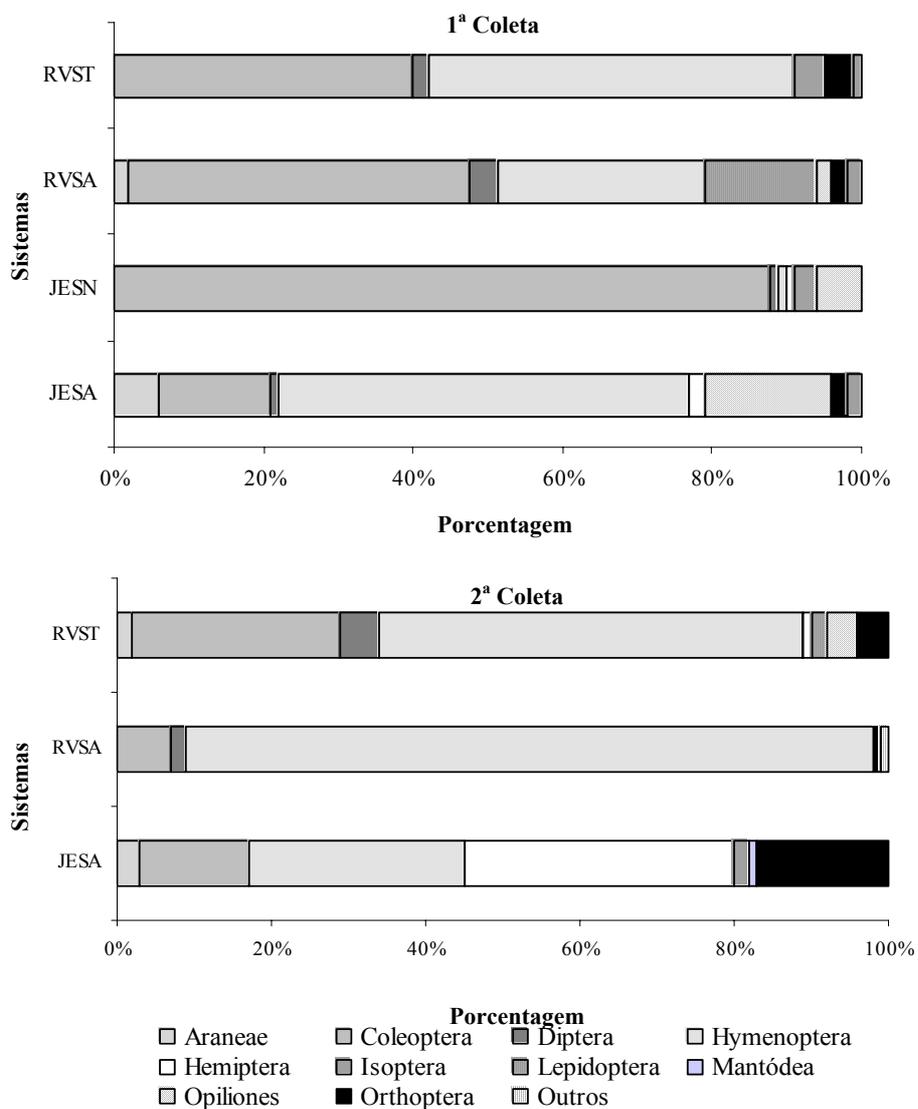


Figura 2. Distribuição relativa dos principais grupos da fauna edáfica identificados nas áreas sob sistema agroecológico (JESA) e condição natural (JESN) do agricultor José Eduardo Sobrinho e sob sistemas agroecológico (RVSA) e tradicional (RVST) do agricultor Raimundo Valentim de Sousa em 2005.

A família Formicidae foi a mais abundante dentro do grupo Hymenoptera. As formigas são normalmente as mais representadas dentro desse grupo em diversos sistemas avaliados. Nos solos sob mata nativa em Minas Gerais (Nunes, 2003) e sob diversa cobertura vegetais (pasto, eucalipto e florestas conservadas e não conservadas)

na região norte fluminense (Moço et al., 2005), observou-se o predomínio da família Formicidae. Isso se dá, principalmente, pela ampla distribuição e abundância local, a alta riqueza de espécies e a facilidade de serem amostradas e identificadas em relação a outros organismos (Alonso & Agosti, 2000)

As formigas são saprófagas e predadoras e estão envolvidas na formação de estruturas e transferência da matéria orgânica no perfil do solo. Devido as suas funções exercidas nos ecossistemas, as formigas têm uma grande contribuição, através da construção de seus ninhos, na dinâmica da cobertura e na renovação do solo (Miklós, 1997).

É notória a supremacia em relação a porcentagem relativa das principais ordens e a abundância de organismos do solo da área JESA em relação a área JESN. Por ocasião da primeira coleta na área JESA, o grupo Hymenoptera (55%) foi o mais representado seguido, por ordem decrescente, pelos Opiliones (17%) e Coleópteras (15%) e, em menor quantidade a ordem Araneae (6%). Na segunda coleta nesta mesma área, a diversidade foi menor do que a da primeira, bem como o número de indivíduos (Figuras 1 e 2). Nessa coleta, a seqüência por ordem decrescente dos grandes grupos foi Hemíptera (35%), Hymenoptera (28%), Orthoptera (17%) e Coleoptera (14%), além de outros em menores proporções. Conforme estudos realizados em 2000 (Lima, 2001) e 2001 (Otutumi et al., 2004) os números de indivíduos do solo e da serrapilheira encontrada na área JESA foram superiores aos encontrados em sistemas convencionais e caatinga, respectivamente.

A área JESN, como mencionado anteriormente, apresentou uma menor porcentagem relativa de ordens comparada a área JESA e nenhum indivíduo foi capturado durante a segunda coleta. O grupo de maior ocorrência foi o Coleoptero (87%) seguido pela ordem Opiliones (6%) e em menores proporções Lepidoptera e Hymenoptera.

Pelos dados apresentados, observa-se que o manejo adotado na área JESA proporcionou melhores condições para uma maior diversidade da fauna do solo. A diversidade da cobertura vegetal verificada nessa área pode ser a causa desta mudança, uma vez que esta possibilita uma serrapilheira com maior heterogeneidade de matéria orgânica (Correia & Andrade, 1999). Os recursos alimentares disponibilizados, bem como os microclimas gerados pelo manejo, possibilitariam, dessa forma, a colonização de várias espécies de fauna do solo. O maior teor de carbono orgânico na camada

superficial do solo da área JESA do que o da área JESN (Figura 10c) reforça esta hipótese.

No solo das áreas RVSA e RVST, nas duas coletas, houve predominância da ordem Hymenoptera, seguida pela Coleoptera, exceto na primeira coleta realizada na área RVSA, onde a maior abundância foi a do grupo Coleoptera. Os grupos Diptera e Orthoptera também ocorreram nos dois períodos de coletas no solo das duas áreas. Outros grupos tiveram presentes, em algumas ocasiões, em menores proporções (Figura 2).

Foi calculado o índice de riqueza de espécies, o qual reflete o número de grupos taxonômicos diferentes (Figura 3). Na 1ª coleta pode-se observar que os sistemas agroecológicos mostraram uma maior riqueza de ordens em relação às demais áreas comparadas. O RVST apesar de ter tido um maior número de indivíduos em relação ao RVSA, mostrou um menor número de grupos diferentes. Estes dados refletem que os sistemas agroecológicos apresentaram um manejo mais adequado para manutenção da riqueza de grupos por ocasião da primeira coleta.

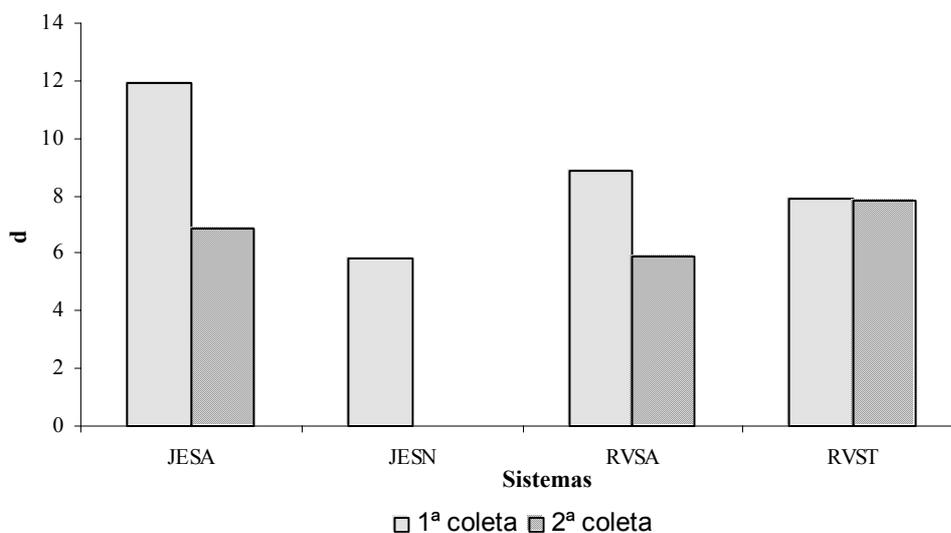


Figura 3. Índice de riqueza (d) da fauna edáfica de acordo com cada coleta nas áreas sob sistema agroecológico (JESA) e condição natural (JESN) do agricultor José Eduardo Sobrinho e sob sistemas agroecológico (RVSA) e tradicional (RVST) do agricultor Raimundo Valentim de Sousa em 2005.

Na 2ª coleta, os índices de riqueza das áreas sob sistemas agroecológicos (JESA e RVSA) foram menores do que os da primeira. Por outro lado, na área RVST, o índice foi similar ao da primeira coleta e este foi superior ao da área RVSA, embora esta mostrasse um maior número de indivíduos. Desta forma, verifica-se que o solo da área RVSA apresentou uma maior diversidade faunística do que o solo da área RVST na

primeira coleta, ocorrendo, no entanto, o contrário na segunda, onde a maior diversidade foi observada na área RVST. A diferença entre as coberturas vegetais do solo das duas áreas pode ter influenciado a alteração da diversidade da fauna do solo destas, uma vez que a variação dos resíduos depositados e alimentação variam de acordo com a espécie vegetal existente.

A impossibilidade de determinar a funcionalidade exata de vários grupos da fauna do solo, seja qual for o nível categórico, é um dos fatores que limitam uma abordagem neste aspecto (Moço et al., 2005). Entretanto fez-se algumas inferências a esse respeito. Os grupos identificados nas quatro áreas estão situados entre predadores e saprófagos. Algumas espécies adotam um único hábito alimentar durante todo ciclo de vida, enquanto outras o alternam de acordo com o estágio de desenvolvimento. Os Opiliones são animais que se alimentam de detritos enquanto as Araneae são predadoras, alimentando primariamente de insetos (Hickman Jr. et al., 2004). Tais comportamentos são importantes nas funções de decomposição da matéria orgânica e no controle da população de insetos respectivamente. Os Orthopteras e algumas espécies de Coleoptera e Lepdoptera na fase jovem são herbívoros e se alimentam das partes tenras dos vegetais. A intensa atividade desses grupos pode causar danos às culturas.

Nas figuras 4 e 5 estão os dados sobre os índices de diversidade de Shannon ( $H$ ) e o de uniformidade de Pielou ( $e$ ). O índice de Shannon variou entre 0,21 e 0,67 e o de Pielou entre 0,27 e 0,79 nos sistemas avaliados (Figuras 4 e 5). Os valores de Shannon encontrados nos referidos sistemas estão muito aquém daqueles encontrados em outras regiões. Em sistemas de cultivo e mata secundária no município de Viçosa – MG, Nunes (2003) encontrou valores que foram superiores, na maioria dos casos, a 2, enquanto que Moço et al. (2005) encontraram valores que variaram entre 1,96 e 3,21 na serrapilheira em diferentes coberturas vegetais na região norte fluminense. Tal ocorrência evidencia o efeito das condições edafoclimáticas na diversidade da fauna do solo, uma vez que as condições climáticas dessas regiões são bastante diferenciadas das observadas no semi-árido.

Observa-se que houve um aumento da diversidade e da uniformidade da fauna do solo das áreas JESA e RVST, entre a primeira e a segunda coleta enquanto que, para a área RVSA ocorreu o contrário – uma diminuição do índice de diversidade. Quando se compara a figura 1 com a figura 4 observa-se que o maior número de indivíduos implicou num menor índice de Shannon. Uma vez que a diversidade de espécies depende da relação entre o número de espécies e a distribuição de indivíduos entre essas

(Odum, 1983), esse comportamento evidenciou que o maior número de indivíduos observado nos diferentes sistemas pode ter reduzido a diversidade, tendo em vista que, quanto maior a densidade maior será a chance de algum grupo estar predominante. Os dados da figura 2 reforçam o citado.

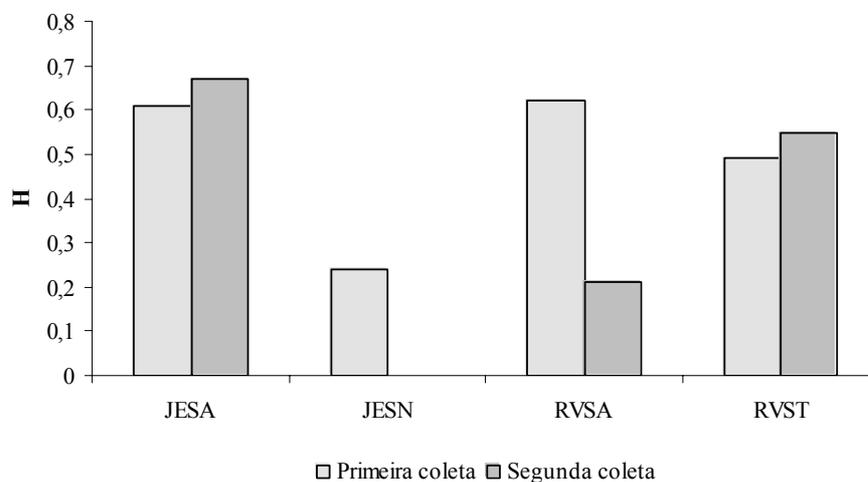


Figura 4. Índice de diversidade de Shannon (H) da fauna do solo nas áreas sob sistema agroecológico (JESA) e condição natural (JESN) do agricultor José Eduardo Sobrinho e sob sistemas agroecológico (RVSA) e tradicional (RVST) do agricultor Raimundo Valentim de Sousa em 2005.

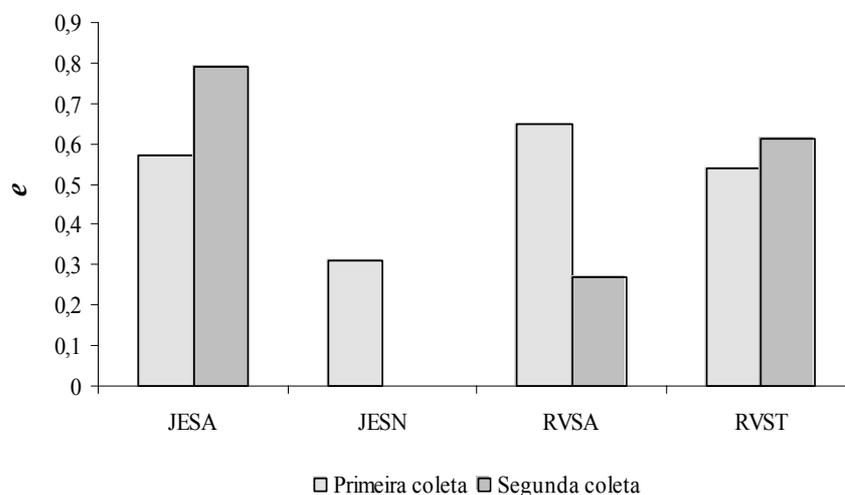


Figura 5. Índice de uniformidade de Pielou (e) da fauna do solo de acordo com cada coleta nas áreas sob sistema agroecológico (JESA) e condição natural (JESN) do agricultor José Eduardo Sobrinho e sob sistemas agroecológico (RVSA) e tradicional (RVST) do agricultor Raimundo Valentim de Sousa em 2005.

O índice de Pielou variou entre os sistemas nas duas épocas de coleta. Enquanto que a uniformidade aumentou nas áreas JESA e RVST, ela diminuiu na área RVSA. O ocorrido pode estar relacionado à cobertura do solo, uma vez que era maior nas duas

primeiras áreas por ocasião da segunda coleta. O aumento do número de indivíduos e a diminuição da riqueza da fauna do solo da área RVSA na segunda coleta, em comparação a primeira, contribuíram para a redução da uniformidade e do índice de Shannon. Esse ocorrido corrobora com o observado por Moço et al. (2005) em solo sob eucalipto no norte fluminense.

### 4.3. Qualidade física do solo das áreas JESA, JESN, RVSA e RVST

Os valores dos teores de argila, silte e areia nas diferentes profundidades do solo das áreas avaliadas encontram-se na figura 6. Quando se comparam os valores entre os sistemas, verifica-se que não houveram diferenças significativas entre eles, exceto os de silte em algumas profundidades.

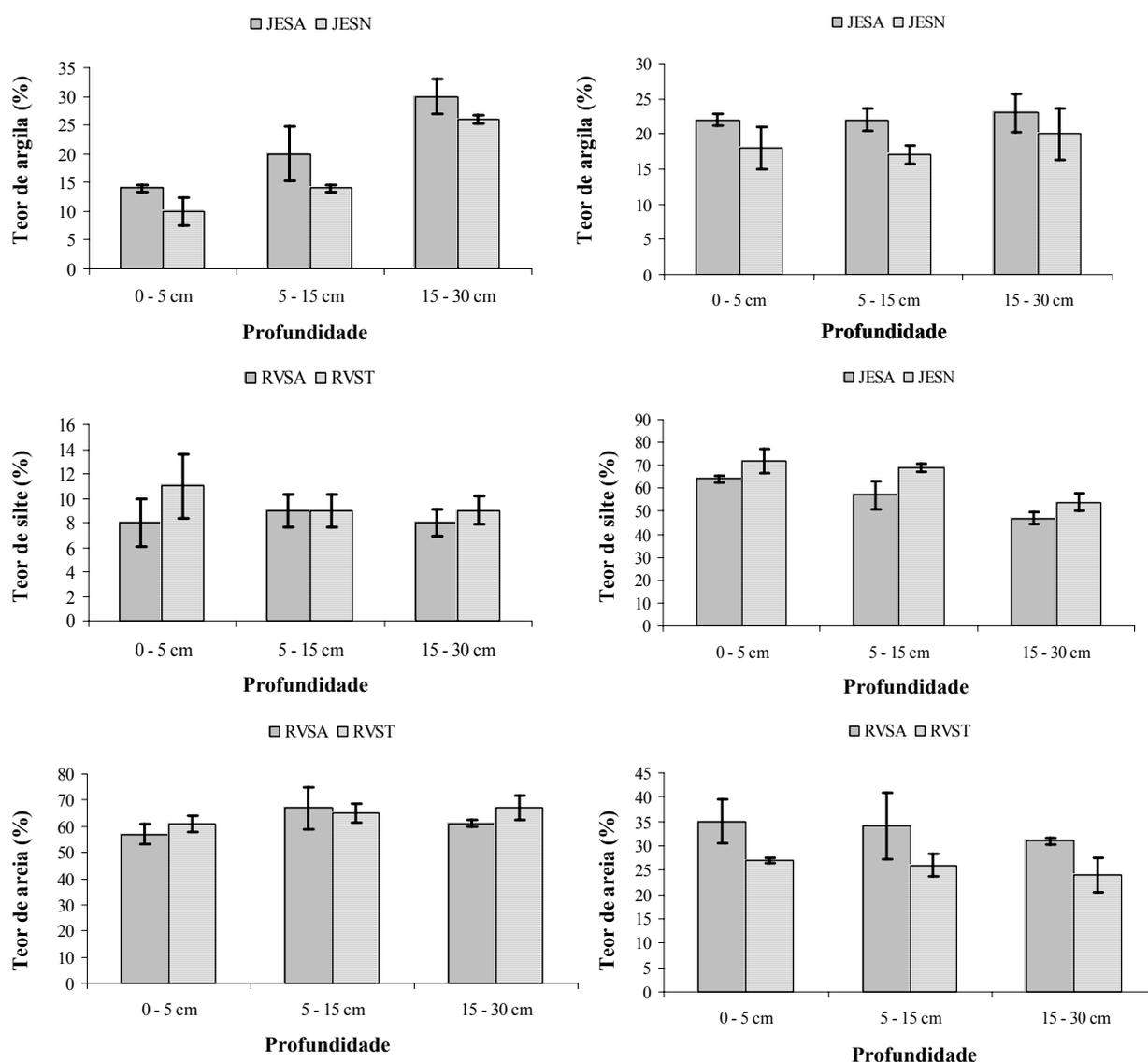


Figura 6. Teores de argila nas profundidades de 0 5 cm, 5 – 15 cm e 15 e 30 cm do solo das áreas sob diferentes sistemas. As barras referem-se ao intervalo de confiança (<0,05) e a não sobreposição delas indica diferenças significativas entre os tratamentos.

A figura 7 mostra a relação entre o potencial mátrico de água no solo e a umidade volumétrica nas áreas JESA, JESN, RVSA e RVST. O solo da área JESA reteve mais água do que o da área JESN nos potenciais  $\geq -0,05$  MPa, nos quais apresentou diferença significativa. A partir do potencial  $< -0,05$  MPa a retenção de água foi equivalente nos solos das duas áreas. Nos potenciais  $\geq -0,05$  MPa as curvas de retenção tiveram um comportamento similar no solo das áreas RVSA e RVST com uma ligeira sobreposição da segunda área, sendo que, a partir do potencial  $< -0,05$  MPa, o solo da primeira área passa a reter mais água do que o da área RVST.

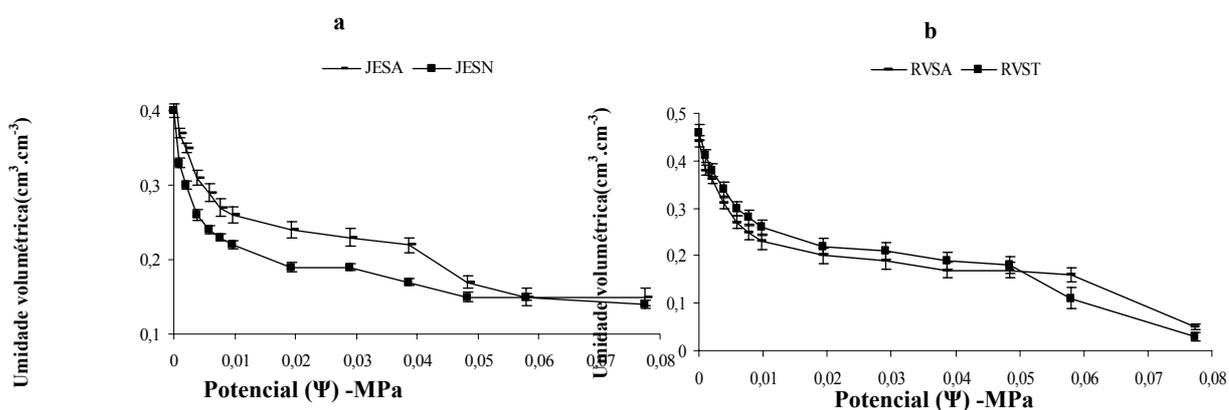


Figura 7. Umidade volumétrica em função da tensão aplicada em diferentes sistemas. As barras referem-se ao intervalo de confiança ( $<0,05$ ) e a não sobreposição delas indica diferenças significativas entre os tratamentos.

A maior retenção de água observada na área JESA em comparação à área JESN pode revelar que o manejo agroecológico aumentou a capacidade do solo em absorver água. O maior acúmulo de matéria orgânica no solo da área JESA favorecido pelo manejo (Figura 10b), aumentou a capacidade do solo desta área em reter umidade, uma vez que os resíduos orgânicos melhoram a estrutura do solo e resultam em maior superfície de adsorção de água (Reichert et al., 2003; Conceição et al., 2004; & Conceição, 2002). O observado se torna particularmente importante para os/as agricultores/as do semi-árido, uma vez que nessa região são registrados baixos índices pluviométricos.

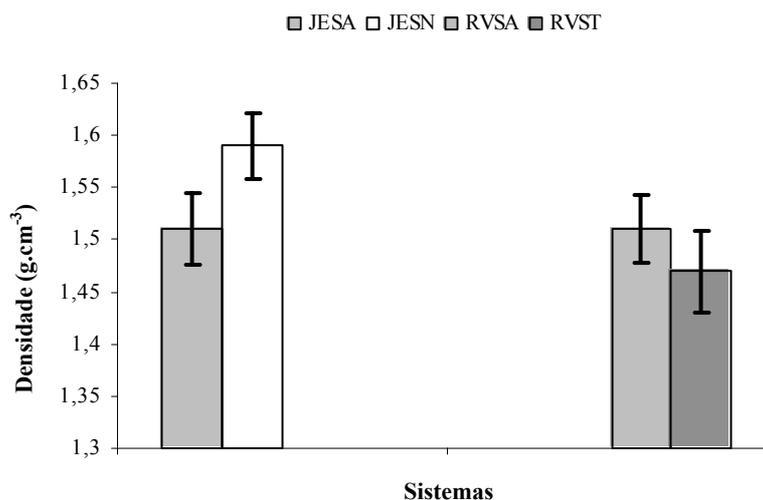


Figura 8. Densidade (Ds) dos solos das áreas sob diferentes sistemas. As barras referem-se ao intervalo de confiança ( $<0,05$ ) e a não sobreposição delas indica diferenças significativas entre os tratamentos.

O solo da área JESN apresentou maior Ds e diferiu significativamente, quando comparado ao da área JESA (Figura 8). O maior valor de carbono orgânico e a maior Pt observados no solo da área JESA, podem ter contribuído para menor Ds do solo da mesma. Quando se comparam os valores da Ds dos solos das áreas RVSA e RVST verifica-se o maior valor na primeira área, contudo, sem variação significativa.

A porosidade total foi maior nos solos das áreas JESA e RVST em relação a dos solos das áreas JESN e RVSA respectivamente (Figura 9). O maior valor da porosidade total da área JESA foi acompanhado por aumento similar da macroporosidade, o qual diferiu significativamente da área JESN. Os valores da Ds influenciaram os valores de macroporosidade, pois estes foram maiores e diferiram significativamente nos solos das áreas com menor densidade (Figura 8 e 9).

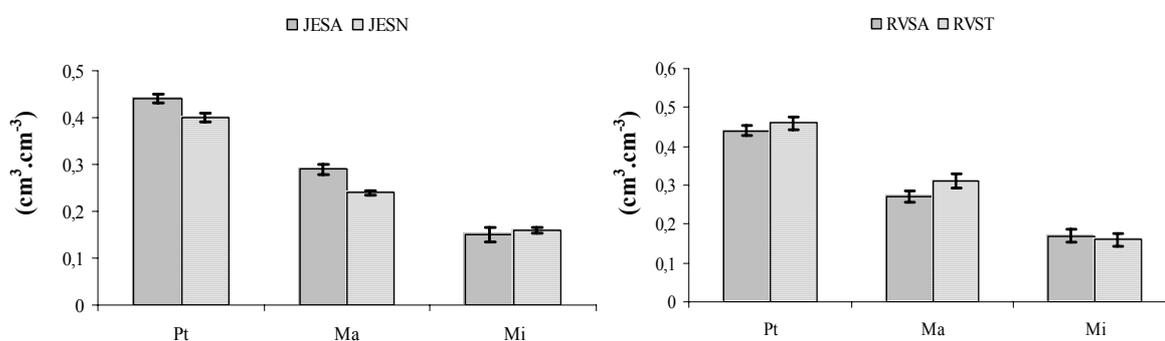


Figura 9. Porosidade total (Pt), Macroporosidade (Ma) e Microporosidade (Mi) do solo das áreas sob diferentes sistemas. As barras referem-se ao intervalo de confiança ( $<0,05$ ) e a não sobreposição delas indica diferenças significativas entre os tratamentos.

#### 4.4. Avaliação dos níveis de fertilidade do solo das áreas JESA, JESN, RVSA e RVST

Observando-se a figura 10a nota-se que o pH não variou significativamente nas áreas JESA e JESN. Contudo, houve uma diferença entre a profundidade P3, onde o pH tendeu a ácido, e as profundidades P1 e P2 nas quais os níveis se aproximaram da neutralidade na área JESA.

A figura 10b mostra os teores de fósforo (P) disponível no solo das áreas JESA e JESN. Verifica-se que os teores de P disponível nas áreas foram maiores na camada superficial e decresceram com o aumento da profundidade, apresentando diferença significativa entre eles. Quando se comparam os valores, entre os dois sistemas citados, verifica-se que estes foram muito próximos. Considerando que a incorporação de matéria orgânica ao solo contribui para a disponibilidade de P através de sua mineralização (Mello et al., 1983; Novais & Smyth, 1999), os maiores valores encontrados na camada superficial do solo das áreas JESA e JESN podem ser atribuídos aos maiores níveis de carbono orgânico (CO) do solo (Figura 10c) nesta camada. Este mesmo comportamento foi verificado em sistemas de plantio direto (Bertol et al., 2004; Falleiro et al., 2004). Segundo os mesmos autores, isto se deu em decorrência dos resíduos vegetais depositados nesta camada e do não revolvimento do solo.

Os níveis de P disponível encontrados na camada superficial do solo das áreas JESA e JESN estão, de acordo com Fernandes (1993), situados na classe muito alta (>40 mg/kg). Quando avaliaram a qualidade química do solo da área JESA no ano de 2001, Otutumi et al. (2004) fizeram essa mesma constatação.

A semelhança entre os níveis de P disponível verificados nos solos das áreas JESA e JESN revelam que o manejo adotado não acarretou em perdas deste nutriente no sistema, o que poderia ocorrer via erosão.

Os valores de carbono orgânico total (COT) do solo da área JESA foram maiores do que os observados na área JESN (Figura 10c) diferindo significativamente ( $P < 0,05$ ) nas duas primeiras profundidades, podendo ser em função do esterco de curral adicionado pelo agricultor, uma prática comum para quem adota sistemas agroecológicos.

Os dados revelam, ainda, que os valores de COT decresceram com o aumento da profundidade nas áreas JESA e JESN, sendo esse procedimento mais pronunciado na primeira área. O não-revolvimento do solo pode ter influenciado o maior acúmulo de

COT na camada superficial do solo destas áreas e, no caso da área JESA, a matéria orgânica adicionada pelo agricultor pode ter contribuído para os maiores valores observados, quando comparados com os da área JESN. Falleiro et al. (2004), avaliando o solo em sistema de plantio direto, verificaram que o teor de matéria orgânica do solo teve o mesmo comportamento observado na área JESA e, atribuíram a isso, à permanência dos resíduos culturais na sua superfície.

O valor da taxa de estratificação revela a relação entre a quantidade de COT acumulado na superfície e subsuperfície do solo. Quanto maior o valor da taxa de estratificação, maior é o acúmulo do COT na camada superficial. Como esta é a interface entre o meio externo e interno do solo, o acúmulo de matéria orgânica nesta se torna importante, pois está relacionada com várias propriedades do solo como: melhoria da infiltração de água, controle a erosão e conservação dos nutrientes (Franzluebers, 2002). Segundo o mesmo autor, o valor da taxa de estratificação do COT do solo considerado como parâmetro para avaliar a qualidade do solo é 2, haja vista que os valores encontrados nos solos degradados são sempre inferiores a este.

Observando a taxa de estratificação do COT do solo das áreas JESA e JESN (Figura 10d), verifica-se que o maior valor encontrado foi o da área JESA (2,51), o qual diferiu significativamente da área JESN (1,58). De acordo com este resultado pode-se inferir que, mesmo passados os quinze anos em pousio sob mata nativa, o solo da área JESN não foi capaz de recuperar o nível considerado como indicador de qualidade do solo. O sistema agroecológico, por outro lado, favoreceu o aumento da taxa de estratificação, contribuindo desta forma, para melhoria da qualidade do solo.

Quando comparou dois sistemas num Latossolo Vermelho no estado do Paraná, Tormena et al. (2004) constatou que a taxa média de estratificação de carbono orgânico do solo foi maior no plantio direto (1,73) comparado com o plantio direto com escarificação (1,28). Entretanto, esta média foi inferior as encontradas nos sistemas aqui avaliados, exceto a da área JESN que foi de 1,58.

Os valores de  $K^+$  trocável no solo da área JESA foram maiores do que aqueles observados na área JESN, sendo que o único que diferiu significativamente foi o da camada superficial do solo (Figura 10e). Comparando os valores entre as profundidades em cada área, a única diferença significativa observada é entre os da superfície e da mais profunda. Este comportamento pode ser em função da quantidade de matéria orgânica adicionada e do maior acúmulo desta na superfície em decorrência do não revolvimento do solo.

Em sistema de plantio direto, Bertol et al. (2004) encontraram uma maior concentração de  $K^+$  trocável na superfície do solo em consequência dos resíduos vegetais deixados nesta região. Os referidos autores observaram, ainda, que em sistemas convencionais, nos quais há um intenso revolvimento do solo, as perdas desse cátion foram 20 vezes maiores do que no sistema conservacionista.

Os valores de  $K^+$  trocável no solo das áreas avaliadas variou de médio a muito alto de acordo com a classificação de Fernandes (1993). Os valores encontrados nas camadas P1 e P2 da área JESA foram os únicos que se situaram na classe muito alto ( $>0,46$   $cmol_c/kg$ ). Já as camadas P3 da área JESA, P1 e P2 da área JESN e P1 da área RVSA apresentaram valores situados como alto (0,23-0,46  $cmol_c/kg$ ), enquanto que as camadas P3 da área JESN, P2 e P3 da área RVSA e todas da área RVSA, apresentaram valores médios (0,12-0,23  $cmol_c/kg$ ).

Os níveis de  $K^+$  trocável variam de acordo com o material do qual se originaram, além de outros fatores e, em solos do semi-árido, é comum encontrá-lo em altos níveis (Mello et al., 1983). Grande parte deste nutriente pode ser perdida por lixiviação sendo que essa perda é amenizada em solos alcalinos (Brady, 1989) e em solos com alta capacidade de troca de cátions (CTC) (Mello et al., 1983), esses fatores podem ter contribuído para os valores de  $K^+$  verificados nas áreas avaliadas, pois essas se localizam no semi-árido e apresentam uma alta CTC e pH tendendo de neutro a alcalino na maioria dos casos.

Os valores de  $Ca^{2+}$  trocável encontrados no solo da área JESA foram superiores aos observados no solo da área JESN, apresentando significância em todas profundidades (Figura 10f). Os valores maiores da capacidade de troca de cátions (CTC) da área JESA em relação aos encontrados na área JESN, podem ser responsáveis por esse comportamento (Figura 10h).

Os valores de  $Ca^{2+}$  trocáveis encontrados nas áreas JESA e JESN situam-se na classe alta ( $>4,0$   $cmol_c/kg$ ), exceto o da camada P2 da segunda área (Fernandes, 1993). Estes valores relativamente altos encontrados nos solos das áreas analisadas são comuns em solos da região semi-árida, em decorrência da baixa precipitação e a pequena lavagem a que estão sujeitos (Mello et al., 1983). Entretanto, os maiores teores de argila e matéria orgânica observados na área JESA em relação a JESN, podem ter contribuído para a diferença dos níveis de  $Ca^{2+}$  trocável ocorrida entre elas.

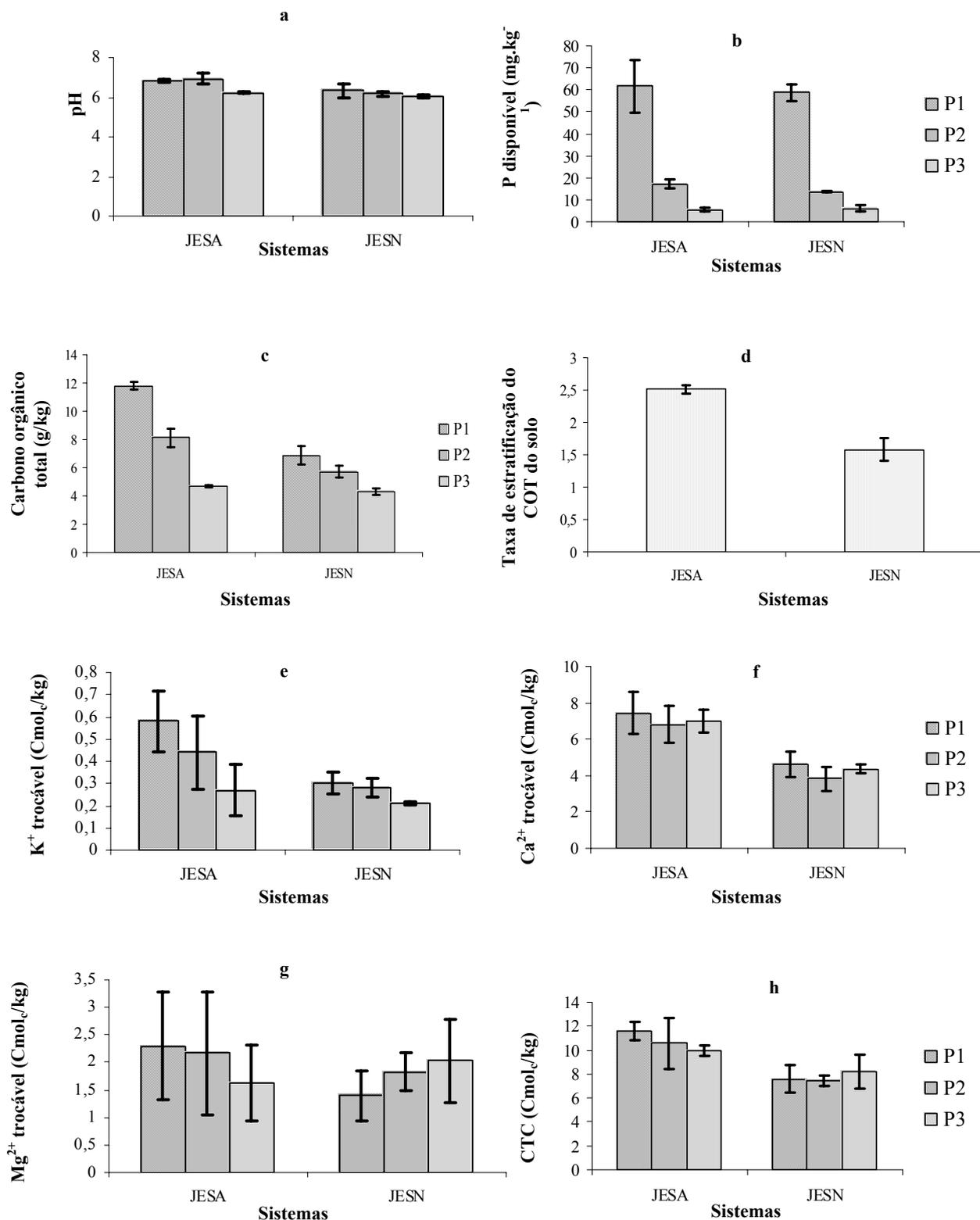


Figura 10. pH (a), teores médios de P disponível (b), COT (c), taxa de estratificação do COT (d), K<sup>+</sup> (e), Ca<sup>2+</sup> (f) e Mg<sup>2+</sup> (g) trocáveis e CTC (h) dos solos das áreas sob sistemas agroecológicos (JESA) e sob vegetação natural (JESN), pertencentes ao agricultore José Eduardo Sobrinho, no município de Tauá – CE. As barras referem-se ao intervalo de confiança (<math><0,05</math>) e a não sobreposição delas indica diferenças significativas entre os tratamentos.

Os valores de  $Mg^{2+}$  trocável nas duas primeiras profundidades da área JESA foram maiores do que os encontrados na área JESN (Figura 7g) mas, não apresentaram diferenças significativas. Na área JESA os níveis de  $Mg^{2+}$  trocável decrescem com o aumento da profundidade, enquanto que, na área JESN ocorre o inverso, com o maior valor na última profundidade e decrescendo na direção da superfície do solo. O maior acúmulo de  $Mg^{2+}$  trocável nas duas primeiras camadas do solo da área JESA pode estar relacionado ao maior acúmulo de matéria orgânica e aos valores da CTC verificados nestas. Os valores encontrados em todas as profundidades, estão inseridos na classe alta ( $>1,0$  cmol<sub>c</sub>/kg) de acordo com a classificação sugerida por Fernandes (1993).

Quando se comparam os valores da CTC nas diferentes profundidades do solo verifica-se que estes foram similares nas duas áreas analisadas (Figura 10h). Ao comparar, os valores obtidos na área JESA com os dados obtidos na área JESN, verifica-se que os valores da primeira foram maiores, sendo estes significativos nas camadas P1 e P2. Os maiores valores da CTC observados na área JESA em relação aos da área JESN, podem ser atribuídos aos teores de argila encontrados, pois esses foram maiores nessa área (Figura 1).

Falleiro et al. (2004) observaram que o incremento da CTC na camada superficial de um Argissolo da Zona da Mata Mineira, acompanhou os aumentos da matéria orgânica, do pH e de cátions trocáveis. Segundo Mendonça & Rowell (1996), a CTC é influenciada pelo pH. A influência da matéria orgânica na CTC se dá em virtude do balanço de cargas ou da diminuição de atividade do  $H^+$  (Falleiro et al., 2004). Por outro lado, o efeito da matéria orgânica na CTC do solo não foi verificado em solos arenosos (Rhenneimer et al., 1998).

A CTC indica a capacidade total de retenção de cátions pelo solo, os quais eventualmente tornam-se disponíveis na solução do solo e, conseqüentemente, para a absorção das raízes das plantas. Assim, se torna muito importante no que diz respeito a fertilidade do solo.

A figura 11 consta os dados sobre os valores de pH, P disponível, COT, taxa de estratificação do COT,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  trocáveis e CTC dos solos das áreas RVSA e RVST. Verificou-se diferenças significativas entre os valores de pH das duas últimas profundidades, onde os valores tenderam a alcalino, da área RVST com a superficial e com todas da área RVSA, nas quais os valores oscilaram próximo a neutralidade (Figura 11a). Os maiores valores de pH nas profundidades P2 e P3 na área RVST podem ser atribuídos aos altos níveis de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  trocáveis nestas camadas (Figuras

11f e 11g respectivamente), pois, segundo Franchini et al. (1999) o incremento dos teores destes íons aumenta a força iônica da solução do solo e esta, por sua vez, contribui para a elevação do pH do solo.

A distribuição dos valores de P disponível do solo nas diferentes camadas se deu de forma similar entre as áreas RVSA e RVST (Figura 11b) com o maior valor na camada superficial. O ocorrido pode ser em função da absorção do P das camadas mais profundas pelas plantas, com o conseqüente acúmulo de resíduos orgânicos na camada superficial do solo (Mello et al., 1983).

Os valores do COT dos solos das áreas RVSA e RVST foram semelhantes em todas profundidades, verificando, apenas, uma ligeira sobreposição do valor da camada superficial do solo da segunda área em relação ao da primeira (Figura 11c). O que pode justificar este comportamento é a diferença granulométrica, pois o teor de argila encontrado na primeira camada do solo da área RVST (Figura 14) foi superior (11%) ao observado na mesma profundidade do solo da área RVSA (7%), uma vez que a matéria orgânica do solo aumenta com a elevação do índice de argila (Franzluebbers et al., 1996; Franzluebbers, 2002).

Os dados da figura 11c mostram que a amplitude do intervalo de confiança é maior nas áreas RVSA e RVST do que o observado nas áreas JESA e JESN (Figura 10c). Isto pode estar revelando o efeito da grade destorroadora, utilizada no preparo do solo, na distribuição da COT no solo, uma vez que ele é mais intenso nas duas primeiras áreas.

Pode-se inferir, a partir do observado, que a diversidade de culturas não está contribuindo para o maior acúmulo de matéria orgânica no solo ou, se isso está acontecendo, é num processo muito lento, sendo necessário um tempo maior para que possa ser percebido. Pode-se apontar duas explicações para o observado. A primeira se refere à reduzida quantidade de material que é depositada no solo, pois os resíduos depositados no solo advêm da queda da parte aérea durante o ciclo das culturas, das raízes após a sua decomposição e dos restos culturais remanescentes, uma vez que parte da biomassa produzida é consumida pelos animais do agricultor.

A segunda explicação diz respeito as espécies e aos arranjos das culturas nos consórcios, uma vez que estas diferem entre si no que se refere à quantidade e à qualidade de resíduos fornecidos (Santos et al., 2003) em decorrência de suas diferentes características genéticas (Correia & Andrade, 1999), pois essas implicam na quantidade de matéria seca produzida e na sua relação C/N (Bayer et al., 2000; Amado et al., 2001).

Esta explicação é reforçada quando se comparam os valores de COT,  $K^+$  trocável e P disponível na camada superficial do solo das áreas RVSA e RVST (Figura 11 b,c,e). O maior valor de COT foi verificado na área RVST, o que indica que a cultura plantada (neste caso o milho) ao longo dos anos nesta área favoreceu o maior acúmulo de resíduos na superfície, em decorrência da sua persistência na superfície do solo (Santos et al., 2003). Por outro lado, os maiores valores de P disponível e  $K^+$  trocável foram verificados na área RVSA, indicando que a diversidade de culturas utilizada no consórcio favoreceu o acúmulo desses nutrientes na superfície do solo.

Quando se comparam os valores da taxa de estratificação do COT encontrados nas áreas RVSA e RVST (Figura 11d), verifica-se que o maior foi o da área RVST (2,84). No seu sistema tradicional, o agricultor costuma fazer uma única capina, permanecendo o solo coberto pelas plantas espontâneas durante boa parte do ciclo da cultura. Isso pode resultar numa maior incorporação de matéria orgânica na camada superficial do solo, pois, segundo Heinrichs et al. (2000), estas podem produzir uma grande quantidade de matéria seca. Este fato, pode ter contribuído na maior taxa de estratificação observada na área RVST em relação a área RVSA na qual o agricultor costuma utilizar de duas a três capinas. Os resíduos do milho (a cultura utilizada na área RVST) podem igualmente ter influenciado para os maiores valores da taxa de estratificação observado na área RVST, em decorrência da sua persistência na superfície do solo.

Os níveis de  $K^+$  trocável foram maiores na primeira do que nas demais profundidades dos solos das áreas RVSA e RVST. Contudo, a única que apresentou diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre estes valores foi a do solo da área RVSA (Figura 11e). Comparando os valores entre as duas áreas, verifica-se que o da P1 da área RVSA foi superior ao encontrado no solo da área RVST, mas não diferiu significativamente. A camada P1 da área RVSA apresentou valor situado como alto (0,23-0,46  $cmol_c/kg$ ), enquanto que as camadas P2 e P3 da área RVSA e todas da área RVST, apresentaram valores médios (0,12-0,23  $cmol_c/kg$ ).

Os níveis de  $K^+$  trocável foram maiores na primeira do que nas demais profundidades dos solos das áreas RVSA e RVST. Contudo, a única que apresentou diferença significativa entre estes valores foi a do solo da área RVSA (Figura 5b).

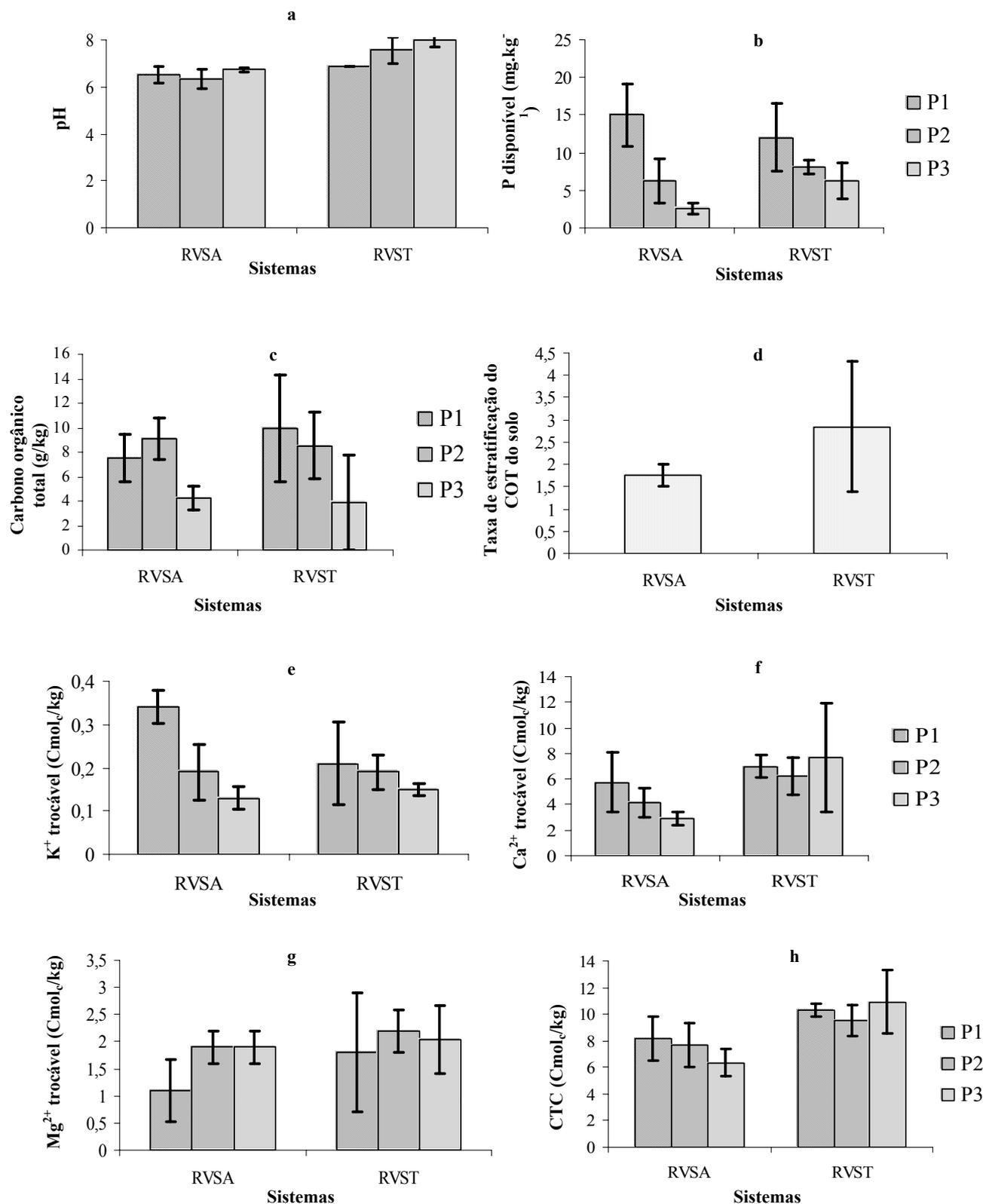


Figura 11. pH (a), teores médios de P disponível (b), CO (c), taxa de estratificação do CO (d), K<sup>+</sup> (e), Ca<sup>2+</sup> (f) e Mg<sup>2+</sup> (g) trocáveis e CTC (h) dos solos das áreas sob sistemas agroecológicos (RVSA) e sob tradicional (RVST), pertencentes ao agricultore Raimundo Valentim de Sousa, no município de Tauá – CE. As barras referem-se ao intervalo de confiança (<0,05) e a não sobreposição delas indica diferenças significativas entre os tratamentos.

Os valores de COT observados nas três profundidades do solo da área RVSA (Figura 11c), por si só não justificam o maior acúmulo de  $K^+$  trocável na superfície do solo da referida área. A qualidade dos resíduos orgânicos depositados no solo desta área, em decorrência da diversidade de culturas, pode ter contribuído para tal comportamento. Quando fez o balanço de nutrientes nas áreas agroecológicas, Otutumi et al. (2004) observaram que o  $K^+$  trocável foi um dos nutrientes menos exportados do sistema. Tal constatação pode justificar o comportamento deste cátion observado na área RVSA.

Os níveis de  $Ca^{2+}$  (Figura 11f) e  $Mg^{2+}$  (Figura g) trocáveis foram similares entre as áreas RVSA e RVST. Dos valores de  $Ca^{2+}$  encontrados no solo das áreas RVSA e RVST, apenas o valor da camada P3 do solo da área RVSA não situa na classe alta ( $>4,0$  cmol<sub>c</sub>), enquanto que todos valores de  $Mg^{2+}$  estão inseridos na classe alta ( $>1,0$  cmol<sub>c</sub>/kg) de acordo com a classificação sugerida por Fernandes (1993). Estes valores relativamente altos, encontrados nos solos das duas áreas analisadas, são comuns em solos da região semi-árida, em decorrência da baixa precipitação e a pequena lavagem a que estão sujeitos (Mello et al., 1983).

Analisando a figura 11h, verifica-se que a CTC do solo na área RVST foi maior do que a da área RVSA, com diferenças significativas entre os valores da última profundidade. Isso pode ser atribuído aos teores de argila encontrados, pois esses foram maiores no solo da área RVST (Figura 1).

Os resultados obtidos nas áreas RVSA e RVST revelaram que o efeito do manejo na qualidade do solo foi similar para os dois sistemas. Entretanto, em decorrência das condições gerais da classe de solo Neossolo Flúvico, é possível que os indicadores utilizados para avaliar a qualidade do mesmo não sejam os mais recomendados. Em consequência, é possível que as reais modificações ocorridas não foram percebidas pela forma avaliada.

Um elemento a ser considerado nesta discussão é o incremento de matéria orgânica no solo através do manejo utilizado. Como foi citado, os agricultores José Eduardo Sobrinho e Raimundo Valentim de Sousa costumam utilizar os restos culturais para alimentar os seus animais impedindo a incorporação dos mesmos ao solo e prejudicando, desta forma, o ciclo de nutrientes no solo.

No caso do primeiro agricultor, ele adicionou esterco de curral no solo de sua área ao longo dos anos. Esta prática solucionou o problema anteriormente citado e favoreceu a qualidade química e física do solo de sua área, como pode ser constatado

pelos resultados apresentados anteriormente. Entretanto, esta prática não é utilizada pelo agricultor Raimundo Valentim de Sousa. Este fato, pode ter implicado nos resultados observados na área RVSA.

#### **4.5. Variação dos níveis de nutrientes do solo ao longo do tempo nas áreas JESA e RVSA**

No geral, verificou-se que não houve uma variação significativa nos valores de pH ao longo dos 8 anos na área JESA e dos 7 anos na área RVSA. Pode-se observar, que estes sempre se mantiveram próximos à neutralidade, não apresentando, portanto, níveis de acidez e nem de alcalinidade (Figuras 12a e 13a).

Os teores de P disponível variaram ao longo dos anos em todas camadas do solo das duas áreas avaliadas (Figura 12b e 13a). Houve uma tendência de um maior acúmulo de P disponível na camada superficial do solo das duas áreas avaliadas. A retirada de P disponível das camadas mais profundas pelas raízes, com conseqüente acúmulo na superfície e adubação orgânica feita durante todos os anos pode ser responsável pela diferença, uma vez que não são aplicados fertilizantes fosfatados nessas áreas. Considerando o referido, as variações dos teores de P disponível ao longo dos anos decorrem da alteração na velocidade da mineralização do P orgânico, a qual varia devido às contínuas variações das atividades microbianas em resposta às variações climáticas (Mello, et al., 1983) e da quantidade e qualidade dos resíduos orgânicos adicionados ao solo.

Os maiores valores de P disponível observados na área JESA foram os de 2000. Nos anos subseqüentes (2001 e 2005) observou-se um declínio destes em todas as profundidades, verificando no ano de 2005, níveis menores do que aqueles obtidos em 1998, ano tomado como ponto de partida para monitorar a variação dos níveis de nutrientes do solo nesta área.

O decréscimo das médias na camada superficial do solo da área JESA entre os anos de 2000 a 2005, revela que o manejo adotado pelo agricultor contribuiu para a diminuição dos níveis de P disponível no solo ao longo dos anos, estes porém mantiveram, baseado na classificação sugerida de Fernandes (1993), sempre no nível muito alto (> 40 mg/kg).

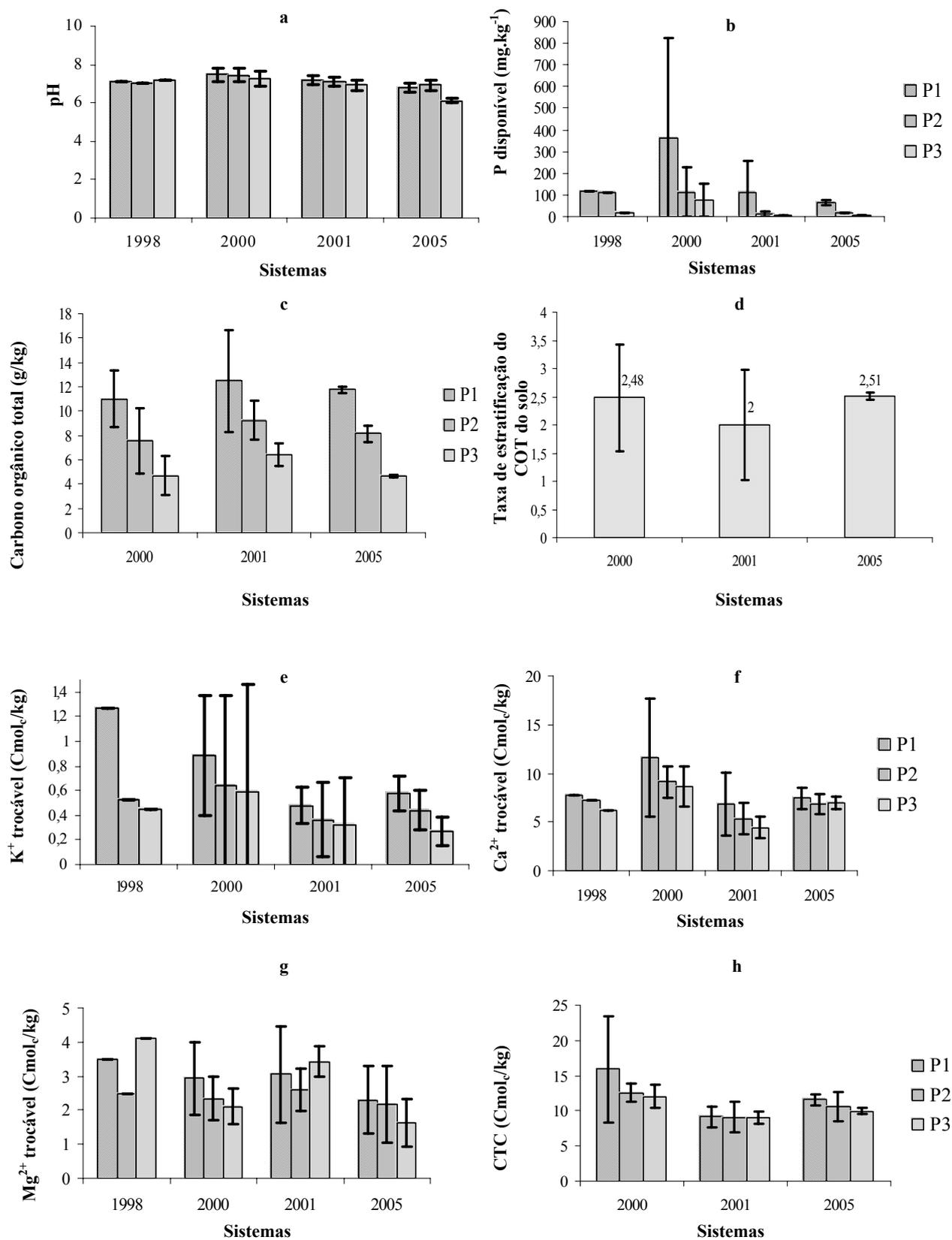


Figura 12. pH (a), teores médios de P disponível (b), COT (c), taxa de estratificação do COT (d), K<sup>+</sup> (e), Ca<sup>2+</sup> (f) e Mg<sup>2+</sup> (g) trocáveis e CTC (h) do solo da área sob cultivo agroecológico do agricultor José Eduardo Sobrinho (JESA) no período de 1998 a 2005. As barras referem-se ao intervalo de confiança (<0,05) e a não sobreposição delas indica diferenças significativas entre os tratamentos.

Observou-se que os níveis de P na camada superficial do solo da área RVSA (Figura 13b) aumentaram ao longo dos anos, embora não tenham diferido significativamente. O valor que em 2000 foi considerado baixo (0 -10 mg/kg) chegou a um valor médio em 2005 (11 – 20 mg/kg) (Fernandes, 1993). Nas demais camadas os valores se mantiveram sempre no nível baixo ao longo dos anos. Neste caso, verifica-se que o manejo adotado pelo agricultor tem proporcionado um aumento no nível de P disponível na camada superficial do solo.

Os teores de carbono orgânico total (COT) do solo não variaram significativamente nas diferentes profundidades do solo das áreas JESA e RVSA (Figuras 12c e 13c) ao longo dos anos. Com exceção do ano de 2005 na área RVSA os valores foram maiores na camada superficial, decrescendo com o aumento da profundidade. Este comportamento, no caso da área JESA, pode ser em função de depósitos de restos culturais na camada superficial do solo e do esterco de curral adicionado ao solo pelo agricultor. Este procedimento associado ao reduzido revolvimento contribuíram para o maior acúmulo de COT na superfície do solo. A sobreposição do nível de COT na camada P2 em relação a camada P1 do solo da área RVSA em 2005, pode ser em função do uso de grade destorroadora no preparo do solo que antecede o plantio.

A taxa de estratificação não variou significativamente ao longo dos anos nas duas áreas (Figuras 12d e 13d). Esse comportamento era esperado, uma vez que não se observou variação significativa dos valores de COT do solo das áreas JESA e RVSA. O menor e o maior valor registrados na área JESA foi em 2001 (2) e 2005 respectivamente (2,51). Os valores da taxa de estratificação do COT do solo da área RVSA foram 1,84, 2,04 e 1,76 nos anos de 2000, 2001 e 2005 respectivamente. Observa-se que todos valores da área JESA e o valor de 2001 da área RVSA são iguais ou maiores do que 2, valor que, segundo Franzluebbbers (2002), não é alcançado por solos degradados. Tendo como base esse parâmetro, os resultados indicam em 2005 uma degradação do solo da área RVSA.

Em relação ao  $K^+$  trocável verificou-se um declínio entre os valores obtidos em anos anteriores e os de 2001 nas duas áreas avaliadas. Entre os anos de 2001 e 2005 as médias de  $K^+$  trocável tenderam a um equilíbrio em todas profundidades nos dois sistemas (Figura 12e 13e). Ainda em relação a esse cátion nas áreas JESA e RVSA verificou-se uma tendência de um maior acúmulo deste na camada superficial em todos anos avaliados.

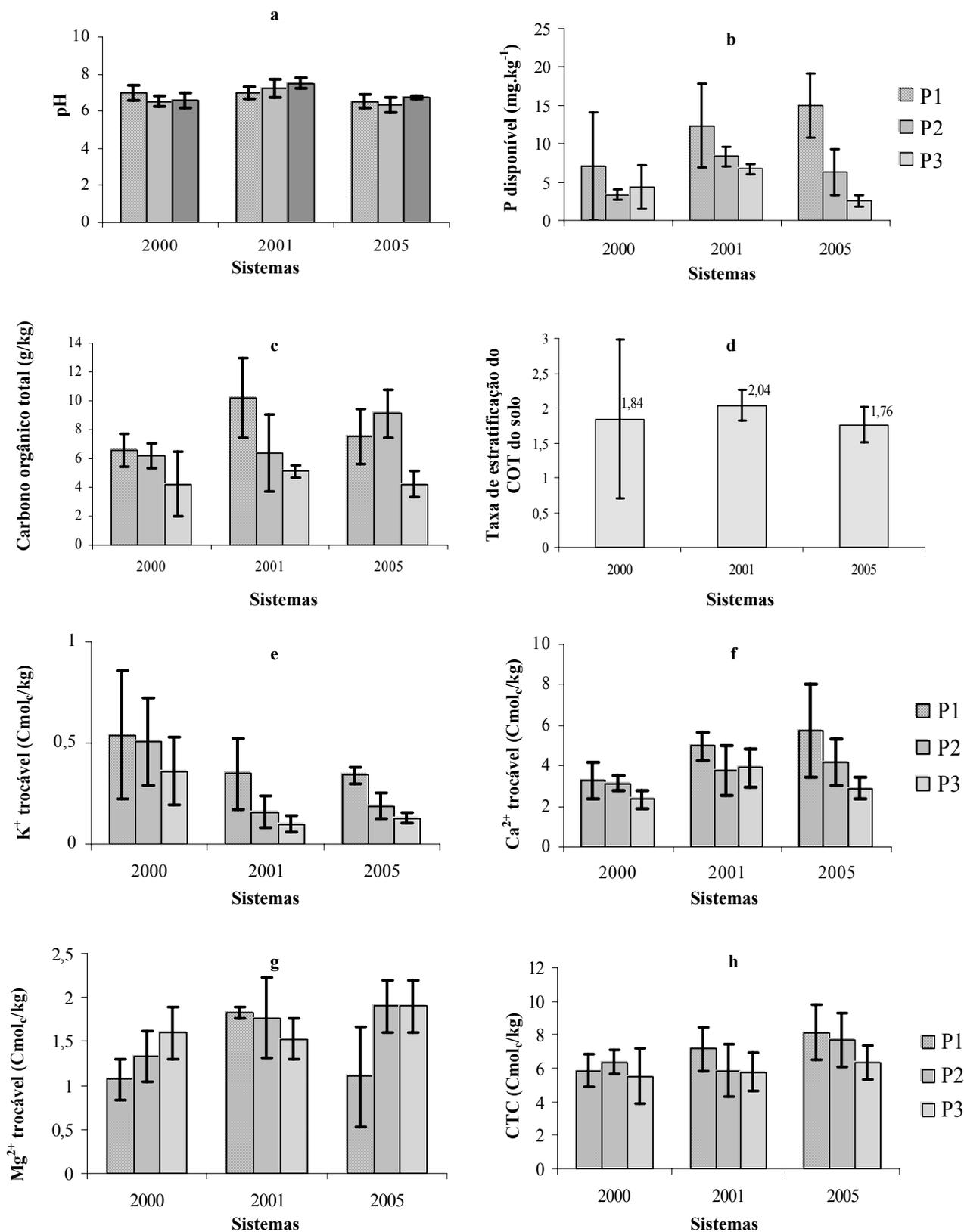


Figura 13. pH (a), teores médios de P disponível (b), CO (c), taxa de estratificação do CO (d),  $K^+$  (e),  $Ca^{2+}$  (f) e  $Mg^{2+}$  (g) trocáveis e CTC (h) do solo da área sob cultivo agroecológico do agricultor Raimundo Valentim de Sousa (RVSA) no período de 200 a 2005. As barras referem-se ao intervalo de confiança ( $<0,05$ ) e a não sobreposição delas indica diferenças significativas entre os tratamentos.

O maior acúmulo de  $K^+$  trocável na superfície em relação às demais profundidades do solo das áreas JESA e RVSA, decorre dos maiores valores de COT verificados nesta camada. O declínio observado nas referidas áreas pode ter como causa, a perda do  $K^+$  trocável por lixiviação ou por sua mobilização pelas enxurradas, uma vez que esse cátion é solúvel em água. Entretanto, com exceção da camada P3 do solo da área RVSA no ano de 2001, os valores de  $K^+$  trocável variaram entre os níveis médio (0,12 – 0,23  $cmol_c/kg$ ), alto (0,23 – 0,46  $cmol_c/kg$ ) e muito alto ( $>0,46$   $cmol_c/kg$ ) de acordo com a classificação de Fernandes (1993). Logo, não há maiores prejuízos às culturas cultivadas nestas áreas, pois, os níveis médios desse nutriente são suficientes para o desenvolvimento destas (Raij, 1991).

Em geral, os valores de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  trocáveis não variaram ao longo dos anos nos dois sistemas e tenderam a uma distribuição uniforme nas três profundidades (Figuras 12f, 12g e 13f, 13g respectivamente). Ressalta-se, no entanto, uma ligeira tendência de maior acúmulo de  $Ca^{2+}$  trocável na camada superficial e do  $Mg^{2+}$  trocável nas camadas mais profundas do solo da área RVSA.

Os valores de  $Ca^{2+}$  trocável situaram no nível alto ( $>4,0$   $cmol_c/kg$ ) na área JESA e entre os níveis médio (1,6 - 4,0  $cmol_c/kg$ ) e alto na área RVSA (Fernandes, 1993). Todos os valores de  $Mg^{2+}$  trocáveis observados nas duas áreas estão situados na classe alta ( $>1,0$   $cmol_c/kg$ ) (Fernandes, 1993). Os altos valores de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  trocáveis no solo semi-árido são comuns devido a pouca lavagem em decorrência da baixa precipitação comumente verificada nesta região.

Os valores de  $Mg^{2+}$  e  $Ca^{2+}$  trocáveis justificam os valores próximos da neutralidade do pH observados nestas áreas, pois, estes cátions estão estreitamente relacionados com o pH do solo.

No geral, as médias dos teores da CTC obtidos nas diferentes profundidades do solo das áreas JESA e RVSA não variaram significativamente ao longo dos anos (Figuras 12h e 13h). Nos solos, com predominância de cargas variáveis o pH tem uma importante influência nos valores da CTC (Mendonça & Rowell, 1996) e a matéria orgânica, pelo seu efeito de balanceador de cargas ou redutor de atividade do  $H^+$ , pode igualmente influenciar a CTC (Falleiro et al., 2004). Analisando os valores do pH e do COT do solo, verifica-se que a variação desses parece não influenciar a CTC. Baseado no exposto, parece que os valores da CTC, devem estar relacionados principalmente às cargas eletronegativas da argila.

Os valores da CTC das diferentes profundidades do solo das duas áreas observados ao longo dos anos estão situados na classe média (5,1 – 15  $\text{cmol}_c/\text{kg}$ ), excetuando o da camada P1 do ano de 2000 da área JESA o qual se situou na classe alta (15,1 – 50  $\text{cmol}_c/\text{kg}$ ). Esta capacidade de permutação observada nas áreas avaliadas se torna importante para o funcionamento do solo, por favorecer diversas atividades, dentre elas, manter o equilíbrio acidez-basicidade do solo (Brady, 1989).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Os/as agricultores/as do semi-árido cearense foram capazes de perceber indicadores de sustentabilidade em seus sistemas de produção em bases agroecológicas. Essa percepção se deu nos diferentes níveis considerados como eixos para o desenvolvimento sustentável – solo (ambiental), social e econômico. Em relação ao solo, os indicadores percebidos estão associados aos níveis físico, químico e biológico, aspectos importantes considerados na avaliação da qualidade do solo.
- A área sob sistema agroecológico do agricultor José Eduardo Sobrinho apresentou qualidades química (refletida pelos teores de P disponível, COT, teores de  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  trocáveis e CTC), biológica e física superiores as do sistema natural e que essa qualidade vem sendo mantida ao longo dos anos.
- A área sob sistema agroecológico do agricultor Raimundo Valentim de Sousa apresentou qualidades química, biológica e física semelhantes as da área sob sistema tradicional do mesmo agricultor. A qualidade química do solo da área RVSA ao vem sendo mantida ao longo dos anos.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO, L. E. & AGOSTI, D. Biodiversity studies, monitoring, and ants: An overview. In: AGOSTI D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E. & SCHULTZ (eds.), *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution Press, Washington, 2000. p. 1-8.
- ALTIERI, M. *Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável*. Porto Alegre, Ed. Universidade/UFRGS, 1998. 110p.
- ALTIERI, M. *Agroecologia: as bases científicas da agricultura alternativa*. Rio de Janeiro, PTA/FASE, 1989. 240p.
- ALTIERI, M. A. & NICHOLLS, *Agroecologia: resgatando a agricultura orgânica a partir de um modelo industrial de produção e distribuição*. *Ciênc. & Amb.*, 1:141-152, 2003.
- AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F. & BRUM, A. C. R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. *R. Bras. Ci. Solo*, 25:189-197, 2001.
- AMADO, T. J. C. & ELTZ, F. L. F. Plantio direto na palha rumo à sustentabilidade agrícola nos trópicos. *Ciênc. & Amb.*, 27:49-66, 2003.
- ARAGÃO, L. M. P. *Relação de gênero no meio rural*. CETRA, Fortaleza, 1999. 20p.
- ASSAD, M. L. L. Fauna do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M.; eds. *Biologia dos solos do cerrado*. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1997. p.363-431.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L. Efeito de sistemas de preparo do solo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO<sub>2</sub>. *R. Bras. Ci. Solo*, 24:599-607, 2000.
- BEUTLER, J. F.; BERTOL, I.; VEIGA, M & WILDNER, L. P. Perdas de solo e água num latossolo vermelho aluminofêrrico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo sob chuva natural. *R. Bras. Ci. Solo*, 27:509-517, 2003.

- BERTOL, I.; GUAFAGNIN, J. C.; CASSOL, P. C.; AMARAL, A. J. & BARBOSA, F. T. Perdas de fósforo e potássio para erosão hídrica em um Inceptisol sob chuva natural. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:485-494, 2004.
- BRADY, N. C. *Natureza e propriedades dos solos*. 7. ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1989. 898p.
- BUARQUE, S. C. *Construindo o desenvolvimento sustentável local sustentável*. Rio de Janeiro, Garamond, 2002. 180p.
- CAPORAL, F. R. & COSTABEBER, J. A. Segurança alimentar e agricultura sustentável: uma perspectiva agroecológica. *Ciênc. & Amb.*, 1:153-165, 2003.
- CAPORAL, F. R. & COSTABEBER, J. A. Análise multidimensional da sustentabilidade: uma proposta metodológica a partir da Agroecologia. *Agroec. e Desenv. Rur. Sustentável*, 3:70-83, 2002.
- CONCEIÇÃO, P. C. & AMADO, T. J. C. Qualidade do solo sob sistema de plantio direto em dois experimentos de longa duração no Rio Grande do Sul. *R. Plant. Diret.*, 72:29-33, 2002.
- COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V. & WOBETO, C. Propriedades físicas de um latossolo Bruno afetadas por sistema de plantio direto e preparo convencional. *R. Brás. Ci. Solo*, 27:527-535, 2003.
- COSTA, F. S.; BAYES, C.; ALBUQUERQUE, J. A. & FONTOURA, S. M. V. Aumento de matéria orgânica num Latossolo Bruno em plantio direto. *Ciênc. Rural*, 34:587-589, 2004.
- CONCEIÇÃO, P. C. Indicador de qualidade do solo visando à avaliação de sistemas de manejo do solo. Santa Maria, UFSM, 2002. 125p.
- CONCEIÇÃO, P. C.; SPGNOLLO, E.; AMADO, T. J. C.; VEIGA, M. da & SARJ, E. L. Matéria orgânica particulada em sistema de manejo com ênfase a queima dos resíduos culturais. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:1031-1023, 2004.
- CONSTANTINO, R.; BRITEZ, R. M.; CERQUEIRA, R.; ESPINOLA, E. L. G.; GRELE, C. E. V.; LOPES, A. T. L.; NASCIMENTO, M. T.; OCHA, O.; RODRIGUES, A. A. F.; SCARIOT, A.; SERVILHA, A. C. & TISPOLO, G. Causas da fragmentação. In: RAMBALDI, D. M. & OLIVEIRA, D. A. S. *Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações políticas públicas*. 2 ed. Brasília, MMA. 2005. p. 42-100.
- CORREIA, M. E. F. Organização de comunidades da fauna do solo: O papel da densidade e da diversidade como indicadores de mudanças ambientais. In: XXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 26., Rio de Janeiro (CD-room). Anais, Rio de Janeiro, SBCS, 1997.
- CORREIA, M. E. F. & ANDRADE, A. G. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A. & CAMARGO, F. A. O., (eds). *Fundamentos de*

- matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, Gênese. 197–225. 1999.
- CORREIA, M. E. F. & OLIVEIRA, L. C. M. de. Fauna de solo: Aspectos gerais e metodológicos. Seropédia: Embrapa Agrobiologia, 2000. 46p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 112)
- DERNADI, R. A. Agricultura familiar e políticas públicas: alguns dilemas e desafios para o desenvolvimento rural sustentável. *Agroec. e Desenv. Rur. Sust.*, 2:56-62. 2001.
- DEPONDI, C. M.; ECKERT, C. & AZMBUJA, J. L. B. Estratégia para construção de indicadores para avaliação da sustentabilidade e monitoramento de sistemas. *Agroec. e Desenv. Rur. Sust.*, 4:44-52. 2002.
- DEPONTI, C. M & ALMEIDA, J., Indicadores para avaliação da sustentabilidade em contextos de desenvolvimento rural local, 2003. Disponível em: <http://www.emater.tcche.br/docs/agroeco/artigos> (acessado em 23 de fevereiro de 2005).
- DORAN, J. W. & PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F. & STEWART, B. A. eds. *Defining soil quality for a sustainable environment*. p. 3-21. SSSA Spec. Publ. Madison, WI: ASA, CCSA e SSSA, 1994.
- ESPLAR, Pesquisa & desenvolvimento de sistemas agroecológicos de cultivo do algodão (*Gossypium hirsutum*), com agricultor familiares do semi-árido cearense. Relatório de atividades em andamento. Fortaleza, ESPLAR, 1998. 74p.
- ESPLAR. Algodão mocó: um novo sistema de produção. Cartilha. ESPLAR, Fortaleza, 1990. 16p.
- ESPLAR. Pesquisa & Desenvolvimento de sistemas agroecológicos com agricultores familiares do semi-árido cearense. ESPLAR, Fortaleza, 1997.
- ESPLAR. Pesquisa & Desenvolvimento de propostas agroecológicas para o algodoeiro (*Gossypium hirsutum*) com agricultores familiares do Nordeste semi-árido. Relatório de andamento. ESPLAR, Fortaleza, 1999. 59p.
- ESPLAR. Manejo ecológico do Algodoeiro Mocó: Uma perspectiva de pesquisa participativa. Relatório parcial. ESPLAR. Fortaleza, 1992. 18p.
- ESPLAR. Pesquisa de sistemas agroecológicos com agricultores familiares do Semi-árido cearense. ESPLAR, 2001. 61p. (Relatório final)
- EMATERCE – EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA RURAL DO CEARÁ. Serviço Nacional de Informação Rural (SNIR). Disponível em: [www.ematerce.ce.gov.br](http://www.ematerce.ce.gov.br).

- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997, 212p. (EMBRAPA – CNPS. Documento 1).
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos 1999, 412p.
- FALLEIRO, R. M.; SOUZA, C. M.; SILVA, C. S. W.; SEDIYAMA, C. S.; SILVA, A. A. & FAGUNDES, J. L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. R. Bras. Ci. Solo, 28:953-964, 2004.
- FERNÁNDEZ, X. S. & GARCIA, D. D. Desenvolvimento rural sustentável: uma perspectiva agroecológica. Agroec. e Desenv. Rur. Sust., 2:17-26. 2001.
- FERNANDES, V. L. B. (COORD.). Recomendação de adubação e calagem para o estado do Ceará. Fortaleza, UFC, 1993. 248p.
- FRANZLUEBBERS, A.J. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. Soil Till. Res., 66:95-106, 2002.
- FRANZLUEBBERS, A.J.; ARSHAD, M.A. & RIPMEESTER, J. A. Alterations in conola residue composition during decomposition. Soil Biol. Biochem., 28:1289-1295, 1996.
- FRANCHINI, J. C.; MALAVOLTA, E.; MIYAZAWA, M. & PAVAN, M. A. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. R. Bras. Ci. Solo, 23:533-542, 1999.
- FREITAS, A. V. L.; FRANCINI, R. B. & BROWM Jr., K. S. Insetos como indicadores ambientais. In: CULLEN Jr., L.; RUDRAN, R. & PADUA, C. V. Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre. Curitiba, UFPR, 2003. p. 125-151. (Fundação o Boticário de Proteção à Natureza).
- GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E. R. O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R. S. & FRIES, M. R. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura do solo. R. Bras. Ci. Solo, 27:325-334.
- GLIESSMAN, S. R., Agroecologia y agroecosistemas. Ciênc. & Amb., 1:107–120, 2003.
- GOMES, J. C. C. Pluralismo epistemológico e metodológico como base para o paradigma ecológico. Ciênc. & Amb./ Univ. Fed. de Santa Maria. UFSM, 1:120-132. 2003.
- GUZMÁN, E. S. Uma estratégia de sustentabilidade a partir da Agroecologia. Agroec. e Desenv. Rur. Sust., 2:35-45. 2001.
- GUZMÁN, E. S. A perspectiva sociológica em agroecologia: uma sistematização de seus métodos e técnicas. Agroec. e Desenv. Rur. Sust., 3:18-27. 2002.

- GUANZIROLI, C. E. & CARDIM, S. E. C. S. Novo retrato da agricultura familiar: O Brasil redescoberto. INCRA/FAO, Brasília, 2000. 74p
- GUANZIROLI, C. E.; BUAINAIN, A. M.; SABBATO A. DI & BILTENCOURT, G. Agricultura Familiar e Reforma Agrária no Século XXI. Rio de Janeiro, 2001. 284p.
- HERNANI, L. C.; KURIHARA, C. H. & SILVA, W. M. Sistemas de manejo do solo e nutrientes e matéria orgânica por erosão. R. Bras. Ci. Solo, 23:145-154, 1999.
- HEINRICHS, R.; GAVA, G. J. C. & MONTEIRO, M. R. Produção de adubos verdes cultivados em solo podzólico durante o período de entressafra no estado de São Paulo. Científica, 28:115-124, 2000.
- HICKMAN Jr., C. P.; ROBERTS, L. S. & LARSON, A. Princípios integrados de zoologia. 11 ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2004. 846p.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Banco de dados Sidra: Produção agrícola municipal (PAM). Disponível em: [www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?z=p&o=18&j=P](http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?z=p&o=18&j=P).
- JARA, C. J. As dimensões intangíveis do desenvolvimento sustentável. Brasília: Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA), 2001. 352p.
- LEFF, E. Agroecologia e saber ambiental. Agroec. e Desenv. Rur. Sust., 3:36-51. 2002.
- LAPPONI, J. C. Estatística usando Excel. 4 ed. Rio de Janeiro, Campus, 2005.
- LIMA, P. J. B. F. Algodão agroecológico: uma experiência no semi-árido cearense. Agriculturas, 3:19-22. 2005
- LIMA, P. J. B. F. Projeto de pesquisa & desenvolvimento de propostas agroecológicas para o algodoeiro (*Gossypium hirsutum*), com agricultores familiares do nordeste semi-árido. Fortaleza, ESPLAR, 1996. 40p.
- LIMA, P. J. B. F.; OLIVEIRA, T. S. & ARAÚJO, L. H. P&D de propostas agroecológicas para o algodoeiro (*gossypium hirsutum*), com agricultores familiares do semi-árido cearense – resultados preliminares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, Fortaleza, 1997. Anais. Campina Grande, EMBRAPA, CNPA, 1997. p.8-11.
- LIMA, P. J. B. F.; & PINHEIRO, M. C. Consórcios agroecológicos com algodão: a experiência da agricultura familiar em Choro – CE. ESPLAR, Fortaleza, 2005. 12p.
- LIMA, H. V. de. Influência dos sistemas de cultivo orgânico e convencional de algodão sobre a qualidade do solo no município de Tauá – CE. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, 2001. 53 p. (Tese de Mestrado).
- LIMA, H. V.; SILVA, A. P.; ROMERO, R. E. & JACOMINE, P. K. T. Comportamento físico de um argissolo acinzentado coeso no estado do Ceará. R. Bras. Ci. Solo, 29:33-40, 2005

- MARTINS, S. R. Estratégia para a construção do ideário da sustentabilidade agrícola. *Agroec. e Desenv. Rur. Sust.*, 1:45-54. 2000.
- MARAZALL, K. & ALMEIDA, J., Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas: estado da arte, limites e potencialidades de uma nova ferramenta para avaliar o desenvolvimento sustentável. *Cad. de Ciênc. & Tec.*, 17:41-59. 2000.
- MELLO, F. A. F.; BRASIL SOBRINO, M. de O. C. do.; ARZOLLA, S.; COBRANETTO, A. & KIEHL, C. Fertilidade do solo. 3. ed. São Paulo. Nobel. 1983.
- MERLIM, A. O. Macrofauna edáfica em ecossistemas preservado e degradados de araucária no parque estadual de Campos do Jordão. São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2005. 89p. (Tese de mestrado)
- MENDONÇA, E. S. & ROWELL, d. L. Mineral and organic fractions of two oxisols and their influence on effective cation-exchange capacity. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 60:1888-1892, 1996.
- MIKLÓS, A. A. W. Conceito ecológico do solo: o papel da biodiversidade na organização e dinâmica da cobertura pedológica. *Agric. Biodin.*, 78:11-16. 1997.
- MOÇO, M. K. S.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA, A. C. & CORREIA, M. E. F. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte Fluminense. *R. Bras. Ci. Solo*, 29:555-564, 2005.
- MONTEIRO, M. T. & GAMA-RODRIGUES, E. F. Carbono, nitrogênio e atividade da biomassa microbiana em diferentes estruturas de serapilheira de uma floresta natural. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:819-826. 2004.
- MULONGOY, K., SANGINGA, N. & SWIFT, M. J. Contribution of soil organisms to the sustainability and productivity cropping systems in the tropics. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 41:135-152. 1992.
- NETO, C. C. Ciências e saberes: tecnologias convencionais e agroecologia. *Agroec. e Desenv. Rural Sust.* 1:19 - 24. 2000.
- NOVAIS, R. F. & SMYTH, T. J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. UFV, Viçosa – MG, 1999. 399p.
- NUNES, L. A. P. L. Qualidade de um solo cultivado com café e sob mata secundária no município de Viçosa-MG. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2003. 102 p. (Tese de Doutorado)
- ODUM, E. P. *Ecologia*. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan, 1983. 434p.
- OTUTUMI, A. T.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S. & LIMA, P. J. B. F. Qualidade do solo em sistemas de cultivo agroecológicos, no município de Tauá – CE. In: MENDONÇA, E. S.; XAVIER, F. A. S.; LIBARDI, P. L.; ASSIS Jr., R. N. &

- OLIVEIRA, T. S. Solo e água: aspectos de uso e manejo. Fortaleza, UFC, 2004. p.1-30.
- OTUTUMI, A. T. Qualidade do solo em sistemas de cultivo agroecológicos do município de Tauá – CE. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, 2003. 54p. (Dissertação de mestrado)
- PACHECO, M. E. L. A questão de gênero no desenvolvimento agroecológico. In: ENCONTRO NACIONAL DE AGROECOLOGIA. Rio de Janeiro, 2002. Anais. AS-PTA, 2003. p.155-160.
- PAPINI, S. & ANDREA, M. M. Ação de minhocas *Eirenia foetida* sobre a dissipação dos herbicidas simazina e paraquat aplicados no solo. R. Bras. Ci. Solo, 28:67-73, 2004.
- PAULUS, G. & SCHINDWEIN. Agricultura sustentável ou (re) construção do significado de agricultura? Agroec. e Desenv. Rural Sust. 2:44 - 51. 2001.
- PINHEIRO, S. L. G. O enfoque sistêmico e o desenvolvimento rural sustentável: uma oportunidade de mudança da abordagem hard-systems para experiências com soft-systems. Agroec. e Desenv. Rural Sust., 1:27-37, 2000.
- RAIL, B. VAN. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba, Ceres, Potafos, 1991. 343p.
- REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. & BRAIDA, J. A., Qualidades dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. Ciênc. & Amb., 1:29-48, 2003.
- REINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G. C. & SANTOS, E. J. S. Modificações em atributos químicos de solos arenosos sob sistema plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 22:713-722, 1998.
- SASOP – SERVIÇO DE ASSESSORIA A ORGANIZAÇÃO POPULARES RURAIS. Diagnóstico rápido e participativo de Campo Alegre de Lourdes. Campo Alegre de Lourdes – Bahia, 1995.
- SALTON, J. C. & MIELNICZUK, J. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um podzólico vermelho escuro de Eldorado do Sul (RS). R. Bras. Ci. Solo, 19:313-319, 1995.
- SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. & SPERA, S. Efeito de sistemas de produção mistos sob plantio direto sobre a fertilidade do solo após oito anos. R. Bras. Ci. Solo, 27:515-552, 2003.
- SECCO D.; DA ROS, C. O.; SECCO, J. K. & FIORIN, J. E. Atributos e produtividade de culturas em uma latossolo vermelho argiloso sob diferentes sistemas de manejo. R. Bras. Ci. Solo, 29:409-414, 2005.
- SHICK, J.; BERTOL, I.; BALBINOT Jr., A. A. & BATISTELA, O. Erosão hídrica em cambissolo húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: perda de nutrientes e carbono orgânico. R. Brás. CI. Solo, 24:437-447, 2000.

- SILVEIRA, L., PETERSEN, P. & SABOURIN, E., Agricultura familiar e Agroecologia no semi-árido: avanços a partir do agreste da Paraíba. Rio de Janeiro. AS-PTA, 2002. 356p.
- SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMÉRICA (SSSA). Statement on soil quality. Agronomy News, Madison, WI. 1995.
- SOUZA, J. L. A. Fertilidade de solos sob manejo orgânico. Boletim Informativo. 25:14-16, 2000.
- SOUZA, J. E. Agricultura agroflorestal ou agrofloresta. Recife, Centro Sabiá, 2000. 27p.
- SPARLING, G. & SCHIPPER, L. A. Soil quality in New Zealand: Concepts, approach and interpretation. Purpose and Scope. 1998.
- STOLTON, S.; GEIER, B. & MANULY J. A. Biodiversidade e agricultura orgânica: em busca de uma relação entre a conservação da natureza, biodiversidade e agricultura orgânica. Agric. Biod., 84:20-22, 2000.
- STONE, L. F. & SILVERA, P. M. Efeitos do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. Pesq. Agropec. Bras., 34:83-91, 1999.
- TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. & LIBARDI, P. L. Soil physical quality of a Brazilian Oxisol under two tillage systems using the leastlimiting water range approach. Soil Till. Res., 52:223-232, 1999.
- TORMENA, C. A.; FRIEDRICH, J. C.; PINTRO, J. C.; COSTA, A. C. S. & FIDALSKI, J. Propriedades físicas e taxa de estratificação de carbono orgânico num Latossolo Vermelho após dez anos sob dois sistemas de manejo. R. Bras. Ci. Solo, 28: 1023-1031, 2004.
- ZILLI, J. E.; RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G. R.; COUTINHO, H. L. C. & NEVES, M. C. P. Diversidade microbiana como indicador de qualidade do solo. Cad. de Ciênc. & Tec., 20:319 – 411, 2003.

**ANEXOS**

## DESCRIÇÃO GERAL

**PERFIL 01** – Reconhecimento de solos da área de José Eduardo Sobrinho

**DATA** – 23/09/2005.

**CLASSIFICAÇÃO** – Luvissole Crômico Pálico abrupto.

**LOCALIZAÇÃO** – Situada no lado esquerdo da estrada Baixas – ... distando aproximadamente 150 m da residência do agricultor José Eduardo. Coordenadas S 06° 20' 27" e W 40° 29' 59,5". Localidade Baixas no município de Tauá – CE.

**RELEVO LOCAL** – Plano.

**RELEVO REGIONAL** – Suave ondulado.

**DRENAGEM** – Acentuada.

**PEDREGOSIDADE** – Não pedregoso.

**ROCHOSIDADE** – Não rochoso.

**EROSÃO** – Não aparente.

**VEGETAÇÃO** – Algodão 7MH.

**VEGETAÇÃO REGIONAL** – Vegetação de Caatinga com: aroeira, marmeleiro, angico, jurema preta, sabiá.

**USO ATUAL** – Em pousio.

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- Ap 0-7 cm** Bruno avermelhado escuro (5YR 3/3, úmido), vermelho amarelado (5YR 4/6, seco); franco arenoso; forte, médio a pequeno e subangular; poros comuns, pequenos a muito pequenos; duro, muito friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara.
- BA 7-22 cm** Vermelho (2,5YR 4/6, úmido), vermelho amarelado (5YR 5/6, seco); franco arenoso; moderado e pequeno; poros comuns, pequena a muito pequena e subangular; ligeiramente duro, friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual.
- Bt1 22-44 cm** Vermelho escuro (2,5YR 3/6, úmido), vermelho (2,5YR 4/8, seco); franco-argilo-arenoso; fraca com grãos simples, pequena e muito pequena e subangular; poros comuns, pequenos; ligeiramente duro, muito friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa.
- Bt2 44-64 cm** Vermelho escuro (2,5YR 3/6, úmido), vermelho (2,5YR 5/8, seco); franca; fraca a moderada, pequena a muito pequena e subangular; poros comuns, pequenos; duro, muito friável; plástico e pegajoso; transição difusa.
- Bt3 64-98 cm** Vermelho (2,5YR 4/6, úmido), vermelho (2,5YR 4/8, seco); franca; fraca a moderada, pequena a muito pequena e subangular; poros comuns, pequenos e muito pequenos; ligeiramente duro, muito friável; plástico e pegajoso; transição difusa.
- C 98-108 cm** Vermelho (2,5YR 4/6, úmido), vermelho (2,5YR 4/8, seco); franca; moderada, média e subangular; poros comuns e pequenos; duro, muito friável; plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa.

**RAÍZES** – comuns no horizonte Ap, poucas nos horizontes BA e Bt1 e raras nos demais horizontes.

## OBSERVAÇÃO:

Presença de poros médios a grandes, certamente oriundos de anelídios.

## ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Hori z.	Profund.	Análise química										Análise granulométrica		
		pH	COT	Na	K	Ca	Mg	H + Al	S	T	V	areia	silte	argila
			g/kg	.....cmol/kg.....									%	
<b>A<sub>p</sub></b>	0-7cm	7,6	17,64	0,15	1,01	8,1	1,4	0	10,66	10,66	100	69,18	22,82	8
<b>BA</b>	7-22cm	7,4	6,94	0,08	0,48	6,4	1,8	0,49	8,76	9,25	94	57,16	24,44	18,4
<b>Bt<sub>1</sub></b>	22-44cm	7	3,82	0,1	0,39	5,9	1,5	0	7,89	7,89	100	48,51	27,49	24
<b>Bt<sub>2</sub></b>	44-64cm	6,6	2,62	0,1	0,45	5,4	2,2	0,49	8,15	8,64	94	49,75	29,85	20,4
<b>Bt<sub>3</sub></b>	64-98cm	5,6	3,53	0,08	0,3	5,5	2,5	0,16	8,38	8,54	98	44,97	32,225	22,8
<b>C</b>	98-108cm	5,8	2,53	0,1	0,19	6,0	2,3	0,49	8,59	9,08	94	48,65	28,15	23,2

## DESCRIÇÃO GERAL

**PERFIL 01** – Reconhecimento de solos da área de Raimundo Valentim de Sousa

**DATA** – 24/09/2005.

**CLASSIFICAÇÃO** – Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico.

**LOCALIZAÇÃO** – a margem de um riacho distando aproximadamente 70 m metros de um cacimbão. Coordenadas S 06° 20' 25,1" e W 40° 21' 43,1". Localidade de Juá no município de Tauá – CE.

**RELEVO LOCAL** – Plano.

**RELEVO REGIONAL** – Suave ondulado.

**DRENAGEM** – Acentuada.

**PEDREGOSIDADE** – Não pedregoso.

**ROCHOSIDADE** – Não rochoso.

**EROSÃO** – Não aparente.

**VEGETAÇÃO** – Vegetação de Caatinga com: marmeleiro e moleque duro.

**VEGETAÇÃO REGIONAL** – Vegetação de Caatinga com: aroeira, marmeleiro, angico, jurema preta, sabiá, catingueira.

**USO ATUAL** – Algodão 7MH, milho, gergelim, guandu e nim.

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0-9 cm** Bruno amarelado escuro (10YR 4/4, úmido), bruno amarelado claro (10YR 6/4, seco); franco arenoso; forte, grande a muito grande e angular; poros comuns, pequenos; duro, friável; ligeiramente plástico e não pegajoso; transição gradual e plana.
- 2C1 9-29 cm** Bruno escuro (10YR 4/3, úmido), bruno amarelado (10YR 5/4, seco); franco arenoso; moderada, pequena a média e angular; poros comuns, pequenos a médios; duro, muito friável; ligeiramente plástico e não pegajoso; transição gradual plana.
- 3C2 29-46 cm** Bruno escuro (10YR 4/3, úmido), bruno (10YR 5/3, seco); areia franca; moderada, média a grande, angular e suangular; poros comuns, pequenos a médios; duro, muito friável; ligeiramente plástico e não pegajoso; transição difusa e plana.
- 4C3 64-70 cm** Bruno amarelado escuro (10YR 3/4, úmido), bruno amarelado (10YR 5/4, seco); areia franca; moderada, média a grande e angular e subangular; poros comuns, pequenos a muito pequenos; duro, muito friável; não plástico e não pegajoso; transição difusa e plana.
- 5C4 70-106 cm** Bruno amarelado escuro (10YR 4/6, úmido), bruno amarelado claro (10YR 6/4, seco); areia franca; fraca, média a grande e subangular; poros comuns, pequenos; ligeiramente duro, muito friável; não plástico e não pegajoso; transição gradual e plana.
- 6C5 106-133 cm** Bruno amarelado escuro (10YR 4/4, úmido), bruno amarelado (10YR 5/4, seco); areia; fraca, média a grande e angular e subangular; poros comuns, pequenos; ligeiramente duro, muito friável; não plástico e não pegajoso; transição difusa e plana.
- 7C6 133-149 cm** Bruno amarelado (10YR 5/4, úmido), bruno amarelado claro (10YR 6/4, seco); areia; fraca com grãos simples, média a grande e angular e subangular; poros comuns, pequenos; macio, muito friável; não plástico e não pegajoso; transição clara e plana.
- 8C7 149-168 cm** Bruno amarelado (10YR 5/6, úmido), bruno amarelado claro (10YR 6/4, seco); areia; fraca e moderada com grãos simples, média a grande, angular e subangular; muitos poros, pequenos a médios; macio, solto; não plástico e não pegajoso; transição gradual e plana.
- 9C8 168 cm+** Bruno amarelado (10YR 5/6, úmido), bruno muito claro-acinzentado (10YR 7/4, seco); areia; fraca, pequena, média e grande e subangular; muitos poros, pequenos a muito pequenos; macio, solto; não plástico e não pegajoso; transição gradual e plana.

**RAÍZES** – muitas no horizonte A<sub>1</sub>, comuns no horizonte C<sub>1</sub>, poucas nos horizontes C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub> e raras nos demais horizontes.

## ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horiz.	Profund.	Análise química										Análise granulométrica		
		pH	COT	Na	K	Ca	Mg	H + Al	S	T	V	Areia	Silte	Argila
A	0-9cm	6,6	6,17	0,03	0,2	3,4	1,3	0	4,93	4,93	100	78,05	21,95	7,8
2C1	9-29cm	6,8	4,59	0,04	0,16	3,5	1,1	0	4,8	4,8	100	79,65	20,35	6,8
3C2	29-46cm	6,5	2,94	0,04	0,16	2,7	1,3	0	4,2	4,2	100	83,65	16,35	6,6
4C3	46-70cm	6,8	2,35	0,05	0,16	2,2	2	0	4,41	4,41	100	87,4	12,6	5,4
5C4	70-106cm	6,9	1,06	0,05	0,15	1,2	2,5	0	3,9	3,9	100	91,3	8,7	3,2
6C5	106-133cm	7,1	1,12	0,08	0,15	1,5	1,1	0	2,83	2,83	100	90,4	9,6	2,4
7C6	133-149cm	7,2	0,47	0,07	0,14	1,0	0,6	0	1,81	1,81	100	94,75	5,25	1,2
8C7	149-168cm	7,3	1,29	0,07	0,14	1,1	0,6	0	1,91	1,91	100	93,8	6,2	1,8
9C8	168cm+	7,4	0,59	0,05	0,14	0,9	1,8	0	2,89	2,89	100	95,6	4,4	1,2

**Análises químicas dos solos das áreas RVSA, RVST, JESA e JESN, realizadas no ano de 2005**

Sistema	Prof	Repetição	pH	P (mg/kg)	CO (g/kg)	Na (cmol <sub>e</sub> /kg)	K (cmol <sub>e</sub> /kg)	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>e</sub> /kg)	Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>e</sub> /kg)	Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>e</sub> /kg)	S (cmol <sub>e</sub> /kg)	CTC (cmol <sub>e</sub> /kg)	V%
RVSA	0 – 5 cm	1	6,2	11,65	9,35	0,043	0,363	0,7	8,1	0,6	9,11	9,81	93
		2	6,8	14,33	7,06	0,061	0,358	1	4,4	1,6	6,42	7,42	87
		3	6,6	19	6,06	0,043	0,302	1	4,7	1,1	6,15	7,15	86
	5 – 15 cm	1	6	5,52	9,17	0,052	0,256	1,8	4,7	1,7	6,71	8,51	79
		2	6,7	9,2	7,59	0,07	0,164	1,3	4,8	2,2	7,23	8,53	85
		3	6,3	4,06	10,58	0,07	0,153	1	3	1,8	5,02	6,02	83
	15 – 30 cm	1	6,8	1,98	5,17	0,052	0,153	1,8	3,4	2	5,6	7,4	76
		2	6,7	2,5	3,59	0,096	0,118	1,3	2,8	1,6	4,61	5,91	78
		3	6,7	3,3	3,94	0,063	0,107	1	2,5	2,1	4,77	5,77	83
RVST	0 – 5 cm	1	6,9	16,18	7,06	0,096	0,302	1,5	7,9	0,7	9	10,5	86
		2	6,9	8,38	14,29	0,157	0,143	1,2	6,6	2,5	9,4	10,6	89
		3	6,9	11,46	8,35	0,139	0,174	0	6,5	2,2	9,01	9,81	92
	5 – 15 cm	1	7,8	7,7	7,35	0,152	0,164	0,8	7,5	1,8	9,62	10,42	92
		2	7,9	7,51	11,29	0,148	0,184	0,8	6,3	2,4	9,03	9,83	92
		3	7	9,05	6,94	0,104	0,235	0,7	4,9	2,4	7,64	8,34	92
	15 – 30 cm	1	7,7	8,0	5	0,143	0,133	1	6,1	1,5	7,87	8,87	89
		2	8,2	4,0	4,47	0,174	0,159	1	12	2	14,33	15,33	93
		3	8,1	7,0	2,12	0,13	0,153	0,7	5	2,6	7,88	8,58	92
JESA	0 – 5 cm	1	6,8	72,29	11,64	0,017	0,44	1,3	8,5	1,9	10,86	12,16	89
		2	7	61,42	11,64	0,052	0,675	1,2	6,5	3,3	10,53	11,73	90
		3	6,7	51,41	12,05	0,043	0,614	1,2	7,3	1,7	9,66	10,86	89
	5 – 15 cm	1	6,7	19,15	7,53	0,059	0,307	1,3	7,7	3,3	11,37	12,67	90
		2	7,2	15,27	8,23	0,061	0,593	0,8	6,8	1,7	9,15	9,95	92
		3	6,9	17,17	8,64	0,061	0,414	1,2	5,9	1,5	7,88	9,08	87
	15 – 30 cm	1	6,1	5,35	4,76	0,052	0,164	1	6,9	2,3	9,41	10,41	90
		2	6,3	6,56	4,59	0,052	0,363	0,5	7,6	1,1	9,11	9,61	95
		3	6,3	4,64	4,7	0,271	0,271	1,3	6,5	1,5	8,54	9,84	87
JESN	0 – 5 cm	1	6,1	62,1	6,59	0,035	0,251	1,3	3,9	1	5,19	6,49	80
		2	6,2	59,1	7,53	0,043	0,297	1,3	4,9	1,4	6,64	7,94	84
		3	6,7	55,21	6,47	0,043	0,338	1,2	5	1,8	7,18	8,38	86
	5 – 15 cm	1	6,1	13,37	6,06	0,043	0,256	1,3	3,5	1,9	5,7	7	81
		2	6,1	13,8	5,29	0,043	0,256	1,3	4,5	1,5	6,3	7,6	83
		3	6,3	13,37	5,82	0,043	0,322	1,7	3,5	2,1	5,97	7,67	78
	15 – 30 cm	1	6	5,69	4,12	0,061	0,21	1,3	4,2	1,7	6,17	7,47	83
		2	6	4,74	4,35	0,043	0,22	1,3	4,3	1,6	6,16	7,46	83
		3	6,1	7,25	4,53	0,07	0,21	2	4,6	2,8	7,68	9,68	79

<b>Coleta de indivíduos nos diferentes sistemas</b>				
<b>Primeira coleta</b>				
	JESA	JESN	RVSA	RVST
Araneae	50	0	2	1
Coleoptera	113	75	49	84
Collembola	5	0	0	0
Diptera	8	1	4	5
Embioptera	3	0	0	0
Hymenoptera	423	1	30	103
Hemiptera	15	1	0	1
Isoptera	1	0	0	0
Lepidoptera	3	3	16	9
Neuroptera	0	0	1	0
Opiliones	133	5	2	1
Orthoptera	12	0	2	8
Pseudoscorpiones	7	0	0	0
Scorpione	0	0	1	0
<b>Número de indivíduos</b>	<b>773</b>	<b>86</b>	<b>107</b>	<b>212</b>
<b>Segunda coleta</b>				
	JESA	JESN	RVSA	RVST
Araneae	2	0	1	2
Coleoptera	9	0	10	31
Collembola	0	0	0	0
Diptera	0	0	3	6
Embioptera	0	0	0	0
Hymenoptera	18	0	137	63
Hemiptera	23	0	0	1
Isoptera	1	0	0	0
Lepidoptera	0	0	0	2
Mantódea	1	0	0	0
Neuroptera	0	0	1	0
Opiliones	0	0	0	4
Orthoptera	11	0	2	5
Pseudoscorpiones	0	0	0	0
Scorpione	0	0	0	0
<b>Número de indivíduos</b>	<b>65</b>	<b>0</b>	<b>154</b>	<b>114</b>

### Retenção de umidade pelo solo da área JESA no ano de 2005

Anel	Sistema	Diâm. do anel (cm)	Altura do anel (cm)	Tensão													Solo seco (g)
				0 cm	10 cm	20 cm	40 cm	60 cm	80 cm	100cm	200 cm	300 cm	400 cm	500 cm	600 cm	800 cm	
1	JESA	5,386	3,02	0,44	0,36	0,34	0,30	0,28	0,26	0,25	0,23	0,21	0,21	0,18	0,17	0,17	107,65
2	JESA	5,39	3,021	0,49	0,38	0,35	0,30	0,28	0,26	0,25	0,22	0,21	0,20	0,16	0,16	0,16	96,47
3	JESA	5,388	3,016	0,46	0,38	0,36	0,31	0,29	0,28	0,27	0,24	0,23	0,22	0,12	0,12	0,12	104,72
4	JESA	5,393	3,035	0,41	0,36	0,34	0,31	0,29	0,27	0,26	0,23	0,22	0,21	0,16	0,14	0,14	108,68
5	JESA	5,393	3,032	0,43	0,35	0,32	0,28	0,25	0,24	0,23	0,21	0,20	0,19	0,16	0,15	0,15	104,33
6	JESA	5,389	3,021	0,45	0,37	0,35	0,31	0,27	0,28	0,27	0,24	0,23	0,22	0,17	0,15	0,15	98,82
7	JESA	5,386	3,034	0,44	0,37	0,35	0,31	0,28	0,27	0,26	0,24	0,23	0,22	0,18	0,16	0,16	100,83
8	JESA	5,384	3,017	0,42	0,35	0,33	0,29	0,27	0,26	0,25	0,22	0,21	0,20	0,16	0,15	0,14	109,03
9	JESA	5,367	3,019	0,42	0,35	0,34	0,31	0,29	0,28	0,27	0,24	0,23	0,23	0,18	0,17	0,17	108,33
10	JESA	5,38	3,032	0,44	0,37	0,35	0,31	0,29	0,28	0,27	0,25	0,23	0,23	0,18	0,15	0,15	109,35
11	JESA	5,374	2,997	0,47	0,39	0,38	0,35	0,33	0,32	0,31	0,29	0,28	0,27	0,16	0,14	0,16	94,44
12	JESA	5,389	3,024	0,41	0,34	0,34	0,32	0,30	0,29	0,28	0,25	0,24	0,22	0,18	0,13	0,14	112,31
13	JESA	5,384	3,017	0,46	0,39	0,37	0,36	0,34	0,33	0,32	0,29	0,28	0,26	0,21	0,19	0,19	109,32
14	JESA	5,386	3	0,42	0,37	0,36	0,34	0,33	0,31	0,30	0,28	0,26	0,25	0,20	0,20	0,20	104,91
15	JESA	5,388	3,019	0,40	0,35	0,34	0,30	0,28	0,26	0,25	0,22	0,22	0,22	0,18	0,16	0,16	105,54
16	JESA	5,392	3,009	0,46	0,38	0,34	0,28	0,25	0,24	0,23	0,20	0,19	0,18	0,14	0,12	0,12	100,38
17	JESA	5,388	3,024	0,44	0,37	0,34	0,29	0,27	0,25	0,24	0,22	0,21	0,20	0,17	0,14	0,14	107,46
18	JESA	5,393	3,004	0,44	0,37	0,34	0,30	0,27	0,26	0,25	0,22	0,21	0,20	0,17	0,16	0,16	97,52
19	JESA	5,391	3,025	0,44	0,36	0,33	0,29	0,27	0,25	0,24	0,22	0,21	0,20	0,16	0,08	0,08	97,02
20	JESA	5,386	3,022	0,44	0,37	0,36	0,34	0,32	0,30	0,29	0,26	0,25	0,25	0,19	0,17	0,17	105,67

### Retenção de umidade pelo solo da área JESN no ano de 2005

Anel	Sistema	Diâm. do anel (cm)	Altura do anel (cm)	Tensão													Solo seco (g)
				0 cm	10 cm	20 cm	40 cm	60 cm	80 cm	100cm	200 cm	300 cm	400 cm	500 cm	600 cm	800 cm	
1	JESN	5,398	3,032	0,41	0,34	0,31	0,27	0,25	0,24	0,23	0,21	0,20	0,19	0,17	0,16	0,15	104,910
2	JESN	5,389	3,031	0,40	0,34	0,31	0,27	0,25	0,24	0,23	0,21	0,20	0,19	0,16	0,16	0,15	107,350
3	JESN	5,378	3,024	0,40	0,33	0,31	0,27	0,25	0,23	0,22	0,20	0,19	0,18	0,16	0,14	0,14	104,230
4	JESN	5,388	3,013	0,39	0,31	0,29	0,25	0,23	0,22	0,21	0,18	0,17	0,16	0,14	0,14	0,14	117,150
5	JESN	5,391	3,014	0,42	0,34	0,31	0,27	0,25	0,23	0,23	0,20	0,20	0,18	0,15	0,15	0,14	107,150
6	JESN	5,369	3,02	0,42	0,33	0,31	0,28	0,26	0,24	0,23	0,22	0,20	0,20	0,18	0,17	0,16	99,590
7	JESN	5,379	3,015	0,38	0,33	0,30	0,25	0,23	0,21	0,21	0,18	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	110,910
8	JESN	5,386	3,021	0,38	0,31	0,28	0,24	0,22	0,21	0,20	0,18	0,17	0,16	0,14	0,14	0,14	115,410
9	JESN	5,385	3,023	0,43	0,34	0,31	0,27	0,25	0,23	0,22	0,20	0,19	0,17	0,16	0,15	0,15	101,150
10	JESN	5,384	3,006	0,41	0,32	0,30	0,26	0,24	0,22	0,21	0,19	0,18	0,17	0,15	0,14	0,14	110,930
11	JESN	5,394	3,04	0,41	0,32	0,30	0,26	0,24	0,23	0,22	0,20	0,18	0,17	0,15	0,14	0,15	111,670
12	JESN	5,399	3,046	0,38	0,31	0,29	0,26	0,23	0,22	0,21	0,18	0,18	0,17	0,14	0,13	0,14	112,800
13	JESN	5,389	3,028	0,35	0,30	0,28	0,24	0,22	0,21	0,20	0,18	0,17	0,17	0,16	0,14	0,14	113,280
14	JESN	5,38	3,022	0,42	0,32	0,29	0,26	0,24	0,23	0,22	0,19	0,18	0,17	0,15	0,14	0,13	111,240
15	JESN	5,367	3,016	0,39	0,32	0,30	0,26	0,24	0,22	0,21	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	111,100
16	JESN	5,394	3,013	0,41	0,33	0,31	0,27	0,25	0,23	0,22	0,20	0,19	0,18	0,16	0,16	0,15	110,570
17	JESN	5,396	3,025	0,39	0,35	0,31	0,28	0,26	0,24	0,23	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17	0,17	113,040
18	JESN	5,389	3,002	0,42	0,34	0,32	0,27	0,25	0,24	0,23	0,20	0,19	0,18	0,15	0,14	0,15	104,300
19	JESN	5,374	3,02	0,42	0,32	0,29	0,25	0,22	0,21	0,20	0,18	0,17	0,16	0,13	0,13	0,12	105,570
20	JESN	5,391	3,03	0,42	0,33	0,30	0,27	0,25	0,24	0,23	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16	109,620

### Retenção de umidade pelo solo da área RVSA no ano de 2005

Anel	Sistema	Diâm. do anel (cm)	Altura do anel (cm)	Tensão												Solo seco (g)	
				0 cm	10 cm	20 cm	40 cm	60 cm	80 cm	100cm	200 cm	300 cm	400 cm	500 cm	600 cm		800 cm
1	RJSA	4,792	5,308	0,43	0,37	0,36	0,33	0,30	0,28	0,26	0,23	0,21	0,20	0,19	0,18	0,054	146,050
2	RJSA	4,769	5,301	0,45	0,39	0,38	0,33	0,29	0,26	0,24	0,21	0,20	0,18	0,16	0,15	0,038	146,410
3	RJSA	4,776	5,293	0,49	0,40	0,38	0,32	0,28	0,26	0,24	0,21	0,19	0,18	0,17	0,16	0,049	131,840
4	RJSA	4,782	5,305	0,47	0,41	0,39	0,34	0,31	0,29	0,28	0,24	0,22	0,21	0,21	0,20	0,073	129,790
5	RJSA	4,757	5,299	0,45	0,40	0,35	0,28	0,25	0,22	0,20	0,18	0,17	0,16	0,15	0,15	0,032	133,190
6	RJSA	4,794	5,31	0,40	0,33	0,33	0,29	0,25	0,23	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12	0,026	152,470
7	RJSA	4,781	5,295	0,46	0,38	0,34	0,27	0,23	0,20	0,18	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13	0,032	139,620
8	RJSA	4,766	5,265	0,47	0,40	0,37	0,31	0,27	0,25	0,23	0,20	0,18	0,15	0,14	0,13	0,025	138,830
9	RJSA	4,807	5,293	0,45	0,37	0,36	0,29	0,24	0,21	0,19	0,16	0,14	0,14	0,14	0,13	0,040	145,490
10	RJSA	4,771	5,291	0,44	0,38	0,34	0,26	0,22	0,20	0,18	0,16	0,14	0,14	0,14	0,13	0,043	147,590
11	RJSA	4,771	5,281	0,41	0,37	0,36	0,28	0,23	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12	0,12	0,025	149,920
12	RJSA	4,767	5,281	0,41	0,34	0,34	0,29	0,25	0,22	0,20	0,17	0,15	0,15	0,14	0,13	0,034	152,340
13	RJSA	4,74	5,301	0,43	0,37	0,36	0,31	0,27	0,25	0,23	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16	0,038	141,510
14	RJSA	4,773	5,278	0,46	0,37	0,37	0,33	0,28	0,26	0,23	0,20	0,18	0,17	0,16	0,15	0,046	143,100
15	RJSA	4,803	5,293	0,48	0,39	0,38	0,34	0,31	0,30	0,28	0,26	0,25	0,22	0,22	0,21	0,070	140,770
16	RJSA	4,766	5,303	0,41	0,37	0,36	0,34	0,32	0,30	0,29	0,26	0,24	0,22	0,21	0,20	0,050	149,110
17	RJSA	4,801	5,287	0,45	0,39	0,37	0,34	0,32	0,30	0,29	0,26	0,25	0,24	0,24	0,23	0,073	140,820
18	RJSA	4,774	5,295	0,42	0,35	0,35	0,32	0,30	0,28	0,26	0,23	0,23	0,20	0,19	0,19	0,062	148,190
19	RJSA	4,783	5,305	0,42	0,35	0,34	0,30	0,27	0,25	0,23	0,20	0,18	0,17	0,17	0,16	0,053	148,110

### Retenção de umidade pelo solo da área RVST no ano de 2005

Anel	Sistema	Diâm. do anel (cm)	Altura do anel (cm)	Tensão												Solo seco (g)	
				0 cm	10 cm	20 cm	40 cm	60 cm	80 cm	100cm	200 cm	300 cm	400 cm	500 cm	600 cm		800 cm
1	RVST	4,793	5,274	0,42	0,37	0,35	0,30	0,26	0,24	0,22	0,18	0,17	0,16	0,15	0,13	0,042	143,450
2	RVST	4,788	5,293	0,40	0,37	0,36	0,35	0,33	0,31	0,29	0,25	0,24	0,22	0,21	0,19	0,054	145,760
3	RVST	4,799	5,296	0,48	0,43	0,40	0,33	0,29	0,26	0,24	0,20	0,19	0,17	0,16	0,06	0,020	133,970
4	RVST	4,771	5,288	0,45	0,41	0,39	0,33	0,29	0,26	0,23	0,19	0,17	0,16	0,15	0,06	0,017	138,250
5	RVST	4,796	5,289	0,43	0,38	0,37	0,33	0,29	0,26	0,24	0,19	0,17	0,15	0,14	0,06	0,020	150,640
6	RVST	4,792	5,291	0,47	0,42	0,38	0,32	0,28	0,26	0,23	0,19	0,18	0,17	0,16	0,08	0,020	140,630
7	RVST	4,791	5,28	0,45	0,42	0,39	0,34	0,31	0,29	0,27	0,23	0,22	0,21	0,21	0,11	0,023	140,140
8	RVST	4,786	5,287	0,42	0,37	0,34	0,30	0,26	0,24	0,22	0,19	0,16	0,15	0,14	0,13	0,042	147,770
9	RVST	4,796	5,292	0,44	0,37	0,37	0,34	0,29	0,27	0,25	0,21	0,19	0,18	0,17	0,09	0,021	144,670
10	RVST	4,778	5,295	0,49	0,45	0,40	0,33	0,28	0,26	0,24	0,20	0,18	0,17	0,17	0,15	0,045	139,220
11	RVST	4,809	5,266	0,55	0,49	0,47	0,42	0,38	0,36	0,33	0,29	0,28	0,27	0,26	0,16	0,025	124,550
12	RVST	4,783	5,282	0,49	0,41	0,40	0,37	0,34	0,32	0,29	0,25	0,24	0,21	0,19	0,09	0,023	143,660
13	RVST	4,799	5,314	0,45	0,40	0,39	0,36	0,33	0,32	0,31	0,28	0,27	0,24	0,22	0,13	0,027	141,950
14	RVST	4,781	5,304	0,53	0,44	0,41	0,37	0,35	0,33	0,31	0,29	0,27	0,26	0,26	0,25	0,102	116,610
15	RVST	4,774	5,284	0,47	0,41	0,38	0,34	0,31	0,29	0,27	0,23	0,20	0,20	0,18	0,09	0,023	142,750
16	RVST	4,815	5,274	0,45	0,40	0,40	0,36	0,33	0,31	0,30	0,25	0,26	0,24	0,22	0,11	0,025	142,330
17	RVST	4,788	5,303	0,47	0,43	0,34	0,29	0,26	0,24	0,22	0,18	0,17	0,16	0,14	0,07	0,023	138,040
18	RVST	4,791	5,291	0,44	0,40	0,38	0,31	0,26	0,23	0,21	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,036	148,320
19	RVST	4,813	5,303	0,44	0,39	0,37	0,32	0,28	0,26	0,25	0,21	0,19	0,18	0,16	0,07	0,021	142,890
20	RVST	4,762	5,289	0,42	0,37	0,36	0,32	0,29	0,26	0,25	0,22	0,19	0,18	0,17	0,16	0,052	152,400