

## **SISTEMAS AGROECOLOGICOS: ALTERNATIVAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTAVEL**

**Maria Ivanilda de AGUIAR<sup>(1)</sup>; Teogenes Senna de OLIVEIRA<sup>(2)</sup>**

<sup>(1)</sup>Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Piauí; Rua 06, Nova Corrente, Corrente-PI, 64980-000; [ivanildaaguiar@yahoo.com.br](mailto:ivanildaaguiar@yahoo.com.br)

<sup>(2)</sup>Universidade Federal do Ceará; Campus do Pici, Bloco 807, Fortaleza, CE, CEP 60455-760, [teo@ufc.br](mailto:teo@ufc.br)

### **RESUMO**

Devido a atual situação de degradação dos recursos naturais, a sociedade e sobretudo os estudiosos tem buscado desenvolver e utilizar tecnologias mais adequadas ao desenvolvimento sustentável. Ou seja, um tipo de desenvolvimento que contemple as questões sócias, econômicas e ambientais e de uso racional dos recursos naturais. Em relação a produção agrícola, a proposta da agroecologia supre esses requisito, podendo ser utilizada para tal. No entanto sua adoção ainda é incipiente, principalmente pelo descrédito que muitos têm em relação às tecnologias agroecológicas. Por outro lado, muitos agricultores têm aceitado o desafio de cultivarem suas terras utilizando os princípios da agroecologia. Diversas experiências tem dado certo, precisando serem difundidas para que as técnicas possam ser adotadas em maior proporção. Desta forma, propõe-se apresentar uma síntese das informações geradas com base em sistemas agroecologicos adotados no estado do Ceará, a fim de consolidar este tipo de exploração agrícola como uma importante tecnologia para o desenvolvimento sustentável em regiões semiáridas. Este trabalho representa uma contribuição teórica baseada em experimentos de campo. É feito uma breve descrição dos diversos tipos de sistemas agroecologicos utilizados no estado do Ceará, bem como uma síntese dos principais resultados obtidos em trabalhos científicos conduzidos nesses. A análise dos dados levantados permite concluir que sob o ponto de vista tecnológico, a agricultura em base ecológica é adequada para a sustentabilidade do meio rural

**Palavras-chave:** agroecologia, tecnologia, semiárido.

### **1. INTRODUÇÃO**

Cada vez mais se reconhece a necessidade de mudanças nos sistemas de produção agropecuários. A mudança é no sentido de torna a produção agrícola uma atividade sustentável. As praticas de cultivo intensivo do solo, monocultura, irrigação, aplicação de fertilizantes inorgânicos, controle químico de pragas e manipulação genéticas de plantas cultivadas, que fomentam a produção da agricultura convencional, retiram excessivamente e degradam os recursos naturais dos quais a própria agricultura depende (GLIESSMAN, 2005; GLIESSMAN et al., 2007). Na região semiárida do Brasil, esse tipo de agricultura é praticado basicamente nos perímetros irrigados, onde a possibilidade de irrigação permite a adoção das demais praticas que sustentam a produção em larga escala. No entanto, na grande parte da região, as condições de baixa precipitação e ausência de fontes de água, somadas a atual degradação, dificultam a introdução de grandes empreendimentos.

Mesmo assim, essas regiões são habitadas por inúmeras pessoas que sobrevivem da agricultura familiar de subsistência, no entanto, essa atividade tem atingido níveis cada vez mais baixos de produtividade, causando insustentabilidade e dificultando a permanência destas famílias nas áreas rurais. A reversão deste quadro pode ser buscada com a introdução de novas tecnologias que possam promover um desenvolvimento sustentável levando em consideração as características ambientais, sociais e econômicas da região.

A necessidade de um desenvolvimento sustentável em qualquer região e em todos os setores da economia vem sendo discutidos principalmente após a década de 60, quando deu-se conta de que a natureza não é inesgotável e disponível à exploração humana (BUARQUE 2002). Após muita discussão o desenvolvimento sustentável se difunde como uma proposta de desenvolvimento diferenciada e, ao mesmo tempo, torna-se uma alternativa viável e não mais apenas uma utopia ou fantasia organizadora da sociedade (BUARQUE 2002). O desenvolvimento sustentável, como sendo aquele que permita o suprimento das necessidades das sociedades humanas atuais e futuras, propõe a implantação de iniciativas e ações que gerem, ao mesmo

tempo, uma maior equidade, um nível elevado de conservação ambiental e uma maior racionalidade (eficiência) econômica (BUARQUE, 2002).

Neste sentido, sistemas agrícolas adotados em bases ecológicas podem constituir uma alternativa. A agroecologia incorpora esses princípios de equidade, conservação ambiental e racionalidade econômica. Desta forma busca orientar o desenho de sistemas de produção que busquem a sustentabilidade, e assim representem uma tecnologia para o desenvolvimento sustentável. A agroecologia tem suas raízes na prática tradicional de muitos agricultores e comunidades rurais ao redor do mundo, porém, ao longo de sua evolução vem incorporando elementos de diversas ciências, como ecologia, agronomia, sociologia, antropologia, geografia e pedagogia. Preocupa-se não somente com os aspectos tecnológicos ou agrônômicos da produção agropecuária, mas incorpora dimensões amplas e complexas, incluindo variáveis econômicas, sociais e ecológicas, bem como, culturais, políticas e éticas.

Atualmente diversos agricultores trabalham suas terras no contexto de agroecossistemas baseados em princípios ecológicos. As experiências adotadas necessitam ser difundidas acelerando o processo em níveis locais, regionais e globais. No Ceará, estudos de agroecossistemas que priorizam a adoção e manutenção da biodiversidade, relacionados com a qualidade do solo, indicam que as situações estudadas encontram-se em condições semelhantes ou melhores que a natural do ambiente de caatinga secundária (AGUIAR et al., 2010, 2010; ANDRADE et al., 2004; MAIA et al., 2006, 2007, 2008; OTUTUMI et al., 2004; XAVIER et al., 2006), indicando que esses sistemas tem caminhado rumo ou desenvolvimento sustentável. Além dos trabalhos supracitados, outros documentos, como relatórios, dissertações, tese e artigos científicos, foram produzidos; entretanto essas informações encontram-se dispersas. Altieri (2002) ressalta que esse tipo de dispersão constitui importante fator limitante para a adoção em larga escala das inovações agroecológicas.

Desta forma, propõe-se apresentar uma síntese das informações geradas com base em sistemas agroecológicos adotados no estado do Ceará, a fim de consolidar este tipo de exploração agrícola como uma importante tecnologia para o desenvolvimento sustentável em regiões semiáridas.

## **2. METODOLOGIA, RESULTADOS, ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS**

Fez-se um levantamento dos tipos de sistemas agroecológicos adotados por agricultores cearenses, bem como dos trabalhos científicos já realizados em alguns destes sistemas. Os resultados são discutidos como base para a adoção de sistemas agroecológicos como proposta ao desenvolvimento sustentável, sobretudo para o semiárido nordestino.

Dentre as tecnologias para produção agroecológica, Araújo Filho e Carvalho (2001) propõe um modelo de produção agrossilvipastoril para o semi-árido nordestino. Este modelo visa manter níveis elevados de biodiversidade assim como promover interação entre as três atividades (agrícola, silvícola e pastoril) para manter um fluxo de energia entre as áreas destinadas a cada atividade na mesma propriedade. Por esta proposta, a manutenção da biodiversidade é possibilitada pela utilização de técnicas de pastoreio conservadoras, evitando superpastejo e técnicas de policulturas, que favoreçam a preservação de espécies nativas dentro da área destinada a agricultura (sistemas agroflorestais). Este tipo de prática, além de preservar a biodiversidade do agroecossistema no ambiente semi-árido, proporciona maior resistência da atividade agrossilvipastoril frente as variações climáticas da região (ARAÚJO FILHO; CARVALHO, 2001). Este modelo foi implantado experimentalmente na Fazenda Crioula, campos experimentais da EMBRAPA Caprinos e Ovinos em Sobral-CE, em 1997. Deste então estão sendo realizados diversos estudos científicos, visando demonstrar a viabilidade técnica, econômica e ecológica do modelo. Resumidamente, o modelo consiste em subdividir a área a ser utilizada em três parcelas, uma é preservada como reserva nativa de caatinga, as demais são manejadas para pastejo e cultivos de grão, respectivamente. As duas áreas manejadas preservam uma porcentagem de cobertura arbórea nativa (de 20 a 30%) e a área de cultivo utiliza aléias de leucena, empregada como banco de proteínas para os animais e como adubo verde. Atualmente este modelo tem sido utilizado por agricultores em diversas regiões do Nordeste.

Outra proposta de tecnologia agroecológica estar sendo adotada com o objetivo de revitalizar a cultura de algodão, abandonada devida a degradação dos solos e ao ataque do bicudo. Foi com esse propósito, que alguns agricultores do município Tauá decidiram adotar sistemas de cultivos agroecológicos (SOUZA et al., 2005). Os sistemas são compostos pela cultura de algodão em consórcio com culturas anuais como milho, gergelim e feijão, com leguminosas arbustivas (guandu – *Cajanus cajan*) e/ou arbórea (Leucena – *Leucaena leucocephala*). A adubação é realizada com emprego de esterco de gado (disponibilidade de cada agricultor)

e adubações foliares com biofertilizantes à base de esterco fresco fermentado, em mistura com outros componentes minerais, vegetais e de origem animal, obtidos no próprio local. Como prática conservacionista é utilizado o plantio em nível e outras práticas de conservação do solo, quando necessário; o plantio do algodoeiro é feito em faixas, alternadas com fileiras das demais culturas. O manejo de pragas (bicudo) é realizado com base em técnicas mecânicas e biológicas (catação dos botões e flores atingidos pelo bicudo; utilização de *Trichogramma* spp, no controle do curruqueiro do algodoeiro (*Alabama argilacea*); instalação de armadilhas com feromônio Grandlure, para monitoramento das populações de bicudo). Após a colheita é feito o manejo do gado nas lavouras, seguido da erradicação do algodoeiro herbáceo o poda do 7HM; é feito a poda das plantas de leucena, durante a estação chuvosa, para uso como cobertura morta (SOUZA et al., 2005).

O cultivo do algodão em consórcios agroecológicos inicialmente foi adotada pelos agricultores do município de Tauá-CE assessorados pelos técnicos de ESPLAR (Centro de Pesquisa e Assessoria). Posteriormente agricultores de outros municípios (Choró, Quixadá, Canidé, Massape, Santana do Acaraú, Forquilha e Sobral) também resolveram adotar esse tipo de manejo em suas áreas. A proposta visa, além de reduzir a degradação ambiental no semiárido, alterar as relações com os mercados, assegurando que os produtores familiares se apropriem de maior parcela das riquezas geradas pelo seu trabalho (OLIVEIRA E ARAUJO, 2008). Essa possibilidade se concretizou nos últimos dez anos com a formação de uma cadeia do comércio justo do algodão, gerando autonomia dos(as) agricultores(as) familiares em relação aos intermediários (OLIVEIRA E ARAUJO, 2008). O algodão colhido nos diferentes municípios é entregue a ADEC (Associação de agricultores/as agroecológicos de Tauá), que realiza o descaroçamento e vende a pluma para a Veja Fair Trade, empresa francesa do comércio justo e para a Justa Trama, rede de cooperativas e associações de trabalhadores/as da cadeia têxtil.

Na região da Chapada da Ibiapaba (em Ubajara-CE), a Fazenda Amway Nutrilite do Brasil produz frutos de acerola em grande escala (desde 1998), inicialmente em bases orgânicas passando por uma conversão para sistema de produção biodinâmico. Uma das técnicas utilizadas nas áreas é a incorporação de um coquetel de leguminosas/gramíneas realizado antes do plantio da acerola. Também é utilizado fosfato natural, composto orgânico e bagana de carnaúba, como cobertura morta, além de adubação verde (XAVIER et al., 2006, 2009). Desde a implantação do cultivo orgânico, a fazenda vem gradualmente se adequando aos princípios da agroecologia, mostrando a possibilidade de se trabalhar ecologicamente também em produção de grande escala.

Diversos trabalhos científicos foram realizados nas áreas descritas, sobretudo direcionados para a conservação da qualidade do solo. Os resultados destes estudos serão utilizados para embasar as tecnologias agroecológicas propostas visando o desenvolvimento sustentável. Assim, uma síntese dos resultados das pesquisas realizadas serão apresentados e discutidos em seguida. Nestes trabalhos estuda-se as áreas de cultivos agroecológicos (sistemas agrossilvipastoris, consórcios orgânicos, hortas orgânicas, outros), paralelamente a áreas de vegetação nativa (caatinga) e de cultivos tradicionais, possibilitando comparações. Os sistemas tradicionais do semiárido cearense geralmente são aqueles nos quais os agricultores preparam a área para plantio com desmatamento e queimada de toda vegetação da área. Cultivam por dois anos consecutivos e em seguida colocam animais para pastejarem na área (ARAÚJO FILHO, 2002), enquanto a mesma se restabelece, e procuram abrir nova área para cultivo (agricultura itinerante). Já as áreas de vegetação nativa utilizadas nesses estudos, na sua maioria, são representadas por vegetação de caatinga em estágio intermediário de sucessão, uma vez que, devido a utilização destas áreas pela agricultura itinerante, dificilmente são encontradas áreas nativas não antropizadas.

#### **4.1 Estruturação e conservação do solo**

Estudos sobre perdas por erosão foram realizadas nos sistemas agrossilvipastoris implantados no campo experimental da EMBRAPA. Neste modelo de produção é possível incorporar ao solo cerca de 4,1 e 4,5 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de biomassa, nas áreas agrícolas e pastoris, respectivamente, enquanto que em áreas onde toda a vegetação é derrubada e queimada para a implantação das culturas, a produção anual de biomassa incorporada ao solo é, em média, 1,5 t ha<sup>-1</sup> (MAIA et al., 2007). Essa incorporação de biomassa proporciona inicialmente a proteção física do solo contra a erosão, reduzindo consideravelmente as perdas de solo, água e nutrientes nestas áreas (Tabela 1). A redução da erosão do solo também foi observada pelos próprios agricultores que trabalham com consórcios agroecológicos no município de Tauá-CE (SOUZA, 2006).

**Tabela 1 – Perdas de solo e água em sistemas agrossilvipastoris, sistemas de cultivo tradicional e vegetação nativa (caatinga)**

Uso da terra	Solo	Água	CO	P	K	Ca	Mg
	t ha <sup>-1</sup>	% da chuva	Kg ha <sup>-1</sup>				
Caatinga	0,65	0,21	49,2	0,3	3,4	5,3	3,5
Sistemas agrossilvipastoril	0,27	0,08	18,1	0,1	1,3	1,7	1,2
Tradicional	0,33	0,47	23,8	0,1	2,5	3,0	2,0

Adaptado de Aguiar et al. (2010)

Diversos estudos avaliando a estruturação do solo foram realizados nos sistemas de produção agroecológico (Tabela 2). Lima et al. (2007) observaram, em sistemas orgânicos com consórcios de algodão em Tauá, melhorias da estrutura física do solo, evidenciadas pela maior estabilidade de agregados (EA%). Em Choró, Aguiar (2008), observou melhorias evidenciadas em diversos indicadores da qualidade física do solo (Tabela 2). Além desses, outros trabalhos também observaram os benefícios dos sistemas ecológicos, adotados em Tauá, na estruturação física do solo (OTUTUMI et al., 2004; SILVA, 2007; SOUSA, 2006).

**Tabela 2 – Indicadores físicos relacionados a estrutura do solo em sistemas agroecológicos, tradicionais e em mata de caatinga**

Uso da terra	Ds Kg dm <sup>-3</sup>	CH m h <sup>-1</sup>	RP Kgf cm <sup>-2</sup>	IHO m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	EA %	PT	s
Caatinga	1,5-1,6	0,12	2,8	0,09	-	0,41-0,42	0,0738-0,1184
Agroecológico	1,4-1,5	0,14	1,3	0,10	46,9	0,39-0,46	0,0675-0,1297
Tradicional	1,6	0,03	1,2	0,08	21,0	0,35-0,41	0,0348-0,1050

Adaptado de Aguiar (2008); Lima et al. (2007); Silva et al. (2007)

## 4.2 Matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e fertilidade do solo

No semiárido cearense, sistemas de manejo orgânico promovem aumento de matéria orgânica e conseqüente melhoria da qualidade do solo, evidenciados pelos estoques, de carbono orgânico e nitrogênio, semelhantes aos da área de mata (caatinga) (XAVIER et al., 2006). Em algumas situações, os sistemas agroecológicos proporcionam aumentos nos teores de carbono orgânico do solo (SOUSA, 2006; AGUIAR, 2008), favorecendo a ciclagem de nutrientes e conseqüentemente a fertilidade do solo (Tabela 3).

**Tabela 3 – Aborto e teores de carbono orgânico (COT), fósforo e nitrogênio total (Pt e Nt), teores de base e capacidade de troca de cátions (CTC) em sistemas agroecológicos, tradicionais e em mata de caatinga**

Uso da terra	COT	COT	Pt	Nt	P disponível	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	CTC
	t ha <sup>-1</sup>	g dm <sup>-3</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	g dm <sup>-3</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
Caatinga	21,8	10,9-32,0	22,5	4,0	31,1-60,0	8,0-16,4	2,2-4,8	0,5-1,0	12,5-24,7
Agroecológico	17,2	11,3-29,0	316,9	4,1	15,0-60,0	8,3-16,1	3,6-3,6	0,5-1,3	17,7-22,4
Tradicional	13,5	14,1-26,8	130,8	5,8	12,0-22,0	10,5-20,3	3,0-3,9	0,3-1,4	15,0-26,8

Adaptado de Aguiar (2008); Maia et al. (2006; 2007; 2008); Nogueira et al. (2008a; 2008b); Sousa (2006)

Em estudos comparativos ao longo de oito anos, Sousa (2006) observou que sistemas agroecológicos apresentam qualidade química (refletida pelos teores de P disponível, COT, teores de K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e CTC), biológica e física superiores as do sistema natural e que esta qualidade vem se mantendo ao longo dos anos estudados.

## 4.3 Manutenção da biodiversidade

A biodiversidade é essencial para a manutenção das funções ambientais do agroecossistema, tornando-o menos dependente de insumos externos. Assim, pensando-se em agricultura sustentável é fundamental que se mantenham algum nível de biodiversidade nos sistemas. Essa biodiversidade pode ser mantida

com a utilização de algumas práticas (consórcios, sistemas agroflorestais, outros) e obedecendo aos princípios ecológicos. Nos sistemas de cultivos agroecológicos adotados no estado do Ceará, alguns trabalhos mostram maior riqueza de ordens de indivíduos representantes da fauna do solo, bem como maior diversidade e uniformidade de distribuição dos grupos de fauna presentes nas áreas (ALMEIDA et al., 2009; SOUSA, 2006; OTUTUMI et al, 2004). Almeida et al (2009) observaram maior diversidade de fauna edáfica e da vegetação dos extratos herbáceos e arbóreos em sistemas agroecológicos, quando comparados à áreas de caatinga secundária (Tabela 4).

**Tabela 4 – Amplitude de variação dos índices de diversidade Shannon (H') e uniformidade Pielou (J') da fauna edáfica e da vegetação dos extratos herbáceo e arbóreo das áreas de consórcios agroecológicos e de vegetação natural de caatinga, pertencentes a agricultores familiares do município de Choró-CE**

Grupos avaliados	Índice			
	H'		J'	
	Cultivo agroecológico	Caatinga	Cultivo agroecológico	Caatinga
Fauna edáfica	0,217-0,757	0,233-0,736	0,278-0,946	0,364-0,996
Vegetação do extrato herbáceo	0,277-0,608	0,574-0,713	0,327-0,719	0,670-0,880
Vegetação do extrato arbóreo	0,551-1,131	0,452-0,642	0,377-0,719	0,670-0,880

Adaptado de Almeida et al. (2009)

#### 4.4 Produção e renda

A sustentabilidade dos sistemas agrícolas também depende os aspectos econômicos e sociais, assim, para que o agricultor permaneça no setor é fundamental que o mesmo receba um retorno financeiro que o permita viver com dignidade e manter sua família. Assim, além de ser ecologicamente correto, os cultivos agroecológicos devem proporcionar produtividade satisfatória. Em relação a isso, Otutumi et al. (2004) observaram que os rendimentos médios do algodão, milho e feijão, consorciados agroecologicamente, foram superiores às médias do município de Tauá. Nos anos de 1999 e 2000, o algodão produzido pelos agricultores agroecológicos foram de 808 e 807 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto a média regional (Sertão dos Inhamuns) foi de 631 e 388 kg ha<sup>-1</sup> para os mesmos anos. Também em Tauá, Sousa (2006) relata produção de feijão e algodão nos consórcios agroecológicos superiores aos da média municipal no período de 1998 a 2001. Este mesmo autor observa que os valores em dinheiro obtidos nos sistemas agroecológicos foram superiores aos obtidos nos monocultivos de algodão, milho e feijão no município.

Araujo Filho (2003) registra uma produtividade média do milho cultivado em sistemas agroflorestais de 1.376,0 kg ha<sup>-1</sup>, nos cinco primeiros anos de cultivo (1998-2001), enquanto que no manejo tradicional a produtividade média do mesmo período foi de 542 kg ha<sup>-1</sup>, com queda gradativa ao longo dos anos. No primeiro ano, a produtividade do sistema tradicional foi de 788 kg ha<sup>-1</sup>, chegando a 281 kg ha<sup>-1</sup> no quinto ano de cultivo e inviabilizando o cultivo a partir de então.

Também em sistemas agroflorestais, Bloc (2008) conclui que a produção de carne ovina em sistemas agrossilvipastoris, além de integrar diferentes atividades desenvolvidas nas propriedades rurais, diversificando e aumentando as suas produções, permitem uma maior viabilidade financeira que os sistemas de produção tradicionais encontrados na região semiárida cearense. Nestes estudo, o autor observou coeficiente de benefício variando de 1,06 a 1,29, em diferentes cenários avaliados; o período de retorno do investimento variou de 10,06 a 6,32 anos; porém o investimento inicial é elevado, o que tem tornado este sistema de produção menos atrativo (BLOC, 2008).

#### 5. DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação a perspectiva ambiental do desenvolvimento sustentável da agricultura, os estudos de qualidade/conservação do solo são de fundamentais importâncias. A relevância do solo advém não somente pela sua utilização para a produção de alimentos, mas pelo seu fundamental papel de regular a distribuição, armazenar, escoar e infiltrar água da chuva e de irrigação; e de armazenar e ciclar nutrientes para as plantas. Assim, o solo como recurso natural torna-se fundamental a manutenção da vida e da sociedade humana (SOUZA et al., 2009). Neste sentido os dados aqui discutidos podem contribuir para a consolidação dos sistemas de cultivos conduzidos em base ecológica como tecnologia para o desenvolvimento sustentável.

A manutenção da qualidade do solo passa por vários aspectos, dentre eles o de conservação e ou aumento da matéria orgânica do solo, redução dos processos erosivos, que causam degradação do solo e preservação da estrutura física do solo. A adoção da agroecologia torna-se ainda mais relevante na região semiárida, uma vez que naturalmente as condições edafoclimáticas ocasionam baixa produção de biomassa e acelerada decomposição, porém o arranjo dos consórcios adotados nos sistemas agroecológicos permite maior volume de biomassa produzida, melhorando a cobertura do solo, manutenção da umidade e proteção física do solo (OTUTUMI et al., 2004).

Observa-se que em relação as perdas causadas por erosão, bem como ao aporte de matéria orgânica no solo, diversas situações de manejo agroecológicos promovem melhores condições que a situação natural de caatinga. Isso acontece devido as práticas adotadas, como: adição de esterco e de material vegetal oriundos de corte de plantas introduzidas ou da poda de árvores nativas, adubação verde entre outras. O maior aporte de COT nas áreas agroecológicas em relação as mata (Tabela 3) pode ocorrer devido também as características das áreas. Ou seja, quando comparados à caatinga, os cultivos agroecológicos possuem melhor estratificação da vegetação (natural e cultivada), o que contribui para o maior aporte de carbono. As árvores continuamente produzem material orgânico que cai sobre o solo. As espécies herbáceas espontâneas, por meio das roçagens, e os restos culturais também contribuem com o aporte de carbono até certa profundidade. Na mata da Caatinga este tipo de estratificação não é tão diversificado como poderia ser pensado inicialmente, uma vez que as árvores são mais adensadas que nos cultivos e, quando rebrotam em cada período chuvoso, formam rapidamente um dossel que promove muito sombreamento, restringido o estabelecimento de espécies herbáceas, que parecem contribuir mais para o aumento no teor de COT no solo (Aguiar, 2008; Almeida et al., 2009).

Pode-se dizer que a matéria orgânica é o carro chefe da qualidade do solo e consequentemente da manutenção de sua fertilidade, uma vez que essa se relaciona com diversas características do solo, influenciando-as positivamente. A matéria orgânica melhora a estrutura física do solo, promovendo maior agregação (Tabela 2), o que reduz os processos erosivos (Tabela 1); além disso, é fonte de carga que representam sítios de adsorção de cátions, melhorando a fertilidade química dos solos (Tabela 3); e representa substrato (alimento) para os organismos que participam do processo de decomposição (Tabela 4) e tem importante papel na ciclagem de nutrientes e na gênese dos solos. Assim, sistemas de manejo que promovam o aporte de matéria orgânica, como é o caso dos sistemas agrossilvipastoris estudados em Sobral (Tabela 3) representam uma importante tecnologia a ser utilizada para desenvolvimento de uma agricultura sustentável. Ao utilizar uma tecnologia que permita o aumento de matéria orgânica no solo, aumenta-se a capacidade do solo em absorver água (Tabela 2). Fato particularmente importante para os/as agricultores/as do semiárido, uma vez que nessa região são registrados baixos índices pluviométricos (SOUSA, 2006)

Outra prática que tornam os sistemas agroecológicos fundamentais para a sustentabilidade da produção agrícola no semiárido e a manutenção de árvores dentro das áreas cultivadas (sistemas agrossilvipastoris). As árvores são eficientes para controle de erosão (Tabela 1), por reduzirem o impacto da água sobre o solo e por estarem continuamente depositando material orgânico no solo (partes mortas), aumentando o teor de matéria orgânica que favorecem melhor agregação das partículas de solo, tornando-o mais resistente ao desprendimento e arraste pela enxurrada. As árvores também contribuem para a ciclagem de nutrientes e consequente fertilidade do solo. Os sistemas radiculares dessas são capazes de absorverem nutrientes em camadas mais profundas do solo, incorporá-los em seus tecidos e posteriormente depositá-los nas camadas mais superficiais (Nogueira et al., 2008b). Isso justifica a semelhança entre os teores de base trocáveis observados em sistemas agrossilvipastoris manejados a aproximadamente cinco anos e a caatinga. Esses resultados podem ser atribuídos ao contínuo aporte de resíduos orgânicos, como consequência da ação de sistemas radiculares diversificados, indicando maior eficiência na ciclagem de nutrientes (Maia et al 2006). A maior ciclagem de nutrientes nos sistemas agroecológicos é, provavelmente, responsável pela manutenção dos melhores níveis de produtividade das culturas (Maia et al 2006; Sousa, 2006).

A diversidade mantida nos sistemas agroecológicos, tanto de fauna, quanto de flora (Tabela 4), permite que o sistema usufrua das interações benéficas que ocorrem entre os diversos organismos favorecendo sustentabilidade ao longo tempo, uma vez que favorece os processos de ciclagem de nutrientes, fluxo de energia e equilíbrio entre os organismos presentes na área (GLIESSMAN, 2005). Com isso, ocorre o controle natural de praga e a fertilidade natural da área, tornando desnecessários gastos com controle e com adubos para aumentar a produtividade.

Um outro aspecto importante observado nos estudos é que a adoção dos sistemas agroecológicos, como alternativa tecnológica permite melhorar a produção e diminuir os riscos de perdas, além de desacelerar os níveis de degradação dos recursos naturais. No caso do algodão produzido pelos agricultores agroecológicos, vale ressaltar que esse alcança preços superiores aos do mercado convencional, implicando em maiores vantagens para o/a agricultor/a que adota o sistema de cultivo em bases ecológicas. (SOUSA, 2006). Os preços obtidos são cerca de 100% superiores aos praticados no mercado convencional. O forte crescimento da demanda por algodão orgânico em nível mundial constitui oportunidade de expansão da produção oriunda da Agricultura Familiar do semi-árido cearense que conta com importante experiência acumulada de quase uma década e meia nesse mercado. Assim expandir a produção em níveis compatíveis com as condições e possibilidades existentes é o desafio que no momento se coloca para agricultores/as, suas organizações, para o ESPLAR e outras instituições que os apoiam. Além disso, a maior diversidade de culturas presente nos consórcios diminui os riscos de perda total da produção, sobretudo em anos com baixos índices pluviométricos. Estes fatos respaldam a contribuição dos sistemas agroecológicos para a dimensão econômica da sustentabilidade na região, uma vez que a renda oriunda da agricultura tradicional (de cerqueiro) é muita baixa, dificultando a permanência das famílias no local.

Como foi visto existem uma série de trabalhos abordados a sustentabilidade na sua perspectiva ambiental, no entanto para que as tecnologias agroecológicas sejam amplamente difundidas e utilizadas ainda são necessários mais estudos, principalmente enfocando as perspectivas sociais e econômicas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, M. I. **Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais**. 2008. 79p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.
- AGUIAR, M.I.; MAIA, S.M.F.; XAVIAR, F.A.S.; MENDONÇA, E.S.; ARAÚJO FILHO, J.A.; OLIVEIRA, T.S. Sediment, nutrient and water losses by water erosion under agroforestry systems in the semi-arid region in northeastern Brazil. **Agroforest Syst**, v.79, p.277-289, 2010.
- ALMEIDA, M.V.R; OLIVEIRA, T.S.; BEZERRA, A.M.E. Biodiversidade em sistemas agroecológicos no município de Choró, CE, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.4, p.1080-1087, jul, 2009.
- ALTIERI, M. A. **Agroecologia: Bases científicas para uma agricultura sustentável**. Porto Alegre: Guaíba Agropecuária, 2002. 592p
- ANDRADE, F.V.; MENDONÇA, E. de S.; OLIVEIRA, T.S. de.; SILVA, I.R. Dinâmica das Formas de Fósforo em Solo sob Agricultura Biodinâmica. In: OLIVEIRA, T. S. de. (coord.) **Solo e Água: aspectos de uso e manejo com ênfase no semi-árido nordestino**. Fortaleza: Departamento de Ciências do Solo, UFC, 2004. p.58-75.
- ARAÚJO FILHO, J.A. Sistemas de produção sustentável para a região da caatinga. **Relatório Final de Projeto. Sobral: CNPC/EMBRAPA**, 2003. 14p.
- ARAÚJO FILHO, J. A. Histórico do uso dos solos da caatinga. In: ARAUJO, Q. R. (org.) **500 anos de uso do solo no Brasil**. Ilhéus: Editus, 2002, p. 329-337
- ARAÚJO FILHO, J. A.; CARVALHO, F. C. Sistemas de produção agrossilvipastoril para o semi-árido nordestino. In.: CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; CARNEIRO, J. C. (Org.). **Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e sub tropicais**. 1 ed., Brasília: FAO, 2001, p.101-110.
- BLOC, A.F. **Viabilidade financeira da produção de ovinos em sistemas agroflorestais pecuários no semi-árido cearense**. 2008. 35p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral, 2008.
- BUARQUE, S.C. **Construindo o desenvolvimento local sustentável: metodologia de planejamento**. Rio de Janeiro: Geramond, 2002.
- GLIESSMAN, S.R.; ROSADO-MAY, F.J.; GUADARRAMA-ZUGASTI, C; JEDLICKA, J.; COHN, A.; MENDEZ, V.E.; COHEN, R.; TRUJILLO, L.; BACON, C.; JAFFE, R. Agroecología: promoviendo una

transición hacia la sostenibilidad. **Ecosistemas: revista científica y técnica de ecología y medio ambiente**. v.16, n.1, 13-23p., jan 2007.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. Tradução Ed. UFRGS. 2.ed. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2005. 653p. (Série Estudos Rurais). Título original: Agroecology: ecological processes in sustainable agricultur.

LIMA, H.V.; OLIVEIRA, T.S.; OLIVEIRA, M.M.; MENDONÇA, E.S.; LIMA, P.J.B.F. Indicadores de qualidade do solo em sistemas de cultivo orgânico e convencional no semi-árido cearense. **R. Bras. Ci. Solo**, 31:1085-1098, 2007.

MAIA, S. M. F. ; XAVIER, F. A. S. ; OLIVEIRA, T. S. ; MENDONCA, E. S. ; ARAUJO FILHO, J. A. . Impactos de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.5, p.837-848, set./out. 2006.

MAIA, S. M. F. ; XAVIER, F. A. S. ; OLIVEIRA, T. S. ; MENDONCA, E. S. ; ARAUJO FILHO, J. A. . Organic carbon pools in a Luvisol under agroforestry and conventional farming systems in the semi-arid region of Ceará, Brazil. **Agroforestry Systems**, v.71, n.2, p.127-138, out. 2007.

MAIA, S. M. F. ; XAVIER, F. A. S. ; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E.S.; ARAÚJO FILHO, J. A. Frações de nitrogênio em Luvisolo sob sistemas agroflorestais e convencional no semi-árido cearense. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.32, n.1, p.381-392, jan./fev. 2008.

NOGUEIRA, R.S.; OLIVEIRA, T.S.; TEIXEIRA, A. S.; ARAÚJO FILHO, J.A. Redistribuição de carbono orgânico e fósforo pelo escoamento superficial em sistemas agrícolas convencionais e agroflorestais no semi-árido cearense. **Revista Ceres**, v. 55, p. 327-337, 2008a.

NOGUEIRA, R. S.; OLIVEIRA, T.S.; MENDONÇA, E.S.; ARAÚJO FILHO, J.A. Formas de fósforo em Luvisolo Crômico Órtico sob sistemas agroflorestais no município de Sobral-CE. *Revista Ciência Agronômica*, v. 39, p. 494-502, 2008b.

OLIVEIRA, T.S.; ARAÚJO, A.L. Essa terra dá mais legume: construindo a qualidade do solo no Sertão Central do Ceará. **Agriculturas** , 5: 24-29, 2008

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: OLIVEIRA, T. S. (coord.) **Solo e Água: aspectos de uso e manejo com ênfase no semi-árido nordestino**. Fortaleza, Departamento de Ciências do Solo, UFC, 2004. p.1-30.

SILVA, G.L.; OLIVEIRA, T.S.; LIMA, H.V.; ARAUJO FILHO, J.A. Índice de qualidade do solo em sistemas agroflorestais no semi-árido cearense. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIAS DO SOLO, 31, 2007, Gramado. Resumo expandido. Gramado: SBCS, 2007. (CD-ROM).

SOUSA, A.F. **Indicadores de sustentabilidade em sistemas agroecológicos por agricultores familiares do semi-árido cearense**. Universidade Federal do Ceará, 2006. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Fortaleza: UFC, 2006, 93p.

SOUZA, A. P. ; JARDIM, H. L.; BERTOLINO, A. V.F.A.; FERNANDES, N.F. Importância do estudo do solo com recurso natural no contexto da sustentabilidade e na prática de manejo. In: Encontro de Geógrafos da America Latina, 2009, Montevideo. Caminando em una América Latina en TRansformación, 2009.

SOUZA, I. S. ; OLIVEIRA, T. S.; LIMA, P. J.B.F.; LEMOS, J. J. S. Manejo agroecológico do algodoeiro arbóreo: Alternativa para a agricultura familiar no semi-árido cearense. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 52, n. 303, p. 787-809, 2005.

XAVIER, F. A. S. ; MAIA, S. M. F. ; OLIVEIRA, T. S. ; MENDONCA, E. S. . Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas convencional e orgânico na região da Chapada da Ibiapaba-CE. **Revista Brasileira de Ciências do. Solo**, Viçosa, v.30, n.2, p.247-258, mar./abr. 2006.

XAVIER, F.A.S.; OLIVEIRA, T.S.; ANDRADDE, F.V.; MENDONÇA, E.S. Phosphorus fractionation in a Sandy soil under organic agriculture in Northeastern Brazil. **Geoderma**, n.151, p.417-423, 2009.