



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**SUSTENTABILIDADE DOS AGROECOSSISTEMAS COM BARRAGENS
SUBTERRÂNEAS NO SEMIÁRIDO PARAIBANO**

GIZELIA BARBOSA FERREIRA

Araras

2011



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**SUSTENTABILIDADE DOS AGROECOSSISTEMAS COM BARRAGENS
SUBTERRÂNEAS NO SEMIÁRIDO PARAIBANO**

GIZELIA BARBOSA FERREIRA

ORIENTADOR: PROF. Dr. MANOEL BALTASAR BAPTISTA DA COSTA

CO-ORIENTADORA: Dra. MARIA SONIA LOPES DA SILVA

CO-ORIENTADOR: Dr. CARLOS ALBERTO TUÃO GAVA

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Agroecologia e
Desenvolvimento Rural como requisito
parcial à obtenção do título de
MESTRE EM AGROECOLOGIA E
DESENVOLVIMENTO RURAL

Araras

2011

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

F383sa

Ferreira, Gizelia Barbosa.

Sustentabilidade dos agroecossistemas com barragens subterrâneas no semiárido paraibano / Gizelia Barbosa Ferreira. -- São Carlos : UFSCar, 2012.
139 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2011.

1. Agroecologia. 2. Sustentabilidade. 3. Barragens subterrâneas. 4. Agroecossistemas. I. Título.

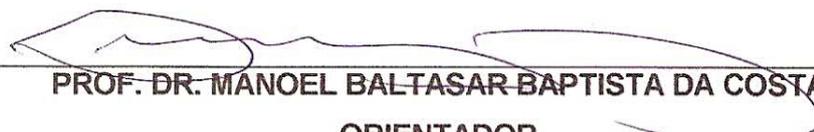
CDD: 630 (20^a)

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
DE

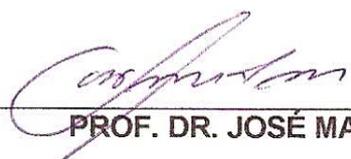
GIZELIA BARBOSA FERREIRA

APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL, DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DE SÃO CARLOS, **EM 09 DE DEZEMBRO DE 2011.**

BANCA EXAMINADORA:



PROF. DR. MANOEL BALTASAR BAPTISTA DA COSTA
ORIENTADOR
PPGADR



PROF. DR. JOSÉ MARIA GUSMAN FERRAZ
PPGADR/UFSCar



PROF. DR. OTÁVIO ANTÔNIO DE CAMARGO
INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS -
IAC

DEDICATÓRIA

*Dedico á minha mãe, Gilda Arlinda
Barbosa Ferreira, símbolo de força, garra
e perseverança, ensinando-nos sempre a
ser livres para buscar nossos sonhos.*

*"Desconfiai do mais trivial, na aparência singelo.
E examinai, sobretudo, o que parece habitual.
Suplicamos expressamente: não aceiteis o que é de
hábito como coisa natural, pois em tempo de desordem
sangrenta, de confusão organizada, de arbitrariedade consciente,
de humanidade desumanizada, nada deve parecer natural
nada deve parecer impossível de mudar."*

Bertold Brecht

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por todos os momentos vividos e todas as bênçãos alcançadas.

À minha mãe Gilda, meu irmão Washington, minha irmã Gildenize, minhas sobrinhas Giovanna e Sofia, meu sobrinho Rafael, meu cunhado Wellington e minha cunhada Ana Carla, pela paciência, pelo amor, pelo apoio e pelas atenções dedicadas a mim em todos os dias de minha vida.

A meu pai, Walter de Souza Ferreira (*in memoriam*), que infelizmente não pode nos ver crescer, mas que com suas histórias reforçou a minha vontade de mudar o mundo, me estimulando a buscar sempre mais conhecimento para retribuir o que o mundo me dá.

Às minhas tias Vanda, Vanilma, Vera e Lourdes, meu tio Valney, primas (Michella, Cláudia, Thatiana, Neliane, Clariane e Sandra), primos (Michell, Thiago, Fabiano e Júnior), que estão sempre levando muita alegria por onde passam me dando muita força sempre.

Agradeço a meu orientador Manoel Baltasar pela paciência, apoio e oportunidade de construir essa dissertação no semiárido brasileiro.

À Maria Sonia Lopes da Silva, minha co-orientadora, que cruzou o meu caminho “abençoada” por Deus, sendo amiga, me guiando e apoiando por caminhos que mudaram radicalmente a minha perspectiva de futuro.

A Carlos Alberto Tuão Gava, pelo tempo dedicado, pela amizade, sabedoria e paciência na minha co-orientação;

À Márcia Moura Moreira, pelo apoio, amizade, paciência e dedicação com a qual contribuiu nessa dissertação.

À Ernando Motta pela amizade e contribuição nas análises de solos e nas discussões sobre microbiologias.

As famílias agricultoras participantes do estudo pela sabedoria e pela esperança que me passaram.

Agradeço as minhas amigas e amigos, Carmen, Jussara, Léia, Vanessa, Grasieli, Ana Dalva, Sibery, Michelle, Eliane, Ana Cecília, Daniela, Mayara,

JemmyLee, Simone, Henderson, Alexandre, Fábio, pelas trocas de conhecimentos, pelo respeito e pela amizade nas várias etapas de minha vida.

À Alessandra Salviano pelo respeito, o apoio e por compartilhar seus conhecimentos comigo.

A Davi José Silva, pelo apoio essencial a minha formação.

À Universidade Federal de São Carlos, aos professores, funcionários e estudantes que colaboraram efetivamente em minha formação.

À Embrapa Solos UEP Nordeste pela oportunidade de participar de seus projetos.

À Embrapa Semi-árido, minha casa por quase quatro anos, e seus pesquisadores, funcionários, estagiários e bolsistas, muitos destes, amigos, os quais sempre estavam disponíveis para facilitar o meu processo de aprendizagem, sempre me estimulando a buscar sempre mais.

A COFASPI pelas oportunidades de aprendizagem na minha vida profissional.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de pesquisa e apoio financeiro ao projeto.

Ao BNB por custear o deslocamento as comunidades.

A AS-PTA e aos Sindicatos de Remígio e Arara pelo apoio e tempo dedicado ao projeto.

A todos os brasileiros, que continuam lutando por uma sociedade mais justa e igualitária, pois não tem nada a perder nessa luta: “Têm, em troca, um mundo a ganhar.” (Marx e Engels, 1848).

SUMÁRIO

	Página
ABREVIATURAS E SIGLAS	I
ÍNDICE DE TABELAS	II
ÍNDICE DE FIGURAS	IV
RESUMO.....	VI
ABSTRACT.....	VIII
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	5
2.1. Barragem subterrânea: promovendo o resgate, o fortalecimento e a construção de conhecimentos sobre a agricultura no Semiárido	5
2.2. Agricultura familiar e Agroecologia no Semiárido brasileiro - desenvolvendo a convivência	9
2.2.1. Pluriatividade e multifuncionalidade no semiárido.....	18
2.2.2. Participação: base da pesquisa sistêmica	20
2.3. Indicadores de Sustentabilidade	22
2.3.1. Conceituação – sustentabilidade e indicadores.....	22
2.3.2. MESMIS - Marco de Avaliação de Sistemas de Manejo de Recursos Naturais Incorporando Indicadores de Sustentabilidade	26
2.3.3. O papel do Diagnóstico rural participativo – DRP na construção de indicadores	36
2.3.4. Indicadores de qualidade do solo: comparando ambientes naturais, convencionais (roçado) e áreas de plantio de barragens subterrâneas.....	37
3. MATERIAIS E MÉTODOS	43
3.1. Caracterização das áreas	43
3.2. Etapas de pesquisa	47
3.2.1. Primeira etapa - Diagnóstico rural participativo (DRP).....	47

3.2.1.1. Monitoramento dos agroecossistemas - análise dos pontos críticos e seleção de critérios diagnósticos e indicadores de sustentabilidade.....	50
3.2.2. Segunda etapa: Avaliação da qualidade do solo.....	55
3.2.2.1. Amostragem e coleta de solo.....	55
3.2.2.1.1. Coleta - Análise química e física.....	55
3.2.2.1.2. Coleta - Análise biológica.....	56
3.2.2.2. Laboratório.....	56
3.2.2.2.1. Análise dos atributos químicos.....	56
3.2.2.2.2. Análise dos atributos físicos.....	58
3.2.2.2.3. Análise dos atributos biológicos.....	58
3.2.3. Terceira etapa - Avaliação dos indicadores de sustentabilidade.....	63
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	64
4.1. Dinâmicas sociopolíticas e culturais no semiárido paraibano – acesso a terra e a água	64
4.1.1. Pluriatividade em propriedades com barragens subterrâneas	81
4.2. Avaliação de Indicadores de sustentabilidade em propriedades com barragens subterrâneas no semiárido da Paraíba	84
4.2.1. Dimensão social.....	86
4.2.2. Dimensão econômica.....	90
4.2.3. Dimensão ambiental e técnico-agronômica.....	94
4.2.3.1. Indicadores ambientais e técnico-agronômicos – análise qualitativa.....	94
4.2.3.2. Indicadores de qualidade de solo - análise quantitativa.....	107
4.2.3.2.1. Atributos físicos.....	108
4.2.3.2.2. Atributos químicos.....	111
4.2.3.2.3. Atributos biológicos.....	115
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	121

7. REFERÊNCIAS	125
8. APÊNDICES.....	135
Apêndice A. Fotos Propriedade 01, Família Pereira Santos. Coluna 01 – período seco; Coluna 02 – Período chuvoso.....	136
Apêndice B. Fotos Propriedade 01, Família Pereira Santos. Produção comercializada na feira no período seco e chuvoso (a e b); e etapas da pesquisa (construção de mapas, calendários e avaliação de indicadores com a construção do gráfico tipo ameba..	137
Apêndice C. Fotos Propriedade 02, Família Lira. Coluna 01 – período seco; Coluna 02 – Período chuvoso.....	138
Apêndice D. Fotos Propriedade 02, Família Lira. Produção e etapas da pesquisa (construção de mapas, calendários e avaliação de indicadores com a construção do gráfico tipo ameba..	139

ABREVIATURAS E SIGLAS

AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba
ASA	Articulação no Semi-árido Brasileiro
AS-PTA	Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa
BS	Barragem Subterrânea
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
DRP	Diagnóstico Rural Participativo
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MESMIS	Marco de Avaliação de Sistemas de Manejo de Recursos Naturais Incorporando Indicadores de Sustentabilidade
ONG	Organização Não Governamental
PATAC	Programa de Aplicação de Tecnologias Apropriadas às Comunidades
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco

ÍNDICE DE TABELAS

	Pág.
Tabela 01. Parâmetros para avaliação de sustentabilidade ambiental e técnico-agronômica em agroecossistemas com barragens subterrâneas no semiárido brasileiro. Paraíba, Brasil, 2009.	30
Tabela 02. Parâmetros para avaliação de sustentabilidade social em agroecossistemas com barragens subterrâneas no semiárido brasileiro. Brasil, 2009.	32
Tabela 03. Parâmetros para avaliação de sustentabilidade econômica em agroecossistemas com barragens subterrâneas no semiárido brasileiro. Brasil, 2009.	34
Tabela 04. Atributos, descritores, critérios de diagnóstico e indicadores ambientais e técnico-agronômicos de sustentabilidade em agroecossistemas com barragens subterrâneas no semiárido brasileiro. Remígio e Solânea, Paraíba, 2009.....	52
Tabela 05. Atributos, descritores, critérios de diagnóstico e indicadores sociais de sustentabilidade em agroecossistemas com barragens subterrâneas no semiárido brasileiro. Remígio e Solânea, Paraíba, 2009.....	53
Tabela 06. Atributos, descritores, critérios de diagnóstico e indicadores econômicos de sustentabilidade em agroecossistemas com barragens subterrâneas no semiárido brasileiro. Remígio e Solânea, Paraíba, 2009.....	54
Tabela 07. Calendário agrícola, de gênero, de chuvas e de atividades da Propriedade 01, no Assentamento Oziel Pereira em Remígio, PB. 2009.....	77
Tabela 08. Calendário agrícola, de gênero, de chuvas e de atividades, no Assentamento Pedro Henrique, Solânea, PB. 2009.....	80
Tabela 09. Distribuição e percentual de agricultores pluriativos por idade e sexo. PB. 2009.....	82
Tabela 10. Distribuição dos indivíduos pluriativos por propriedade,	83

sexo e idade. PB. 2009.....	
Tabela 11. Comparação das práticas de manejo baseadas nos princípios da Agroecologia que são realizadas em duas propriedades na microrregião do Curimataú, mesorregião Agreste, Remígio e Arara. Paraíba, Brasil, 2009.....	99
Tabela 12. Diversidade de cultivos em subsistemas de duas propriedades no semiárido paraibano. Paraíba, 2009.....	105
Tabela 13. Atributos físicos do solo, avaliados em cinco ambientes, nas camadas 0-10, 10-20 e 20-40 cm, em período seco, nos municípios de Remígio e Solânea, Paraíba. 2009.....	109
Tabela 14. Atributos químicos do solo, avaliados em cinco ambientes, nas camadas 0-10, 10-20 e 20-40 cm, em período seco, nos municípios de Remígio e Solânea, Paraíba. 2009.....	114
Tabela 15. Carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS), respiração basal (RBS), quociente metabólico (qCO ₂), quociente microbiano(qMIC), Carbono orgânico total (COT) e Nitrogênio total (N), avaliados entre duas propriedades e cinco ambientes, em período seco, nos municípios de Remígio e Solânea, Paraíba. 2009..	117

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01. Desenho esquemático do funcionamento da barragem subterrânea.....	06
Figura 02. Esquema geral do MESMIS: Relação entre atributos e indicadores.....	27
Figura 03. Ciclo de avaliação do MESMIS.....	28
Figura 04. Mapa de recursos hídricos e zoneamento do Pólo da Borborema, Paraíba. Em destaque os municípios participantes desse estudo. Fonte: ASPTA, 2009.....	45
Figura 05. Mapa de precipitação anual (mm) dos municípios em estudo - Remígio e Solânea, Paraíba.....	46
Figura 06. Precipitação acumulada dos meses de setembro de 2008 à dezembro de 2009 em Solânea e Remígio, Paraíba.....	47
Figura 07. A - Mapa da propriedade construído por duas crianças do sexo masculino, evidenciando a chuva. B- Desenho construído por menina de 5 anos, evidenciando a casa. Remígio, Paraíba, 2009....	68
Figura 08. Construção e discussão dos mapas da propriedade. Remígio, Paraíba, 2009.....	69
Figura 09. Placa do programa P1+2, PATAC-ASA, Propriedade 02, Sr. F. L. Solânea, Paraíba, 2009.....	71
Figura 10. Construção e discussão dos mapas da propriedade. Remígio, Paraíba, 2009.....	73
Figura 11. Construção coletiva do calendário sazonal, de cultivos e de chuvas. Remígio, Paraíba. 2009.....	75
Figura 12. Família observando a “faxina”, área de cultivo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas da Propriedade 01, no Assentamento Oziel Pereira em Remígio, Paraíba. 2009.....	76
Figura 13. Construção coletiva do calendário sazonal, de cultivos e de chuvas. Solânea, Paraíba. 2009.....	78
Figura 14. Avaliação dos indicadores de sustentabilidade em	85

agroecossistemas com barragens subterrâneas na Paraíba. Propriedade 01- Sra. A. P. e família, Propriedade 02- F.A.L.S. e família. Municípios Remígio e Solânea, Paraíba, 2009.....	
Figura 15. Avaliação de sustentabilidade social em duas propriedades com barragens subterrâneas no semiárido da Paraíba, Municípios Remígio e Solânea, Paraíba, 2009.....	87
Figura 16. Avaliação de sustentabilidade econômica em duas propriedades com barragens subterrâneas no semiárido da Paraíba. Municípios Remígio e Solânea, Paraíba, 2009.....	91
Figura 17. Produção contínua e diversificação de produtos proporcionados pelo uso da barragem subterrânea (a- período seco; b- período chuvoso). Paraíba, 2009.....	92
Figura 18. Área de plantio da Barragem subterrânea do Sr. F. L. Solânea, Paraíba. 2009 (época de chuva).....	95
Figura 19. Área de plantio da Barragem subterrânea da Sra. A.P., Remígio, Paraíba. 2009 (época de chuva).....	96
Figura 20. Avaliação de sustentabilidade ambiental e técnico-agronômica em duas propriedades com barragens subterrâneas no semiárido da Paraíba. Municípios Remígio e Solânea, Paraíba, 2009.	102
Figura 21. Esquema da coleta de solo na área de acumulação e encostas de barragens subterrâneas em leito de riacho na Paraíba. 2009. Adaptado de Silva <i>et al.</i> , 2009.....	108

SUSTENTABILIDADE DOS AGROECOSSISTEMAS COM BARRAGENS SUBTERRÂNEAS NO SEMIÁRIDO PARAIBANO

Autor: GIZELIA BARBOSA FERREIRA

Orientador: Prof. Dr. MANOEL BALTASAR BAPTISTA DA COSTA

Co-orientador: Dra. MARIA SONIA LOPES DA SILVA

Co-orientador: Dr. CARLOS ALBERTO TUÃO GAVA

RESUMO

A influência das barragens subterrâneas na sustentabilidade dos agroecossistemas do semiárido deve ser estudada a partir de uma visão sistêmica que avalie as dinâmicas sociopolíticas, culturais, econômicas e ambientais envolvendo os agricultores como atores da pesquisa. Os/as agricultores/as exercem também atividades não-agrícolas buscando gerar mais renda para a família, e assim possibilitar a reprodução social, econômica e ambiental, não tirando a sua identidade rural. Foram usadas metodologias qualitativas baseadas na participação facilitada através das ferramentas do Diagnóstico Rural Participativo – DRP e nos métodos do Marco para a Avaliação de Sistemas de Manejo Incorporando Indicadores de Sustentabilidade - MESMIS, com o objetivo de avaliar a sustentabilidade em duas propriedades com barragens subterrâneas no semiárido do Estado da Paraíba, Brasil. Constatou-se, a partir da percepção das famílias, que a Propriedade 01, Família Santos, obteve nível razoável de sustentabilidade (3,1), a partir das médias 3,4; 2,8; e 3,0 obtidas para as dimensões ambiental, social e econômica, respectivamente. Enquanto que a Propriedade 02, Família Lira, alcançou nível bom, com média geral 4,1, obtida através das médias, 4,1; 4,2 e 4,3, para dimensão ambiental, social e econômica, respectivamente. Os indicadores quantitativos para a avaliação dos atributos físicos, químicos e biológicos dos solos mostraram-se eficientes na comparação de ambientes com barragem subterrânea (BS), sob sistema convencional e mata nativa, Observaram-se maiores níveis de MO na área de acumulação da BS e maior

atividade microbiana na mata nativa. As famílias participantes do estudo, apesar de estarem a pouco tempo no processo de transição agroecológica, caminham em direção a um agroecossistema mais sustentável, tendo a barragem subterrânea como uma tecnologia em potencial para aperfeiçoar e equilibrar os processos ecológicos do sistema produtivo da agricultura familiar do semiárido.

Palavras-chave: indicadores de sustentabilidade, agricultura familiar, semiárido, participação.

SUSTAINABILITY OF AGROECOSYSTEMS WITH SUBSURFACE DAMS IN BRAZILIAN SEMIARID: PARAÍBA

Author: GIZELIA BARBOSA FERREIRA

Adviser: Prof. Dr. MANOEL BALTASAR BAPTISTA DA COSTA

Co-adviser: Dra. MARIA SONIA LOPES DA SILVA

Co-adviser: Dr. CARLOS ALBERTO TUÃO GAVA

ABSTRACT

The influence of subsurface dams in semi-arid agro-ecosystem sustainability must be studied from a systemic perspective to evaluate the dynamic socio-political, cultural, economic and environmental involving farmers as actors in the research. The farmers also perform the non-agricultural activities seeking to generate more income for the family, and thus enable social reproduction, economic and environmental, not taking away its rural identity. We used qualitative methods based on participation facilitated by the tools of methods Participatory Rural Appraisal - PRA and the Evaluating the sustainability of Integrated Peasantry Systems – MESMIS Framework, in order to assess the sustainability of two properties with subsurface dams in semiarid region of Paraíba State, Brazil. It was found from the perception of families, the 01 Property, Family Santos, got a reasonable level of sustainability (3.1), from the average 3.4, 2.8, and 3.0 obtained for the dimensions environmental, social and economic, respectively. While 02 Property, Family Lira reached a good level, with overall mean 4.1, obtained through the medium, 4.1, 4.2 and 4.3, for environmental, social and economic, respectively. Quantitative indicators for the assessment of physical, chemical and biological soil proved to be efficient in comparison with subsurface dam environments (BS) under the conventional system and native, were observed higher levels of OM accumulation in the area of the BS and increased microbial activity in the native forest. The families participating in the study, although they are soon in the process of agroecological transition, progress toward a more sustainable agroecosystem,

and the subsurface dam as a potential technology to improve and balance the ecological processes of the production system of family farming semiarid.

Key words: indicators of sustainability, family farming, semi-arid, participation

1. INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro ocupa uma área de 969.589,4 km² e engloba 1.133 municípios, de acordo com o dimensionamento realizado em 2005 pelo Ministério da Integração Nacional (BRASIL, 2005). Essa região é habitada por mais de 18 milhões de pessoas, que convivem com índices de precipitações pluviométricas variando entre 250 e 800 mm anuais, concentradas geralmente em quatro meses do ano e associadas a elevadas taxas de evapotranspiração (2000 mm/ano), possuindo assim, características que limitam as práticas agrícolas aos períodos de chuva.

O acesso à água, fator limitante do desenvolvimento local, está aumentando nessa região através de tecnologias da captação, armazenamento e conservação da água da chuva, que chegam às famílias através de políticas públicas, de projetos de pesquisa e extensão e também por meio da ação de Organizações Não-Governamentais.

Essas tecnologias têm transformado a vida do agricultor familiar do semiárido brasileiro, permitindo que os mesmos tenham água para o consumo humano e doméstico, cultivem alimentos para a família e para os animais,

possibilitando, muitas vezes, a produção de excedentes para a comercialização local.

Dentre as tecnologias disponíveis, as barragens subterrâneas cumprem um papel importante na democratização do acesso à água no semiárido Nordeste. Esta tecnologia, utilizada há muitos anos no Nordeste, vem sendo estudada desde o início da década de 1980 e observa-se que estas vêm proporcionando mudanças profundas nos agroecossistemas familiares da região por meio da manutenção da água no solo por mais tempo, permitindo assim, o cultivo por um período mais longo.

Um fator determinante na implantação das barragens subterrâneas é sua influência na sustentabilidade dos agroecossistemas. Aqui a sustentabilidade parte do conceito de Sevilla Guzmán, como “condição para que um agroecossistema possa manter sua produção através do tempo, superando um lado as tensões e forçamentos ecológicos e, por outro, as pressões socioeconômicas” (SEVILLA-GUZMÁN, 1995).

Baseado neste conceito, a barragem subterrânea é uma alternativa tecnológica que, em conjunto com outras tecnologias de captação e armazenamento de água da chuva, pode colaborar efetivamente para que os agricultores e agricultoras do semiárido obtenham a sustentabilidade de seus sistemas produtivos, desde que as práticas de manejo adotadas nessas áreas sejam condizentes com cada realidade.

As barragens alteram as dinâmicas ecológicas, sociais e econômicas, no entanto essas mudanças podem ser positivas ou negativas, dependendo, dentre outros fatores, da apropriação da tecnologia pela família agricultora, pois é ela que, enquanto sujeito, promove as transformações em seus agroecossistemas. Quando a famílias não se apropria a tecnologia não funciona, não é utilizada e não cumpre sua função ecológica, social e econômica dentro da propriedade.

A avaliação da sustentabilidade de agroecossistemas, baseada nos princípios da Agroecologia, parte de uma observação aprofundada da dinâmica e das interações bióticas que ocorrem nos sistemas observados, levando em conta três dimensões básicas que os compõem: social, econômica e ambiental,

podendo haver subdimensões ligadas a estas, como a cultural e a ética. Nestas, são observados os componentes dos agroecossistemas e suas interações, assim como trajetórias de vida, relações de trabalho, comercialização, organização social, autonomia, solos, diversidade faunística e florística, variedades cultivadas, condições climáticas, adaptabilidade das plantas ao ecossistema, acesso à água entre outros.

Os dois agroecossistemas escolhidos para esse estudo possuem similaridades, e a principal, objeto dessa pesquisa, é a base na agricultura familiar não só na área de plantio da barragem subterrânea como em toda a propriedade. A pesquisa foi iniciada com o estudo da dinâmica social dos agricultores, em propriedades individuais e sua atuação em comunidade. Ressaltando que essa atuação pode ser estudada em um âmbito territorial, podendo ser aprofundada e dessa forma necessita de um período mais longo de observação e interação entre os participantes do estudo.

Os diálogos individuais com as famílias foram essenciais para compreender a relação dos agricultores com o ambiente, suas práticas de manejo, a organização do trabalho dentro e fora da propriedade entre outros aspectos descritos nesta dissertação.

A avaliação das interações entre os componentes dos agroecossistemas foi feita através de um processo participativo, envolvendo os agricultores locais e promovendo diálogos e trocas. Um dos objetivos do estímulo à participação é a continuidade de um processo, cíclico, no qual o fim de uma etapa retroalimentará a etapa seguinte, promovendo mudanças significativas e gerando um novo nível de organização ecológica, social e econômica. As atividades foram feitas buscando envolver o/a agricultor/a, atores dessas mudanças, a participar ativamente do processo investigativo.

A pesquisa participativa vem ganhando espaço no meio científico, por oferecer não só possibilidades de aprofundamento dos conhecimentos em campo, como também o aprofundamento da relação entre pesquisador-sujeito e agricultor-sujeito no âmbito geral do tema pesquisado. Esse processo de pesquisa pode gerar a retroalimentação do conhecimento em função da transformação da realidade estudada visto que envolve o agricultor no

processo de investigação e na discussão dos resultados, promovendo uma troca de saberes que enriquece a pesquisa.

Dessa forma, o maior questionamento desse estudo é se a barragem subterrânea influencia nas dinâmicas ambientais, sociais e econômicas resultando em um processo evolutivo da sustentabilidade dos agroecossistemas do semiárido? E de que forma essa influência ocorre?

Buscando essa avaliação, questiona-se também se este tipo de abordagem metodológica utilizando as metodologias participativas e os indicadores de sustentabilidade é o melhor caminho para a geração de indicadores e parâmetros que poderão ser utilizados para a construção de um banco de dados e/ou modelos que simulem a influência de cada variável/indicador nos ambientes, antes de se implantar a tecnologia.

OBJETIVOS

GERAL

Avaliar a influência das barragens subterrâneas na sustentabilidade ambiental, social e econômica de agroecossistemas de produção familiar no semiárido brasileiro.

ESPECÍFICOS

- Construir e identificar indicadores e parâmetros ambientais, sociais e econômicos;
- Caracterizar e avaliar qualitativamente a sustentabilidade ambiental, social e econômica dos sistemas de produção utilizados nas barragens subterrâneas;
- Avaliar a influência da Barragem subterrânea na qualidade química, física e biológica do solo;

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Barragem subterrânea: promovendo o resgate, o fortalecimento e a construção de conhecimentos sobre a agricultura no Semiárido

No semiárido, os agricultores criam alternativas para terem acesso à água e às tecnologias sociais de captação, armazenamento e conservação de água da chuva. Uma dessas alternativas, criadas pelos agricultores, era barrar os leitos de riachos e as linhas de drenagem da propriedade, visando conservar a água no solo por mais tempo, fato esse já citado na literatura desde 1947 (TIGRE, 1947, apud CIRILO *et al.*, 2003), também com referências de barragens, ou diques subterrâneos, na Itália e na Argentina (CIRILO *et. al.* 2003).

A barragem subterrânea, no Brasil, é uma tecnologia que vem sendo aperfeiçoada desde 1980, partindo de dois grupos de pesquisas do Nordeste, a Embrapa Semi-árido e a Universidade Federal de Pernambuco – UFPE.

A Barragem subterrânea é uma técnica de armazenar água da chuva no subsolo com o objetivo de permitir ao agricultor a prática de uma agricultura de vazante e/ou subirrigação. Estruturalmente ela possui como função, barrar o

fluxo de água superficial e subterrâneo através de uma parede (septo impermeável) construída transversalmente à direção das águas. Dessa forma, a água proveniente da chuva se infiltra lentamente, criando e/ou elevando o lençol freático, que será utilizado posteriormente pelas plantas (Figura 01). O resultado desse barramento é o armazenamento da água dentro do solo com perdas mínimas de umidade (evaporação lenta), mantendo a solo úmido por um período maior de tempo (de 5 a 8 meses), podendo chegar quase ao fim do período seco no semiárido do Brasil (SILVA *et al.* 2007a).

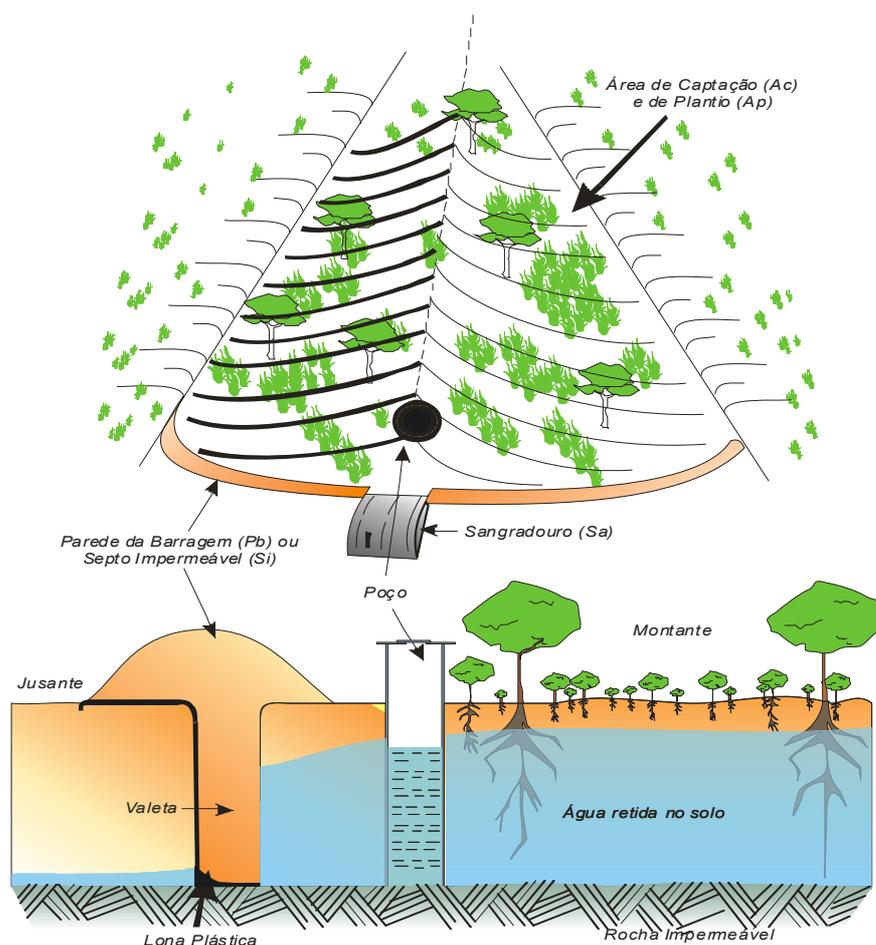


Figura 01. Desenho esquemático do funcionamento da barragem subterrânea. Adaptado de www.irpaa.org (Desenho: Jhones Gomes Lopes). Fonte: SILVA *et al.*, 2007b.

A barragem subterrânea consiste, segundo Silva *et al.* (2007a) dos seguintes componentes:

- 1) *Área de captação (Ac)* - representada por uma bacia hidrográfica delimitada por divisores de água topográfico e freático.
- 2) *Área de plantio (ap)* - é a própria bacia hidrográfica da barragem. A depender da disponibilidade de água, construir, dentro dessa área, um reservatório cuja finalidade é armazenar o excedente de água da área de captação/plantio. Esse reservatório pode ser um poço tipo amazonas;
- 3) *Parede da barragem ou septo impermeável (Pa)* - possui a função de impedir o fluxo de água superficial e subterrâneo, formando e/ou elevando o nível do lençol freático. Alguns tipos de materiais utilizados na construção da parede são: barro batido, alvenaria, lona plástica de polietileno de 200 micras;
- 4) *Sangradouro (Sa)* - possui a função de eliminar o excedente de água da área de captação/plantio.

O conceito de sustentabilidade utilizado neste estudo para os agroecossistemas do semiárido, parte do equilíbrio dinâmico dos processos ecológicos que possam levar a produção de alimentos e a estabilidade social e econômica dos seres humanos dependentes desse ambiente, observando a necessidade de tecnologias que permitam a convivência com as limitações existentes.

O uso de adubos químicos sintéticos, altamente solúveis, agrotóxicos, mecanização e monocultivos em Barragens subterrâneas aceleram o aparecimento de processos de degradação dos solos (MENDONÇA *et al.*, 2007). Esse processo pode ser desencadeado porque a Barragem produz um ambiente artificial, no qual a água passa mais tempo no solo, este fato aliado aos altos níveis de evaporação e a solos com baixos teores de matéria orgânica aumentam a possibilidade de processos de salinização, de desestruturação e conseqüente erosão. A locação da barragem em ambientes inadequados também potencializa esses processos.

Mendonça *et al.* (2007) analisou os solos de barragens implantadas em vertissolos na Bahia, encontrando processos avançados de salinização e sodificação, sendo possivelmente uma conseqüência da não adequação da textura do solo aos aspectos técnicos que devem ser seguidos para a construção de barragens, os quais sugerem solos de textura arenosa ou média.

Oliveira *et al.*(2007) analisou a qualidade da água coletada na área de captação/plantio da Barragem e observou também altos índices de salinidade e sodicidade, em áreas de Pernambuco e Bahia. Outro aspecto a se observar é a declividade e um possível carregamento de sais ocasionado pelo arraste de material através das chuvas, sugere-se uma declividade de no máximo 4% para minimizar os efeitos da lixiviação e da erosão e possível sedimentação de sais.

Nesses casos, o processo de salinização pode ser minimizado através da instalação de um tubo de descarga, que facilitará a lavagem do perfil do solo, carreando os sais dissolvidos na água da barragem e funcionando como descarga de fundo (BRITO *et al.*, 1999; COSTA, 1997). E, ou através da construção de cisternas ou poços amazonas a montante da barragem subterrânea, permitindo a renovação da água e o uso desse excedente no consumo humano e animal e para pequenas irrigações (SILVA *et al.* 2007a).

A tecnologia também produz um impacto sobre a diversidade biológica da área e seu entorno, seja pela retirada da caatinga, que aliada aos longos períodos de seca, causados pela sazonalidade das chuvas e concentração em apenas 3 a 4 meses do ano, podem provocar uma acentuada degradação física, química e biológica do ambiente, seja pelo impacto nos solos, onde essas características podem ser mais acentuadas dependendo do manejo utilizado. Esse processo pode ser resultado e acentuado pelo manejo convencional dos solos, os quais ficam totalmente descobertos e expostos por mais tempo às ações da temperatura e dos ventos, reduzindo, conseqüentemente o seu potencial produtivo e causando danos muitas vezes irreversíveis, ao meio (SOUTO *et al.*, 2005).

Os impactos negativos citados podem ser minimizados ou extintos a partir do estímulo a implantação de sistemas de produção baseados nos princípios da Agroecologia. Neste âmbito, as entidades da sociedade civil vêm cumprindo um papel importante na sensibilização das famílias para reflexão sobre as práticas agrícolas do semiárido, possibilitando a valorização e o resgate de práticas tradicionais conservacionistas, excluindo práticas de degradação como as queimadas.

Essas reflexões e ações de convivência no semiárido tendem a superar as limitações sociais, econômicas e ambientais dessa região, e a barragem subterrânea tem demonstrado um grande potencial para aperfeiçoar e equilibrar o processo produtivo, promovendo uma maior estabilidade do agroecossistema familiar e sendo um dos elementos que pode influenciar na sustentabilidade nestas áreas.

Alguns estudos têm observado muitas vezes partes individuais e apenas aspectos técnico-agronômicos, sem elucidar as interações/conexões existentes entre eles e o principal agente do meio, o agricultor. Para obtermos dados mais consolidados, observa-se a necessidade de se analisar o agroecossistema por completo, ressaltando a complexidade das relações e interações que existem nesses agroecossistemas. Assim, faz-se necessário um estudo mais aprofundado das áreas, envolvendo o (a) agricultor (a) na construção do conhecimento da pesquisa, buscando realizar um trabalho com uma visão sistêmica, enfocando as inter-relações existentes entre os processos ambientais, sociais e econômicas provocadas pelas barragens subterrâneas nos agroecossistemas do semiárido.

2.2. Agricultura Familiar e Agroecologia no Semiárido brasileiro - fortalecendo a convivência

A paisagem semiárida é tomada em quase sua totalidade pelo bioma caatinga, composto por vegetação arbustiva, semiarbustiva e arbórea, que, em sua maioria são plantas de porte baixo, com troncos retorcidos, e com adaptações ao ambiente seco, principalmente a restrições de água por longos períodos do ano. Esse bioma, exclusivamente brasileiro, possui processos ecológicos únicos, contendo em si uma complexidade de interações que devem ser observadas em busca do manejo sustentável de agroecossistemas na região semiárida.

Para conviver com essas características, o sertanejo busca inicialmente alternativas de captação e armazenamento da água da chuva tanto para

consumo humano, quanto para a produção agrícola e animal. Porém a necessidade não se restringe a água. Essa necessidade desencadeia outras, como a demanda por informações sobre o manejo e a conservação dessa água para manter os sistemas produtivos ao longo do tempo. Dessa forma, as pesquisas ligadas a convivência com o semiárido vem evoluindo, algumas delas baseadas na vivência de agricultores e agricultoras que através de gerações vem construindo saberes para conviver com as limitações do ambiente.

A agricultura familiar nordestina ainda preserva traços do campesinato, de uma agricultura tradicional, baseada na reprodução de conhecimentos através de várias gerações e do valor atribuído pelos agricultores a seus territórios de atuação.

A agricultura dependente de chuva e seus riscos, associados à falta de água para consumo humano e para pequenas criações, levam a uma baixa qualidade de vida no meio rural do semiárido brasileiro, onde a produtividade agrícola é limitada pela irregularidade na distribuição espaço-temporal da chuva, considerada até mais grave do que sua escassez propriamente dita (SILVA e REGO NETO, 1992; SILVA *et al.*, 1995). Ou seja, a falta de água traz como efeito à seca, que possui diversas faces dependendo da ótica da observação. “A mais comum é a seca climatológica, que desencadeia o processo, seguida da seca das terras e a conseqüente seca social, com seus respectivos danos” (REBOUÇAS, 2003).

Segundo Rebouças (2003), a seca, quando racionalizada de forma a buscar soluções, não é fator determinante das precárias condições sociais e econômicas dessa população. As diversas alternativas eficientes de convivência com o semiárido que existem torna evidente que o problema principal foi, e ainda é, a falta de ações públicas para efetivá-las.

Os problemas econômicos e sociais, conseqüências da seca climatológica, intensificaram a pressão sobre os recursos naturais da caatinga em decorrência da demanda por alimentos pela população que aumentava. Esse fato ocorre desde o processo de colonização do Brasil, no qual a

ocupação do solo se deu inicialmente através da pecuária (introduzida na região Nordeste por volta de 1635).

A pressão sobre os recursos naturais do semiárido se potencializou no período pós Segunda Guerra Mundial através da utilização de técnicas agrícolas próprias para o clima temperado, propagadas pela Revolução verde, sem qualquer adequação e/ou adaptação à região semiárida, no qual se promoviam derrubadas e queimadas da vegetação do semiárido indiscriminadamente para implantação de culturas exóticas (MELO FILHO E SOUZA, 2006).

As intervenções para minimizar os problemas sociais e econômicos da região semiárida brasileira iniciaram-se com ações governamentais que tinham como objetivo “combater a seca”. Enquanto fenômeno climatológico e histórico, a seca não poderia ser combatida, fato este que só veio a ser discutido entre o final da década de 70 e início de 80, quando começaram os debates sobre sustentabilidade.

Apesar de já existirem diversas discussões sobre sustentabilidade, o governo da época continuou seus projetos de combate à seca, utilizando principalmente as tecnologias de açudagem e os projetos de irrigação, de forma centralizadora e unilateral (GARJULLI, 2003).

Contraopondo a corrente de pensamento do governo, eis que surgem na década de 80 as organizações não governamentais e as organizações de base da Igreja Católica, trazendo a tona, a realidade de milhares de brasileiros que morriam todos os anos por desnutrição por causa dos meses de seca que ocorrem todos os anos no semiárido, principalmente no sertão. Essa discussão partiu também de empresas de pesquisa como a Embrapa Semi-árido, que na época já direcionava as suas investigações para projetos de convivência com a semiaridez e pesquisas com cisternas, barragens subterrâneas, barreiros, que foram aprofundadas e levadas à prática. As Organizações Não Governamentais – ONG’s apropriaram-se também desses conhecimentos, que, unidos ao conhecimento dos agricultores, transformaram-se em projetos de extensão e experimentação.

Essas transformações ocorreram em um período de mudanças políticas no Brasil, no fim do regime militar, época na qual as discussões sobre participação, o acesso a direitos básicos e a liberdade estavam em destaque, principalmente por causa da anistia aos presos políticos em 1979. A abertura política do Brasil trouxe impactos em todos os cantos do país, seja no aspecto social direto seja na pesquisa e na extensão rural.

Na época, Guimarães Duque, escrevia que, as lavouras do Nordeste semiárido deveriam ser xerófilas, ou seja, adaptadas a escassez de água, para que pudessem adaptar-se as condições climatológicas e ecológicas do ambiente (DUQUE, 1980). Mas esse conceito não era colocado em execução na realidade de milhares de pessoas no semiárido.

Os modelos de manejo continuavam (e em alguns casos, continuam) a serem cópias de modelos utilizados em regiões de clima temperado e na maioria das vezes não obtém os resultados esperados e ao contrário disso ocasionam diversos impactos negativos ao semiárido.

Em 1989, Celso Furtado comentava as ações governamentais de combate à seca, e dizia, que "... não se trata de combater as secas, e sim, de conviver com elas, criando uma agropecuária que tenha em conta a especificidade ecológica regional" (FURTADO, 1989).

Seguindo a linha de Guimarães Duque (1980) e os conceitos de Celso Furtado (1989), vêm se desenvolvendo várias pesquisas sobre as dinâmicas sociais, culturais e econômicas do semiárido. Um exemplo é o estudo de Maia *et al.* (2006) sobre sistemas agroflorestais no semiárido cearense, buscando alternativas para melhorar a qualidade dos solos e propondo o redesenho dos agroecossistemas estudados, através de um aumento da diversidade faunística e florística, funcional, temporal e espacial.

Na Embrapa Semi-árido, Brito *et al.* (2007), organizou um livro sobre as potencialidades da água da chuva no semiárido onde, em conjunto com diversos autores, discutiu sobre algumas pesquisas e iniciativas que avaliaram cada tecnologia isolada dentro do sistema de produção, nas quais observaram como se comportam cada tecnologia, dentro da perspectiva agrônômica de

produção, manejo de solos e de cultivos. Os trabalhos demonstraram eficiência das tecnologias desde que bem manejadas.

Dentro dessa perspectiva, Altieri *et al.* (2007) afirma que o aumento da diversidade de plantas, de animais e organismos do solo dentro do sistema de produção, de maneira integrada, pode reforçar interações ecológicas positivas e otimizar as funções e os processos no ecossistema, tais como a regulação de organismos prejudiciais, a reciclagem de nutrientes, a produção de biomassa e o incremento de matéria orgânica.

Entre as tecnologias para a agricultura, a barragem subterrânea mostrou que o incremento da produtividade é apenas um dos diversos impactos positivos que pode afetar a região semiárida. Outros possíveis impactos são: a maior interação que os agricultores e agricultoras estão tendo com o seu agroecossistema, a diversificação dos cultivos, a produção agrícola por um período mais longo, em decorrência da permanência da água no solo por mais tempo, a manutenção da criação de animais com as forrageiras produzidas na barragem, melhoria na qualidade alimentar, aumento da renda familiar, maior inserção da família nas atividades políticas e sociais (MOREIRA *et al.*, 2007, FERREIRA *et al.*, 2007, SILVA *et al.* 2007a).

As relações sociais nessa região são complexas, não só pelo efeito da seca, mas também pela sua estrutura fundiária que partiu de um histórico de coronelismo e subserviência que está perpetuada até os dias de hoje. O agricultor familiar do sertão nordestino é antes de tudo um forte, parafraseando Euclides da Cunha no livro *Os sertões*. Essa força do sertanejo do semiárido é demonstrada em seu histórico, que apesar das limitações encontradas, conseguiu sobreviver ao coronelismo e se reproduzir culturalmente e economicamente.

A falta de políticas públicas que investissem em alternativas de intervenção baseadas na realidade do semiárido e buscassem alternativas já existentes desencadeou anos de atraso no desenvolvimento da região.

Foi desconsiderado que a criatividade e o conhecimento do ecossistema do semiárido estão intrínsecos nestes agricultores e agricultoras, que há quase 200 anos povoam essa região, os quais foram submetidos a uma exclusão e a

uma invisibilidade que deixaram impactos negativos até os dias de hoje. O agricultor, cansado de tantas promessas vê atualmente as promessas de políticas públicas com certa desconfiança, e na maioria das vezes desacredita.

Outro agravante, não só no histórico brasileiro, mas em outras partes do mundo foi a evolução da agricultura convencional baseada na revolução verde, esta aumentou as diferenças sociais no campo, trazendo mais miséria, e transformando o agricultor familiar/camponês em trabalhador assalariado, obrigando-o a deixar sua terra para trabalhar em outras lavouras ou migrar para áreas urbanas, perdendo a identidade do rural. Essa subordinação da agricultura familiar ocorreu, como afirma Beskow (1980), “por uma modificação das relações técnicas da produção na agricultura e pelo aprofundamento das relações de produção capitalista no campo, via trabalho assalariado”.

As políticas públicas para o semiárido devem ter como base a convivência do agricultor com as características de aridez da região, seus fatores físicos, baseados em um estudo sobre a ecologia das paisagens que buscasse reintegrar ao máximo os elementos da paisagem natural aos sistemas antropizados.

Devendo utilizar como principal meta a implantação de tecnologias de captação, armazenamento e conservação de água de chuva, que “se introduzidas em larga escala, podem aumentar consideravelmente o abastecimento existente a um custo relativamente baixo, transferindo para as comunidades a responsabilidade de gerar seu próprio abastecimento e contribuir para uma agropecuária sustentável nas regiões semiáridas” (GNADGLINGER, 2006).

Esses impactos positivos geram dinâmicas sociais, estimuladas pelas Ong's e pelas instituições governamentais como a Embrapa, e respaldam o que comenta Abreu (2005), quando discute a importância “da dimensão econômica dos pactos sociais em construção, onde demonstra que a população tradicional deve ser capaz de criar mecanismos para participar dos mercados de produtos sustentáveis ou ecológicos, e deve reivindicar políticas públicas especiais para agregar valores monetários a suas atividades ou serviços ambientais”.

As pesquisas e processos educativos devem ter por objetivo um estudo sistêmico envolvendo a participação ativa do agricultor enquanto sujeito do processo investigativo, permitindo que este agricultor, em conjunto com os pesquisadores, observe sua realidade, seu agroecossistema, as interações existentes nele e se houveram mudanças a partir do momento em que as tecnologias de captação e armazenamento de água da chuva foram aplicadas, criando a partir dessas práticas, o hábito de experimentar e monitorar as inovações, para ajudar a compreender e retroalimentar a dinâmica dos sistemas produtivos do semiárido, buscando sempre a sustentabilidade.

Essas atividades devem incentivar as alternativas de manejo conservacionista e agroecológico sistemas de produção agrícola e animal, como o manejo sustentável da caatinga (raleamento, rebaixamento), projetos agrosilvipastoris baseados na capacidade de suporte das áreas, métodos de conservação de água e solo (adubação verde, cobertura de solo, quebra-ventos, curvas de nível, Guimarães Duque, entre outros) e utilização de espécies nativas e exóticas adaptadas. Com o objetivo de minimizar as perdas de solo e água, e dinamizar as interações dentro do sistema de produção.

As tecnologias de captação e armazenamento de água da chuva podem proporcionar o redesenho dos agroecossistemas do semiárido brasileiro, quando aliadas ao uso de práticas conservacionistas e agroecológicas. Atualmente essas práticas têm sido incentivadas por organizações que gerenciam programas governamentais e não-governamentais de convivência com o semiárido. Mas nem sempre acontece dessa forma.

Muitas barragens e outras tecnologias ficam subutilizadas, devido à forma que a tecnologia chega ao agricultor e esse não se apropria daquele conhecimento. A subutilização ou não utilização pode ser ocasionada por problemas técnicos de locação, pela inadequação da tecnologia a determinados ambientes entre outros. Existe também a necessidade de estudo da aptidão de cada solo, para os tipos de cultivos, ou o perfil e aptidão do produtor, para a agricultura ou a pecuária, que deve ser respeitada, mas sem deixar de ser incentivada a integração de atividade agropastoril, e até mesmo agrosilvipastoril.

Neste ponto, a Agroecologia tem papel principal na busca por sistemas de produção baseadas nas características do semiárido e no conhecimento dos agricultores locais, interagindo com o conhecimento acadêmico para construir coletivamente, alternativas de desenvolvimento que realmente atendam as necessidades dos agricultores e agricultoras do semiárido brasileiro.

Os princípios Agroecológicos se baseiam na ecologia e nos processos que ocorrem em cada ecossistema, buscando melhorar esses ciclos e utilizá-los de forma a disponibilizar nutrientes, manter a umidade dos solos, a saúde dos cultivos, a diversidade da fauna e da flora para que se obtenha um ambiente equilibrado e sustentável.

Para Sevilla Guzmán (2006), a definição da Agroecologia, é composta por múltiplas visões e experiências:

“A agroecologia pode ser definida como o manejo ecológico dos recursos naturais através de formas de ação social coletiva que apresentem alternativas a atual crise de modernidade, mediante propostas de desenvolvimento participativo (W. Sachs,1992 ; VM Toledo,1990) desde os âmbitos da produção e da circulação alternativa de seus produtos, pretendendo estabelecer formas de produção e consumo que contribuam a encarar a crise ecológica e social, e com ela restaurar o curso alterado da coevolução social e ecológica (Norgaard, 1994)” (SEVILLA GUZMÁN, 2006).

Continuando, o autor reafirma a estratégia da Agroecologia e a importância do fortalecimento e resgate dos conhecimentos locais:

“Sua estratégia tem uma natureza sistêmica, ao considerar a propriedade, a organização comunitária e o resto dos marcos de relação das sociedades rurais articuladas em todos da dimensão local, onde se encontram os sistemas de conhecimento (local, campesino ou indígena) portadores do potencial endógeno que permite a biodiversidade ecológica e sociocultural (Altieri, 1987 ;1990 ; 1991 y1997); Gliessman, 1990 y 1998)” (SEVILLA GUZMÁN, 2006).

Neste trecho, ele fala da importância da diversidade e complementa observando o papel das metodologias participativas no processo de construção do conhecimento agroecológico nas comunidades:

“Tal diversidade é o ponto de partida das agriculturas alternativas, desde as quais se pretende o desenho participativo de métodos de desenvolvimento endógeno (Ploeg, 1990 ; 1992 y 1995) para o estabelecimento de dinâmicas de transformação até sociedades sustentáveis(Sevilla & Graham Woodegate, 1997 y 1998)” (SEVILLA GUZMÁN, 2006).

Complementando a importância da diversificação, vale ressaltar que, a diversificação biológica é, segundo Gliessman (2001), o processo que poderá desempenhar importantes funções na manutenção dessas propriedades, aumentando a complexidade das relações e interações ecológicas, entre e interespecíficas, e os processos de auto-regulação de fluxos de energia e ciclagem de nutrientes, diminuindo a dependência de fertilizantes e caldas durante o processo de conversão.

Os agroecossistemas tradicionais familiares do semiárido, em sua grande maioria são policultivos, baseados nos consórcios de milho e feijão, e no cultivo de outras espécies importantes para a alimentação. Sabourin (2002) afirma que a partir de 1988, a microrregião do Curimataú paraibano aumentou as áreas de milho/feijão, saindo de ciclos de monocultivos de mamona, algodão e sisal, e possuindo em torno de seis subsistemas de cultivos em cada agroecossistema, mas sem muita interação entre os mesmos, sendo esse um ponto crítico desses agroecossistemas.

Para melhorar a interação desses subsistemas Altieri (2002) considera diversas formas de manejar os agroecossistemas e torná-los mais resilientes através de práticas baseadas na Agroecologia. São elas:

- Uso de variedades e espécies melhoradas localmente que apresentem boa adaptação aos climas locais e características de dormência ou maior resistência ao calor e à seca.

- Aumento do conteúdo de matéria orgânica dos solos por meio da aplicação de esterco, adubos verdes, cultivos de cobertura, etc, conferindo uma maior capacidade de retenção de umidade.

- Emprego de tecnologias de captação de água e conservação da umidade do solo através da cobertura morta e do uso eficiente da água de irrigação.

- Manejo adequado da água para evitar as inundações, a erosão e a lixiviação de nutrientes quando o nível de precipitação aumenta.

- Uso de estratégias de diversificação, como cultivos intercalados, agrofloresta e integração lavouras-criações.

- Prevenção de pragas, doenças e infestações por plantas espontâneas mediante a adoção de práticas de manejo que promovam mecanismos de regulação biológica (antagonismos, alelopatia, etc.), bem como o desenvolvimento e uso de variedades/espécies resistentes a pragas e doenças.

- Uso de indicadores naturais para o prognóstico do clima para reduzir riscos à produção.

A Agroecologia, enquanto ciência tem como princípios, além de aproveitar os recursos naturais disponíveis de maneira eficiente, aumentar a diversificação da atividade agrícola, inclusive por meio da integração com a pecuária, sendo uma estratégia eficaz para a gestão apropriada da fertilidade dos solos. Por manterem altos níveis de biodiversidade, os sistemas agroecológicos favorecem o uso adequado do solo, otimizando os fluxos de nutrientes e de energia e exercendo múltiplas funções que envolvem objetivos ecológicos, econômicos e sociais (ALTIERI, 2002).

2.2.1. Pluriatividade no semiárido

As tecnologias de captação e armazenamento de água da chuva são as que causam as maiores mudanças na agricultura familiar do semiárido, pois dá condições para a família manter-se na propriedade mesmo nos períodos mais

secos do ano, que podem durar mais de oito meses em determinadas regiões. Essas transformações permitem o resgate e a reprodução de práticas que visem manter a família no campo.

As tecnologias também promovem a diversidade de atividades no meio rural, através da mobilização das famílias em torno dos programas da Articulação no Semi-árido Brasileiro – ASA, que permite o controle social e a participação das famílias em todas as etapas do processo, desde a seleção até a construção das cisternas. Além desse programa, a ASA tem desenvolvido o programa Uma Terra e Duas Águas, que mobiliza as comunidades em torno de tecnologias de produção. Para Sabourin, 2010, esses dispositivos têm traços que permitem caracterizar a multifuncionalidade desses sistemas:

- “- São implementados, inicialmente, por grupos de agricultores que visam a assegurar produções agropecuárias familiares destinadas ao uso doméstico e ao mercado.
- Asseguram também outras funções não-remuneradas: preservação da biodiversidade, manejo da caatinga, segurança alimentar, abastecimento de água doméstica, saúde pública.
- Funcionam essencialmente na base de prestações gratuitas (ajuda mútua, mutirão, redistribuição), fundadas ou regidas por regras de reciprocidade associadas a uma identidade coletiva comunitária ou de origem camponesa.
- As atividades mercantis e não-mercantis estão interligadas e articuladas tanto no marco da produção agropecuária como naquele da multifuncionalidade: o manejo ou a produção de bens comuns.
- Articulam vários níveis de organização, da unidade familiar ao território.
- São objeto de tensões entre as lógicas familiares e comunitárias e as lógicas de desenvolvimento da troca capitalista apoiadas pelas políticas públicas;”

Associado ao êxodo está também o empobrecimento dos agricultores familiares, que tem como motivo a pressão do mercado capitalista em relação à oferta e ao controle dos preços dos produtos. Os efeitos da modernização da agricultura podem ser vistos também na organização do trabalho no meio rural. Buscando suprir as suas necessidades básicas, os membros da família organizam-se individualmente ou coletivamente, para buscar atividades que

gerem renda seja essa agrícola ou não agrícola, interna ou externa a propriedade.

Esse processo, que leva o agricultor a dividir o seu tempo entre o manejo de seu agroecossistema e um trabalho não agrícola pode favorecer uma melhoria na qualidade de vida material das famílias, mas também pode afastar o agricultor de sua atividade principal.

Segundo Schneider (2003), a diversificação de atividades é uma estratégia (consciente ou inconsciente) que os agricultores familiares criaram para garantir a sua reprodução social, econômica, cultural e de práticas agrícolas, levando os homens e mulheres do campo a buscarem novas formas de gerar renda para a propriedade. Essas novas formas podem ser atividades agrícolas ou não-agrícolas e são definidas geralmente por pluriatividade.

2.2.2. Participação: base da pesquisa sistêmica

O estudo sistêmico baseado no envolvimento e estímulo a participação ativa do agricultor, enquanto sujeito do processo investigativo, e sua relação com o agroecossistema em que vive, observando as interações existentes nele, bem como sua evolução no processo de mudança ocasionado pelas tecnologias de captação e armazenamento de água da chuva, se torna necessário, para ajudar a compreender e retroalimentar a dinâmica dos sistemas produtivos do semiárido, buscando sempre a sustentabilidade.

Várias metodologias podem ser utilizadas buscando envolver o agricultor na pesquisa-experimentação, entre elas a investigação-ação/pesquisa-ação, discutida por Thiollent (2007), baseada no diálogo e no estímulo ao empoderamento dos conhecimentos pelos agricultores, tentando trazer a realidade do agricultor para o ambiente da pesquisa e vice-versa, promovendo essa troca de saberes, que a agroecologia busca basear-se, e construindo soluções (ações) caso se mostrem necessárias.

Guzmán Casado e Mielgo (2007) citam Fals Borda (1991) explicando que “o objetivo da Investigação-Ação-Participativa é gerar um conhecimento

libertador, que parte do próprio conhecimento popular e explica sua realidade globalmente (enfoque sistêmico), com a finalidade de iniciar ou consolidar uma estratégia de mudança (processos de transição) paralelamente a um crescimento do poder político, destinados ambos a alcançar transformações positivas para a comunidade a nível local e a níveis superiores quando é capaz de se conectar com experiências similares (redes)”.

Dessa forma, “a qualidade da participação social não está expressa na solicitação de projetos, porém na apropriação, mediante luta e conquista, do atendimento de seus reais interesses e de uma parcela do poder” (FALCÃO, 2005).

Na pesquisa agroecológica dois métodos vem sendo utilizados e testados: o Marco para a Avaliação de Sistemas de Manejo de Recursos Naturais (MESMIS) e o Diagnóstico Rural Participativo (DRP). O MESMIS é um projeto de avaliação de sustentabilidade de agroecossistemas criado em 1995 pelo Grupo Interdisciplinar de Tecnologia Rural Apropriada (GIRA) (México) (MASERA, ASTIER, LÓPEZ-RIDAURA, 1999). Enquanto que, o DRP é uma metodologia baseada nos Diagnósticos Rurais Rápidos (DRR) que evoluíram entre a década de 70 e 80, visando a partir de “uma construção coletiva e dialógica (autoanálise e autodeterminação), coletar informações atuais, passadas e projeções futuras sobre o estado dos recursos naturais, da situação econômica, social e outros aspectos importantes para a comunidade estudada, desencadeando a avaliação dos problemas e a construção de soluções” (VERDEJO, 2006). Neste estudo, optou-se por integrar os dois métodos iniciando a investigação com os diagnósticos rurais participativos e introduzindo as etapas do MESMIS nos objetivos de cada ferramenta utilizada.

Guzmán Casado e Mielgo (2007) afirmam também que “a participação dos agricultores que tem uma percepção sistêmica do agroecossistema, combinado ao uso de ferramentas como o MESMIS, garantem a compreensão holística da realidade por parte do pesquisador”.

2.3. INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

2.3.1. Conceituação – sustentabilidade e indicadores

Segundo o dicionário o termo sustentável significa ser “capaz de se manter mais ou menos constante, ou estável, por longo período (FERREIRA, 1999)”. Com base nessa afirmação, Figueiredo (2001) diz que: “Como qualidade de sustentável, sustentabilidade pode significar a prerrogativa de manutenção, ou de reprodução, de uma dinâmica qualquer, em longo prazo, em um espaço definido”.

A sustentabilidade é um termo que vem sendo muito utilizado desde o Relatório de Brundtland de 1987, que liga o termo sustentabilidade a outro termo bastante usado nas últimas décadas que é “desenvolvimento” assim, Brundtland (1987) afirma que, “o Desenvolvimento Sustentável é aquele que atende às necessidades da geração presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atender às suas necessidades”.

Capra (2003) também afirma esse caráter de manutenção ao longo do tempo, e diz que “uma comunidade sustentável é geralmente definida como aquela capaz de satisfazer suas necessidades e aspirações sem reduzir as probabilidades afins para as próximas gerações”.

Partindo desse enfoque, de estabilidade de produção e reprodução das gerações, o conceito de sustentabilidade dentro da Agroecologia tem a mesma base dentro de sua multidisciplinaridade, que são as dimensões social, ecológica e econômica e as sub-dimensões que se ramificam a partir destas.

Ao discorrer sobre sistemas de produção agrícola e pecuária, Altieri (2002) afirma que “*A sustentabilidade de um agroecossistema é sua capacidade de manter a sua produção no decorrer do tempo, na presença de repetidas restrições ecológica e pressões socioeconômicas.*”

Já para Sevilla Guzmán (1995), a sustentabilidade é uma “condição para um agroecossistema para manter sua produção através do tempo, superando um lado às tensões e forçamentos ecológicos e, por outro, as pressões sócio-econômicas” (SEVILLA GUZMÁN, 1995). Dessa forma, ele amplia o conceito

de Brundtland, e sugere alguns atributos que levam a sustentabilidade de agroecossistema, entre eles a resiliência e a estabilidade.

Essa discussão é complementada por Lopéz-Ridaura *et al.* (2000), a qual afirma que a sustentabilidade de sistemas de gestão de recursos naturais é definido por sete atributos gerais: produtividade, estabilidade, confiabilidade, superação, adaptação, equidade e confiança. Ou seja, para um sistema ser considerado sustentável, é sugerido que se tenha em vista a avaliação desses atributos.

A sustentabilidade não tem um conceito finalizado, é um conceito em construção, na verdade não acredito que se conceitue sustentabilidade conseguindo contemplar todos os aspectos que dela fazem parte, porque é uma terminologia que vai depender dos seres humanos e seu território de atuação, seja local, municipal ou global.

Um conceito que tenta integrar essas realidades é o dado por Manchineri (2002), quando expressa que “A sustentabilidade é o processo natural que absorve e retribui o alimento para todos os viventes do espaço geográfico no qual habitamos na natureza, com a flora e fauna em nossos territórios. Para a sustentabilidade necessita-se sabedoria, equilíbrio e aspirações sociais, valorizando o potencial humano e natural, sem egoísmo para que a sustentabilidade seja a concretização de uma distribuição justa e equitativa dos benefícios à população” (MANCHINERI, 2002, p.211).

Caporal e Costabeber (2002) compartilham da idéia do Sevilla-Guzmán, mas com outras palavras, falam da busca por um ponto de equilíbrio e dos conflitos que as dimensões podem ter entre si, e concluem como Altieri (2002) e Bruntland (1987) também concluíram, dando ênfase a produtividade ao longo do tempo, “a sustentabilidade pode ser definida simplesmente como a capacidade de um agroecossistema manter-se socioambientalmente produtivo ao longo do tempo” (CAPORAL e COSTABEBER, 2002).

Leff (1999) *apud* ARXER (2002) ao discutir a sustentabilidade, diz que a racionalidade econômica *será substituída por uma racionalidade que valorize a vida, a justiça social e o compromisso com a geração futura*. Ele afirma também que “a sustentabilidade não poderá resultar da extrapolação dos

processos naturais e sociais gerados pela racionalidade econômica e instrumental dominante” (LEFF, 1999 *apud* ARXER, 2002). Leff (1999) *apud* ARXER (2002), conclui então que a sustentabilidade implicaria em “uma mudança de racionalidade que estabeleça pontes entre o econômico e o ecológico”.

A criação dessas pontes devem partir de discussões, de políticas públicas, de processos participativos, que levem os seres humanos, enquanto sujeitos dessa história, a repensar suas ações no mundo e assim projetar a sustentabilidade do desenvolvimento que tanto necessita. Portando, Larraín (2002) ao aprofundar essas questões, diz que:

“A sustentabilidade dos sistemas ambientais, sociais, econômicos e políticos, requerem geração de conhecimento, informação política, espaços de decisão democrática e uma descentralização destas decisões para permitir coerência e sinergia entre a sociedade e o território a curto, médio e longo prazo. A democracia participativa é pré-requisito para a sustentabilidade. A sustentabilidade requer coerência entre as necessidades humanas e a política. A sustentabilidade requer transitar desde uma prática de democracia representativa até uma prática de democracia participativa (LARRAÍN, 2002).

Além da coerência entre as necessidades humanas e políticas, a sustentabilidade requer essa geração de conhecimento que Larraín (2002) explicita, e que passa principalmente pelo conhecimento do ambiente, dos ecossistemas, aspecto esse confirmado por Motomura (2002):

“Temos muita a aprender com a natureza quando se trata de buscar a chave para a sustentabilidade do desenvolvimento. A idéia aqui não é preservar a natureza. É ser um colaborador da natureza e descobrir a seu lado os segredos da sustentabilidade. É revelar o conhecimento essencial sobre a vida que se encontra na natureza. O conhecimento essencial que podemos aplicar nos sistemas inventados pelos seres humanos. No momento em que os sistemas

criados artificialmente contenham a “sabedoria sistêmica” que está presente na natureza, teremos chegado à sustentabilidade real.”

Segundo Verona (2008) “os indicadores exercem uma função fundamental na geração de dados para a avaliação de sustentabilidade, indicando a direção, a prioridade das mudanças e direcionando um caminho de proposta para contribuir com um desenvolvimento sustentável baseados nos agroecossistemas”.

Os indicadores permitem assim, uma avaliação contínua do agroecossistema, observando diferentes níveis de sustentabilidade e definindo os pontos críticos do sistema, fornecendo assim, informações para a construção de políticas públicas e projetos de desenvolvimento local, a partir dos problemas e situações apontados pelos indicadores.

Zampieri (2003), estabelece alguns critérios para selecionar indicadores que devem:

“a) ser mensuráveis quantitativa e qualitativamente, além de terem pertinência ao objeto e à natureza do processo avaliado;

b) poder coletar as informações por baixo custo, ser de fácil execução e apresentar dados cientificamente válidos;

c) serem concebidos para que o agricultor participe das medições, adaptados às necessidades dos usuários da informação e estarem embasados em linguagem clara.”

Finalmente, observa-se a necessidade de se construir o conceito de sustentabilidade buscando dentro das dimensões sociais, econômicas e ecológicas, o equilíbrio dinâmico que ao buscar o desenvolvimento da sociedade, respeite os limites e potencialidades da natureza e dos seres humanos, partindo de cada realidade, suas crenças, valores e saberes. Ou, como afirma Leff (2002) “a sustentabilidade é um fim que implica um processo de desconstrução da concepção do mundo feita de objetos, para voltar ao mundo do ser”.

2.3.2. MESMIS - Marco de Avaliação de Sistemas de Manejo de Recursos Naturais Incorporando Indicadores de Sustentabilidade

O MESMIS - Marco de Avaliação de Sistemas de Manejo de Recursos Naturais Incorporando Indicadores de Sustentabilidade possui um esquema que é baseado em sete atributos da sustentabilidade: produtividade, equidade, estabilidade, resiliência, confiabilidade, adaptabilidade/flexibilidade e autonomia, e é uma ferramenta metodológica que permite avaliar a sustentabilidade de um agroecossistema (MASERA *et al.*, 1999). Esta metodologia é o resultado de um trabalho multi-institucional, interdisciplinar e integrador coordenado pelo Grupo Interdisciplinar de Tecnologia Rural Apropriada (GIRA) do México, proposto a projetos florestais, agrícolas e pecuários (DEPONTI *et al.*, 2002). A Figura 02 mostra o esquema geral do MESMIS, indicando os passos para aplicação da metodologia.

Essa avaliação parte dos pontos críticos existentes pode interferir na sustentabilidade dos agroecossistemas, podendo ser identificados através dos fatores limitantes e positivos relacionados com a sustentabilidade. Para Masera *et al.* (1999), os pontos críticos são os aspectos ou processos que limitam ou fortalecem a capacidade dos sistemas para se sustentar no tempo.

Após a definição dos pontos críticos, Masera *et al.* (1999) sugere que os mesmos sejam relacionados aos sete atributos de sustentabilidade que direcionam o estudo dos sistemas, bem como relacioná-los a critérios diagnósticos. Os critérios diagnósticos são segundo Masera *et al.* (1999), características do sistema que podem ser medidas mediante o uso de indicadores específicos e que mostrar tendências de mudança em um tempo relativamente curto. Já os indicadores, descrevem um processo específico ou um processo de controle e devem ser “abrangentes, flexíveis, fáceis de medir e compreender e adequados ao nível de agregação do sistema sob análise” (Masera *et al.*, 1999).

Esquema geral do MESMIS: Relação entre atributos e indicadores

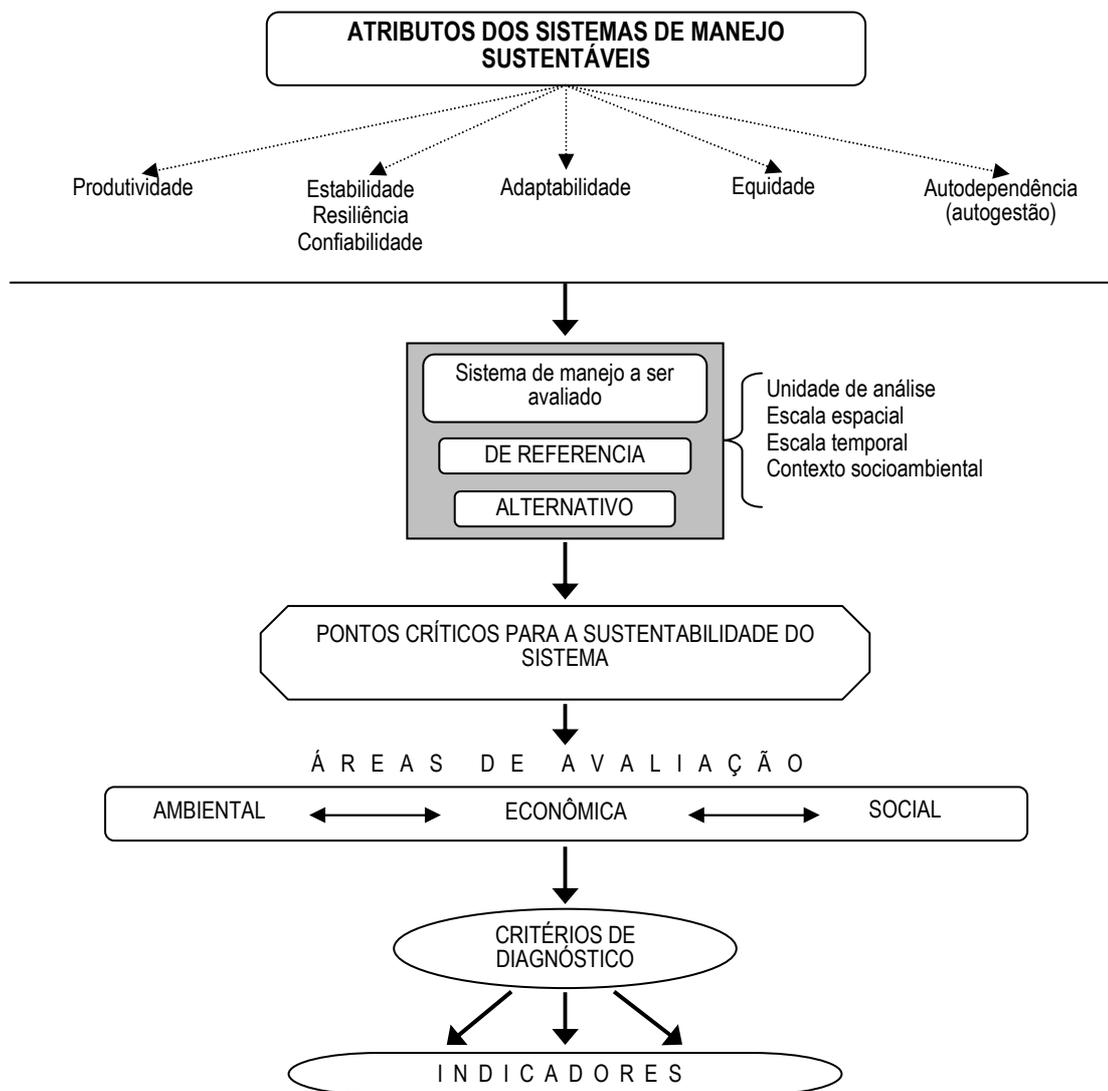


Figura 02. Esquema geral do MESMIS: Relação entre atributos e indicadores. (MASERA *et al.*, 1999).

O MESMIS segue um ciclo de avaliação baseado na retroalimentação do processo, conforme figura 03, adaptada abaixo:

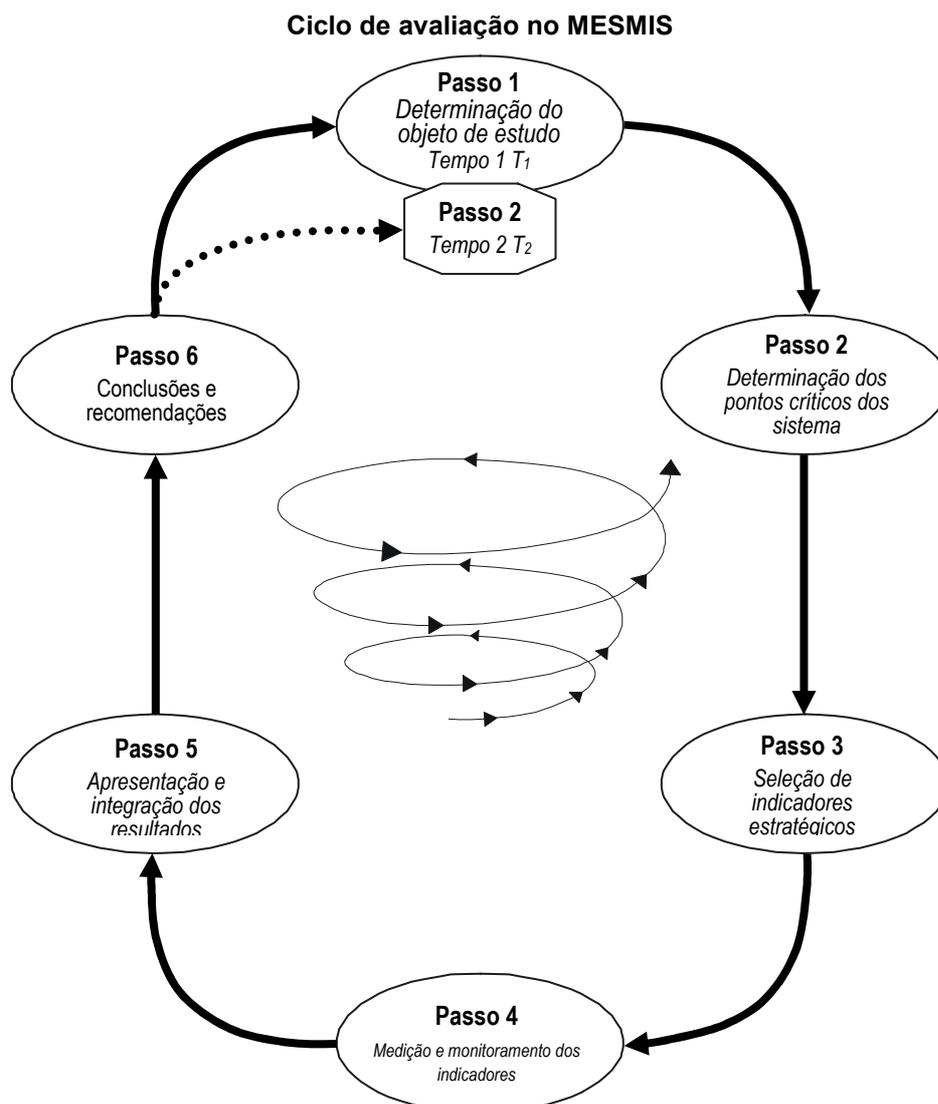


Figura 03. Ciclo de avaliação do MESMIS. (MASERA *et al.*, 1999).

Masera *et al.* (1999) afirma também que a “avaliação não tem como objetivo primordial simplesmente *qualificar* (grifo dos autores) opções em graus de sustentabilidade, sem buscar sua própria integração a um proceso de identificação de problemas e formulação de planos de ação que permitam melhorar os sistemas de manejo de recursos naturais...a avaliação da

sustentabilidade deve ser um instrumento de “planejamento e desenho de sistemas de manejo”.

Observou-se a necessidade de acrescentar o uso de parâmetros para determinar o nível de sustentabilidade dos agroecossistemas (DEPONTI *et al.*, 2002), mas existiram limitações para encontrar os níveis de sustentabilidade ideais para o semiárido, já que existem poucos trabalhos a respeito desse assunto na bibliografia. A partir dessa limitação, foram construídos parâmetros após a realização da pesquisa de campo para construir as propostas que seguem abaixo de tabelas de indicadores e parâmetros para serem discutidos e aperfeiçoados posteriormente em outros processos de investigação.

A Tabela 01 apresenta proposta de indicadores e parâmetros para a dimensão ambiental e técnico-agronômica, enquanto a Tabela 02 apresenta proposta para a dimensão social e a Tabela 03 apresenta proposta para a dimensão econômica.

Tabela 01. Parâmetros para avaliação de sustentabilidade ambiental e técnico-agronômica em agroecossistemas com barragens subterrâneas no semiárido brasileiro. Paraíba, Brasil, 2009.

Indicadores Ambientais e técnico-agronômicos	Parâmetros				
	1	2	3	4	5
1-Rendimento da área (Produtividade)	nenhuma produtividade	baixa produtividade	média produtividade	boa produtividade	alta produtividade
2- Eficiência energética (entradas e saídas)	Eficiência baixíssima (entradas e saídas energéticas >80% de energia externa não renovável)	Eficiência baixa (entradas e saídas energéticas de 50 a 79 % de energia externa não renovável)	Eficiência média (entradas e saídas energéticas baseadas 50% nas funções ecológicas dos componentes, mas com 50% de energia externa não renovável)	Eficiência Alta (entradas e saídas energéticas baseadas nas funções ecológicas dos componentes, mas com <10% de energia externa não renovável)	Eficiência muito alta (entradas e saídas energéticas baseadas nas funções ecológicas de cada componente do agroecossistema)
3- Cobertura do solo	Muito baixa cobertura de solo (1-10% da área com cobertura morta ou viva)	Baixa cobertura de solo(10-20% da área com cobertura morta ou viva)	Média cobertura (21-50% da área com cobertura morta ou viva)	Boa cobertura (de 51-89% da área com cobertura morta ou viva)	Alta cobertura (90 a 100% da área de produção com cobertura morta ou viva)
4- Erosão visível	Erosão extrema, solo sem estrutura	Erosão alta, solo com estrutura fraca	Erosão média, solo com estrutura moderada	Pouca erosão, solo com estrutura forte	Nenhuma erosão, solo com estrutura maciça
5- Matéria orgânica	Teores de matéria orgânica muito baixos (solo sem cobertura morta em decomposição, solos de textura arenosa e de cores muito claras, com baixa ciclagem de nutrientes)	Teores de matéria orgânica baixos (pouca cobertura morta em decomposição, solos claros, coloração clara, com baixa ciclagem de nutrientes)	Teores de matéria orgânica médios (moderada cobertura morta em decomposição, solos avermelhados, média porosidade, drenabilidade média, com moderada ciclagem de nutrientes)	Teores de matéria orgânica altos (alta cobertura morta em decomposição, solos escuros, porosos, drenabilidade boa, com boa ciclagem de nutrientes)	Teores de matéria orgânica muito altos (muita cobertura morta em decomposição, solos escuros, porosos, drenabilidade boa, com boa ciclagem de nutrientes)
6- Propriedades químicas e físicas do solo	Solo com restrições físicas e químicas para implementação de atividades agrícolas.	Solo com altas restrições físicas para implementação de atividades agrícolas e baixa fertilidade.	Solo com restrições físicas moderadas para implementação de atividades agrícolas e média fertilidade	Solo com poucas restrições físicas para implementação de atividades agrícolas e boa fertilidade.	Solo com características físicas adequadas para implementação de atividades agrícolas e alta fertilidade química.
7- Propriedades biológicas	Carbono da biomassa microbiana muito baixo, atividade microbiana baixa e carbono orgânico com teor muito baixo	Carbono da biomassa microbiana baixo, atividade microbiana e carbono orgânico com teor muito baixo	Carbono da biomassa microbiana moderado, atividade microbiana moderada e carbono orgânico com teor moderado	Carbono da biomassa microbiana alto, atividade microbiana alta e carbono orgânico com teor alto	Carbono da biomassa microbiana muito alto, atividade microbiana alta e carbono orgânico com teor alto
8- Diversidade de fauna edáfica epígea	Não se vê nenhum sinal de vida	Nota-se baixa atividade de organismos sem sinais de atividade	Notam-se baixa diversidade e densidade de organismos e sinais de atividade	Notam-se moderada diversidade e densidade de organismos e sua atividade	Encontram-se alta diversidade e densidade de organismos na superfície e se observam sinais de suas

					atividades.
9- Diversidade espacial, temporal e genética dos cultivos	Baixa diversidade, temporal, espacial e genética.	Diversidade temporal alta, mas nenhuma diversidade espacial e genética.	Diversidade genética alta, mas com baixa diversidade temporal e espacial.	Diversidade espacial alta, mas com baixa diversidade temporal e genética	Alta diversidade de cultivos, espacial, temporal e genética
10- Integração lavoura-pecuária	Baixíssimo aproveitamento (os resíduos da lavoura são queimados, ou descartados, os resíduos animais não são reaproveitados nos cultivos)	Baixo (os resíduos da lavoura são usados na alimentação animal e não utilizados na cobertura de solo)	Aproveitamento moderado (os resíduos animais são aproveitados nos cultivos)	Bom aproveitamento (o material residuário da lavoura é usado na alimentação animal, mas também é usado na cobertura dos solos/compostagem, biofertilizantes, e os resíduos animais são aproveitados nos cultivos ou na geração de energia)	Ótimo aproveitamento (o material residuário da lavoura é usado na alimentação animal, ou na geração de adubo para o pasto, e os resíduos animais são aproveitados na lavoura ou na geração de energia)
11- Conservação de área nativa	Não tem área de conservação.	Exploração madeireira, caça, extrativismo, sem conservação de áreas nativas.	Respeita a legislação para conservação de área nativa (RL, APP, Mata ciliar, RPPN), mas explora a madeira.	Respeita a legislação para conservação de área nativa (RL, APP, Mata ciliar, RPPN), sem uso exploratório de madeira.	Área de conservação (RL, APP, Mata ciliar, RPPN) acima da legislação obrigatória, sem uso exploratório de madeira.
12- Diversidade da flora e da fauna nativa	Não se vê nenhum sinal de espécies da fauna nativa.	Nota-se baixíssima diversidade e densidade de fauna e flora nativa, quando comparada a 20 anos atrás.	Nota-se baixa diversidade e densidade de fauna e flora nativa, quando comparada a 20 anos atrás.	Nota-se média diversidade e densidade de fauna e flora nativa, quando comparada a 20 anos atrás.	Nota-se grande diversidade e densidade de fauna e flora nativa, quando comparada a 20 anos atrás.
13- Incidência de insetos pragas e doenças	Nota-se alta incidência causando altos danos culturais e econômicos.	Nota-se alta incidência causando moderados danos culturais e econômicos.	Nota-se moderada os cultivos e causam poucos danos culturais e econômicos.	Nota-se baixa incidência nas áreas de cultivo, causando poucos danos culturais e econômicos.	Não desenvolvem populações que causem danos em nenhuma das áreas de cultivo.
14- Incidência de inimigos naturais	Nenhuma presença de inimigos naturais	Baixa presença de inimigos naturais, aliado a alta diversidade de cultivos.	Média presença de inimigos naturais, aliado a alta diversidade de cultivos.	Alta presença de inimigos naturais, aliado a alta diversidade de cultivos.	Muito Alta presença de inimigos naturais, aliado a alta diversidade de cultivos.
15- Quantidade de tecnologias para a convivência com a seca (cisternas, barreiros, barragens, silagem, entre outros)	Não possui ou utiliza nenhuma tecnologia de convivência com o semiárido	1 a 3 tecnologias	4 a 6 tecnologias	7 a 9 tecnologias	>10 tecnologias
16- Qualidade da água (consumo humano e animal)	Não potável (turbidez alta, salobra, com odor, próxima a fontes de contaminação)	Baixa qualidade (turbidez média, pouco salobra, com odor, longe de fontes de contaminação)	Média qualidade (transparente, pouco salobra, pouco odor, longe de fontes de contaminação)	Boa qualidade (transparente, pouco salobra, sem cheiro, longe de fontes de contaminação)	Ótima qualidade (transparente, sem sabor, sem cheiro, longe de fontes de contaminação)
17- Dependência externa	Dependência externa muito alta (> 80% de insumos industriais e/ou de recursos não renováveis)	Dependência externa alta (51 a 79% de insumos industriais e/ou de recursos não renováveis)	Dependência externa moderada (20 a 50% de insumos industriais e/ou de recursos não renováveis)	Dependência externa baixa (1 a 20% de insumos industriais e/ou de recursos não renováveis)	Autonomia, sistema baseado em processos e insumos provenientes da propriedade.

Fontes: Pesquisa de campo, 2009.

Tabela 02. Parâmetros para avaliação de sustentabilidade social em agroecossistemas com barragens subterrâneas no semiárido brasileiro. Brasil, 2009.

Indicadores Sociais	Parâmetros				
	1	2	3	4	5
1- Beneficiários do sistema/mão-de-obra familiar disponível	1 a 2 (insuficiente para um sistema de base familiar)	3 a 4 (restrito para um sistema de base familiar)	5 a 7 (regular para um sistema de base familiar)	8 a 9 (suficiente para um sistema de base familiar)	>10 (altamente suficiente para um sistema de base familiar)
2- Distribuição das tarefas por gênero e idade	Um membro da família (mulher) realiza 80% das atividades na propriedade. Sendo responsável por 100% das atividades domésticas.	Um membro da família realiza 60-79% das atividades na propriedade. Os outros realizam em torno de 21-40%, mas não contribuem nas atividades domésticas.	As atividades são divididas ao meio entre homens e mulheres. Mas as atividades domésticas continuam sob responsabilidade das mulheres.	As atividades são divididas ao meio, inclusive atividades domésticas.	As atividades são divididas coletivamente, de acordo com a capacidade de cada membro da família, sendo que todos podem contribuir em todas.
3- Poder de decisão	Não organizada, individual, centralizadora e hierárquica	Organizada, individual, centralizadora e hierárquica	Organizada, coletiva e hierárquica.	Organizado, coletiva e não hierárquica.	Organizada, coletiva, democrática e não hierárquica
4- Capacidade de superar eventos graves	Baixíssima capacidade de superar eventos graves	Baixa capacidade de superar eventos graves	Moderada capacidade de superar eventos graves	Boa capacidade de superar eventos graves	Alta capacidade de superar eventos graves
5- Acesso a escola, a serviços médicos, moradia, saneamento básico, energia elétrica, água, transporte, entre outros.	Não há acesso a escola, a transporte, saneamento, a energia elétrica, a água, entre outros.	Há escolas em cidades próximas, sem acesso a saneamento, a energia elétrica, a água, pouco acesso a transporte.	Há escolas na cidade, com transporte para estudantes, sem acesso a saneamento, com acesso a energia elétrica e sem acesso a água.	Há escolas na comunidade, transporte, saneamento, energia elétrica e água nas vilas, mas não há saneamento nem água nos sítios.	Há escolas próximas aos sítios, transporte, saneamento, energia elétrica e água.
6- Acesso a cultura e lazer	Não há acesso a cultura e lazer	Raramente há acesso a cultura e lazer	As vezes há acesso a cultura e lazer	Muito acesso há cultura e lazer	Sempre há acesso a cultura e lazer
7- Nível de escolaridade	Maioria com ensino fundamental incompleto	Maioria com ensino fundamental completo	Maioria com ensino médio incompleto	Maioria com ensino médio completo	Maioria ensino superior completo
8- Acesso a serviços médicos	Não há acesso a serviços médicos na comunidade e muitas vezes não há acesso na cidade.	As vezes há acesso a serviços médicos na cidade.	Sempre há acesso a serviços médicos na cidade.	As vezes há acesso a serviços médicos nas comunidades próximas.	Sempre há acesso a serviços médicos nas comunidades próximas.
9- Perspectiva dos jovens continuarem na terra	Nenhuma	1-30% de perspectiva de permanência, havendo mudanças na estrutura local.	31-60% de perspectiva de permanência, havendo mudanças na estrutura local.	61-90% de perspectiva de permanência, havendo ou não mudanças na estrutura local.	91-100% de perspectiva, havendo ou não mudanças na estrutura local.
10- Tempo da família na terra	< 5 anos	5 a 10 anos	10 a 30 anos	30 a 50 anos	> 60 anos

11- Acesso a informação	Nenhum	Acesso a rádio	Acesso a rádio, televisão e jornais escritos.	Acesso a todos os meios de comunicação.	Acesso aos meios de comunicação, participação em cursos, seminários, reuniões, eventos em geral.
12- Capacitação e geração de conhecimento	Nunca participa e/ou oferece atividades de troca e construção de conhecimento na propriedade	Raramente participa e/ou oferece atividades de troca e construção de conhecimento na propriedade	Anualmente participa e/ou oferece atividades de troca e construção de conhecimento na propriedade	Periodicamente (2-3 vezes no ano) participa e/ou oferece atividades de troca e construção de conhecimento na propriedade	Mensalmente participa e/ou oferece atividades de troca e construção de conhecimento na propriedade
13- Assimilação de inovações	Nunca utiliza os conhecimentos que obteve	Raramente utiliza os conhecimentos que obteve	As vezes utiliza os conhecimentos que obteve	Utiliza muito os conhecimentos que obteve	Sempre utiliza os conhecimentos que obteve, experimentando e adaptando a sua realidade
14- Direito sobre a propriedade	Irregular, sem nenhum documento que comprove o direito sobre a terra	Irregular, com cinco anos de uso da terra	Irregular, com dez anos de uso da terra	Regular, com documento que comprove o direito sobre a terra.	Regular, com o título da terra e ITR.
15- Tempo gasto com atividades fora da propriedade (horas/semana)	Muito alto (> 32h/semana)	Alta (17 a 32h/semana)	Média (8 a 16h/semana)	Baixa (8h/semana)	Não oferta e não utiliza mão-de-obra externa
16- Tipo, estrutura e processo de tomada de decisões nas organizações locais	Não participa	Participa raramente como ouvinte	Participa sempre como ouvinte	Participa ativamente	Participa ativamente e faz parte da direção da(s) entidades que participa

Fontes: Pesquisa de campo, 2009.

Tabela 03. Parâmetros para avaliação de sustentabilidade econômica em agroecossistemas com barragens subterrâneas no semiárido brasileiro. Brasil, 2009.

Indicadores Econômicos	Parâmetros				
	1	2	3	4	5
1- Valor bruto da produção/custo anual total	Não produz	Produção não destinada à venda	Preço menor que o custo de produção	Preço igual ao custo de produção	Preço acima do custo de produção
2- Custo anual do trabalhador	Não utiliza mão-de-obra externa	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
3- Prazo de recuperação dos investimentos	Não recupera o investimento	Recuperação parcial do investimento	Longo prazo (4-6 anos - recuperação total)	Médio prazo (2 anos - recuperação total)	Curto prazo (1 ano - recuperação total)
4- Relação custo/benefício	Nenhum benefício	Baixo custo/benefício	Médio custo/benefício	Alto custo/benefício	Muito Alto custo/benefício, produzindo excedente.
5- Divisão do trabalho e da renda	Não há divisão de trabalho e de renda, cada pessoa da família possui uma área de produção e tira de lá sua renda individual	Concentração de renda com quem realiza menos trabalho	Divisão desigual de renda e trabalho	Renda proporcional ao trabalho realizado	Trabalho e renda iguais para todos
6- Utilização de marca própria ou certificação	Não possui certificação	Utiliza certificação individual orgânica de terceiros	Utiliza certificação orgânica coletiva de terceiros	Utiliza marca própria	Utiliza métodos alternativos de certificação (conjunto com organizações de produtores locais)
7- Número de produtos beneficiados e processados	Não beneficia nem processa os produtos	Baixo (2)	Médio (3 a 7)	Alto (7 a 9)	Muito Alto (>10)
8- Variação dos custos e dos preços (variação/ano)	Muito Alta (variações semanais)	Alta (variações mensais)	Média (variações a cada 3 meses)	Baixa (variações semestrais, por estação do ano)	Não há variação no ano
9- Diversificação de mercados e produtos	Não comercializa/não produz excedente o excedente	Baixo (1 mercado, 0 local, de 1 a 5 produtos comercializado)	Médio (2 mercados - até 50% local, com 6 a 9 produtos)	Alto (3 a 4 mercados- aprox. 50 a 79% local-, com 10 a 14 produtos)	Muito alto (5 ou mais mercados - mais de 80% no mercado local ou mercados solidários -, com 15 ou mais produtos)
10- Nº de produtos comercializados	0	1 a 5	6 a 9	10 a 14	15 ou mais
11- Nº de atividades desenvolvidas na propriedade	0	2	3 a 5	5 a 9	10 ou mais
12- Utiliza linha de	sempre	muitas vezes	esporadicamente	raramente	Nunca

crédito/outros financiamentos						
13- Nº de atividades não-agrícolas desenvolvidas fora da propriedade	Muito alta (>6)	Alta (5-6)	Média (3-4)	Baixo (<3)	0	
14- Participação e operações econômicas realizadas em grupos (associações, cooperativas, sindicatos)	Nenhum participação ou operação econômica realizada em grupos	Baixa	Média	Alta	Muito Alta	
15- Grau de endividamento	Muito Alto (>50% da renda mensal comprometida)	Alto (30 a 49% da renda mensal comprometida)	Moderado (15 a 30% da renda mensal comprometida)	Baixo (1 a 14% da renda mensal comprometida)	1.	Nenhuma dívida
16- % de produtos consumidos pela família oriundos da propriedade	0	10 a 29%	30 a 49%	50 a 69%	> 70%	

Fontes: Pesquisa de campo, 2009.

2.3.3. O papel do Diagnóstico rural participativo – DRP na construção de indicadores

O Diagnóstico Rural Participativo (DRP) é uma metodologia baseada nos Diagnósticos Rurais Rápidos (DRR) que evoluíram entre a década de 70 e 80, visando a partir de uma construção coletiva e dialógica (autoanálise e autodeterminação), coletar informações atuais, passadas e projeções futuras sobre o estado dos recursos naturais, da situação econômica, social e outros aspectos importantes para a comunidade estudada, desencadeando a avaliação dos problemas e a construção de soluções (autoajuda) (VERDEJO, 2006).

Para isso, há a necessidade de se apropriar do conceito de participação, que na verdade é o ponto principal para que o diagnóstico seja realizado com sucesso. Geilfus (1997), diz que a participação não é um processo fixo, e que para alguns pode até ser classificado como manipulação. Ele afirma também, que existem graus de participação e que no desenvolvimento dos diagnósticos, as pessoas podem atingir maiores ou menores graus de participação dos “beneficiários” do projeto.

O DRP utiliza diversas ferramentas para proporcionar uma coleta compreensível de informações, dentre as quais estão: revisão de dados secundários; fotografias aéreas; imagens de satélite; observação direta de eventos, processos, as relações entre as pessoas, que a equipe vai anotando; as entrevistas semiestruturadas; os diagramas; os mapas e travessia e os calendários de atividades.

Segundo a Cartilha da Cáritas (2003), o DRP deve seguir algumas etapas para ser executado com sucesso:

- Decisão de querer conhecer melhor a realidade de uma coletividade;
- Parcerias;
- Sensibilização;
- Formação de equipe;
- Capacitação;
- Estudos dos dados secundários;

- Hipótese de partida;
- Elaboração do roteiro para entrevistas;
- Levantamento de campo;
- Sistematização e análise das informações;
- Devolução dos dados;
- Planejamento das ações.

Todas as etapas exigem uma grande dedicação, principalmente porque as equipes já vêm com uma visão limitada dos processos de coleta de informações. O período de formação da equipe e capacitação é de extrema importância, para a quebra de preconceitos e paradigmas em relação a observação dos saberes produzidos pelas comunidades.

Chambers e Guijt (1995) ressaltam que “quanto maior a compreensão da realidade local por parte dos formuladores de decisões e políticas, melhor será a resposta”.

Guijt (1999) também discute duas formas distintas de intervenção junto às comunidades:

“... assumindo um caráter tutorial, quando a ação do agente externo é orientada no sentido de introduzir idéias previamente estabelecidas sem que haja participação da população alvo de sua ação na formulação de tais idéias, ou, assumindo um caráter educativo, quando a população alvo é estimulada pelo agente externo a desenvolver a habilidade de diagnosticar e analisar seus problemas, decidir coletivamente sobre as ações para solucioná-los, executar tais ações e avaliá-las, buscando, sempre que necessárias novas alternativas.”

2.3.4. Indicadores de qualidade do solo: comparando ambientes naturais, convencionais e áreas de plantio de barragens subterrâneas

O manejo praticado na agricultura convencional promove a quebra dos ciclos biogeoquímicos nos solos através do impacto que causa nos atributos químicos, físicos e biológicos desses solos. Esses impactos negativos refletem em todo o ambiente, produzindo efeitos que diminuem a sustentabilidade do agroecossistema, em relação às interações ambientais, diminuindo a ação

funcional dos microorganismos do solo e assim seus benefícios, seja na disponibilização de nutrientes ou na fragmentação de matéria orgânica.

Estes efeitos desencadeiam vários outros processos, diminuindo a ciclagem de nutrientes no sistema, e os teores de matéria orgânica, diminui-se também a capacidade produtiva do solo, bem como um desequilíbrio nutricional nas plantas poderá promover susceptibilidade a doenças, porque a diminuição da diversidade de microorganismos e organismos favorece o aumento na densidade de patógenos de solo.

Entre vários outros processos, estes ficam em desequilíbrio e resultam em menores produtividades, maiores perdas de produção e conseqüentemente, perdas econômicas, que podem desencadear em uma insustentabilidade de todo o agroecossistema, tanto em relação à dimensão ecológico-agronômica, quanto em relação às dimensões econômicas e sociais que compõem o conceito de sustentabilidade.

As barragens subterrâneas podem ser desencadeadoras de vários impactos no solo, na água e na diversidade biológica do agroecossistema nas quais estão inseridas.

A utilização de indicadores de sustentabilidade é uma medida eficaz para avaliar esses impactos e seus reflexos no agroecossistema estudado permitindo avaliar os efeitos do manejo dos agroecossistemas na biodiversidade dos solos e em suas funções ecológicas. Estes indicadores podem ser escolhidos e/ou construídos em conjunto com os agricultores, baseando-se na experiência e observação deles, sendo uma avaliação mais qualitativa que pode ser analisada conjuntamente a indicadores quantitativos.

O solo é um dos componentes mais afetados em áreas agrícolas. A permanência da água no subsolo, a retirada da mata nativa, os processos de produção agrícola (mecanização principalmente) dentre outros aspectos, podem ocasionar impactos na diversidade de organismos e microorganismos do solo, bem como na formação da matéria orgânica e na disponibilização dos nutrientes para os cultivos que serão utilizados na Barragem subterrânea.

Doran e Parkin (1994) definem a qualidade do solo como “a capacidade do solo funcionar dentro do ecossistema para sustentar a produtividade

biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde das plantas e animais”. Partindo desse conceito, o solo, enquanto componente ambiental que regula todos os processos citados por Doran e Parkin, pode ser um eficiente indicador de avaliação de seus atributos químicos, físicos e biológicos. Sendo que muitos autores ressaltam a importância do componente biológico como indicador mais sensível em relação a respostas mais rápidas à ação antrópica no ambiente.

Doran e Zeiss (2000) ressaltam que os índices biológicos passaram a existir como indicadores que retratam a vida do solo e refletem o seu grau de perturbação (DORAN & ZEISS, 2000). Entre os indicadores mais utilizados atualmente, destacam-se o carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), respiração basal do solo (RBS) e carbono orgânico (C.O.), sendo que a partir destes, obtêm-se dois outros índices igualmente valiosos: quociente microbiano C-BMS/CO e quociente metabólico C-BMS/RBS (MERCANTE, 2001).

Constata-se então, que para avaliar os impactos positivos e/ou negativos da Barragem subterrânea nesses agroecossistemas podem ser utilizados bioindicadores como “propriedades ou processos biológicos dentro do solo que indicam o estado deste ecossistema, podem ser utilizados no biomonitoramento da qualidade do solo” (DORAN E PARKIN, 1994).

Wittig (1993) *apud* Araújo e Monteiro (2007) afirma que biomonitoramento é a medida da resposta de organismos vivos a mudanças no seu ambiente, o uso de bioindicadores na avaliação da qualidade desses solos, seria um indicador (ou vários indicadores) eficiente para observar uma parte da sustentabilidade ambiental desses agroecossistemas a partir do impacto que a barragem promoveu nos organismos e microorganismos do solo.

Esses indicadores serão avaliados nesse estudo de forma quantitativa e qualitativa, buscando utilizar um conjunto de indicadores referentes também aos aspectos físico-químicos do solo, teores de matéria orgânica, a preservação de áreas nativas e a diversidade de espécies vegetais na propriedade, entre outros indicadores definidos posteriormente.

Deve-se observar que os fatores climáticos da região semiárida são limitantes também no processo de formação dos solos. A baixa pluviosidade e

principalmente a sua sazonalidade contribuem para uma intemperização mais lenta do material de origem dos solos (70% rochas cristalinas), constituindo assim, solos pouco desenvolvidos, mais rasos, pouco estruturados, pedregosos, e em grande parte de baixa fertilidade química. Assim, clima e solos, constroem a paisagem junto com a vegetação hiper e hipoxerófila do bioma Caatinga, sendo uma vegetação altamente adaptada aos períodos secos do ano, tendo como adaptação mais visível à perda das folhas que permitem diminuir os processos fisiológicos.

A biomassa de microorganismos compõe a fração ativa da matéria orgânica e constituem indicadores sensíveis da qualidade biológica dos solos, obtendo-se respostas, das interferências no solo pelo uso da terra ou manejo, de maneira mais rápida do que as outras frações da matéria orgânica (GAMA-RODRIGUES *et al.*, 2005). Desta forma, as avaliações da biomassa microbiana e sua atividade podem revelar mudanças no conteúdo de matéria orgânica do solo antes que elas possam ser detectadas na matéria orgânica total (JENKINSON E LADD, 1981), assim ao analisar os solos das propriedades com Barragens, a utilização desse indicador pode fornecer dados que demonstrem se o sistema agrícola utilizado está promovendo a formação e a manutenção da matéria orgânica no solo.

O CO₂ emanado pela respiração edáfica dos microorganismos também é um fator que interfere na produção de matéria orgânica. Este gás representa a queima da matéria orgânica (carboidratos) e quanto maiores às quantidades de CO₂ emanada mais elevada é a produção de matéria orgânica (MOREIRA & SIQUEIRA, 2003). Mas, uma alta taxa respiratória indicará maior atividade microbiana e uma decomposição mais rápida do material orgânico do solo, com conseqüente liberação de nutrientes para as plantas. Podendo assim, indicar se está existindo a liberação de nutrientes (mineralização), e ou a sua retenção em forma orgânica na biomassa microbiana (imobilização) (MOREIRA E SIQUEIRA, 2003).

O quociente metabólico avalia os efeitos das condições ambientais sobre a população microbiana do solo, assim quanto maiores os valores, mais

chances desses solos terem passado por condições ambientais estressantes, nas quais a biomassa microbiana gasta mais carbono para sua manutenção.

Segundo Gama - Rodrigues (1999) à medida que a biomassa microbiana se torna mais eficiente, menos carbono é perdido como CO₂, pela respiração, e uma fração significativa de carbono é incorporada ao tecido microbiano, com isto, solos com baixo qCO₂ estão próximos ao estado de equilíbrio. No entanto, deve se tomar muito cuidado na hora das interpretações com relação ao quociente metabólico, visto que, somente 15-30% da biomassa microbiana do solo é catabolicamente ativa (SOUZA et. al, 2006) e o restante do microrganismos do solo estão na forma inativa ou latentes, possuindo baixa atividade (MOREIRA E SIQUEIRA, 2003).

Os microorganismos representam 60% a 80% da fração viva e mais ativa da matéria orgânica do solo, atuando em processos que vão desde a origem do solo (intemperização da rocha), formação e manutenção de sua estrutura, até a decomposição de resíduos orgânicos, formação de matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, biorremediação de poluentes e metais pesados.

Nos ecossistemas tropicais, onde o N e o P estão entre os principais fatores limitantes para a produtividade, também merecem destaque os processos de fixação biológica de Nitrogênio, as relações simbióticas entre plantas e fungos micorrizícos e a ação dos microorganismos solubilizadores de P e produtores de fosfatases.

Deve-se ter como base que o solo funciona como um organismo vivo: em 1 grama de solo saudável vive uma comunidade biológica de aproximadamente 10.000 espécies diferentes, como minhocas, larvas, besouros, colêmbolos, ácaros, algas, bactérias e fungos. Estes organismos necessitam de alimentos para viver, principalmente carbono e nitrogênio que estão presentes na palhada das culturas e no esterco de animais (CORREIA, 2002).

Em função disso, é importante que o solo tenha um determinado teor de matéria orgânica para fornecer os alimentos e energia que os micróbios precisam para viver. Se o solo tiver bastante vida, a população microbiana

(como as bactérias e fungos benéficos) vai ajudar as plantas na absorção e bombeamento ou reciclagem de nutrientes que estão "soltos" no solo, tornando-se assim disponíveis para as plantas como alimentos. Alguns tipos de organismos produzem ácidos a partir da decomposição dos resíduos orgânicos, auxiliando na solubilização do fósforo usado como adubo (PAULUS *et al.* 2000).

A manutenção da microvida permite que os microorganismos bons desenvolvam o seu papel ecológico em relação ao solo e as plantas, como as micorrizas, por exemplo, que são fungos que "laçam" as partículas do solo, ajudando a formar agregados ou pequenos torrões que são "colados" por substâncias cimentantes produzidas pelas bactérias (PAULUS *et al.* 2000).

Existe, entretanto, o consenso de que a diversidade microbiana está diretamente relacionada à estabilidade do ecossistema, sendo então uma área de extrema importância no manejo partindo dos princípios agroecológicos (KENNEDY, 1999 *apud* ZILLI *et al.*, 2003.).

A agricultura convencional excluiu de suas práticas o conhecimento sobre ciclagem e disponibilização de nutrientes através de microorganismos, promovendo um manejo que diminui e até erradica as populações de microorganismos do solo, trocando a função que estes realizam pela utilização de adubos químicos sintéticos e hipersolúveis, visando ganhos imediatos e não preocupados com as externalidades negativas produzidas por essas atitudes.

A existência e manutenção da produção agrícola e a criação de pequenos ruminantes no semiárido seriam potencializados com políticas e ações públicas que tenham por fim, a convivência do agricultor com as características de aridez da região, seus fatores físicos, baseados em um estudo sobre a ecologia das paisagens que buscasse reintegrar ao máximo os elementos da paisagem natural aos sistemas antropizados.

Os impactos que as Barragens Subterrâneas e o manejo dos agroecossistemas causam no solo, na água e na diversidade biológica do ambiente são determinantes para atingir ou não a sustentabilidade dos sistemas.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Caracterização das áreas

Ao optar pelo Estado da Paraíba, buscou-se refletir sobre os avanços que a agricultura familiar vem tendo nessa região, através do acesso as tecnologias de captação, armazenamento e conservação da água da chuva e da organização social dos agricultores familiares desse Estado.

Esta dissertação faz parte do projeto “Tecnologias de captação e armazenamento de água da chuva no semiárido brasileiro” coordenado pela Embrapa Solos UEP Nordeste. Assim, a escolha das áreas passou por uma discussão entre a Coordenação do Projeto e uma das parceiras do projeto na Paraíba, a Organização Não Governamental - Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa - AS-PTA.

Foram selecionadas as áreas com barragens subterrâneas implantadas recentemente, cada uma com dois anos de implantação, para que se dispusesse de um marco inicial, uma caracterização destas áreas, o que permitirá uma avaliação da sustentabilidade contínua e mais aprofundada posteriormente. Optou-se por áreas em assentamentos rurais, ambas

conduzidas por agricultores envolvidos em entidades da sociedade civil organizada, permitindo observar o papel que essas organizações sociais têm na vida dos agricultores.

O estudo foi realizado em duas propriedades, nos municípios de Remígio e Solânea (a propriedade se encontra na divisa com o município de Arara), na microrregião do Curimataú Ocidental, mesorregião Agreste do Estado da Paraíba, ambas sob clima semiárido segundo o Mapa de Recursos Hídricos e Zoneamento elaborado pela ASPTA (2009) (Figura 04), os dois municípios estão na região chamada Agreste do roçado.

A propriedade 01, que está localizada na cidade de Remígio, no Assentamento Oziel Pereira (latitude 06° 89' 67" S, longitude 35° 80' 09" W), pertence à Família Santos. A Senhora Anilda Pereira Santos, cônjuge e filhos organizam-se em 10 hectares de área de produção e uma área de 500 metros na agrovila, onde ficam a casa e a "faxina"¹, tendo como força de trabalho principalmente a família, composta por sete pessoas (duas crianças, três adolescentes, o pai e a mãe). Possui três tanques/barreiros, o maior com capacidade para nove mil litros de água, uma cisterna na agrovila, uma barragem subterrânea (1ha) e o tanque/barreiro coletivo.

A propriedade 02 está localizada na cidade de Solânea (divisa com Arara), no Assentamento Pedro Henrique (latitude 06° 78' 56" S, longitude 35° 76' 07" W), Sítio Ramada, pertence a Família Lira. Organizada em 18 hectares de área de produção, duas cisternas na agrovila, uma barragem subterrânea (1ha) e um tanque/barreiro coletivo. A família é composta por cinco pessoas, sendo dois adultos (pai e mãe), dois adolescentes e uma criança.

Segundo dados da CPRM Serviço Geológico do Brasil (2005), o município de Solânea possui uma extensão 266 km² e encontra-se inserido nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Curimataú enquanto Remígio possui 178 km² e está na bacia hidrográfica do Rio Mamanguape.

¹ Horta de espécies medicinais, condimentares e aromáticas, semelhante aos quintais produtivos, tendo como diferença a não utilização de espécies frutíferas ou hortaliças.

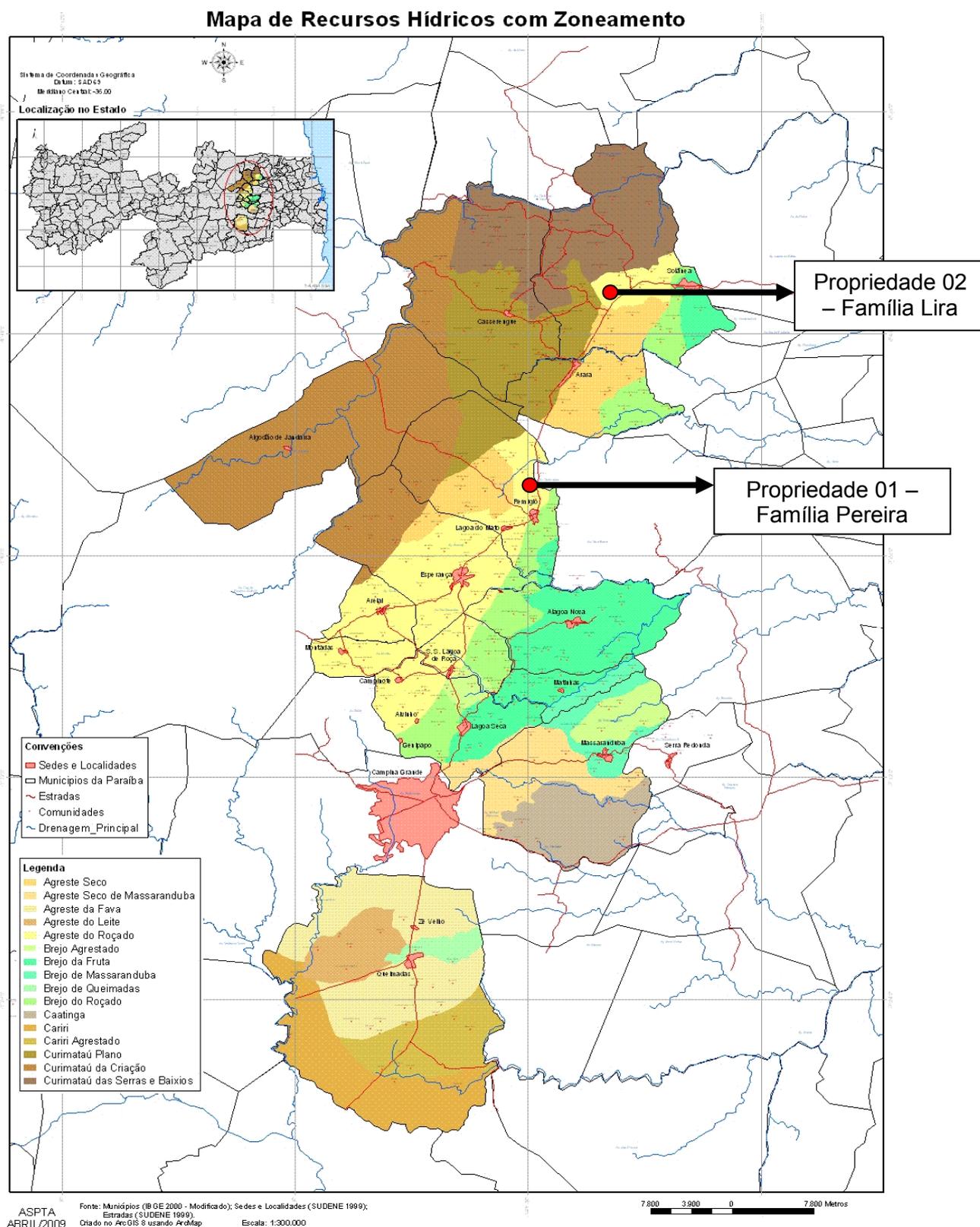


Figura 04. Mapa de recursos hídricos e zoneamento do Pólo da Borborema, Paraíba. Em destaque os municípios participantes desse estudo. Fonte: ASPTA, 2009.

As duas propriedades se encontram em uma faixa de precipitação pluviométrica de 1000 a 1200 mm por ano conforme mapa da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA (Figura 05).

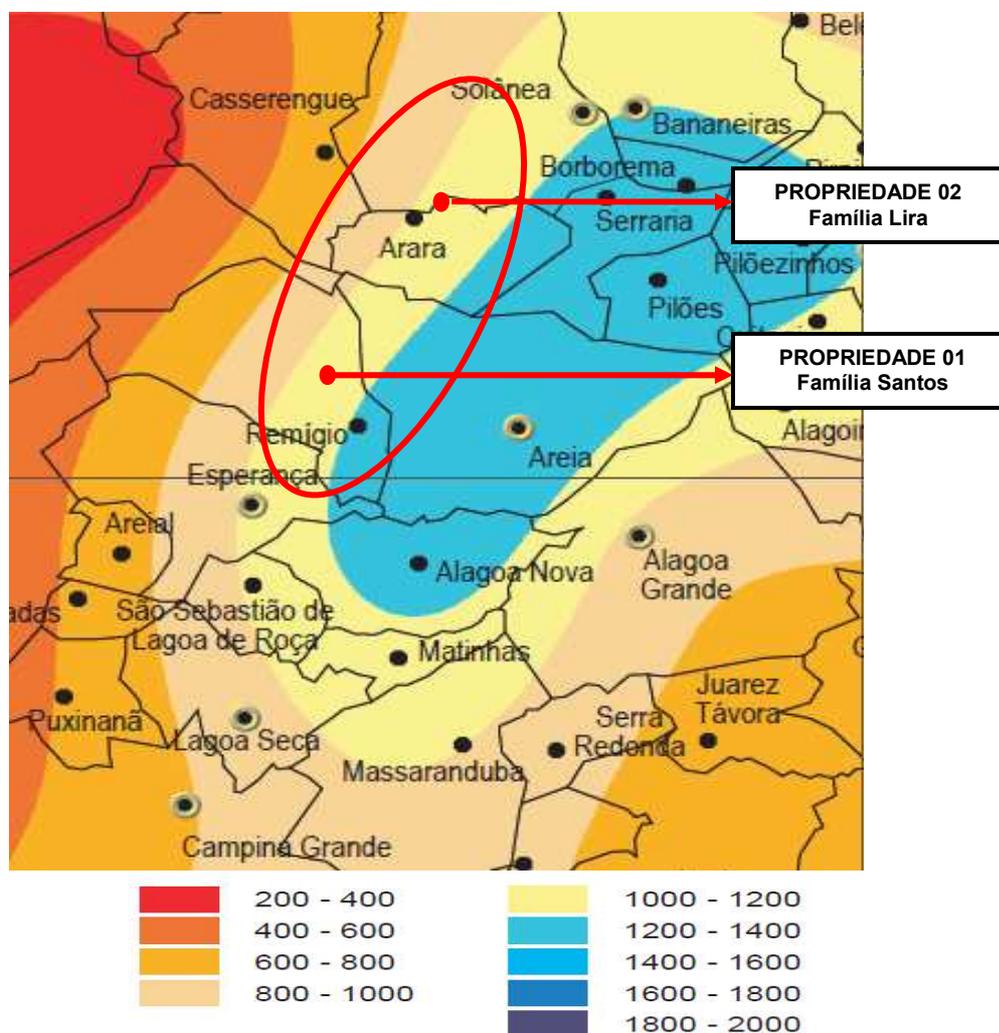


Figura 05. Mapa de precipitação anual (mm) dos municípios em estudo- Remígio e Solânea, Paraíba. Fonte: AESA, 2006, com modificações.

No período da pesquisa setembro de 2008 a dezembro de 2009, a precipitação concentrou-se nos meses de abril a agosto, variando entre 0 a 266,5 mm mensais. O município de Solânea apresentou neste período precipitação ligeiramente maior (1.460,5 mm) em relação ao município de Remígio (1195,1 mm). Os dois municípios passaram por períodos de até três meses ininterruptos com chuvas escassas (outubro, novembro e dezembro de 2008), fato que se repetiu no último trimestre de 2009, somando seis meses com escassez de chuvas no período do estudo, como mostra a Figura 06.

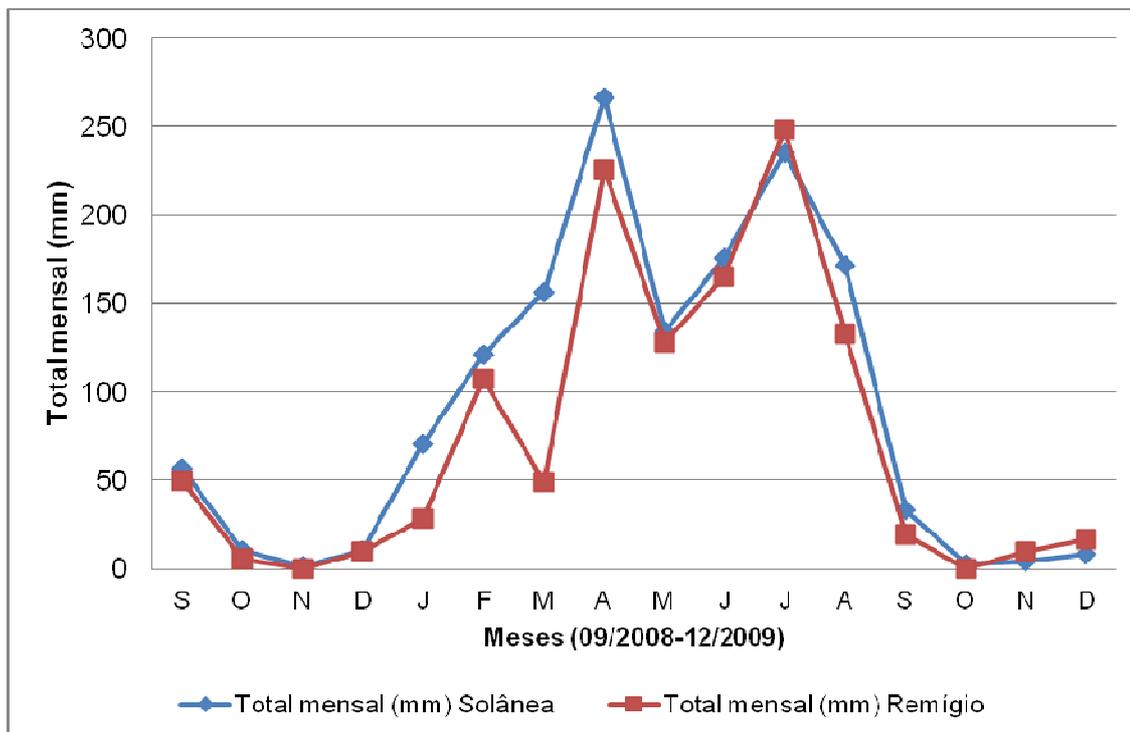


Figura 06. Precipitação acumulada dos meses de setembro de 2008 à dezembro de 2009 em Solânea e Remígio, Paraíba. Fonte: AESA, 2010.

3.2. Etapas de pesquisa

3.2.1. Primeira etapa - Diagnóstico rural participativo (DRP)

Nesta etapa o objetivo foi identificar os agroecossistemas que participariam do estudo, e depois contatar as famílias por telefone, o primeiro contato foi mediado pela AS-PTA, questionando se a família tinha disponibilidade de nos receber em determinado período. Em relação à primeira propriedade, Propriedade 01, a AS-PTA sugeriu que o contato fosse feito através do Sindicato de Remígio, onde conversamos com o vice-presidente, e este sugeriu que visitássemos alguns agricultores que possuíam barragens subterrâneas e nos acompanhou em algumas visitas.

Nas visitas observamos que as barragens subterrâneas estavam ou subutilizadas ou abandonadas por motivos diversos. Surgiu então a sugestão

de irmos à área da Sra. Anilda Pereira Santos (Sra. A. P.), mas no momento que a ligação seria feita, ela chegou ao sindicato trazendo hortaliças e tubérculos (colhidos na barragem subterrânea) para um evento do Conselho de Segurança alimentar do qual participa. A conversa inicial foi no próprio sindicato, onde fui apresentada e falei um pouco sobre o projeto. Depois dessa conversa, a visita à área foi marcada para o dia seguinte.

Para a seleção da propriedade 02, a AS-PTA entrou em contato direto com o agricultor, e nos encaminhou para o Sindicato de Arara (cidade vizinha a Solânea), local onde o agricultor também realiza atividades. Chegando ao sindicato, obteve-se a informação de como chegar à propriedade.

Os trabalhos se iniciaram com uma conversa sobre o projeto e um convite para o agricultor participar do processo de pesquisa, como ambos aceitaram participar, aprofundou-se o dialogo sobre as etapas da pesquisa e a periodicidade da mesma.

Nessa etapa também foram definidos oito temas gerais para iniciar a entrevista semiestruturada, visando observar a história de vida dos agricultores e sua relação com o ambiente no qual vivem, buscando a caracterização dos agroecossistemas a partir dos seguintes temas:

- 1- Histórico da família;
- 2- Histórico da área;
- 3- Acesso a água (tecnologias utilizadas);
- 4- Acesso a tecnologia de barragem subterrânea (histórico, observações sobre o antes e depois da construção da tecnologia);
- 5- Sistemas de manejo utilizados (insumos necessários, entradas e saídas do agroecossistema, tipos de cultivos);
- 6- Participação social (sindicatos, associações, cooperativas, organizações não-governamentais, movimentos religiosos, comemorações festivas, entre outros);
- 7- Renda da família;
- 8- Organização do trabalho na propriedade;

Para construção desses dados, foram utilizadas, em um segundo momento, as ferramentas do Diagnóstico Rural Participativo, descritas por Verdejo (2006), entre elas:

- Observação participante: pesquisadora e a família observaram a realidade da propriedade, as atividades realizadas, à distribuição de tarefas, os hábitos alimentares, as tecnologias de captação e armazenamento, a disponibilidade de alimentos de qualidade e criou confiança para compartilhar conhecimento.

- Entrevista semi-estruturada: a entrevista partiu dos oito temas gerais pré-definidos na Etapa 1, a partir deles se conseguiu estabelecer um diálogo aberto, onde a família sentiu-se a vontade para aprofundar sobre os temas questionados e outros temas que acharam importante ressaltar no momento. A entrevista foi um processo contínuo, pois o diálogo ocorreu durante a construção de todas as ferramentas do DRP, permitindo o aprofundamento sobre a influência das barragens subterrâneas no sistema de produção e reprodução da família como um todo.

- Mapa de recursos naturais: o mapa de recursos naturais foi usado “para analisar e discutir a realidade do espaço e do uso de recursos ambientais da propriedade, sendo o ponto de partida para a construção de outras informações a partir de outras ferramentas do diagnóstico” (VERDEJO, 2006; GEILFUS, 1997). Essa ferramenta permitiu também, visualizar problemas, limitações e potencialidades dos sistemas de produção. Na propriedade 01 o mapa foi construído separadamente. A mãe e a filha mais velha construíram um mapa, outra filha construiu outro mapa, os dois meninos construíram mais um, e a filha menor, de 5 anos, construiu outro. Foi sugerida a divisão por gênero e a família sugeriu fazer a distribuição por gênero e idade também, sendo a segunda opção aprovada por todos. Na propriedade 02 foi feito só um mapa, onde pai e filha construíram em conjunto, a mãe, apesar de presente, preferiu não opinar. O filho mais velho não estava presente no dia da construção do

mapa. E o mais novo, não tinha idade ainda para realizar a atividade (1 ano e 8 meses).

- Calendário agrícola, sazonal e de atividades por gênero e idade: foram feitos observando os ciclos de produção e de chuva que tem em cada propriedade, os cultivos e as atividades realizadas na propriedade por gênero e idade, permitindo relacioná-lo com a disponibilidade de alimentos (autoconsumo e comercialização), com o aparecimento de doenças, com rotações de cultivos, evolução dos preços, carga mensal de trabalho, a questão de gênero, entre outras relações que surgiram durante a discussão.

A participação social efetiva é uma das limitações a serem consideradas na moderação de pesquisas participativas. Pois os agricultores acostumados a serem analisados como objetos e não sujeitos da pesquisa, não conseguiam estabelecer uma relação de confiança a ponto de se sensibilizar para a troca de saberes e de experiências. Esse fato foi uma limitante no início do estudo, o que me fez buscar metodologias que envolvessem as dinâmicas de grupo, com o objetivo de sensibilizar o agricultor em relação a seu papel social, enquanto sujeito e não objeto do processo de investigação, e dessa forma promover uma integração de todos em busca de uma relação de confiança, tão necessária ao processo de construção participativa.

3.2.1.1. Monitoramento dos agroecossistemas - análise dos pontos críticos e seleção de critérios diagnósticos e indicadores de sustentabilidade

No primeiro contato com as famílias foram observadas a trajetória de vida das famílias e o histórico das áreas em que hoje os agricultores estão assentados, obtendo dados sobre a evolução e a dinâmica da família nas propriedades. Assim, observou-se também, alguns pontos críticos que rodeiam essas dinâmicas. A idéia inicial, era a construção dos pontos críticos, critérios diagnósticos e indicadores, em conjunto com os agricultores, mas o tempo de

pesquisa em campo, bem como a grande distância entre a sede da instituição que coordena o projeto e as propriedades, não permitiram que essa etapa fosse feita com os agricultores, sendo um fato que deve ser repensado em pesquisas futuras. Mas, a construção dos pontos críticos, critérios diagnósticos e indicadores foi feita através dos dados coletados no diagnóstico realizado na etapa 2, respeitando todas as observações dos agricultores obtidos durante as entrevistas semiestruturadas e a construção dos mapas e calendários.

Dessa forma, essa etapa teve como objetivo construir os indicadores que foram utilizados para a avaliação da sustentabilidade de cada agroecossistemas pelos agricultores em outra etapa do projeto.

Seguindo as orientações de Masera *et al.* (1999), e a partir da realidade vivenciada em conjunto com os agricultores, foram construídas três tabelas (TABELAS 04, 05 e 06) contendo os atributos, os pontos críticos, os critérios diagnósticos e os indicadores, estes últimos, construídos de acordo com cada dimensão da sustentabilidade: ambiental, social e econômica, baseada nas referências bibliográficas e na realidade do ambiente e das famílias participantes no estudo. Estas tabelas foram base para a construção dos gráficos de radar em cada propriedade, e permitiu a avaliação dos indicadores pelos agricultores. Os indicadores de solos foram avaliados tanto qualitativamente, pelos agricultores e agricultoras, quanto quantitativamente, em laboratório, exceto para o estudo de fauna do solo, que foi iniciado, mas não foi concluído.

Segundo o MESMIS, a sustentabilidade não se avalia por si, assim, os agroecossistemas familiares estudados foram comparados a um agroecossistema referência, idealizado (hipotético), com níveis ótimos de sustentabilidade, tendo como objetivo o fortalecimento dos sistemas de manejo e da qualidade de vida das famílias agricultoras.

Tabela 04. Atributos, descritores, critérios de diagnóstico e indicadores ambientais e técnico-agronômicos de sustentabilidade em agroecossistemas com barragens subterrâneas no semiárido brasileiro. Remígio e Solânea, Paraíba, 2009.

DIMENSÃO AMBIENTAL E TÉCNICO-AGRONÔMICA				
Atributo	Descritores	Crítérios de diagnóstico	Indicadores	
1	Produtividade	Sistema de produção e manejo	Rendimento; Eficiência.	Rendimento da área (Produtividade)
2	Produtividade; Autodependência (autogestão).	Sistema de produção e manejo	Eficiência	Eficiência energética (entradas e saídas)
3			Conservação de recursos	Cobertura do solo
4			Conservação de recursos	Erosão visível
5		Solos	Qualidade do solo	Matéria orgânica
6			Qualidade do solo	Propriedades químicas e físicas do solo
7			Qualidade do solo	Propriedades biológicas
8			Qualidade do solo	Diversidade de fauna edáfica epígea
9		Sistema de produção e manejo	Diversidade biológica	Diversidade espacial, temporal e genética dos cultivos
10		Sistema de produção e manejo	Conservação de recursos	Integração lavoura-pecuária
11	Estabilidade; resiliência; confiabilidade.		Conservação de recursos	Conservação de área nativa
12		Flora e fauna	Diversidade biológica e conservação de recursos	Diversidade da flora e da fauna nativa
13			Fragilidade do sistema (Vulnerabilidade biológica)	Incidência de insetos pragas e doenças
14		Sistema de produção e manejo	Fragilidade do sistema (Vulnerabilidade biológica)	Incidência de inimigos naturais
15		Sistema de produção e manejo	Fragilidade do sistema	Quantidade de tecnologias para a convivência com a seca (cisternas, barreiros, barragens, silagem, entre outros)
16		Água	Conservação de recursos	Qualidade da água (consumo humano e animal)
17	Autodependência (autogestão)	Sistema de produção e manejo	Uso de insumos externos	Dependência externa

Fontes: MASERA *et al.* (1999), CANUTO (1998), e Pesquisa de campo, 2009.

Tabela 05. Atributos, descritores, critérios de diagnóstico e indicadores sociais de sustentabilidade em agroecossistemas com barragens subterrâneas no semiárido brasileiro. Remígio e Solânea, Paraíba, 2009.

DIMENSÃO SOCIAL					
Atributo	Descritores	Crítérios de diagnóstico	Indicadores		
1	Distribuição de renda	Distribuição de custos, benefícios	Beneficiários do sistema/mão-de-obra familiar disponível		
2	Equidade	Organização do trabalho	Distribuição das tarefas por gênero e idade		
3			Participação, organização e tomada de decisões	Poder de decisão	
4			Organização do sistema de produção	Fragilidade do sistema	Capacidade de superar eventos graves
5	Estabilidade, resiliência, confiabilidade	Acesso a serviços	Acesso a escola, moradia, saneamento básico, energia elétrica, água, transporte, entre outros.		
6			Qualidade de vida	Acesso a cultura e lazer	
7				Educação	Nível de escolaridade
8				Saúde	Acesso a serviços médicos
9				Histórico da terra	Histórico de ocupação e permanência na propriedade
10		Tempo da família na terra			
11	Adaptabilidade	Capacitação e assistência	Participação em cursos, treinamentos e acesso aos meios de comunicação	Acesso a informação	
12			Capacidade de mudança e inovação	Capacitação e geração de conhecimento	
13				Assimilação de inovações	
14	Estrutura da Terra	Controle	Direito sobre a propriedade		
15	Autodependência (autogestão)	Oferta campo/cidade	Controle das relações com o exterior	Tempo gasto com atividades fora da propriedade (horas/semana)	
16		Organização externa	Organização e participação	Tipo, estrutura e processo de tomada de decisões nas organizações locais	

Fontes: MASERA *et al.* (1999), CANUTO (1998), e Pesquisa de campo, 2009.

Tabela 06. Atributos, descritores, critérios de diagnóstico e indicadores econômicos de sustentabilidade em agroecossistemas com barragens subterrâneas no semiárido brasileiro. Remígio e Solânea, Paraíba, 2009.

DIMENSÃO ECONÔMICA				
	Atributo	Descritores	Crítérios de diagnóstico	Indicadores
1	Produtividade e estabilidade	Estabilidade econômica	Eficiência (rentabilidade)	Valor bruto da produção/custo anual total
2				Custo anual do trabalhador
3				Prazo de recuperação dos investimentos
4	Produtividade; Equidade;	Estabilidade econômica	Eficiência (rentabilidade); Preço justo.	Relação custo/benefício
5	Equidade	Estrutura do trabalho	Distribuição	Divisão do trabalho e da renda
6	Produtividade; Adaptabilidade	Agregação de valor	Agregação de valor aos produtos	Utilização de marca própria ou certificação
7	Produtividade; Adaptabilidade; resiliência.	Agregação de valor	Fragilidade do sistema; redução de riscos; Agregação de valor.	Número de produtos beneficiados e processados
8	Estabilidade; resiliência; confiabilidade; adaptabilidade	Estabilidade econômica	Fragilidade do sistema; redução de riscos.	Variação dos custos e dos preços (variação/ano)
9		Comercialização		Diversificação de mercados e produtos
10		Comercialização		Nº de produtos comercializados
11		Diversidade de atividades		Nº de atividades desenvolvidas na propriedade
12		Recursos financeiros		Utiliza linha de crédito/outros financiamentos
13	Adaptabilidade	Dinâmica social e organização externa	Redução de riscos.	Nº de atividades não-agrícolas desenvolvidas fora da propriedade
14	Autodependência (autogestão)	Organização externa	Participação	Participação e operações econômicas realizadas em grupos (associações, cooperativas, sindicatos)
15	Estabilidade, Autodependência (autogestão); Equidade.	Estabilidade econômica	Autosuficiência, produção para o consumo	Grau de endividamento
16	Autodependência (autogestão);	Segurança alimentar	Autosuficiência	% de produtos consumidos pela família oriundos da propriedade

Fontes: MASERA *et al.* (1999), CANUTO (1998), e Pesquisa de campo, 2009.

3.2.2. Segunda etapa: Avaliação da qualidade do solo

3.2.2.1. Amostragem e Coleta de solo

As amostras de solos foram analisadas a partir da comparação de três ambientes na mesma propriedade, a área de cultivo das barragens subterrâneas (subdividida em três áreas, para observar as diferenças entre elas, que provavelmente são decorrentes da acumulação de água e sedimentos), a área de roçado (cultivo convencional) e uma área de mata nativa (caatinga - área de referência), assim, observaram-se a influência da barragem na qualidade do solo, as características químicas, físicas e biológicas de cada ambiente. As áreas sem barragem com manejo convencional e as áreas não antropizadas de mata nativa.

As coletas foram realizadas no mês de março, com média mensal de 50 mm de chuvas.

3.2.2.1.1. Coleta - Análise química e física

As amostras de solos para análise química e física foram realizadas em três ambientes de cada propriedade, BS AC - Área de plantio da barragem subterrânea, próxima ao sangradouro (1ª metade), BS AM – Área de plantio da barragem distante do sangradouro (2ª metade), BS EN – Área denominada “encostas” da barragem, SC - sistema convencional e MN – área nativa não antropizada, como referência. A amostragem foi diferenciada para a análise química e física e para a biológica. A amostragem para a análise química e física foi realizada em março de 2009, no início do período chuvoso, e obtida através de uma amostra composta por cada ambiente, coletadas em sete pontos no sentido de zigue-zague, e em três profundidades, 0-10cm, 10-20cm e 20-40 cm.

3.2.2.1.2. Coleta - Análise biológica

As amostras de solos para as análises biológicas foram realizadas em três ambientes de cada propriedade, BS AC - Área de plantio da barragem subterrânea, próxima ao sangradouro (1ª metade), BS AM – Área de plantio da barragem distante do sangradouro (2ª metade), BS EN – Área denominada “encosta” da barragem, SC - sistema convencional e MN – área nativa não antropizada, como referência. As amostras biológicas foram coletadas no mês de março de 2009, no início do período chuvoso, e obtidas a partir de amostras compostas, retiradas ao acaso, a uma profundidade de 0-10 cm. Foram estabelecidos três círculos (com 1m de diâmetro cada) na área de cada tratamento e coletada uma amostra composta de 10 pontos em cada círculo. Totalizando três amostras compostas por ambiente, e quinze amostras por propriedade. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em gelo até a chegada ao laboratório para preparo e realização das determinações.

3.2.2.2. Laboratório

3.2.2.2.1. Análises dos atributos químicos

As análises químicas e físicas foram realizadas pelo laboratório da Embrapa Semi-árido seguindo os procedimentos analíticos descritos abaixo praticados neste laboratório. Observação: Os procedimentos seguiram o Manual de Métodos de Análises de Solos da EMBRAPA (1997).

O pH em H₂O foi determinado numa suspensão solo-líquido, na proporção 1:2,5, agitada e deixada em repouso por uma hora. Após uma hora, agitou-se novamente e fez-se a leitura em potenciômetro. A condutividade elétrica foi determinada pelo método da pasta de saturação. A leitura foi realizada no extrato da pasta de saturação, utilizando condutivímetro.

O carbono orgânico das amostras em três profundidades, para física e química, foi determinado através do método volumétrico pelo dicromato de potássio 0,4 N e titulado pelo sulfato ferroso.

O valor do Fósforo assimilável (P) foi obtido através do método colorimétrico pelo ácido ascórbico, utilizando-se como solução extratora o Mehlich 1 (HCl 0,05 N e H₂SO₄ 0,25 N) e o Potássio (K⁺) e Sódio (Na⁺) trocáveis foram extraídos com o extrator Mehlich 1 (HCl 0,05 e H₂SO₄ 0,25 N) na proporção de 1:10 e determinados por fotometria de chama.

A Acidez trocável (H⁺ + Al⁺⁺⁺) foi determinada através do método volumétrico com extração pelo acetato de cálcio normal pH 7,0 e titulação pelo hidróxido de sódio trocável 0,06 N, gerando parte dos dados para calcular o Hidrogênio trocável que foi obtido através do cálculo da diferença entre os valores de acidez trocável e do alumínio trocável;

O Cálcio (Ca²⁺), o Magnésio (Mg²⁺) e o Alumínio (Al³⁺) trocáveis foram extraídos com solução de KCl 1 N na proporção de 1:10. Após agitação e repouso, tirou-se do sobrenadante duas alíquotas de 50 ml, sendo o Al determinado numa delas pela titulação de acidez com NaOH 0,025 N, usando-se azul de bromotimol como indicador. Nessa mesma alíquota, foi efetuada a determinação de Ca⁺⁺⁺ Mg²⁺, com adição de uma gota de água de bromo para destruir o azul de bromotimol, adicionando-se em seguida o coquetel tampão. Já na outra alíquota, foi determinado o Ca²⁺, adicionando-se trietanolamina 50% e KOH 10%. Ambas as soluções foram tituladas com EDTA, usando-se como indicador, erichrome black e murexida, respectivamente; por diferença, obteve-se o Mg²⁺.

A Soma de bases trocáveis (valor S) foi obtida pela soma dos seguintes valores:

$$S = Ca^{++} + Mg^{+} + Na^{+} + K^{+};$$

Enquanto que a capacidade de troca de cátions (T/CTC) foi obtida somando-se algebricamente:

$$T / CTC = S + (H^{+} + Al^{+++});$$

A percentagem de saturação por bases (valor V) foi calculada pela expressão:

$$V\% = 100 S/T;$$

A percentagem de saturação por alumínio (valor m) foi calculada pela seguinte expressão:

$$m\% = 100 Al^3/S+Al^3;$$

E a percentagem de saturação por sódio foi calculada pela expressão abaixo:

$$100Na^{+3}/T.$$

3.2.2.2. Análises dos atributos físicos

A densidade das partículas foi determinada através do balão volumétrico de 50 mL, utilizando 20 g de TFSE e água como fluido para determinação do volume ocupado pelas partículas e a densidade do solo foi pelo método da proveta. A partir delas foi calculada a porosidade total, segundo a fórmula: $P = (dp - ds) \times 100/dp$. Granulometria, pelo método da pipeta.

3.2.2.3. Análise dos atributos biológicos

As análises dos atributos biológicos foram realizadas no Laboratório de Controle Biológico da Embrapa Semi-árido conforme procedimentos descritos abaixo.

Determinação de carbono orgânico total do solo (COT)

O carbono orgânico total do solo (COT) foi quantificado pelo método de Walkley-Black por oxidação da matéria orgânica via úmida, empregando solução de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) em meio ácido descrito em EMBRAPA (1997). As amostras de solos foram maceradas em partículas finas e pesadas 2 g em erlenmeyer de 125 ml misturando-se solo-solução. Em seguida adicionou-se 10 ml de $K_2Cr_2O_7$ e logo após 20 ml de H_2SO_4

concentrado (P.A.) que gera o aquecimento necessário para que ocorra a reação e agitando manualmente para a mistura do solo e da solução.

A amostra foi deixada em repouso por 40 minutos, ou até esfriar. Após esfriar, foram adicionados 40 ml de H₂O destilada e esperou-se esfriar por mais alguns minutos, a reação da água com o ácido aqueceu um pouco a amostra, depois foram adicionados 5 ml de H₃PO₄. As amostras em branco tiveram a mesma preparação das outras, exceto pela adição de solo e foram as primeiras a serem tituladas. As amostras foram tituladas visualmente em sulfato ferroso amoniacal [(NH₄)₂ Fe(SO₄)₂ · 6H₂O] 0,5N, usando como indicador, sete gotas de difenilamina ((C₆H₅)₂NH) 1% em H₂SO₄. O ponto de viragem é de uma coloração escura para um verde escuro. Como ressaltam Oliveira e Neves (2006), a indicação visual do ponto final é de difícil exatidão.

A reação que ocorre na titulação é **2Cr₂O₇²⁻ + Corg → 16H⁺ 4Cr₃₊ + 3CO₂ + 8H₂O**. Oliveira e Neves (2006) ressaltam que “o dicromato consumido equivalente ao carbono orgânico existente na amostra de solo, tendo o dicromato de potássio como padrão. O excesso de dicromato não consumido é titulado com solução padronizada de sulfato ferroso. A indicação visual do ponto final é detectada através da passagem da cor violeta para a verde (neste ponto, o excesso de dicromato é totalmente consumido pela reação) empregando-se o indicador redox de difenilamina, juntamente com ácido fosfórico para complexar o Fe(III) formando: **Cr₂O₇²⁻ + 6Fe²⁺ + 14H⁺ → 2Cr³⁺ + 6Fe³⁺ + 7H₂O.**”

A fórmula utilizada para obtenção do teor de COT foi:

$$CO = V_1 (1-T/B) \cdot 0,003 \cdot (1/0,77) \cdot (100/0,5) \text{ dag/Kg}$$

Onde:

V₁ = volume (mL) de dicromato adicionado;

B = volume (mL) gasto de sulfato ferroso na prova em branco;

T = volume (mL) gasto de sulfato ferroso para a amostra do solo;

CO = carbono orgânico em dag / Kg

0,003 = mmol_c do carbono expresso em grama;

0,77 = fator de recuperação do método;

0,5 = peso da amostra de solo (g);

100 = transformação do resultado para dag/Kg = %

Dag/Kg = decagrama por kilograma (corresponde a %)

Determinação do Carbono da Biomassa Microbiana do Solo (CBMS)

O Carbono da Biomassa Microbiana foi determinado pelo método de fumigação-extração de Vance *et al.* (1976), adaptado por De-Polli *et al.* (1997).

As amostras foram peneiradas e retiradas às raízes, restos de folhas ou de pequenos animais. Após peneirar, foram pesadas para a determinação de umidade e para obtenção do peso seco das amostras. Após a determinação, foi corrigida a umidade para a capacidade de campo, buscando-se a padronização das amostras, pois o objetivo é a caracterização da área e não um estudo da dinâmica ou flutuação da biomassa microbiana do solo. Em seguida, o solo foi pesado para as amostras fumigadas e não-fumigadas, sendo três repetições para cada amostra avaliada. As repetições reduzem os erros que possam ocorrer durante o processamento das amostras e a leitura. Foram pesados 10 g de solo para cada amostra, a fumigada em recipientes com tampas e as não-fumigadas em erlenmeyer de 125 ml. Foram feitas três amostras em branco para as fumigadas e três para as não fumigadas recebendo o mesmo tratamento das amostras com exceção a adição de solo.

A amostra fumigada foi transferida, imediatamente após a pesagem, para um dessecador, contendo 80 ml de CHCl_3 (sem etanol) em um Becker centralizado, e este foi evaporado com a ajuda de uma bomba de vácuo. Observou-se a movimentação do líquido para que a retirada do ar não levasse o mesmo a derramar. Vedou-se bem o dessecador. As amostras ficaram 24 horas em incubação, e foram retiradas após a aspiração do CHCl_3 através da bomba de sucção. O dessecador foi aberto em capela de exaustão e foi deixado alguns minutos antes das amostras serem manuseadas. As amostras não fumigadas não passam por esse processo, seguem apenas os procedimentos de extração citado abaixo.

Em seguida, transferiu-se o solo para um erlenmeyer de 125 ml e acrescentou-se 25 ml de K_2SO_4 0,5M, com pH corrigido entre 6,5-6,8. As

amostras foram colocadas em um agitador orbital por 1 hora a 180rpm. Os elenmeyers foram retirados do agitador e deixados em repouso para decantação por 30 minutos. Logo após, foi feita a filtração em papel filtro lento obtendo-se assim o extrato para a análise. Posteriormente, foi retirada uma alíquota de 10 ml do extrato para erlenmeyer de 125 ml e adicionados 10 ml de solução de $K_2Cr_2O_7$ $0,1 \text{ mol}_c.L^{-1}$, 10 ml de H_2SO_4 concentrado (P.A.), após esfriar um pouco foram acrescentados 5 ml de H_3PO_3 . Novamente, esperou-se esfriar, dessa vez por 30 minutos, e foram adicionados 30 ml de H_2O destilada. A titulação procedeu com uma solução de $[(NH_4)_2 Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O]$ 0,05N, usando como indicador, nas amostras, seis gotas de difenilamina 1% em H_2SO_4 , mudando de laranja para violeta. O ponto de viragem é de violeta para verde escuro.

Segundo Silva *et al.* (2007a), a fórmula utilizada para o carbono extraído é:

$$C \text{ (mg C . kg}^{-1} \text{ de solo)} = (Vb - Va) \cdot N \cdot 0,003 \cdot V_1 \cdot 10^6 / Ps \cdot V_2$$

onde:

C = carbono extraído do solo;

Vb (ml) = volume do sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da solução controle (branco);

Va (ml) = volume gasto na titulação da amostra;

0,003 = miliequivalente do carbono

V_1 = Volume do extrator K_2SO_4

V_2 = alíquota pipetada do extrato para a titulação.

N = normalidade exata do $(NH_4)_2 Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$;

Ps (g) = massa de solo seco

O cálculo da BMS é dado pela fórmula:

$$BMS - C \text{ (mg C microbiano . kg}^{-1} \text{ solo)} = FC \cdot kc^{-1},$$

onde:

BMS = biomassa de carbono microbiano do solo em mg de C por kg de terra (ou $\mu g.g^{-1}$);

FC = fluxo obtido da diferença entre a quantidade de C (mg.kg^{-1}) recuperada no extrato da amostra fumigada e a recuperada na amostra não fumigada;

kc = fator de correção 0,30 proposto por Feigl *et al.* (1995)

Obs.: Os valores foram convertidos para a unidade, $\text{dag C microbiano. Kg}^{-1}$ solo.

Determinação da Respiração Basal do Solo (RBS)

A determinação da respiração basal do solo tem por objetivo avaliar a variação da atividade microbiana. Adaptando a metodologia descrita por Grisi (1979) pesou-se 100g de solo e colocou-se em frasco hermético com volume de 1000 ml. Colocou-se em cada frasco hermético, um recipiente com 10 mL de NaOH $1 \text{ mol}_c.\text{L}^{-1}$; fechou-se hermeticamente; foram feitas três amostras para controle sem solo; incubou-se a uma temperatura de $28 \text{ }^\circ\text{C}$ por um período total de 5 dias. Após incubação por 1 dia, o frasco foi aberto e imediatamente foi adicionado 5 mL da solução de BaCl_2 10% em água, para impedir que o Na_2CO_3 formado fosse desdobrado em NaOH + CO_2 novamente, quando da titulação. Retirou-se o béquer do frasco e acrescentou-se 3 gotas do indicador Fenolftaleína 1% em meio alcoólico. Procedeu-se posteriormente a titulação do NaOH não utilizado durante a incubação da amostra de solo, com HCl $0,5 \text{ mol}_c.\text{L}^{-1}$, até o desaparecimento da cor rósea. Anotou-se a quantia de HCl gasto na titulação. Após a leitura, correspondente ao 1º dia de incubação, novamente colocou-se um béquer com NaOH em cada frasco, fechou-se hermeticamente, incubou-se por mais 4 dias e foi feita a titulação novamente. Os mesmos procedimentos foram repetidos durante 20 dias, obtendo-se assim uma média cumulativa da quantidade de CO_2 liberado por grama de solo seco, durante todo o período de incubação.

Determinação do quociente metabólico (qCO_2) e do quociente microbiano:

A taxa de respiração por unidade de biomassa, ou quociente metabólico (qCO_2), foi obtida pela relação entre a taxa de respiração basal, que consiste na medida da produção de CO_2 , resultante da atividade metabólica no solo, e da biomassa microbiana (ANDERSON & DOMSCH, 1993). O quociente microbiano ($CBM/COT*100$) foi calculado para refletir os aportes de carbono e a conversão de substratos orgânicos para o CBM.

3.2.3. Terceira etapa - Avaliação dos indicadores de sustentabilidade

O objetivo da terceira etapa foi concluir esse tempo 1 dos passos do MESMIS, fazendo a integração e apresentação dos resultados, e a partir da construção dos gráficos de radar e da discussão tirou-se algumas recomendações e conclusões sobre a realidade avaliada. Nesse processo de diálogo foram apresentados também os resultados obtidos das análises químicas, físicas e biológicas dos solos.

As famílias avaliaram os indicadores sugeridos a partir de sua vivência, ressaltando as potenciais causas dos problemas detectados e a influência da barragem subterrânea e das outras tecnologias de captação de água da chuva nestes. E dentro desse diálogo surgiram questionamentos e propostas para melhor adequar os valores de cada indicador. Os parâmetros utilizados para cada indicador sugerem níveis de sustentabilidade maiores ou menores, sendo 5 - nível alto de sustentabilidade, 4 - nível bom, 3 - nível razoável, 2 - nível baixo, 1- nível muito baixo e 0- insustentável de acordo com a percepção dos agricultores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Dinâmicas sociopolíticas e culturais no semiárido paraibano – acesso a terra e a água

Segundo Silveira *et al.* (2002), o agreste paraibano teve uma ocupação antiga, comparado a outros espaços do Nordeste, estabelecendo-se em seu território a combinação de importantes atividades geradoras de renda com produções alimentares destinadas de forma prioritária ao consumo local/regional, sofrendo alterações em seus ciclos econômicos durante todo o século XX. Fato esse, atribuído pelos autores, “a uma fragmentação das propriedades e decréscimo das áreas disponíveis para as atividades produtivas da agricultura familiar”.

Nas últimas décadas, os agricultores no semiárido paraibano vêm construindo uma teia social organizada e atuante onde foram criadas alternativas para a convivência com as limitações e potencialidades do semiárido. Essa realidade, baseada na atuação sindical e na ação de organizações não governamentais, proporciona um mosaico de cultivos e de

tecnologias experimentadas e intercambiadas pelos agricultores promovendo uma evolução no processo de sustentabilidade local.

Os agricultores participantes deste estudo participam dessa dinâmica bem antes de participarem dos movimentos de luta pela terra, pois sempre foram agricultores, vivem da terra, em pequenas propriedades e utilizam a mão de obra familiar para manejar seus agroecossistemas.

O Diagnóstico Rural Participativo permitiu a coleta de informações sobre o histórico de vida das famílias e sua relação com o ambiente buscando estimular o agricultor a participar ativamente da pesquisa enquanto sujeito do processo, permitindo um diálogo aprofundado sobre as situações diagnosticadas e dentro das complexidades e contradições encontradas durante esse processo.

A Propriedade 01 possui uma família que migrou do brejo paraibano, região com altos índices pluviométricos e distribuição regular durante o ano, para uma área mais seca, que é o Curimataú. A mudança ocorreu porque a família não possuía terra no brejo, viviam na propriedade dos pais da Senhora Anilda Pereira. Segundo a agricultora, a família observou que a divisão das terras de seus pais, uma área de seis hectares, não conseguiria promover a reprodução de sua família, pois ela tem mais seis irmãos.

O processo de acesso a terra para garantir a reprodução da família iniciou-se com as participações nas reuniões do Movimento Sem-Terra e estes momentos garantiram a propriedade que atualmente mantêm a família. A Senhora Anilda Pereira descreve este momento da vida da família:

“Entre em contato com o MST por um compadre de meu pai. Meu pai veio antes ver como era, mas quando ocuparam eu estava de resguardo e não pude vir. Mas quando o bebê foi crescendo eu vim.

No ano que a gente ocupou aqui era tão seco, tão seco, que aquele açude estava seco. A água de beber vinha da cidade. A gente passava três dias aqui e ia em casa tomar banho (a casa dos pais, na região do Brejo), porque a água daí era muito pouca e só era sal, a gente tomava banho com essa água e nem ensaboava. Porque o fazendeiro tirava a água do açude para outro lugar. Mas a água do açude é muito salgada. A gente usava porque não tinha cisterna, pra lavar banheiro, lavar não tinha nada.”

A Sra. Anilda Pereira contou com orgulho o histórico da ocupação das terras:

“Nós passamos quatro anos em baixo de barraco. Depois de quatro anos foi que veio sair a casa. Quatro anos em barraco de lona mesmo. Quando a gente viu que ia demorar mesmo, a gente construiu aquelas casinhas de taipa. Tudo foi na base de luta. Não houve conflito, porque o dono tinha um débito muito grande com a Sudene na época. Que não houve conflito, nem despejo nem nada. A luta que a gente fala é mobilização. Pra gente conseguir a energia aqui tivemos que fechar essa BR três vezes.”

Hoje, as famílias do Assentamento apóiam os movimentos em outras regiões, mas mantêm as lutas locais, com a Escola de Educação no campo, que será construída no assentamento.

A trajetória da família mostra a vontade de permanecer na terra e de se reproduzir através dela. A terra aqui, independente da região, foi o fator que levou a migração da família que buscava alternativas para a divisão da herança fundiária. No semiárido, as terras das famílias quando subdivididas entre os filhos, impossibilita a reprodução e a constituição de sistemas produtivos que promovam a sustentabilidade das famílias.

A família tinha conseguido a terra, mas deparou-se com outra limitação, os longos períodos secos do Curimataú paraibano. Nos primeiros anos a Sra. Anilda estranhou o clima seco da região, e afirmou que só ficou porque já tinha duas filhas e pensava principalmente nelas.

Dez anos depois, ela fala sobre as conquistas do Assentamento, em relação ao acesso a água de qualidade, para beber e produzir. Primeiro através do Pólo Sindical, depois pelo INCRA.

Além da Barragem subterrânea, a família possui outras tecnologias de convivência com a seca, mas estão sempre em busca de mais alternativas que permitam a produção e a sustentabilidade de seu agroecossistema.

A barragem foi construída há dois anos e já teve dois períodos de produção. A agricultora conta que toda a propriedade está situada em um ambiente seco:

“A barragem, ali é uma área muito seca. A única água que eu tinha era a do

meu tanque (tanque de pedra), quando ele seca tem que ir buscar água longe. A gente não tinha como produzir no verão, só no inverno. A barragem é um meio de a gente ter pelo menos o feijão no período da seca, e quando está com a molhação em cima, dá pra plantar coentro e outras coisas. Aqui no assentamento só quem se interessou fui eu.”

O interesse dela e o sucesso da produção na barragem já têm estimulado outros/as agricultores/as no assentamento. Estes também querem construir a barragem. E a própria Sra. A.P. pensa em construir outra em sua área, criando um sistema de barragens sucessivas e permitindo o cultivo em uma área maior do que o um (1) hectare que produz atualmente.

A água para consumo humano vem da cisterna rural, e ela já tem a previsão para construir uma cisterna tipo calçadão, que consegue armazenar até 52 mil litros de água, que pode ser utilizada para irrigar pequenos canteiros próximos a casa, ou para consumo humano e animal. A cisterna de placas de 16 mil litros tem uso restrito para consumo humano, por ser de pequeno porte, a quantidade de água tem que ser utilizada de forma consciente para não faltar no período de seca.

Na construção dos mapas da propriedade foram observadas as percepções da família de forma desagregada, homens, mulheres e crianças, em relação à propriedade. Foi sugerido que as crianças também construíssem o mapa (Figura 07) e nessa construção as crianças colocaram a chuva em todos os desenhos, demonstrando a importância que a chuva tem para o desenvolvimento dessa região. A casa é outro componente que sempre é desenhado, ressaltando a importância desse componente da propriedade na vida das crianças.

A foto A na figura 07, mostra no canto direito do mapa os componentes da agrovila, com a “faxina” e a cisterna abaixo. No canto esquerdo da figura, as crianças desenharam a área de produção e, em azul no centro da propriedade, dentro do círculo amarelo, a barragem subterrânea.



Figura 07. A - Mapa da propriedade construído por duas crianças do sexo masculino, evidenciando a chuva. B- Desenho construído por menina de 5 anos, evidenciando a casa. Remígio, Paraíba, 2009.

Ao apresentar os mapas um dos filhos disse:

“Eu gosto mais da faxina. Porque tem as plantas que faz os remédios. E a cisterna também.”

A mãe avaliou também os desenhos dos filhos, que mostravam principalmente a casa e o quintal. Dona A. P. constatou que:

“Eu acho que a coisa mais importante desse ao redor de casa é a cisterna, depois a faxina e depois o galinheiro. Você pode ver que os meninos todos desenharam, mas não esqueceram da cisterna.”

No processo de construção e discussão dos mapas (Figura 08) a família apresentou a realidade e os sonhos para a propriedade, sendo esse um momento onde colocaram as necessidades de mais aguadas (água para a produção e criação) e do manejo da caatinga para forragem.

A família da Sra. A. P. é composta por sete pessoas, a mais nova tem 5 anos e a mais velha tem 15. Ela ressalta que todos trabalham. E que no caso dos menores *“trabalha não, os pequenos ajudam. Geralmente eles plantam, ela gosta muito de plantar, porque ela gosta muito de brincar na terra [falando sobre a filha mais nova]. Os três maior, mais velhos é que me acompanham.”*

São cinco filhos, três (3) meninas e dois (2) meninos, todos estudam inclusive a Sra. Anilda Pereira. A filha mais nova estuda o 1º ano fundamental, a mais velha o 1º ano ensino médio, o menino mais novo estuda 3º ano fundamental, *“o outro é atrasado, ele tava no 3º ano e agora ele está no acelera Brasil, e a outra estuda o 8º ano ensino fundamental”*.

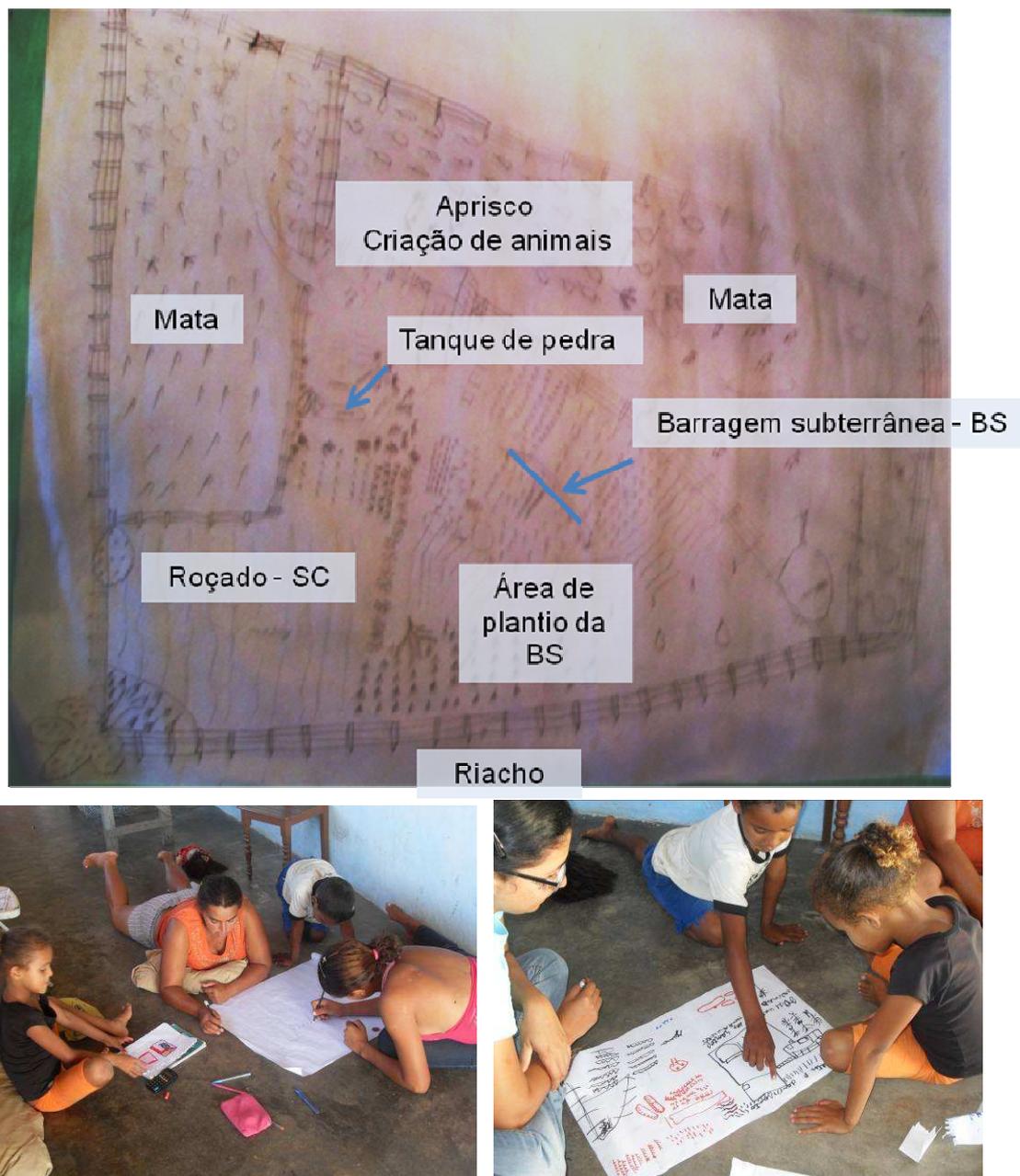


Figura 08. Construção e discussão dos mapas da propriedade. Remígio, Paraíba, 2009.

A declaração da agricultora reflete a realidade do Estado da Paraíba que tem 20,2% de sua população analfabeta (IBGE, Censo 2010). Ela ressalta que não teve como estudar quando era menor, mas que voltou a estudar, ao contrário do marido que não quis voltar. Ela ressaltou que:

“Eu parei quando tinha 12 anos, minha mãe me tirou da escola, eu era a mais velha e a mais velha tinha que tomar conta de casa, fazer uma coisa e outra, minha mãe me tirou da escola muito tempo, eu terminei só o primário, e naquela época não era obrigado a manter os filhos na escola. E aí ano passado, tem carro na porta pegando os estudantes e todas as escolas tem o EJA, aí eu voltei a estudar a noite. Ele não se animou, meu esposo não tem tempo não.”

A segunda família participante desse estudo também teve acesso a terra através da luta e do desejo do Sr. Francisco Lira de possuir um pedaço de terra para poder produzir com liberdade. Ele ressalta que:

“Antes de vir para o assentamento eu morava em Arara. Aí eu tinha vontade de conseguir um pedaço de terra, porque a gente não tinha terra, meu pai tinha uma terra lá no Uruçu, mas era pouca. Aí eu tinha vontade e junto com o movimento conseguimos essa área aqui. Aí a gente começamos a trabalhar na terra, mas a gente tem que ter conhecimento para viver, sobreviver na terra, porque se a gente não tiver conhecimento só a terra em si não é nada. Aí através das visitas que eu fiz, através do conhecimento junto com o sindicato e o pólo, aí vocês estão vendo o resultado aí. Na realidade. Vocês viram lá na barragem e estão vendo o que a gente tá produzindo.”

A família do Sr. Francisco Lira é composta por 5 pessoas, 1 mulher (36 anos), 1 homem (45 anos), uma jovem (16 anos), um jovem (19 anos) e um bebê de 1 ano e oito meses.

A única que estava na escola era a jovem, que terminou o ensino médio no final de 2009, o filho mais velho parou no primeiro ano do ensino médio e resolveu se dedicar ao trabalho na roça. A mãe estudou até a 2ª série do ensino fundamental, o pai até a 3ª série do ensino fundamental.

O Sr. Francisco Lira e família possuem a barragem há dois anos também, e em 2009 estavam no segundo ano de produção. Já observaram diferenças, principalmente, na durabilidade da umidade no solo, permitindo que colhessem gerimuns até o final do período seco. Os cultivos que estão na barragem não têm sido comercializados, exceto o gerimum, que teve um

excedente de produção que possibilitou a comercialização dentro do próprio assentamento.

A barragem foi adquirida através da seleção das famílias realizada pela organização não governamental PATAC - Programa de Aplicação de Tecnologias Apropriadas às Comunidades - Unidade Gestora da Articulação do Semi-árido/ASA, Pólo Sindical e o Sindicato de Solânea através do Programa Uma terra Duas águas, P1+2 (Figura 09).

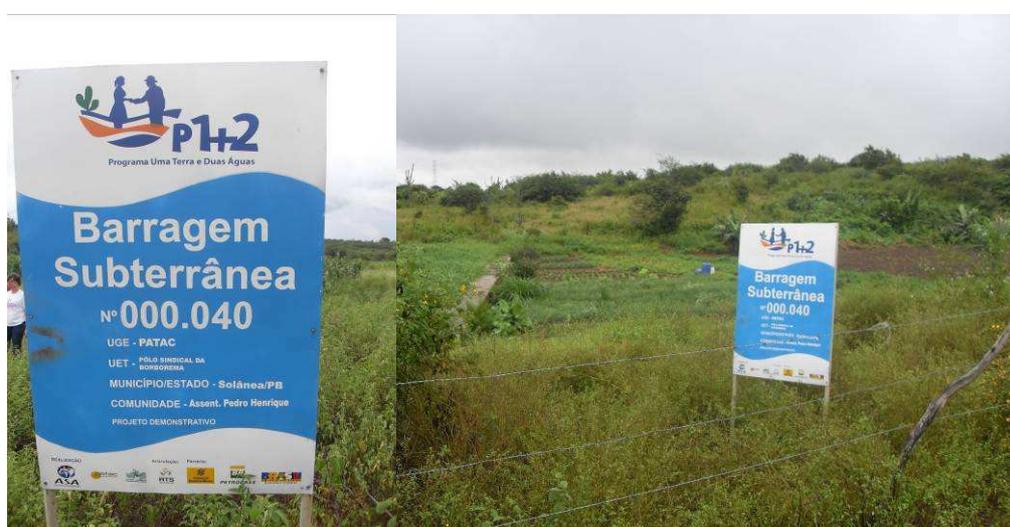


Figura 09. Placa do programa P1+2, PATAC-ASA, Propriedade 02, Sr. F. L. Solânea, Paraíba, 2009.

Segundo a Articulação no Semi-árido Brasileiro – ASA (2011), “o Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2) é uma das ações do Programa de Formação e Mobilização Social para Convivência com o Semiárido da ASA. O 1 significa terra para produção. O 2 corresponde a dois tipos de água – a potável, para consumo humano, e água para produção de alimentos.”

Esse programa tem por objetivo “fomentar a construção de processos participativos de desenvolvimento rural no Semiárido brasileiro e promover a soberania, a segurança alimentar e nutricional e a geração de emprego e renda às famílias agricultoras, através do acesso e manejo sustentáveis da terra e da água para produção de alimentos” (ASA, 2011).

Geralmente os projetos pagam o material e o pedreiro, e como contrapartida a família faz o papel de servente na obra. Sobre a barragem subterrânea o Sr. Francisco Lira comenta que:

“Eu mesmo, falar a verdade, quando eu via a experiência da barragem, mas eu não acreditava muito não. Aí eu lutei, lutei pra tentar conseguir. Consegui uma. Essa daí, quando eu construí pensei, mas rapaz será que dá certo. Fiquei meio assim, desacreditando. Aí eu plantei primeiro o capim, na seca, nasceu. Vai dá certo. Aí plantei o gerimum, nasceu. Aí depois plantei o feijão macassa, sem muita certeza, nasceu meio falhado mas depois o feijão estendeu. O milho também. Mas aí depois, esse ano mesmo eu sei que dá certo. Eu já tenho certeza. Eu via nos outros cantos mais não acreditava.”

Ele afirma que a influência da barragem tem sido muito grande, pois na área onde existe a barragem eles não utilizavam para plantio, porque a umidade não se mantinha no solo, agora produzem milho, feijão, capim, e começaram a cultivar hortaliças e algumas fruteiras, que ainda não estão em produção.

Em relação à segurança alimentar e nutricional, observou-se que a família a partir da barragem, teve acesso a uma diversidade de alimentos, em quantidade adequada, por um maior período de tempo.

Na figura 10 o Sr. Francisco Lira (Sr. F. L.) conversa sobre o que existe na propriedade e começa a desenhar o mapa. A família não participa diretamente do desenho, mas vão conversando sobre o local de cada componente do agroecossistema.

Em relação às práticas agroecológicas nos cultivos da barragem subterrânea o Sr. F. L. afirma que:

“Quando a gente vem começando o movimento, a gente já vai trabalhando e eles vão ensinando a gente a não usar veneno, agrotóxico. E o conhecimento que eu tenho porque além de ter participado do movimento, eu participei de muitas visitas de intercâmbio pelo Pólo e pelo sindicato que eu participei em Arara, aí a gente vai tendo o conhecimento que não pode usar veneno. É proibido. Não é proibido, mas a gente não usa porque afeta

a gente. É melhor não usar, e outra coisa é que eu sou apicultor há 15 anos e eu não destruo a natureza.”

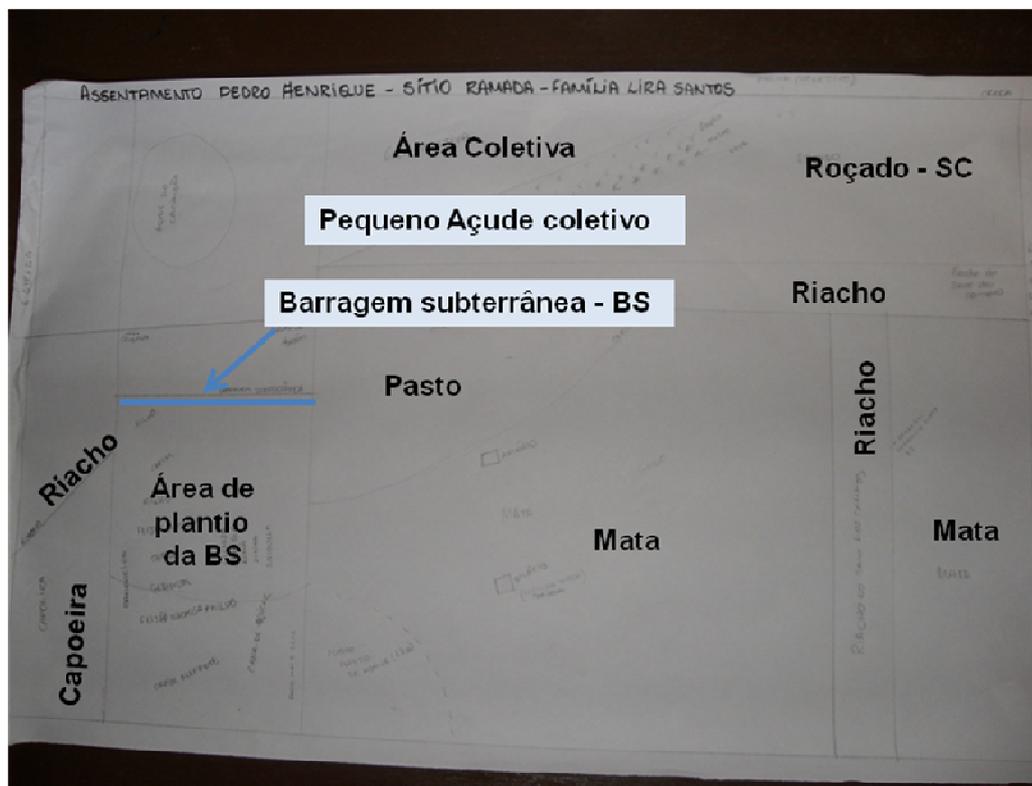


Figura 10. Construção e discussão dos mapas da propriedade. Remígio, Paraíba, 2009.

Ambas as famílias ressaltaram a influência positiva da barragem nos sistemas de produção, na segurança alimentar e na participação social, todos esses indicadores, melhoraram após a construção da tecnologia. Observa-se que com o acesso a água para um cultivo mais duradouro as famílias

obtiveram uma melhor qualidade de vida, aliadas ao consumo de alimentos mais saudáveis e mais diversificados. Aqui, observa-se que a sustentabilidade avaliada a partir da segurança alimentar e nutricional aumentou, mostrando a potencialidade que as tecnologias de captação e armazenamento de água para produção têm.

A Segurança alimentar e nutricional é um dos indicadores mais importantes para avaliar a sustentabilidade de unidades de produção familiar no semiárido, pela vulnerabilidade do agricultor familiar dessa região. Nesse caso, vulnerabilidade pode ser conceituada segundo Gazolla e Schneider (2007), como um alto grau de exposição para o risco, choques e *stress* e, a propensão à insegurança alimentar (do grupo doméstico), é maior do que em outras áreas do país. O semiárido, com sua irregularidade de chuvas e alta evaporação, aliados a um histórico de políticas públicas equivocadas e pouco eficientes, apresenta os maiores índices de pobreza do Brasil.

Gazolla e Schneider (2007) afirmam também que “a produção para o autoconsumo/auto-provisionamento é uma das principais formas que o agricultor familiar tem para se reproduzir enquanto tal na presente sociedade, gerando autonomia produtiva e reprodutiva e sociabilidade, principalmente pelas relações de trocas entre famílias”, assim, afirma a importância de tecnologias que permitam a produção de alimentos em quantidades adequadas, de forma contínua e com qualidade nutricional.

A barragem subterrânea influenciou também a organização do trabalho dentro das propriedades, mostrando que a família se reorganizou para dividir as tarefas de manejo de seus agroecossistemas, nessa organização, observa-se a participação de todos, em maior ou menor grau.

Outra ferramenta utilizada e que gerou resultados interessantes foi a construção dos calendários (atividades, sazonal e de cultivo) (Figura 11) pela família, promovendo a discussão sobre a organização do trabalho, as chuvas, a agricultura e pecuária.

As duas famílias apresentaram informações sobre a distribuição do trabalho na propriedade, as épocas de plantio, o manejo para cada atividade, a colheita e a comercialização dos produtos excedentes (Tabela 07 e 08). Essa

atividade, feita coletivamente, também detalhou o trabalho doméstico e as atividades nos quintais.



Figura 11. Construção coletiva do calendário sazonal, de atividades por gênero e idade, de cultivos e de chuvas. Remígio, Paraíba. 2009.

A tabela 07 mostra o calendário de plantio e as atividades divididas por gênero. Segundo a família da Sra. Anilda Pereira, Propriedade 01, as crianças não trabalham (no caso em atividades pesadas ou exaustivas), na verdade ajudam em pequenas coisas durante as atividades. A principal atividade delas é o estudo. Mostra também o acúmulo de atividades da mulher e das crianças principalmente nos meses de chuva, que na percepção da família vai de março a agosto anualmente. Fato esse confirmado pela Figura 06.

O cultivo de plantas medicinais, aromáticas e condimentares se estende por todo o ano, na área próxima a casa (faxina) e as atividades de manejo são predominantemente da mulher e das crianças (Figura 12).



Figura 12. Família dialogando sobre a “faxina”, área de cultivo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas da Propriedade 01, no Assentamento Oziel Pereira em Remígio, PB. 2009.

A Tabela 07 mostra também que as atividades não-agrícolas do marido estão concentradas nos meses que não chove. E o artesanato é realizado em todos os meses do ano.

Outro fato relevante é a comercialização, aqui, a venda de aves e a feira são atividades exclusivas do pai e da mãe. O calendário também mostra o papel da mulher enquanto responsável pela saúde e pela alimentação da família garantindo a segurança alimentar e nutricional.

Tabela 07. Calendário agrícola, de gênero, de chuvas e de atividades da Propriedade 01, no Assentamento Oziel Pereira em Remígio, PB. 2009.

Calendário agrícola, de gênero, de chuvas e de atividades - Propriedade 01, Remígio-PB												
Atividade	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
CHUVA			X	X	X	X	X	X				
1 Plantio (feijão)			X (M,C)		X (M,C)		X (M,C)					
2 Plantio (milho, fava, batata-doce)			X (M, H, C)									
3 Plantio (gerimum, girassol)	X (M,C)	X (M,C)			X (M,C)							
4 Plantio (verdura, legumes)			X (M, H, C)									
5 Plantio (plantas medicinais)	X (M,C)											
6 Saúde e alimentação (multimistura)	X (M)											
7 Atividades domésticas	X (M,C)											
8 Artesanato	X (M)											
9 Colheita (feijão)					X (H, M, C)		X (H, M, C)		X (H, M, C)			
10 Colheita (fava, girassol)									X (M, C, H)	X (M, C, H)		
11 Colheita (batata-doce)	X (H, M, C)	X (H, M, C)			X (H, M, C)							
12 Colheita (gerimum, legumes e c)				X (H, M, C)		X (H, M, C)						
13 Colheita (milho)					X (H, M, C)	X (H, M, C)	X (H, M, C)			X (H, M, C)		
14 Manejo animais grandes (caprinos e I bovino)	X (H, M, C)											
15 Manejo das aves (galinhas)	X (H, M, C)											
16 Venda das aves (galinhas)				X (H, M)	X (H, M)							
17 Atividade do marido	X (H)									X (H)	X (H)	X (H)
18 Férias escolares	X (M,C)	X (M,C)				X (M,C)	X (M,C)					X (M,C)
19 Feira semanal	X (H, M)											

Obs: H- Homem; M, Mulher e C- Criança.

A tabela 08 mostra o calendário da família do Senhor Francisco Lira, Propriedade 02, as atividades não estão tão detalhadas como as da propriedade 01, e a única criança da casa tinha 1 ano e oito meses no período da pesquisa. Assim, a esposa passava a maior parte do tempo com tarefas domésticas e no quintal da casa, por causa dos cuidados com a criança. Ela ressalta que antes do bebê realizava atividades de campo, desde o plantio até a colheita.

Na construção do calendário, a filha do meio escrevia (Figura 13) enquanto discutia com o pai as práticas realizadas durante o ano.



Figura 13. Construção coletiva do calendário sazonal, de cultivos e de chuvas. Solânea, Paraíba. 2009.

Constatou-se na construção dos mapas que o Senhor Francisco Lira em determinados anos ele passa até sete meses fora de casa construindo cisternas de placas de 16 mil litros, em projetos através de entidades locais mobilizadas pela Articulação no Semi-árido Brasileiro – ASA. A filha do meio e o filho mais velho também contribuem nos processos de mobilização dos programas da ASA, seja na construção ou na articulação das comunidades.

A realização de atividades fora da propriedade e a família pequena levam a família a contratar mão de obra externa em alguns períodos do ano, aumentando assim, os custos da produção, e reduzindo a autonomia e estabilidade econômica deste agroecossistema.

Uma das diferenças entre as propriedades é que na propriedade 01 existe uma maior participação da mulher em todas as atividades de campo,

enquanto na propriedade 02 a mulher não realiza as atividades de campo, porque tem um filho com menos de 2 anos de idade.

As atividades domésticas e dos quintais (ao redor de casa) são exclusivas da mulher, confirmando mais uma vez o papel desta na alimentação da família.

Outra diferença entre as propriedades 01 e 02 também aparece na comercialização. Na propriedade 02, a comercialização é feita exclusivamente pelos homens. Vale observar que nessa propriedade o uso de mão de obra externa é feita nos períodos chuvosos, principalmente nos primeiros anos, para abertura das áreas de plantio e construção das cercas.

Tabela 08. Calendário agrícola, de gênero, de chuvas e de atividades, no Assentamento Pedro Henrique, Solânea, PB. 2009.

		Calendário agrícola, de gênero, de chuvas e de atividades - Propriedade 02, Solânea-PB											
Atividade		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
CHUVA			X		X	X	X	X	X	X			
1	Colheita do mel	X (H, M)		X (H, M)			X (H, M)	X (H, M)	X (H, M)				
2	Plantio (feijão, milho, fava)			X (H, M)									
3	Colheita (fava)									X (H, M)	X (H, M)		
4	Colheita (feijão)					X (H, M)							
5	Colheita (milho)									X (H, M)			
6	Criação de gado	X (H, M)	X (H, M)	X (H, M)	X (H, M)	X (H, M)	X (H, M)	X (H, M)	X (H, M)	X (H, M)	X (H, M)	X (H, M)	X (H, M)
7	Pedreiro (coordenação da construção das cisternas de Arara -PB)		X (H, M)	X (H, M)	X (H, M)	X (H, M)	X (H, M)	X (H, M)	X (H, M)				
8	Atividades domésticas	X (M)	X (M)	X (M)	X (M)	X (M)	X (M)	X (M)	X (M)	X (M)	X (M)	X (M)	X (M)
9	Plantio gerimum (Barragem subterrânea)				X (H, M)								
10	Manejo (ao redor de casa e aves)	X (M)	X (M)	X (M)	X (M)	X (M)	X (M)	X (M)	X (M)	X (M)	X (M)	X (M)	X (M)
11	Uso de mão de obra externa						X	X	X	X			
12	Comercialização	X (H)	X (H)	X (H)	X (H)	X (H)	X (H)	X (H)	X (H)	X (H)	X (H)	X (H)	X (H)

Obs: H- Homem; M, Mulher e C- Criança.

4.1.1. Pluriatividade em propriedades com barragens subterrâneas

Como observados nos calendários de atividades, existem períodos de intensa atividade na propriedade, principalmente no plantio (na época da chuva) e colheita, nos quais os homens intensificam seu trabalho no campo.

Nos períodos mais secos as atividades se reduzem na propriedade, reduzindo também a renda e levando as famílias a uma nova organização do trabalho na propriedade, na maioria das vezes os homens saem da propriedade para exercer atividades não-agrícolas, como pedreiros, caracterizando, no caso do esposo da Sra. A.P., um êxodo temporário.

Schneider e Mattos (2006) afirmam que “o estímulo às atividades não-agrícolas e à pluriatividade representa uma justificativa consistente para se gerar oportunidades efetivas de trabalho e renda para as populações rurais, especialmente aquelas mais pobres”.

Neste aspecto, foi observado um impacto das tecnologias de captação e armazenamento de água da chuva principalmente para agricultura (a barragem subterrânea é uma delas), pois a possibilidade de produção por um longo período aumenta às atividades da propriedade por quase um ano (plantio, manejo e colheita das culturas) e conseqüentemente a renda, conseguida com o excedente ou com a produção de alimentos para o consumo da família.

A Tabela 09 mostra que das doze (12) pessoas que compõem as duas unidades familiares estudadas, 66,67% são do sexo feminino, 33,33 % são do sexo masculino, a maioria em idade produtiva, variando de 19 a 59 anos.

Dessas doze pessoas que compõem as duas famílias, cinco (5) podem ser consideradas pluriativas, um (1) não exerce nenhuma atividade, por causa da pouca idade, e seis (6) têm como atividade exclusiva a agricultura e a pecuária desenvolvidas em sua propriedade (Tabela 09).

Tabela 09. Distribuição e percentual de agricultores pluriativos por idade e sexo. Paraíba. 2009.

Idade	Agricultores		Pluriativos		Agricultores		Pluriativos	
	Feminino	Masculino	Feminino	Masculino	Total	%	Total	%
Até 10	1	3	0	0	4	33,3	0	0,0
11 a 18	3	0	1	0	3	25,0	1	8,3
19 a 34	0	1	0	1	1	8,3	1	8,3
35 a 59	2	2	1	2	4	33,3	3	25,0
60 ou mais	0	0	0	0	0	0,0	0	0,0
Total	6	6	2	3	12	100,0	5	41,7

Fonte: Pesquisa de campo, 2009.

Os indivíduos pluriativos nas propriedades estudadas têm uma intensa participação social dentro dos sindicatos, nas ONG's e nas associações, onde três (3) dos cinco indivíduos pluriativos exercem atividades remuneradas nestas instituições, em projetos ligados a convivência com o semiárido, como pedreiros ou coordenadores de obras. Os outros dois trabalham como artesã e pedreiro em outras cidades.

Confirmando a ideia de Schneider e Mattos (2006) em estudo realizado no Rio Grande do Sul, onde apontam que “a forma de exercício da pluriatividade é heterogênea e diversificada e está ligada, de um lado, às estratégias sociais e produtivas que vierem a ser adotadas pela família e por seus membros e, de outro, a sua variabilidade, que dependerá das características do território em que estiver inserida”. A realidade organizacional do Pólo Sindical da Borborema e das organizações que o compõem, criam uma dinâmica própria para as famílias daquela região.

Nas duas famílias observadas, só o esposo da Sra. Anilda Pereira, não participou nesta etapa do projeto porque estava realizando atividades fora da cidade.

A maior parte dos pluriativos são homens (3) sendo 60% do total (Tabela 10).

Tabela 10. Distribuição dos indivíduos pluriativos por propriedade, sexo e idade. Paraíba. 2009.

Idade	Paraíba			
	Propriedade 1		Propriedade 2	
	Feminino	Masculino	Feminino	Masculino
Até 10	1	2	-	1
11 a 18	2	-	1*	-
19 a 34	-	-	-	1*
35 a 59	1*	1*	1	1*
60 ou mais	-	-	-	-
Total	4	3	2	3

Fonte: Pesquisa de campo, 2009. *Indivíduos pluriativos.

A pluriatividade é um dos fatores que compõem a complexidade desses agroecossistemas, que, segundo Schneider e Mattos (2006), “ocorre porque não apenas boa parte da família permanece dedicada à produção como, no geral, as unidades pluriativas são exatamente aquelas que possuem maior número de membros e recorrem à combinação de ocupações como uma estratégia da alocação de força de trabalho excedentária no estabelecimento”.

Nesta realidade, a barragem subterrânea aumentou a quantidade de atividades no campo e a necessidade de um maior manejo, no caso das hortaliças, mudando a organização e a distribuição de atividades nessa família. O sentimento geral, é que a demanda de trabalho na propriedade vêm aumentando e que futuramente haverá necessidade de todos os indivíduos da família se dedicar totalmente a agricultura e a pecuária.

Esse fato colabora com a discussão de manutenção e reprodução da agricultura familiar, pois, uma tecnologia, aliada a outras, cria a perspectiva de sustentabilidade da propriedade, e assim a possibilidade dessas famílias viverem dignamente no campo. Destaca-se que no passado os agricultores (as) não teriam como produzir em determinados meses do ano, dedicando-se a outras atividades, agrícolas e não-agrícolas.

A maioria dos entrevistados atribuiu a opção pela pluriatividade a uma estratégia de aumentar a renda doméstica, porque a propriedade não gerava a quantidade necessária de dinheiro ou alimento para manutenção da família, principalmente no período de seca. Nesse aspecto, salientaram a importância

das tecnologias de captação e armazenamento de água no processo de produção de alimentos para o autoconsumo e geração de renda com a comercialização do excedente, e deste modo promover a manutenção das famílias na propriedade.

O estudo mostra que a pluriatividade tem um papel importante para gerar renda a essas famílias nos períodos de escassez de água, e que as mesmas não as descaracterizam enquanto agricultores familiares, demonstrando assim a importância dessas atividades na manutenção da família e na reprodução da sua identidade.

4.2. Avaliação de Indicadores de sustentabilidade em propriedades com barragens subterrâneas no semiárido da Paraíba

Na primeira etapa da pesquisa, constatou-se que os pontos críticos dos agricultores eram principalmente a produção durante o período seco e a comercialização dos produtos agrícolas, problema esse decorrente da sazonalidade das chuvas no semiárido nordestino.

A avaliação de indicadores iniciou-se com o diagnóstico e a sensibilização dos agricultores para a realização do monitoramento nas duas propriedades. Na construção dos mapas eles perceberam a organização de suas propriedades e o que poderia ser modificado, ou melhorado, esse mesmo fato ocorreu na elaboração do calendário de atividades, de distribuição de tarefas e de cultivos, onde organizaram o que produziam, quando produziam, e as responsabilidades de cada um dentro da propriedade. Essa primeira fase facilitou a compreensão dos agricultores sobre a importância do monitoramento, para que pudessem melhor identificar, monitorar e avaliar as limitações e potencialidades de seu ambiente permitindo assim uma intervenção mais eficiente na realidade observada.

A segunda etapa consistiu na avaliação dos indicadores de sustentabilidade ambiental, social e econômica, pré-estabelecidos através da realização do diagnóstico da primeira etapa. Assim, os agricultores avaliaram

suas propriedades e suas realidades a partir dos 49 indicadores, construídos com base no MESMIS. Esse processo durou em torno de quatro a cinco horas, entre avaliação e construção dos gráficos de radar, cujas pontuações ocorreram segundo os parâmetros pré-estabelecidos.

Ao finalizar as avaliações dos indicadores as famílias observaram os três gráficos (Figura 14) para avaliar em quais dimensões da sustentabilidade estavam tinham mais limitações e potencialidades e o porquê, sugerindo também possíveis soluções. Buscou-se estimular a idéia de interação entre um gráfico e outro, entre uma dimensão e outra, ressaltando que os problemas ambientais podem estar relacionados aos problemas sociais e econômicos e vice-versa.



Figura 14. Avaliação dos indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas com barragens subterrâneas na Paraíba. Propriedade 01- Sra. A. P. e família, Propriedade 02- F.A.L.S. e família. Municípios Remígio e Solânea, Paraíba, 2009. Fotos: Márcia Moura Moreira.

A interpretação dos resultados foi feita posteriormente, de forma comparativa, observando as duas propriedades e a avaliação individual de cada família.

Os 49 indicadores ficaram divididos em: 17 ambientais e técnico-agronômicos, 16 sociais e 16 econômicos, inicialmente com parâmetros variando de 1 a 5, mas para alguns indicadores os agricultores atribuíram o valor 0, revelando que a realidade é mais limitante do que o parâmetro 1 sugerido.

4.2.1. Dimensão social

O gráfico sobre a dimensão social (Figura 15) permitiu observar que na Propriedade 01 (Família da Sra. Anilda Pereira) os valores atribuídos aos indicadores são menores do que a propriedade 02 (Família Senhor Francisco Lira), esse valor pode ser atribuído ao fato de que a família da propriedade 01 ainda é constituída por uma maioria de crianças, o que impossibilita uma realização de trabalhos mais pesados.

A família da Propriedade 01 ressaltou também, que gostaria de diminuir o endividamento, fato esse procedente de um empréstimo bancário para promover melhorias na propriedade.

Outro indicador que os agricultores avaliaram diferentemente foi o direito sobre a propriedade. Ambas as famílias são assentadas de reforma agrária e não possuem o título da terra, levando a seguinte indagação de um dos agricultores (Propriedade 02):

“Eu ainda não entendi que direito eu tenho nessa propriedade. Porque até hoje eu não recebi nenhum papel. A gente recebeu só um termo, um termo de compromisso, eu sei que duas testemunhas assinaram e só isso. Aí eu fico com medo de lutar, de investir. Eu investi muito. No início eu gastei muito, aumentei a casa e fiz a coqueira, cerquei a terra toda, quanto de serviços que eu paguei. Se você compra uma terra e não veste ela, é igual a uma loja, se não colocar mercadoria não consegue viver. Eu queria que alguém do governo fosse lá e desse uma palestra explicando o direito que a gente tem. Porque a terra é minha, mas tem gente que diz que não é.”
F.A.L.S., Assentamento Pedro Henrique, Solânea, Paraíba, 2009.

Enquanto que a Sra. A. P. (Propriedade 01), afirma que:

“A gente só vai ter direito ao título da terra depois de 15 anos. Por enquanto eu não quero o título, enquanto eu estiver aqui produzindo a terra é minha.”
A. P., Assentamento Oziel Pereira, Remígio, Paraíba, 2009.

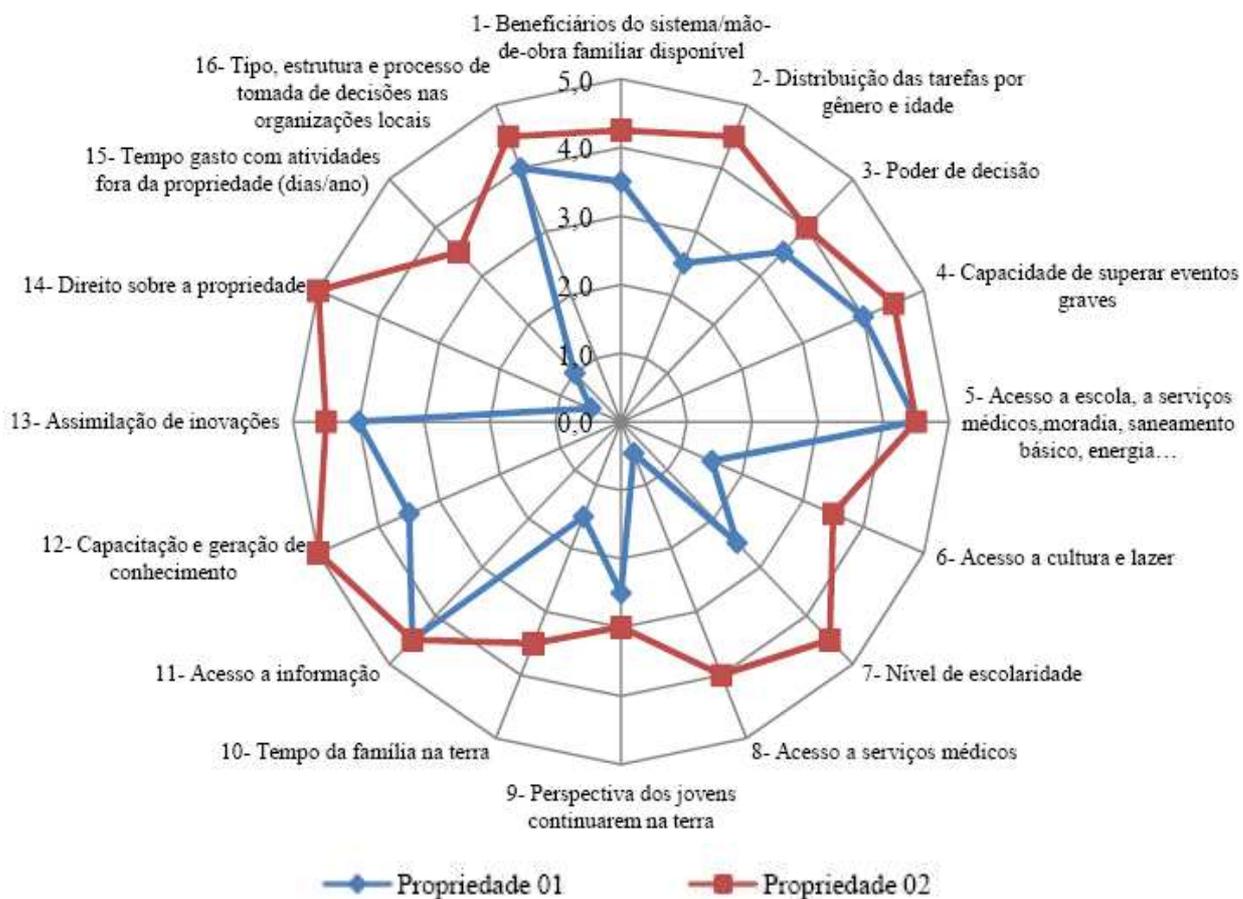


Figura 15. Avaliação de sustentabilidade social em duas propriedades com barragens subterrâneas no semiárido da Paraíba. Municípios Remígio e Solânea, Paraíba, 2009. Obs: 5 - nível alto de sustentabilidade; 4 - nível bom; 3 - nível razoável; 2 - nível baixo; 1 - nível muito baixo e 0- nível insustentável.

Mesmo os dois afirmando o direito sobre a propriedade, a Sra. A.P. avaliou o indicador como ainda irregular, pois ainda não tem o título. Enquanto Sr. F.A.L.S. preferiu avaliar com o valor máximo.

A pluriatividade também aparece nos indicadores, através do indicador 15 (Figura 15), referente ao tempo gasto com atividades fora da propriedade, mostrando que nas duas famílias existem indivíduos pluriativos.

Um exemplo é o Sr. F.A.L.S. (Propriedade 01) que exerce funções de agricultor, criador, apicultor e pedreiro, mas que em 2009 teve 70% do seu tempo investido em atividades de pedreiro (construção de cisternas na região de Arara, Paraíba), função essa que exerce junto com a filha. Os 30% de tempo restante foram utilizados nas atividades da propriedade, e uma grande

parte desse tempo foi na barragem subterrânea, com a indispensável ajuda do filho mais velho. O Sr. Francisco Lira explica essa diversificação de suas atividades:

“Até setembro (2009) eu vou ficar mais direto nas cisternas, porque tem meta, tem que cumprir, até setembro tem que entregar essas 42 cisternas. Depois é que vou ficar mais tempo na propriedade. Tem que dividir o tempo, mas eu não to podendo passar mais tempo lá por causa desse trabalho que eu to fazendo.” F.A.L.S., Assentamento Pedro Henrique, Solânea, Paraíba, 2009.

Na família da Sra. A. P. (Propriedade 02), o marido dela, também agricultor, criador e pedreiro, optou por passar o ano de 2009 viajando com uma empresa de construção, com o objetivo de conseguir recursos para melhorar a propriedade. Segundo ela:

“A gente já sentou e discutiu isso, porque ele está saindo agora que é uma forma de melhorar a propriedade pra não ser preciso ele sair mais. Ele teve que trabalhar fora porque o ganho que ele conseguir lá é bom, e o ganho que ele conseguir não vai precisar investir na gente, vai ser só pra o roçado. Vai ser só para investir em benfeitorias. O sonho dele é ficar só até junho (2010) e depois ele vai ficar direto em casa. Ele está em Tocantins, vai pra São Paulo e depois para Maceió. Quando ele sai de um Estado ele vem em casa, passa uns 15 dias. Mas ele tem que ficar uns tempos assim pra juntar recursos pra gente fazer benefícios pra gente não precisar se separar.” Sra. A. P., Assentamento Oziel Pereira, Remígio, Paraíba, 2009.

Outro indicador que chama a atenção é a perspectiva dos jovens continuarem na terra. Apenas um dos filhos em cada propriedade pretende continuar, fato preocupante para a reprodução dos conhecimentos da agricultura familiar daquele território. O rural hoje não oferece à juventude estímulos para aí continuarem. Formados com uma visão urbana (todos estudam na cidade), a juventude desse rural valoriza mais a cidade, sua visão de desenvolvimento e o padrão de “conforto urbano” (WANDERLEY, 2000).

As duas famílias não têm acesso a lazer e cultura. O espaço “sociocultural profano” relatado por SABOURIN (2001) e que “corresponde às festas do ciclo familiar (matrimônios e funerais, escola e formatura) e às festas locais (jogos de futebol, corridas, vaquejadas, São João e festas do santo padroeiro)” não existe no cotidiano das duas famílias. Na família Pereira, a mãe ressalta que as duas filhas mais velhas não são muito ligadas a religião e as crianças brincam somente no quintal da casa, limitando a socialização ao ambiente escolar urbano. Na Propriedade 02, o filho mais velho pretende continuar no campo, enquanto a filha do meio prefere a cidade.

Uma hipótese sobre este êxodo da juventude rural para o urbano é um rural sem políticas públicas que estimulem sua reprodução social. Como sugere ABRAMOVAY (2005), “uma verdadeira política de desenvolvimento rural deve associar a atribuição de ativos aos jovens - dos quais o mais importante é uma educação de qualidade - com o estímulo a um ambiente que estimule a formulação de projetos inovadores que façam do meio rural, para eles, não uma fatalidade, mas uma opção de vida”. Assim, as mudanças que vem ocorrendo nas duas propriedades podem afetar futuramente na decisão desses jovens, desde que tenham acesso à qualidade de vida no campo.

Outro fato que se observou a partir dos indicadores é que as duas famílias têm uma participação social efetiva na comunidade local, em ONG's, Associações, Cooperativas e/ou Sindicatos, facilitando assim o acesso a informações. Esta participação possibilita intercâmbios, capacitações e geração de conhecimentos, resultando nas inovações que são utilizadas na propriedade e nas relações familiares, desde a divisão de trabalho que a família tem na propriedade, até a organização, o respeito e a união.

Esta participação social é estimulada pelas redes locais, entre elas a rede formada pelo Pólo Sindical da Borborema, grande impulsionadora de muitas mudanças na agricultura familiar do agreste Paraibano, composta por agricultores de 10 municípios, entre eles Remígio e Solânea.

4.2.2. Dimensão econômica

Em relação à dimensão econômica ALTIERI (2004) afirma que a agricultura sustentável encontra-se ancorada na manutenção da produtividade e lucratividade das unidades de produção agrícola, minimizando ao mesmo tempo impactos ambientais, buscando através da atividade econômica, suprir as necessidades presentes, sem restringir as opções futuras. Mas alerta que, ao abordar isoladamente a dimensão econômica, podem surgir dados que ameacem a sustentabilidade agrícola, pois não foram levados em consideração os aspectos sociais e ambientais.

Nesse estudo, a dimensão econômica interage intrinsecamente com as outras dimensões, mostrando que as avaliações feitas pelos agricultores mantêm a mesma lógica em todo o processo. Observando a Figura 16, a propriedade 01 continuou obtendo valores razoáveis de sustentabilidade (3,0), e a propriedade 02 avaliada com uma média boa (4,0). Mas apesar de seguirem os mesmos indicadores de avaliação, a realidade não se mostra como avaliada, pois, por exemplo, apesar do prejuízo que o Sr. F.A.L.S. (Propriedade 01) disse que teve em 2009, ele avaliou o indicador 4 (Figura 16) como bom (4,0). Enquanto que a Sra. A. P. (Propriedade 02) disse que o custo/benefício desse ano foi “bom demais”, mas deu uma nota próximo do razoável (3,0). Esse fato pode indicar que as duas famílias têm diferentes compreensões e percepções sobre o que é sustentabilidade e sobre cada realidade observada.

A figura 16 também mostra diferentes abordagens em relação a alguns indicadores, por exemplo, mesmo querendo reduzir o grau de endividamento, as famílias questionam o não acesso a créditos e financiamentos bancários, avaliando como baixo a muito baixo, sugerindo que o acesso deveria ser melhor. Um aspecto que a Família Pereira observou foi:

“A gente já fez crédito. Tem acesso, tem o acesso fácil, mas quando chega a burocracia do banco, não é essas coisas não... Eles exigem muitas coisas e eles trabalham com o agricultor de uma forma que no futuro, depois do projeto implantado é que a gente vai ver que se fizesse do nosso jeito

tinham maior capacidade de desenvolvimento do que com os projetos deles”.

Sra. A. P., Assentamento Oziel Pereira, Remígio, Paraíba, 2009.

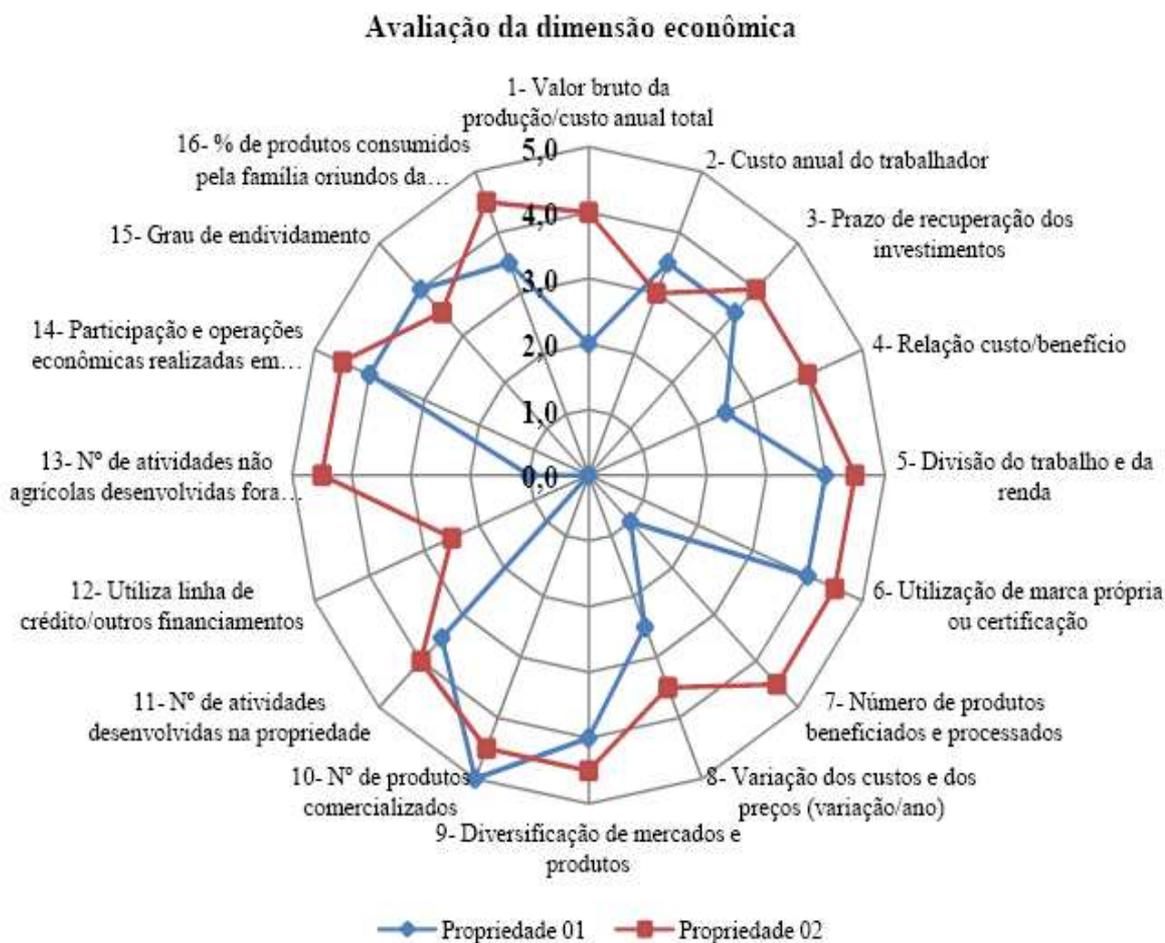


Figura 16. Avaliação de sustentabilidade econômica em duas propriedades com barragens subterrâneas no semiárido da Paraíba. Municípios Remígio e Solânea, Paraíba, 2009. Obs: 5 - nível alto de sustentabilidade; 4 - nível bom; 3 - nível razoável; 2 - nível baixo; 1- nível muito baixo e 0- nível insustentável.

Um dos principais indicadores econômicos é a diversificação de mercados e produtos, pois as duas famílias possuem mais de um meio de comercialização garantido uma maior estabilidade e resiliência da propriedade. Para a propriedade 01, o principal canal é a Feira Agroecológica semanal (sexta-feira), em conjunto com a Feira comum da cidade de Remígio, também

semanal (domingo). Esses dois canais de comercialização direta com o consumidor mostram que há autonomia no processo de comercialização dos produtos. Outro canal de comercialização é a Companhia Nacional de Abastecimento- CONAB. A família Pereira ressalta que “*tudo que é produzido, é consumido e também vendido*”, resultando também em uma autonomia, ou seja, na “capacidade do sistema para regular e controlar suas interações com o exterior” (MASERA *et al.*, 1999).

Nos sistemas tradicionais da região os produtos comercializados variam de acordo com as chuvas. A barragem subterrânea permitiu que houvesse uma produção mais contínua mesmo nos períodos secos e uma diversificação dos produtos durante um maior período do ano, gerando renda e alimento para o auto-provisionamento (Figura 17).



Figura 17. Produção contínua e diversificação de produtos proporcionados pelo uso da barragem subterrânea (a- período seco; b- período chuvoso). Paraíba, 2009.

Na propriedade 02 os alimentos produzidos na barragem subterrânea, apesar de diversificados, ainda não tem um canal de comercialização definido, sendo utilizados principalmente para o auto-provisionamento. A venda geralmente é feita aos atravessadores, que estabelecem um preço muito abaixo dos custos de produção do produto, ou diretamente aos consumidores que frequentam a propriedade. A comercialização com os atravessadores gera uma relação de dependência da família, que fica refém dos preços e das quantidades demandadas por esta pessoa, gerando assim, uma instabilidade,

uma perda da autonomia e uma fragilidade que afetam diretamente na sustentabilidade econômica dessa unidade de produção familiar.

O mel, produto principal da propriedade, é comercializado através de uma Cooperativa diretamente a CONAB e outros pontos de venda. O Sr. Francisco Lira ressalta que:

“Só faz um ano que eu botei o mel pra CONAB, antes eu vendia tudo para as pessoas. Hoje a gente não pode, tem que ter compromisso com a cooperativa. Mas eu ainda vendo assim, direto, mas é pouco. Mas na cooperativa tem outros compradores que não é a CONAB. Esse ano foi 30 mil quilos para a CONAB. O mel de estoque não foi vendido para a CONAB, foi para outras pessoas. O feijão e o milho eu vendo a atravessador. “Esse ano, feijão eu não vendi muito não, porque o feijão eu deixo para comer.”

Sr. F.A.L.S., Assentamento Pedro Henrique, Solânea, Paraíba, 2009.

Apesar das possibilidades que a Cooperativa oferece esse canal ainda não é utilizado para outros produtos, demonstrando que ainda dependem dos atravessadores no processo de comercialização, o que se reflete negativamente na busca pela autonomia, como afirmado anteriormente.

A partir da diversificação promovida pela barragem subterrânea estão ocorrendo mudanças na adaptabilidade e autonomia do sistema produtivo da Família Pereira (Propriedade 01), principalmente na comercialização, pois prioriza os mercados locais, feiras, e tem uma organização da produção que visa principalmente à alimentação da família.

Fato também semelhante entre as propriedades é a contratação de mão-de-obra. Isto ocorre porque as famílias possuem poucos membros (Propriedade 02) ou porque os membros não têm idade para realizar trabalhos pesados (Propriedade 01). Os produtos da Família Pereira estão em processo de certificação agroecológica através do Pólo sindical, que reuniu as Feiras Agroecológicas das dez cidades em que atua, e criou a marca Ecoborborema. Por enquanto a Família Santos conseguiu, através da cooperativa, que o mel tenha marca própria.

O indicador 14 - Participação e operações econômicas realizadas em grupos (associações, cooperativas, sindicatos) - (Figura 16), é traduzido nessa

região por Fundos Rotativos Solidários, que segundo a Sra. A. P., mostra a organização dos agricultores da região e potencialmente a capacidade de autogestão desses agricultores.

Os Fundos Rotativos Solidários (FRS), segundo Camelo e Costa (2005) em trabalho publicado sobre a ação da ASA-PB, são utilizados “enquanto mecanismos de mobilização e valorização social da poupança comunitária assumem a forma de gestão compartilhada de recursos coletivos”.

Eles afirmam, que os Fundos, “são constituídos a partir da contribuição das famílias ou estimulados por um capital externo, que pode proceder de diversas fontes... e que têm sido, um exercício fundamental na busca da sustentabilidade dos sistemas familiares, na perspectiva da convivência com a região semiárida e na transição agroecológica” (CAMELO e COSTA, 2005).

Os fundos rotativos solidários criam uma teia de relações que permite as famílias exercerem seu papel de gestora dos próprios recursos. Gestão esta, coletiva que permite conseguir pequenos empréstimos para investir na propriedade. As finanças de proximidade têm demonstrado eficiência na garantia de melhorias nas propriedades rurais do semiárido.

4.2.3. Dimensão ambiental e técnico-agronômica

4.2.3.1. Indicadores ambientais e técnico-agronômicos – análise qualitativa

Observa-se que a propriedade 01 é uma área levemente ondulada, sem áreas visíveis de processos erosivos mais graves, geralmente as perdas de solo tem ocorrido por erosão laminar e é percebida após as chuvas fortes.

A barragem subterrânea da Propriedade 01 foi locada em uma linha de drenagem do terreno, enquanto a área dois é em um leito de riacho temporário, cuja vazão é alta no período chuvoso, impossibilitando o plantio em toda a área nesses períodos, sendo utilizado o sistema de agricultura de vazante. O relevo é levemente ondulado, percebendo pouca erosão na área de captação, mas

observa-se muito carreamento de sedimentos para a área próxima a parede da barragem, possivelmente provenientes de áreas mais distantes.

Não foram observadas áreas compactadas na área de plantio das barragens subterrâneas, também pelo uso recente dessas áreas nas duas propriedades (dois anos).

Apesar de se ter uma produção intensiva de hortaliças no período chuvoso, os/as agricultores/as não utilizam composto orgânico, sendo que na Propriedade 01, estipularam que utilizariam esterco a cada dois anos de cultivo, com o argumento que a terra é muito rica em nutrientes e que não há necessidade, mas ainda não utilizaram na área de barragem subterrânea, somente no roçado.

O preparo de solo na Propriedade 01 é feita com trator utilizando arado, ou grade pesada, revolvendo demais o solo. Na propriedade 02 (Figura 18), a área de cultivo da barragem subterrânea é preparada com arado animal e com enxada, reduzindo os impactos da mecanização. O manejo com arado e enxada na Propriedade 02 é exclusivo da área de cultivo da barragem subterrânea que vem seguindo os princípios da Agroecologia e reduzindo a mecanização e revolvimento dos solos. Nessa propriedade, a família mantém outras áreas de cultivo convencional, mas estão em processo de conversão, nas quais ainda usam arados e grade pesada.



Figura 18. Área de plantio da Barragem subterrânea do Sr. F. L. Remígio, Paraíba. 2009 (época de chuva).

A cobertura de solo na Propriedade 01 é feita com os restos de cultivos (Figura 19), não sendo esses suficientes para cobrir toda a área, foi observado também que a família deixa as espontâneas nas áreas que não estão sendo cultivadas. Mas não existe manejo das espontâneas para escolha de espécies funcionais.

Passando a colheita dos cultivos dependentes de chuva, as áreas de cultivo convencional/roçado da propriedade 01 ficam 80% descobertas (sem plantio, palhada ou espontâneas) durante aproximadamente nove meses do ano. Enquanto a área de cultivo de base ecológica fica coberta durante todo o ano, com restos de cultivos e/ou cobertura viva.



Figura 19. Área de plantio da Barragem subterrânea da Sra. A.P., Remigíó, Paraíba. 2009 (época de chuva).

A adubação verde e o biofertilizante não são utilizados em nenhuma das duas propriedades e a compostagem também não, pois as propriedades não possuem animais suficientes que gerem resíduos excedentes para subsidiar essa prática. Também não utilizam outros insumos permitidos pela legislação de orgânicos, como a farinha de osso e os fosfatos naturais, pois segundo as famílias, eles não têm recursos financeiros para adquiri-los.

Na Propriedade 01, a família ressalta que recebem alguns produtos esporadicamente nas ONG's e associações que participam, mas os mesmos não conseguem suprir as necessidades de toda a área.

Nesse aspecto observa-se que não há uma grande dependência das propriedades em relação a insumos externos para a manutenção da fertilidade do solo, sendo que o maior insumo importado é o esterco. Este pode ser um ponto crítico desses sistemas, mas que pode ser sanado com o planejamento da propriedade, buscando a integração animal, sejam bovinos, caprinos, ovinos, aves e/ou peixes. A família da Propriedade 01 diz que não pretende criar suínos.

Manejo de Pragas e doenças

A ocorrência de epidemias de pragas e doenças é potencializado pelo manejo inadequado dos agroecossistemas, que provocam desordens fisiológicas nas plantas (excesso ou falta de elementos nutritivos) e na natureza, e estas ficam propensas ao ataque de pragas e doenças. Pois dentro de sistema em equilíbrio dinâmico os insetos-pragas e os patógenos estão presentes, em forma endêmica, mas quando ocorrem alterações que provoquem um desequilíbrio estas espécies tendem a ocorrer de forma epidêmica provocando danos ao sistema de produção.

Não foram observadas nem constatadas pelos agricultores, incidência de pragas e doenças que causassem danos econômicos fato esse que pode estar relacionado ao uso de variedades de sementes locais adaptadas às condições da região. Com exceção da lagarta que atingiu a abóbora no período seco, janeiro-março 2009, na Propriedade 02. Este fato foi atribuído pelos agricultores à falta de chuvas que já deveriam existir nesse período.

Outra prática, visando seguir a ordem natural, seria a escolha das épocas de plantio adequadas às espécies quando possível. Essa visão é reforçada por Altieri (2002), quando ressalta que “a variação da época de plantio das culturas funciona como um meio de controle cultural, pois cria uma falta de sincronia entre a fenologia do inseto e das plantas, o que pode retardar

a taxa de colonização ou evitar que a praga coincida com um estágio crítico de crescimento da cultura”.

Essa prática não é utilizada na região porque a única época de plantio é o período de chuvas, que acontece de março a junho, com chuvas escassas nos outros meses do ano.

A utilização da tecnologia de barragem subterrânea permitiu, nas duas propriedades, dois períodos de colheita de feijões no ano, mas o cultivo de hortaliças ainda se restringe a apenas um período, um pouco mais prolongado pela tecnologia de captação e armazenamento de água citada.

Por serem áreas de uso recente, tendo sido anteriormente pastagem, e depois terras sem uso, até serem utilizadas para a reforma agrária, essas terras sofreram um pousio e dispõe de alguns nutrientes no solo.

Observa-se que alguns caminhos estão corretos, mas ainda são necessárias mudanças, para que as práticas utilizadas atualmente caminhem para que esses agroecossistemas sejam considerados sustentáveis, resilientes, estáveis, equitativos, adaptáveis e produtivos. Para isso, Altieri (2002), ressalta que deve se otimizar, melhorar os processos ecológicos dos agroecossistemas através de:

- Fortalecer a imunidade do sistema
- Diminuir a toxidade através da eliminação de agroquímicos;
- Otimizar a função metabólica (decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes);
- Balancear os sistemas regulatórios (ciclos de nutrientes, balanço da água, fluxo de energia, regulação de populações);
- Aumentar a conservação e regeneração dos recursos do solo, da água e da biodiversidade;
- Aumentar e sustentar a produtividade em longo prazo.

A Tabela 11 mostra as práticas de manejo utilizadas em cada propriedade e as quantifica seguindo um padrão que no final totaliza 100%. O objetivo é comparar as propriedades e observar qual agroecossistema está sendo conduzido com práticas de manejo mais próximas dos princípios ecológicos.

Nessa avaliação a Propriedade 02, localizada em Solânea, Paraíba, é a que realiza mais práticas agroecológicas, no caso, se diferenciando na utilização de consórcios e em um preparo de solo menos mecanizado do que a propriedade 01.

Tabela 11. Comparação das práticas de manejo baseadas nos princípios da Agroecologia que são realizadas em duas propriedades na microrregião do Curimataú, mesorregião Agreste, Remígio e Solânea Paraíba, Brasil, 2009.

Práticas agroecológicas		Propriedade 01 ¹	Propriedade 02 ²
		(%)	(%)
1	Rotação de cultivos	0	0
2	Policultivos	2,5	2,5
3	Consórcios	0	5
4	Cultivos de cobertura (adubação verde/coquetéis vegetais/plantas funcionais)	0	0
5	Integração animal	2,5	2,5
6	Adubação orgânica (esterco curtido, composto, biofertilizante, entre outros)	2,5	2,5
7	Preparo do solo (plantio em nível, plantio na palha, pouca mecanização)	2,5	5
8	Sistemas agroflorestais	0	0
9	Manejo de espontâneas	0	0
10	Conservação de áreas nativas	2,5	2,5
11	Uso de quebra-vento	0	0
12	Uso de cercas-vivas	0	0
13	Manejo ecológico de pragas (controle biológico conservativo, manejo de plantas que promovem interações com inimigos naturais)	2,5	2,5
14	Uso de caldas para controle de pragas e doenças	0	0
15	Diversidade genética de cultivos utilizando variedades locais ou bem adaptadas	5	5
16	Uso de tecnologias de captação, armazenamento e conservação da água da chuva	5	5
17	Eliminação de insumos tóxicos	5	5
18	Independência dos insumos externos	2,5	2,5
19	Escolha de cultivos baseado na segurança alimentar	5	5
20	Comercialização do excedente em mercados locais	5	5
Valor total		42,5 %	50 %

*5% - Realiza; 2,5%- Realiza parcialmente; 0- Não realiza.

¹Assentamento Oziel Pereira, Remígio, Paraíba; ²Assentamento Pedro Henrique, Solânea, Paraíba.

A condição de dependência da chuva faz com que essas práticas muitas vezes sejam restritas a períodos do ano, assim, a necessidade de plantas adaptadas a condições de seca, no caso plantas perenes, fruteiras, forrageiras, alguns grãos, podem ser as espécies ideais para estabilidade e produtividade desses agroecossistemas, que em um valor de 0 a 100, atingiram apenas os níveis médios, observando que a maioria das práticas ainda está sendo realizadas parcialmente.

Esses fatores são decorrentes também da alta dependência do esterco, mas essa dependência pode ser minimizada com o uso de compostos, adubos verdes e/ou coquetéis vegetais, manejo de espontâneas, entre linhas de frutíferas, na rotação de cultivos ou no pousio, buscando melhorar a qualidade do solo, química, física e biologicamente, estimulando uma maior formação de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes, reduzindo assim gradativamente essa dependência.

Por serem áreas pequenas (menos de 20 ha, com área produtiva menor que 2 hectares) pode ser cogitado um tanque pra criação de peixes, ou o aumento no número de aves (galinhas) para aumentar a quantidade de resíduos que possam ser aproveitados na área de produção e vice-versa. Pode-se estudar a capacidade de suporte forrageiro das propriedades e a partir desse estudo, ampliar a produção de caprinos e ovinos, que são mais adaptados a região e menos exigentes em relação ao volume alimentar. Outra opção é a produção de mel estimulando o aumento da diversidade de plantas melíferas. A propriedade 02 possui uma pequena produção de mel na área nativa.

A partir desses pontos críticos, a proposta é aumentar a diversidade florística colocando espécies nativas que possam ser exploradas economicamente e que sirvam de habitat e para a migração de outras espécies da fauna nativa, utilizadas em quebras ventos, cercas vivas, sistemas agroflorestais, na delimitação da área, optando por espécies com aptidão para exploração agrícola. Essas podem também ser melíferas, atraindo insetos polinizadores e ampliando a diversidade faunística também. Ajudando assim a regular também o balanço de CO₂/O₂, bem como interferindo no microclima,

mantendo a umidade do solo e aumentando a diversidade de insetos e microorganismos benéficos no ambiente.

A diversidade sob o solo promove interações entre os microorganismos e os exsudados liberados pelas raízes das plantas, bem como possíveis simbioses benéficas através de fungos, bactérias actinomicetos com as raízes. Outro fator são o comprimento e arquitetura das raízes que contribuem nos atributos físicos dos solos, como a compactação e a porosidade.

Essa diversidade funcional, temporal e espacial é o caminho para que esses agroecossistemas construam um maior equilíbrio e assim maior capacidade de reprodução. Mas faltam alguns passos importantes, principalmente na ciclagem de nutrientes da área, fato que passa pela diversificação biológica, que segundo Gliessman (2001) poderá desempenhar importantes funções na manutenção dessa propriedade, aumentando a complexidade das relações e interações ecológicas, entre e interespecíficas, e os processos de auto-regulação de fluxos de energia e ciclagem de nutrientes, diminuindo a dependência de fertilizantes e caldas, muito utilizados no processo de transição para a agricultura ecológica.

Na avaliação da sustentabilidade ambiental e técnico-agronômica (Figura 20), os indicadores de 12 a 14 tiveram valores muito baixos na Propriedade 01, sugerindo uma vulnerabilidade do sistema produtivo à pragas, doenças e, ainda, aos fenômenos climatológicos, sendo o principal a seca prolongada.

Outro indicador que mostra a vulnerabilidade e pode afetar a resiliência desses ambientes, é o número de tecnologias utilizadas para a captação e armazenamento de água da chuva. Apesar das duas propriedades possuírem a barragem subterrânea, tanque barreiros e uma possuir também um tanque de pedra, os agricultores, principalmente na propriedade 01, atribuem um nível de sustentabilidade baixo para esse indicador. Indicando a necessidade de uma quantidade maior de tecnologias que possibilitem um maior volume de água armazenada para utilização nos períodos secos, diminuindo assim os riscos das propriedades. As duas famílias afirmam que apesar das tecnologias de captação e armazenamento de água da chuva terem proporcionado melhorias

na propriedade elas ainda sofrem, embora em menor proporção, com os períodos de seca.

O Senhor F. L. da propriedade 02 brinca e ao mesmo tempo fala sério quando diz que:

“Tenho duas cisternas, a barragem, o silo. São esses três. Poderia ter mais barragens se pudesse. Não poderia ter o P1+3 não? Eu queria uma cisterna calçadão. Precisa vir mais essas tecnologias.”

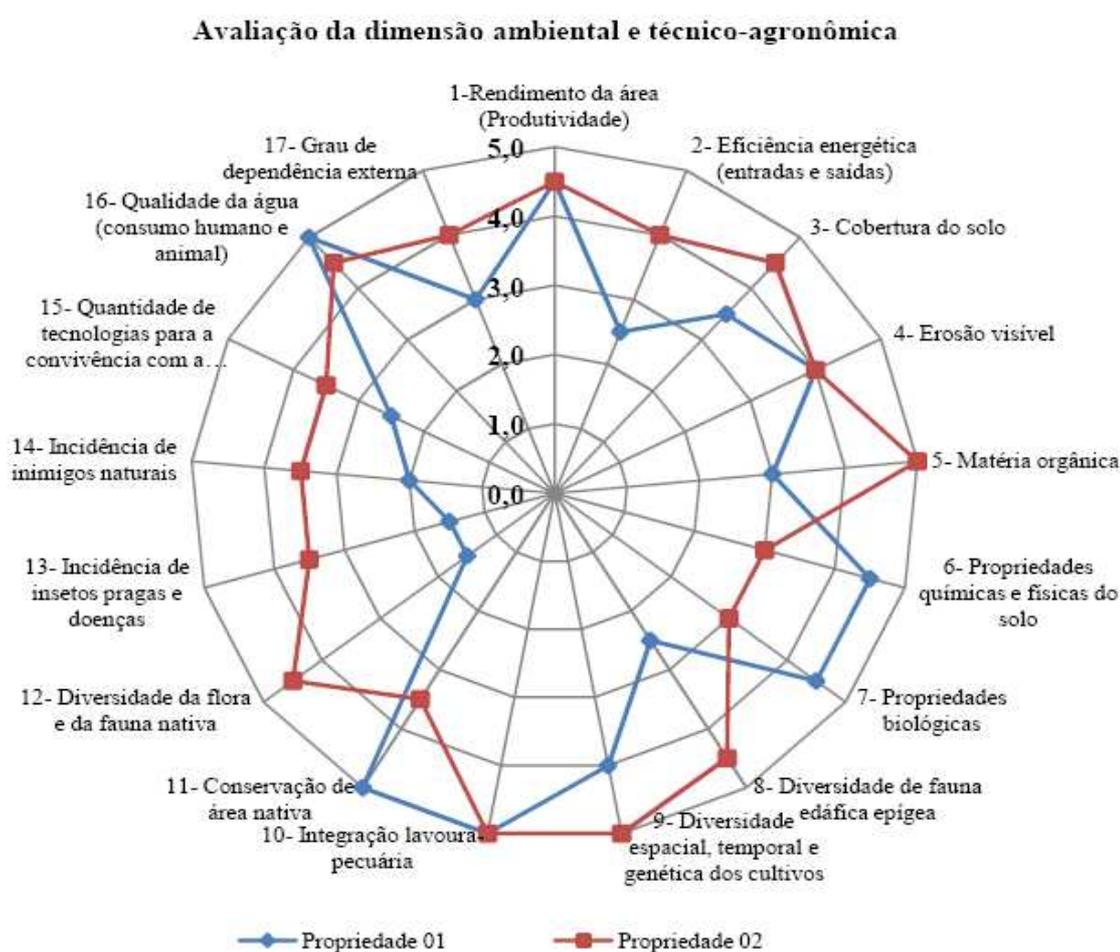


Figura 20. Avaliação de sustentabilidade ambiental e técnico-agronômica em duas propriedades com barragens subterrâneas no semiárido da Paraíba. Municípios Remígio e Solânea, Paraíba, 2009. Obs: 5 - nível alto de sustentabilidade; 4 - nível bom; 3 - nível razoável; 2 - nível baixo; 1- nível muito baixo e 0- nível insustentável.

Os agricultores familiares ressaltam que a barragem proporcionou mudanças nos hábitos alimentares, permitindo uma maior diversificação de

cultivos (Indicador 9, Figura 20), e conseqüentemente uma maior variedade de alimentos disponíveis.

Outro item a destacar é a qualidade da água para o consumo humano. As duas famílias fazem uso da cisterna de 16 mil litros, “cisternas de bica”, que usa os telhados das casas para a captação e armazenamento da água da chuva e são utilizadas apenas para beber e cozinhar. As famílias destacam que em alguns anos a água da cisterna não é suficiente, e que têm que colocar água de carros pipas. A Sra. A. P. afirma que:

“A qualidade da água é boa. A cisterna dá para passar pelo menos seis meses. Mas ela é cadastrada pelo exército a quatro anos. Quando é no período seco eles colocam uma carrada de 8 mil litros de 8 em 8 dias. No período chuvoso é só uma “carrada” por mês. Mas eles pedem para tirar a calha da bica da cisterna para não misturar as águas e não estragar a água que eles trazem. A água vem tratada de Campina Grande.”

Em relação aos solos os indicadores de 03 a 08 caracterizam a percepção que os/as agricultores/as têm de sua área, mostrando que na Propriedade 01 esses indicadores estão oscilando entre níveis baixos e bons, e na Propriedade 02, entre razoáveis e bons. As famílias observaram que existe pouca erosão visível nas duas propriedades e atribuiu nível bom, mas mostrou-se que na propriedade 01 os parâmetros atribuídos aos indicadores de solos estão mais baixos do que na propriedade 02, pois a Sra. A. P. diz que ainda há muito a melhorar. O Sr. F.L. também acredita que pode melhorar muito, mas atribuiu valores maiores à sua área.

Nas duas propriedades a avaliação da sustentabilidade ambiental (Figura 20) demonstra que muito dos problemas detectados são provenientes do manejo do agroecossistemas e da necessidade de mais tecnologias apropriadas. Confirmando o que afirma Simon Fernández e Domingues Garcia (2001): “a falta de sustentabilidade ambiental em um agroecossistema pode ter origem na destruição dos recursos renováveis, mas pode, também, ser conseqüência da utilização de tecnologias inadequadas ou da inexistência de tecnologias adequadas”.

As duas propriedades construíram suas barragens subterrâneas há dois anos, e o manejo agroecológico é uma realidade que vem sendo construída sob a orientação de ONGs, como a AS-PTA, que trabalham com Agroecologia e desenvolvimento rural no agreste paraibano desde a década de noventa, seguindo princípios estabelecidos por ALTIERI (2002), que norteiam os caminhos para a busca de agroecossistemas mais resilientes, a exemplo de sistemas de manejo que promovam mecanismos de regulação biológica (antagonismo, alelopatia, etc), bem como o desenvolvimento e utilização de variedades ou espécies resistentes a pragas e doenças (fitopatológicas ou zoonoses).

Dentro deste contexto, ressalta-se também a importância do manejo das plantas espontâneas, visando proporcionar ou desfavorecer microhabitats que possam beneficiar ou não o aparecimento de pragas e doenças, aspecto este, discutido amplamente com os agricultores.

A diferença entre as duas propriedades deve-se também a diversidade das outras áreas de cultivo em comparação com as áreas das barragens subterrâneas. A propriedade 01 demonstrou uma maior diversidade (Tabela 12), fato esse que interfere positivamente em todas as dimensões da sustentabilidade, apesar da família ainda avaliar como razoável. Observa-se também na tabela 12 a diversidade de espécies cultivadas na barragem subterrânea, mostrando o potencial desta para cultivos variados. Ressalta-se que boa parte das espécies está em campo geralmente no período chuvoso e até 3 meses após o período de chuvas. No período seco a área de plantio ainda está produzindo, mas a diversidade é reduzida, plantando-se maxixe, batata doce, tomate cereja, macaxeira, entre outras.

Tabela 12. Diversidade de cultivos em subsistemas de duas propriedades no semiárido paraibano. Paraíba, 2009.

Sistema	Propriedade 01	Propriedade 02
BARRAGEM SUBTERRÂNEA	Batata - doce, Inhame, Macaxeira, Pimentão, Coentro, Alface, Quiabo, Cenoura, Beterraba, Tomate, Cebola, Couve, Pepino, Maxixe, Melão-pepino, Gerimum, Pinha, Guandu, Melancia boi, Maracujá, Mamão, Manga, Acerola, Limão, Capim pisoteio, Melancia, Cajueiro, Romã, Mostarda, Girassol.	Mamão, Graviola, Coco, Banana, Caju, Macaxeira, Batata-doce, Gerimum/abobora, Coentro, Alface, Cebolinha, Couve, Capim, Pinha, Siriguela, Acerola, Romã, Maracujá, Milho, feijão, pepino.
ROÇADO	Feijão de arranca: carioca, fava, gurgutuba e preto; Feijão de corda: macassa; Milho.	Feijão macassa e de arranca, Fava, Milho, Palma.
MATA E ARVORES EXÓTICA	Neem, Gliricídia, Leucena, Favela, Caraíbeira, Pau D'arco, Angico, Jatobá, Sabiá.	Juazeiro, Marmeleiro, Jurema preta, Limão bravo, Loro.
FAXINA (quintal ao redor de casa)	Erva-doce, plantas medicinais, aromáticas e condimentares como: Pimentas – dedo de moça, cheiro amarelo.	
QUER CULTIVAR	Banana, Laranja, Cana	

Um dos impactos negativos na diversidade biológica dos solos das áreas é decorrente da retirada da caatinga, aliada aos longos períodos de estiagem, provocando acentuada degradação física, química e biológica do ambiente. Em relação aos solos os impactos da perda da diversidade florística podem ser mais graves, por ficarem sem cobertura e expostos por mais tempo às intempéries, reduzindo, conseqüentemente, o seu potencial produtivo e causando danos, muitas vezes irreversíveis, ao meio (SOUTO *et al.*, 2005).

Um impacto positivo em relação à diversidade biológica é a diversificação dos cultivos na área, reproduzindo diferentes extratos de vegetação (fruteiras, espécies forrageiras cultivadas, oleráceas, medicinais, flores, entre outras), atraindo uma diversidade faunística e microbiológica essencial para a sustentabilidade dos agroecossistemas (FERREIRA *et al.* 2007). Como afirma Altieri *et al.* (2007), o aumento da diversidade de plantas, de animais e organismos do solo dentro do sistema de produção, de maneira

integrada, pode reforçar interações ecológicas positivas e otimizar as funções e os processos no ecossistema, tais como a regulação de organismos prejudiciais, a reciclagem de nutrientes, a produção de biomassa e o incremento de matéria orgânica.

Apesar de realizarem muitas práticas positivas, as famílias ainda estão caminhando em busca de mais práticas sustentáveis. Vale ressaltar que o uso de agrotóxicos não é feito em nenhuma das propriedades, fruto das experiências proporcionadas pelas entidades que participam e do movimento social do qual fazem parte na luta pela reforma agrária.

Através dessa avaliação é possível perceber que as três dimensões interagem. A dimensão ambiental e técnico-agronômica, assim como as demais dimensões ainda em transição para uma agricultura de base ecológica, atua como um limitante para as dimensões social e econômica, e estas, muitas vezes, como limitantes da dimensão ambiental, principalmente em relação a conhecimento e recursos para que o processo de transição ocorra.

4.2.3.2. Indicadores de qualidade de solo - análise quantitativa

Os agricultores participaram de vários cursos e sensibilizações sobre a Agroecologia, estes realizados por organizações não governamentais e pelo Pólo Sindical da Borborema, mas ainda estão em processo de transição agroecológica, sendo que iniciaram em uma parte da propriedade (barragem subterrânea) e um deles ainda não ampliou para o roçado de milho e feijão.

Na área de plantio da barragem subterrânea é comum a utilização da prática agrícola de roçar as plantas espontâneas e deixar tal biomassa na superfície como cobertura do solo. O mesmo nem sempre acontece nos roçados fora das barragens subterrâneas, nos quais às espontâneas são retiradas da área de cultivo, deixando o solo descoberto, exposto a intempéries.

As amostras foram coletadas em cinco ambientes: três deles obtidos na divisão da área de captação da barragem subterrânea em sub-áreas, conforme Figura 21 (adaptada de Silva *et al.*, 2010), com sistema de manejo baseado nos princípios da Agroecologia; outro ambiente foi a Mata Nativa antropizada e o último uma área de roçado com Sistema Convencional de preparo e manejo de solo (queima, arado, grade), as tabelas seguirão as especificações abaixo:

BS AC - Barragem subterrânea - Área de Acumulação (área mais próxima da parede/septo impermeável);

BS AM - Barragem subterrânea - Área Mediana (área mais afastada da parede/septo impermeável);

BS EN - Barragem subterrânea - Encostas (EN1 e EN2 - encosta da direita e esquerda);

SC - Sistema convencional;

MN - Mata Nativa – área de referência.

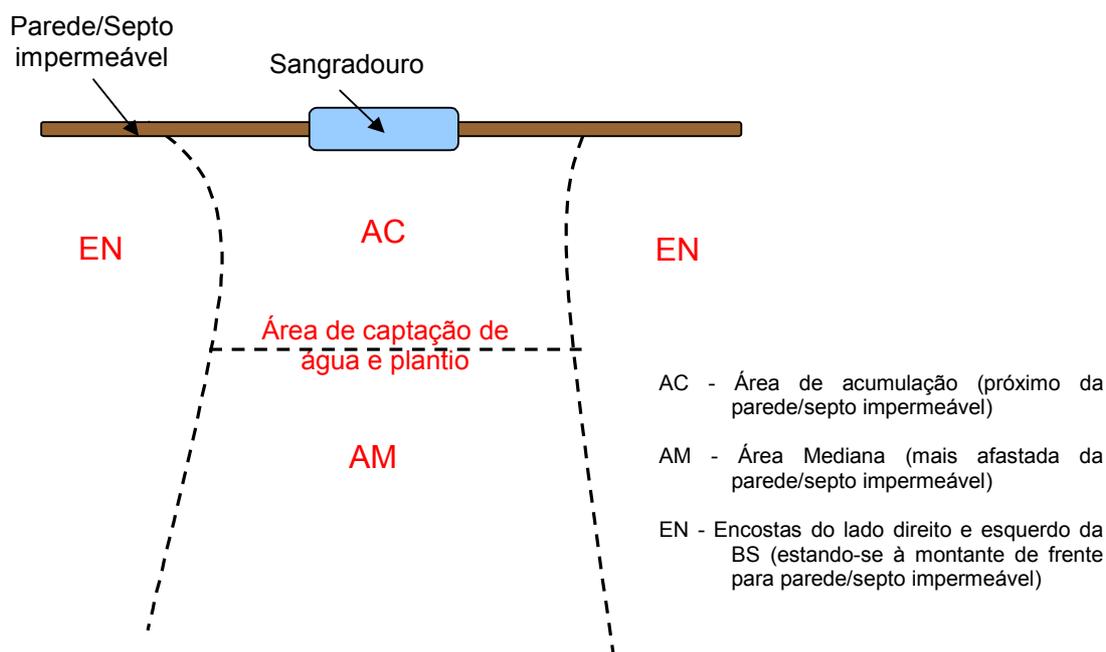


Figura 21. Esquema da coleta de solo na área de acumulação e encostas de barragens subterrâneas em leito de riacho na Paraíba. 2009. Adaptado de Silva *et al.*, 2010.

As análises quantitativas do solo têm por objetivo elucidar os impactos causados pelas barragens subterrâneas nas áreas estudadas, ressaltando que os dados aqui apresentados são uma caracterização das áreas, já que as análises não foram repetidas no tempo, e somente no espaço.

4.2.3.2.1. Atributos físicos

A análise granulométrica (Tabela 13) mostra que os todos os ambientes da propriedade 01 apresentaram altos teores de areia e silte e baixos teores de argila, apresentando mais areia em profundidade na Mata Nativa. Quando comparados aos solos da Propriedade 02, observa-se grande diferença em relação a quantidade de areia. Observa-se que nos cinco ambientes e em todas as profundidades da Propriedade 02, a areia predomina, apresentando classe textural areia franca em todas as amostras analisadas. A classe textural

da Propriedade 01 varia entre franco siltosa, franca e franco argilosa, sendo predominante a classe textural franco siltosa.

Tabela 13. Atributos físicos do solo, avaliados em cinco ambientes, nas camadas 0-10, 10-20 e 20-40 cm, em período seco, nos municípios de Remígio e Solânea, Paraíba. 2009.

Descrição da área	Prof cm	DS kg/dm ³	DP	PTotal (%)	Areia	Silte	Argila	Classificação textural*
Propriedade 01 – Família A. Pereira								
BS AC¹	0-10	1,18	2,40	50,92	285,0	635,9	79,0	Franco-siltosa
	10-20	1,22	2,45	50,46	393,2	521,6	85,2	Franco-siltosa
	20-40	1,20	2,43	50,53	309,8	585,5	104,7	Franco-siltosa
BS AM²	0-10	1,23	2,47	50,03	363,1	555,1	81,9	Franco-siltosa
	10-20	1,27	2,49	49,11	378,6	520,4	101,0	Franco-siltosa
	20-40	1,34	2,53	47,11	479,7	431,3	88,9	Franca
BS EN.³	0-10	1,33	2,55	47,94	438,6	449,5	111,9	Franca
	10-20	1,39	2,57	45,91	404,5	443,8	151,7	Franca
	20-40	1,42	2,51	43,36	315,8	375,9	308,3	Franco-argilosa
SC⁴	0-10	1,34	2,46	45,64	398,1	456,0	145,9	Franca
	10-20	1,34	2,52	46,95	396,2	459,1	144,7	Franca
	20-40	1,42	2,45	42,24	379,0	522,2	98,7	Franco-siltosa
MN⁵	0-10	1,36	2,46	44,70	353,3	517,3	129,4	Franco-siltosa
	10-20	1,49	2,54	41,46	536,4	372,3	91,3	Franco-arenosa
	20-40	1,49	2,59	42,60	506,7	403,7	89,6	Franca
Propriedade 02 – Família F.L.Santos								
BS AC¹	0-10	1,42	2,44	41,87	764,9	182,5	52,7	Areia-franca
	10-20	1,38	2,55	46,04	795,8	152,2	52,0	Areia-franca
	20-40	1,38	2,48	44,41	787,5	158,8	53,7	Areia-franca
BS AM²	0-10	1,46	2,55	42,73	827,7	138,3	34,0	Areia-franca
	10-20	1,49	2,51	40,62	809,1	135,7	55,2	Areia-franca
	20-40	1,47	2,54	42,15	831,6	110,2	58,2	Areia-franca
BS EN.³	0-10	1,46	2,51	41,72	795,2	156,5	48,3	Areia-franca
	10-20	1,51	2,49	39,53	798,1	148,1	53,8	Areia-franca
	20-40	1,49	2,31	35,53	776,6	166,7	56,7	Areia-franca
SC⁴	0-10	1,32	2,47	46,42	789,1	120,7	90,2	Franco-arenosa
	10-20	1,43	2,45	41,54	813,8	122,3	63,9	Areia-franca
	20-40	1,45	2,47	41,47	782,4	184,1	33,5	Areia-franca
MN⁵	0-10	1,42	2,49	43,14	804,8	181,7	13,5	Areia-franca
	10-20	1,44	2,47	41,63	808,7	167,6	23,7	Areia-franca
	20-40	1,44	2,49	42,09	798,1	165,2	36,7	Areia-franca

* SBCS.

¹ Barragem subterrânea - Área de Acumulação (AC - área mais próxima da parede/septo impermeável);

² Barragem subterrânea - Área Mediana (AM - área mais afastada da parede/septo impermeável);

³ Barragem subterrânea - Encostas (EN1 e EN2 - encosta da direita e esquerda).

⁴ Sistema convencional;

⁵ Mata Nativa – área de referência

Alguns dos resultados das amostras da Propriedade 01 e 02 apresentaram densidade alta, de acordo com os valores estabelecidos por Kiehl (1979) *apud* Silva *et al.* (2010), para solos arenosos (1,25 a 1,40 kg dm⁻³) e argilosos (1,00 a 1,25 kg dm⁻³). Silva *et al.* (2010) propõem que o valor crítico de Ds para culturas comerciais devem ser menores que 1,60 kg.dm⁻³.

Na propriedade 01 os valores de densidade do solo foram menores nas áreas da Barragem subterrânea, enquanto que a mata nativa de referência apresentou os valores maiores. Esse fator pode estar relacionado a adição constante de matéria orgânica e de um menor revolvimento dos solos nas áreas de captação e plantio das Barragens subterrâneas.

Na Mata nativa da Propriedade 01 o valor da densidade do solo foi de 1,49 na profundidade 10 a 40 cm (Tabela 13), indicando um maior grau de empacotamento das partículas e conseqüente diminuição da porosidade, podendo ser atribuída a pressões as quais as partículas estão submetidas ou a descida da argila de camadas superiores para as camadas inferiores que tende a ocupar os espaços entre as partículas maiores (Silva *et al.* 2001). Esse processo pode ser causado pela eluviação, compactação ou menor quantidade de matéria orgânica, sendo assim explicável que a Ds aumente de acordo com a profundidade do solo. Ressalta-se que a Mata nativa dessa propriedade apresenta-se em um desnível do solo, sendo uma baixada, onde geralmente os animais são soltos para pastejo, aumentando o pisoteio, o que pode explicar a alta densidade nas últimas camadas estudadas.

A propriedade 02 apresentou densidade de solo alta nas áreas medianas e da encosta das Barragens, também em profundidade, 10 a 40 cm como mostra a tabela 13, podendo ser atribuído ao uso anterior do solo, com pastagem, antes do assentamento se estabelecer. Esses dados também podem estar relacionados ao processo de acumulação de sedimentos, que podem desencadear a eluviação da argila de camadas superiores para as camadas inferiores tendendo a ocupar os espaços entre as partículas maiores (SILVA *et al.* 2001). Nesse caso, a textura arenosa em conjunto com o relevo forma uma área de acumulação de sedimentos, onde “há sobreposição de

camadas com conseqüente influência no aumento da densidade” (SILVA *et al.*, 2010). Esses valores não diferem dos outros ambientes, sugerindo que a barragem subterrânea não é o fator que desencadeou essa maior densidade.

Silva *et al.* (2010) afirmam que o aumento da densidade, desde que em profundidade, pode ser um elemento favorável dentro dos ambientes com barragens subterrâneas “quando não atinge níveis prejudiciais ao desenvolvimento das culturas ($> 1,60 \text{ kg dm}^{-3}$)”, pois podem “permitir uma maior e mais demorada condição de armazenamento de água nessa camada e acima dela, o que para barragem subterrânea constitui característica desejável”.

A porosidade total apresentou valores maiores nas áreas de acumulação e mediana da Barragem subterrânea, principalmente na Propriedade 01, fato esse que pode ser atribuído a quantidade de matéria orgânica acumulada nessas subáreas. Observa-se a relação inversa entre porosidade e DS nas áreas de barragem da Propriedade 01 e 02, com valores menores de DS em áreas com maiores valores de Porosidade total (BS AC 0-10, 10-20, 20-40; BS AM 0-10).

4.2.3.2.2. Atributos químicos

Quando avaliado entre propriedades, observa-se que a Propriedade 01 apresentou valores de Matéria orgânica, Fósforo, potássio, Cálcio, Somas de bases e CTC mais altos que a Propriedade 02 (Tabela 14).

Os solos da Propriedade 01 apresentaram baixos valores de pH na Área de acumulação da Barragem subterrânea, considerados fortemente ácidos, enquanto as outras áreas apresentam níveis moderadamente ácidos, segundo Faria *et al.* (2007). A acidez na área de acumulação pode estar associada aos ciclos de inundação por qual passa esta subárea da barragem nos períodos chuvosos do ano, ficando até 30 dias submersos.

No ambiente BS AM, a profundidade de 0-10 apresentou alto valor de MO, variando de nível médio a baixo nas profundidades de 10-20 e 20-40 respectivamente, semelhante ao ambiente AC (FARIA *et al.*, 2007).

A matéria orgânica apresentou valores médios no ambiente BS AC da propriedade 01, nas três profundidades, sugerindo uma maior distribuição e acumulação da matéria orgânica nos primeiros 40 cm do solo. Vale ressaltar que a área da barragem subterrânea não foi adubada.

A área de acumulação da barragem subterrânea, por estar na menor cota da área estudada, acumula material orgânico e umidade, tendo efeito na acumulação da matéria orgânica, fato esse considerado por Salcedo e Sampaio (2008), quando ressaltam que:

“O relevo também tem efeito marcante na formação e acúmulo de COT, em primeiro lugar porque determina o regime hídrico do solo, mas também porque influencia na distribuição da serapilheira na superfície do solo”.

O relevo em conjunto com a barragem subterrânea promove também períodos de alagamento temporário na área de captação e plantio, que em regime de vazante, vai acumulando elementos na BS AC. Silva *et al.* (2008) em estudo realizado em áreas alagadas, consideram que em ambientes anaeróbios a decomposição da matéria orgânica é mais lenta, principalmente pelo fato da lenta atividade de microorganismos anaeróbios, possibilitando o acúmulo em ambientes alagados.

Apesar das diferenças nos valores dos atributos químicos e físicos das duas propriedades, os valores da matéria orgânica da Mata nativa apresentaram semelhanças, níveis baixos de 10-40 cm. Esses valores podem ser atribuídos, segundo Salcedo e Sampaio (2008), “a variabilidade espacial e temporal na disponibilidade hídrica da região semiárida que exerce o principal controle na produção de biomassa e nos aportes de resíduos vegetais no solo”. Entende-se, dessa forma, que o material orgânico aportado nos solos do bioma caatinga (mata nativa) está limitado a períodos do ano, ressaltando também, a decomposição desse material em um curto período de tempo refletindo no

baixo acúmulo de matéria orgânica no solo, neste caso nas profundidades de 10 a 40 cm (Tabela 14).

A matéria orgânica da Propriedade 02 apresentou níveis baixos (<15, FARIA *et al.*, 2007) que podem estar relacionados a afirmação de Salcedo e Sampaio no parágrafo anterior e a baixa capacidade de retenção de umidade, característica de solos de textura arenosa.

Tabela 14. Atributos químicos do solo, avaliados em cinco ambientes, nas camadas 0-10, 10-20 e 20-40 cm, em período seco, nos municípios de Remígio e Solânea, Paraíba. 2009.

Descrição da área	Prof	pH	M.O.	C.E.	P	K	Ca	S (bases)	CTC	V	Na	100 Na ⁺ /T
	cm	H ₂ O 1:2,5	g/kg	dS/m	mg/dm ³	cmolc/dm ³			%	cmolc/dm ³	%	
Propriedade 01 – Família A. Pereira												
BS AC¹	0-10	5,0	27,52	0,53	23,41	0,55	3,1	6,72	12,33	55	0,17	1,38
	10-20	4,9	29,58	0,69	22,88	0,48	2,8	5,08	11,35	45	0,10	0,88
	20-40	5,1	23,17	0,57	21,68	0,38	3,1	6,47	12,24	53	0,09	0,74
BS AM²	0-10	5,6	36,31	0,35	21,74	0,53	3,8	8,02	12,14	66	0,09	0,74
	10-20	5,7	27,1	0,48	20,48	0,54	2,9	6,33	10,45	61	0,09	0,86
	20-40	5,8	12,62	0,48	13,74	0,48	2,3	4,75	8,21	58	0,07	0,85
BS EN.³	0-10	5,6	24,41	0,61	18,14	0,69	2,5	5,14	9,26	56	0,15	1,62
	10-20	5,7	12,41	0,55	8,4	0,52	2,8	5,76	10,38	55	0,24	2,31
	20-40	6,0	9,21	0,3	5,27	0,43	3,8	8,00	11,46	70	0,17	1,48
SC⁴	0-10	6,0	28,14	0,23	25,88	0,71	5,9	9,71	13,83	70	0,10	0,72
	10-20	5,7	22,76	0,23	18,34	0,51	4,5	9,48	13,77	69	0,17	1,23
	20-40	6,1	7,14	0,24	12,34	0,31	5,9	11,08	13,72	81	0,27	1,97
MN⁵	0-10	5,7	25,65	0,3	24,15	0,55	3,7	7,88	12,5	63	0,13	1,04
	10-20	5,7	7,76	0,25	15,34	0,39	2,1	4,61	7,91	58	0,12	1,52
	20-40	5,9	7,14	0,24	12,54	0,39	1,9	4,18	6,65	63	0,09	1,35
Propriedade 02 – Família F. L. Santos												
BS AC¹	0-10	5,4	13,34	0,51	6,20	0,36	2,7	4,62	7,59	61	0,16	2,11
	10-20	5,4	11,17	0,5	4,40	0,28	1,9	3,61	6,25	58	0,13	2,08
	20-40	5,6	7,14	0,39	2,87	0,2	1,4	2,55	4,53	56	0,15	3,31
BS AM²	0-10	5,9	12,72	0,65	6,14	0,32	2,1	4,21	6,02	70	0,09	1,50
	10-20	5,6	12,00	0,28	3,60	0,23	1,8	3,84	6,15	62	0,11	1,79
	20-40	5,6	6,72	0,33	2,27	0,17	1,7	3,52	5,33	66	0,15	2,81
BS EN.³	0-10	5,5	13,86	0,4	4,93	0,38	1,9	4,19	6,83	61	0,11	1,61
	10-20	5,3	9,83	0,35	3,27	0,28	1,6	3,51	5,82	60	0,13	2,23
	20-40	5,4	7,76	0,35	1,87	0,18	1,3	2,89	5,2	56	0,21	4,04
SC⁴	0-10	5,1	11,48	0,39	3,87	0,18	1,2	2,21	4,68	47	0,13	2,78
	10-20	5,5	9,62	0,32	2,13	0,44	1,8	3,94	5,75	69	0,10	1,74
	20-40	5,0	8,07	0,29	1,33	0,29	1,5	2,88	5,52	52	0,09	1,63
MN⁵	0-10	5,5	13,44	0,28	3,00	0,31	1,7	3,44	6,24	55	0,13	2,08
	10-20	5,2	12,93	0,21	1,60	0,24	1,1	2,47	6,76	37	0,13	1,92
	20-40	5,2	8,59	0,18	1,27	0,16	1,8	2,8	5,44	51	0,14	2,57

¹ Barragem subterrânea - Área de Acumulação (AC - área mais próxima da parede/septo impermeável);

² Barragem subterrânea - Área Mediana (AM - área mais afastada da parede/septo impermeável);

³ Barragem subterrânea - Encostas (EN1 e EN2 - encosta da direita e esquerda).

⁴ Sistema convencional;

⁵ Mata Nativa – área de referência

A Propriedade 01 apresentou de média a alta Soma de bases no ambiente BS, e alta SB no ambiente Sistema Convencional e de 0-10 cm na Mata nativa (Tabela 14), não havendo diferenciação em relação aos ambientes da BS. Observa-se a grande contribuição do Ca^{2+} nos valores da SB em todos os ambientes. Segundo tabela de Faria et al. (2007), para solos do semiárido, a propriedade 01 apresentou alta CTC em todos os ambientes, exceto algumas profundidades do BS AC e do BS AM, e da MN, e altos teores de cálcio no SC, e teores médios nos outros ambientes.

Os níveis de P e Ca na propriedade 01 estão altos ou muito altos, exceto a profundidade de 10-40 cm no ambiente BS EM, que apresentou valores médios de P. Enquanto na Propriedade 02 os valores de P estão em nível muito baixo,

Um dos aspectos que devem ser considerados no estudo de barragens subterrâneas é a predisposição dos solos a salinidade. Nos ambientes estudados nenhum dos solos apresentou caráter salino (EMBRAPA, 1997), mas observa-se uma tendência a uma maior CE nos ambientes da Barragem subterrânea e menores níveis de CE nas áreas de Mata Nativa das duas propriedades. Essa tendência deve-se ao fato dos alagamentos e secas constantes e da acumulação de sedimentos e elementos carregados através da água dos leitos de riacho.

4.2.3.2.3. Atributos biológicos

No Brasil, há poucos trabalhos que estudam os atributos microbiológicos nos solos do semiárido nordestino. Os cinco ambientes estudados e os sistemas de manejo diferenciados pelos agricultores nas duas propriedades promovem mudanças nesses agroecossistemas, mostrando ser necessária a busca por atributos sensíveis às transformações provocadas pelo manejo do solo e que pudessem avaliar o grau de sustentabilidade de um sistema.

Ressalta-se que não existem parâmetros pré-estabelecidos para o semiárido para os valores dos atributos microbiológicos estudados.

Quanto ao teor de CBMS não foram observadas diferenças significativas entre os ambientes estudados, havendo diferença e correlação apenas entre esses teores e as propriedades. Os maiores valores encontrados estão na Mata Nativa (Tabela 15), que é a área de referência do estudo, resultados semelhantes ao encontrado por Nunes *et al.* (2009) no semiárido cearense e por D'Andrea *et al.* (2002) no cerrado em Goiás. Em seguida, o ambiente Sistema Convencional – SC apresenta valores maiores que a Barragem subterrânea. Esses maiores valores de Biomassa podem estar associados, no SC, à adubação orgânica utilizada pelos agricultores.

Os teores mais altos de CBMS na Mata nativa podem ser devidos a fatos já descritos por Cunha *et al.* (2011) baseado em D'Andréa *et al.* (2002), afirmando que:

“O maior valor de CBM na mata é reflexo de uma situação particular para a microbiota do solo nesse sistema, que é estimulada através do fornecimento contínuo de materiais orgânicos com diferentes graus de suscetibilidade à decomposição, originados da vegetação... pela ausência de perturbações decorrentes das atividades antrópicas e por causa da diversidade das espécies vegetais da mata nativa e de compostos orgânicos depositados na rizosfera, notadamente maior que dos sistemas agrícolas avaliados, implica deposição na serapilheira de substratos orgânicos oxidáveis com composição variada” (CUNHA *et al.*, 2001, *apud* D'ÁNDREA *et al.*, 2002).

Tabela 15. Carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS), respiração basal (RBS), quociente metabólico (qCO₂), quociente microbiano (qMIC) e Carbono orgânico total (COT), avaliados entre duas propriedades e cinco ambientes, em período seco, nos municípios de Remígio e Solânea, Paraíba. 2009.

FONTES DE VARIAÇÃO	CBMS (dag Kg ⁻¹ Solo)	RBS (µg C g ⁻¹)	qCO ₂ (µg C g ⁻¹ .h ⁻¹ de C-CO ₂ do CBM)	qMIC (%)	COT (dag Kg ⁻¹)
Propriedade (P)	19,45**	11,64**	27,42**	0,22 ^{ns}	32,56**
Ambiente (A)	0,96 ^{ns}	19,90**	7,22**	5,22 ^{ns}	2,78*
P X A	0,59 ^{ns}	1,47 ^{ns}	1,24 ^{ns}	2,50 ^{ns}	3,64 ^{ns}
BS AC ¹	194,77	121,16c	0,77b	1,18b	1,78a
BS AM ²	195,62	142,94ab	0,77b	1,59a	1,25b
BS EN ³	208,06	185,50b	0,85b	1,66a	1,44ab
SC ⁴	221,73	197,56b	0,91b	1,62a	1,38ab
MN ⁵	237,48	280,21a	1,46a	1,36b	1,54ab
Propriedade 01	174,93 B	206,46A	1,19A	1,50	1,18B
Propriedade 02	248,13 A	164,49B	0,67B	1,46	1,78A

ns – não significativo; * e ** significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

¹ Barragem subterrânea - Área de Acumulação (AC - área mais próxima da parede/septo impermeável);

² Barragem subterrânea - Área Mediana (AM - área mais afastada da parede/septo impermeável);

³ Barragem subterrânea - Encostas (EN1 e EN2 - encosta da direita e esquerda).

⁴ Sistema convencional;

⁵ Mata Nativa – área de referência.

Prop. 01 - Família Pereira; Prop. 2- Família Santos.

Os valores para Respiração basal do solo apresentaram diferenças significativas entre os ambientes e entre as propriedades estudadas. Os solos da MN apresentaram o maior valor de RBS, seguido do SC e da BS EM. Os menores valores de RBS foram encontrados na BS AC e AM (121,16 µg C g⁻¹ e 142,94 µg C g⁻¹) (Tabela 15). Cunha *et al.* (2011) também encontrou maiores valores de RBS na mata nativa. Mas Nunes *et al.* (2009), ressalta que a avaliação dos resultados das taxas de RBS devem ser feitas com cuidado, argumentando que:

“Elevados valores de respiração basal do solo podem ser resultantes de acúmulo de matéria orgânica rica em frações lábeis (carboidratos, compostos nitrogenados e a própria biomassa microbiana e seus metabólitos) à superfície do solo, suscetível à decomposição com

conseqüente liberação de nutrientes para as plantas, conforme verificado no sistema de mata”.

Mas também, as taxas de RBS podem ser o “reflexo de um consumo intenso de C oxidável pela população microbiana para a sua manutenção, em circunstâncias em que a biomassa microbiana encontre-se sob algum fator de estresse” (NUNES *et al.* 2009). Ou seja, “elevados valores de RBS podem indicar tanto situações de distúrbio quanto de alto nível de produtividade do sistema” (ISLAM & WEIL, 2000).

No presente estudo a RBS do solo não se correlacionou com nenhum outro indicador de qualidade de solo, seja, químico físico ou biológico. Podendo estar relacionado estritamente aos sistemas de manejo utilizados, observando que nos ambientes da Barragem subterrânea existe uma maior concentração de umidade durante determinados períodos, podendo interferir na atividade microbiana.

Em relação ao qCO_2 , Gama - Rodrigues (1999) afirmou que à medida que a biomassa microbiana se torna mais eficiente, menos carbono é perdido como CO_2 , pela respiração, e uma fração significativa de carbono é incorporada ao tecido microbiano, com isto, solos com baixo qCO_2 estão próximos ao estado de equilíbrio. Assim, ambientes com valores elevados de qCO_2 indicam ecossistemas submetidos a alguma condição de estresse ou distúrbio (MOREIRA e SIQUEIRA, 2003).

Os ambientes desse estudo apresentaram comportamento contrário a afirmação acima. O valor mais alto de qCO_2 foi obtido na área de Mata Nativa (Tabela 15), não havendo diferença significativa entre os outros ambientes. Cunha *et al.*(2011) também obteve resultados semelhantes quando comparou sistemas de semeadura diferenciadas (preparo convencional, pousio e semeadura direta com diferentes espécies) com a mata nativa - Cerradão, onde esta apresentou valores maiores que a semeadura direta e o pousio na camada superficial.

Os valores de $qMIC$ não mostraram variações significativas entre as propriedades, mas apresentaram valores com diferenças significativas entre os ambientes, variando entre 1,18% na mata nativa, a 1,66% na encosta da

barragem subterrânea (Tabela 15). Os valores considerados normais por Jenkinson & Ladd (1981), devem ter entre 1 a 4 % do C total do solo correspondentes ao componente microbiano. Valores inferiores a 1% do quociente microbiano (qMIC), obtido através da relação CBM:COT, indica a existência de algum fator limitante à atividade da biomassa microbiana (CUNHA *et al.* 2011).

Dessa forma, observa-se que a mata nativa e a área de acumulação das barragens, apesar de estarem dentro dos valores normais propostos por Jenkinson & Ladd (1981), apresentaram menores valores de qMIC do que as outras áreas, podendo está relacionado a algumas situações limitantes a atividade dos microrganismos. Nunes *et al.* (2002) afirma que em circunstâncias de desequilíbrio ambiental, com matéria orgânica de baixa qualidade ou em situação em que a biomassa experimenta algum fator de estresse (deficiência de nutrientes, acidez, déficit hídrico, etc.), a capacidade de utilização de C é diminuída e, neste caso, o qMIC diminuí.

Cunha *et al.* (2011) afirma que “as variações em qMIC refletem o padrão do aporte de matéria orgânica do solo, a eficiência da conversão do C microbiano, as perdas de C do solo e a estabilização do C orgânico pelas frações minerais do solo”.

O Carbono orgânico total apresentou diferenças significativas entre os ambientes e entre as propriedades, obtendo-se os maiores valores na área de acumulação da barragem subterrânea e menores na área mediana da BS.

Dessa forma, observa-se que a atividade microbiana, avaliada por meio da respiração basal e do quociente metabólico (qCO₂) diferiu entre a mata nativa, a barragem subterrânea e o sistema convencional. Apesar de mostrar que a mata nativa apresenta situação de estresse, que pode estar relacionado a um consumo intenso de C oxidável pela população microbiana para a sua manutenção ou em decorrência do déficit hídrico e a acidez elevada.

Confirma-se também que a avaliação da qualidade do solo deve envolver os atributos químicos, físicos e biológicos, para uma análise mais completa da situação. Nesse estudo, as características químicas e físicas dos solos da Propriedade 01 mostraram-se mais equilibradas em relação à

Propriedade 02, fato esse que foi contrariado pelas análises biológicas. Essas mostraram que a propriedade 01 apresenta um nível de instabilidade maior que a propriedade 02, fator que poder ser atribuído ao sistema de manejo utilizado no ambiente de cultivo, pode estar relacionada a uma alta taxa de liberação pelo intenso uso do solo com as olerícolas e no caso da mata nativa ao recente uso como área de pastejo animal.

Observa-se que as análises dos atributos biológicos se aproximam mais do resultado das percepções dos/as agricultores/as em relação aos indicadores de sustentabilidade avaliados em uma das etapas desse estudo.

Essas avaliações confirmam a discussão de Siqueira *et al.*(1994) e Selle (2007), quando falam sobre “a relevância dos microorganismos do solo como chave nos ciclos geoquímicos, ciclando nutrientes como C, N, P, S e micronutrientes. O ciclo geoquímico ou aberto envolve a transferência de elementos dentro e/ou fora do ecossistema. As entradas no ecossistema são devidas aos nutrientes oriundos do ar, às precipitações, à intemperização das rochas, à fixação biológica do nitrogênio e também à fertilização artificial. As saídas, por outro lado, são representadas pelas perdas por erosão, lavagens, volatilização e pela remoção de nutrientes pelas colheitas”.

Esses resultados podem ser relacionados ao princípio Agroecológico de ciclagem da energia e de nutrientes contidos na fauna e na flora locais, observando sua extrema importância na manutenção do equilíbrio dos agroecossistemas, partindo daí alternativas de manejo baseadas na manutenção e otimização das dinâmicas dos microorganismos no solo para proporcionar uma maior sustentabilidade agrícola e ambiental (ALTIERI, 2002).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo mostra que as tecnologias sociais mais urgentes para a convivência com o semiárido são as tecnologias de captação, armazenamento e conservação de água da chuva, pois estas podem proporcionar o redesenho dos agroecossistemas dessa região, promovendo mudanças profundas nas comunidades que historicamente já convivem com a seca. E que estas tecnologias sociais, incluindo a barragem subterrânea, que não atua de forma isolada, têm uma influência direta na segurança alimentar e nutricional dos componentes da agricultura familiar do semiárido, seja na disponibilidade de alimentos, na qualidade nutricional, na quantidade suficiente para o período seco, como também na economia monetária das famílias e na possibilidade de resgate da cultura alimentar local, conforme observado na diversificação dos cultivos e na geração de renda através da comercialização do excedente nas duas propriedades.

Além das tecnologias, observou-se no estudo, que a barragem subterrânea estava aliada a sistemas de produção baseados nos princípios da Agroecologia. O caminho para seguir estes princípios permite interpretar de forma sistêmica o ambiente, observando suas limitações e potencialidades, e a partir daí promover uma convivência produtiva e sustentável.

Foi possível observar que as duas famílias compreenderam a importância da Agroecologia, e também que as tecnologias de captação, armazenamento e conservação da água da chuva são essenciais nesse processo de mudança, garantindo produtividade, estabilidade, confiabilidade, superação, adaptação e equidade dos agroecossistemas do semiárido brasileiro.

Para monitorar, interpretar e avaliar estas dinâmicas existentes nas duas propriedades, a pesquisa participativa ofereceu não só possibilidades de aprofundamento dos conhecimentos em campo, como também o aprofundamento da relação entre pesquisador-sujeito e agricultor-sujeito no âmbito geral do tema pesquisado.

Observa-se também que as metodologias participativas facilitaram uma avaliação sistêmica das interações ecológicas, sociais e econômicas que ocorrem nos agroecossistemas estudados e que são facilitam o dialogo entre os agricultores e pesquisadores. E desse dialogo, cheio de contradições e antagonismos, surgiram novos conhecimentos, como os dados gerados na avaliação dos indicadores de sustentabilidade, na construção dos calendários, na observação participante e em todos os momentos de diálogo com as famílias, apesar das limitações do tempo e das atividades agrícolas e não-agrícolas.

Os participantes dessa pesquisa mostraram também que apesar de exercerem atividades não-agrícolas, essas não tiram a sua essência de agricultores, atividade que exercem buscando gerar mais renda para a família, e assim possibilitar a reprodução social, econômica e ambiental dessa. Para isso, ressaltaram que as alternativas de convivência com a seca, entre elas as tecnologias de captação e armazenamento de água, cumprem um importante papel para manter as famílias no campo, pois demanda trabalho e gera produtos e/ou renda durante o ano todo dentro da propriedade.

É importante chamar atenção para o fato de que a participação social efetiva dos componentes da unidade familiar favoreceu a construção e trocas de conhecimento, mas não havendo essa característica, a equipe deve estar

preparada para trabalhar uma sensibilização do agricultor em relação a sua atuação enquanto sujeito do processo de investigação.

Não foi possível a construção dos indicadores de sustentabilidade da maneira como proposto pela metodologia MESMIS, para serem feitos em conjunto com os agricultores, principalmente pela limitação do tempo para aprofundarmos a discussão sobre sustentabilidade, monitoramento e avaliação, bem como da infraestrutura que permitisse a equipe passar mais tempo nas propriedades. Ao optar por essa metodologia, o fator “tempo” é um limitante que deve ser bastante considerado para conseguir resultados mais eficientes.

A avaliação dos indicadores de sustentabilidade propostos, partindo inicialmente da visão dos agricultores e suas famílias, permitiram uma visão global dos agroecossistemas e suas dinâmicas. Foi constatado que a Propriedade 01 da Família de Dona A. P. obteve nível razoável de sustentabilidade (3,1), a partir das médias 3,4; 2,8; e 3,0 obtidas para as dimensões ambiental, social e econômica, respectivamente. Enquanto que a Propriedade 02 alcançou nível bom, com média geral 4,1, obtida através das médias, 4,1; 4,2 e 4,3, para dimensão ambiental, social e econômica, respectivamente. Uma das limitações para um maior detalhamento dos resultados é a inexistência de parâmetros mais completos, assim, constatou-se que os parâmetros utilizados deveriam ser mais detalhados e de acordo com a realidade da região, para que as avaliações dos agricultores não fossem baseadas apenas nas percepções, mas também em dados reais.

Os indicadores de qualidade de solo também se mostraram sensíveis para a avaliação dos atributos físicos, químicos e biológicos nos três ambientes de cada propriedade. Apresentando resultados em relação à estabilidade dos agroecossistemas estudados e sobre o potencial da Barragem subterrânea em acumular sedimentos, nutrientes e umidade, bem como o fornecimento de dados sobre a salinidade desses solos.

As avaliações dos atributos biológicos colaboraram com a avaliação dos indicadores ambientais e técnico-agronômicos, confirmando que a propriedade 02 possui níveis de sustentabilidade maiores que a propriedade 01. As análises físicas e químicas dos solos da propriedade 01 apresentaram teores mais

elevados de nutrientes enquanto a propriedade 02 apresentou maior capacidade de ciclagem desses nutrientes através dos microorganismos do solo. As famílias e os dois agroecossistemas participantes desse estudo, apesar de estar há pouco tempo no processo de conversão agroecológica, caminham em direção a um agroecossistema mais sustentável, superando as limitações sociais, econômicas e ambientais da região semiárida brasileira.

Embora a barragem subterrânea isolada não provoque todas essas transformações, observou-se que, os caminhos percorridos até implantá-la e mantê-la produzindo, permitem que o agricultor se envolva em várias dinâmicas sociais, econômicas e ambientais. Mas, a principal influência da barragem subterrânea é vista na segurança alimentar e nutricional das famílias. Porque através da água para a produção as famílias diversificam os alimentos cultivados e consumidos, resgatando e mantendo as variedades locais, introduzindo variedades adaptadas a região, e respeitando a sazonalidade dos cultivos, mantendo assim, uma diversidade contínua de alimentos a serem consumidos pelas famílias.

Dessa forma, a barragem subterrânea é uma tecnologia com potencial para aperfeiçoar e equilibrar o processo produtivo, promovendo uma maior diversidade, estabilidade e resiliência do agroecossistema familiar do semiárido, se constituindo em mais uma opção para atingir a sustentabilidade nessas áreas.

As tecnologias sociais de captação e armazenamento de água da chuva são de extrema importância na busca pela sustentabilidade dos agroecossistemas familiares do semiárido, principalmente por sua característica de replicabilidade e de desenvolvimento com a interação das comunidades locais, que permite criar caminhos para a construção de processos dialógicos e de empoderamento das populações rurais, possibilitando a afloração de dinâmicas de transformação social e assim permitindo o desenvolvimento endógeno, autônomo e soberano, seja nas decisões ambientais, sociais e/ou econômicas, que fortaleçam a agricultura familiar, e conseqüentemente, promovam a segurança alimentar e nutricional das famílias e das comunidades.

6. REFERÊNCIAS

ABRAMOVAY, R. “Juventude rural: ampliando as oportunidades”, **Raízes da Terra: parcerias para a construção de capital social no campo**. Secretaria de Reordenamento Agrário do Ministério do Desenvolvimento Agrário. Brasília – DF, Abril de 2005, Ano 1, nº 1. Disponível em: <http://www.creditofundiario.org.br/materiais/revista/artigos/artigo05.htm> Acesso em: 20 Dez. 2010.

ABREU, L. S. **A construção da relação social com o meio ambiente: percepções e representações de risco agroecológico entre agricultores familiares na Mata Atlântica Brasileira**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2005. 176p.

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. 2006. Disponível em: <http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/medicaoPluviometrica.do?metodo=chuvadasDiariasMapa>. Acesso em: 30 mar. 2011.

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. 2006. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br> Acesso em: 30 Jun. 2010.

ALTIERI, M. A.; PONTI, L.; NICHOLLS, C. I.; Manejando insetos-praga com a diversificação de plantas. **Revista Agriculturas: Experiências em agroecologia**. v. 4, n. 1, 2007. p. 20-23.

ALTIERI, M. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 4a ed. Porto Alegre: Ed. da Universidade – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004. 110p.

ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba-RS: Agropecuária, 2002, 592 p.

ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environment conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biol. Biochem.**, v.25, p.393- 395, 1993.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal** (UFU), v. 23, p. 66-75, 2007. Disponível em: <http://www.biosciencejournal.ufu.br/include/getdoc.php?id=1931&article=349&m ode=pdf>. Acesso em: 20 Nov. 2008.

Articulação no Semi-Árido Brasileiro – ASA. **P1+2**. Recife. Disponível em: http://www.asabrasil.org.br/Portal/Informacoes.asp?COD_MENU=1151. Acesso em: 20 Set 2011.

ASPTA. **Mapa de atuação do Pólo da Borborema, 2009**. Disponível em: http://antigo.aspta.org.br/programa-paraiba/localizacao/RHidricos_Com_Zoneam_A3.pdf/view Acesso em: 05 Dez 2011.

ARXER, I. C. Un humanismo científico para la sostenibilidad. In: LEFF, E. (Coord.) *Ética, Vida, Sustentabilidad*. PNUD: México. 2002. 332 p.

BESKOW, Paulo Roberto. Agricultura e capitalismo no Brasil. In: “**Coleção encontros com a civilização brasileira**”. Número 19, vol. III, nº1. Rio e Janeiro: Civilização Brasileira, 1980.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Nova delimitação do semi-árido brasileiro**. 2005. Brasília: Ministério da Integração Nacional. Disponível em: http://www.mds.gov.br/programas/editais/editais2008/delimitacao_do_semi-arido_brasileiro.pdf. Acesso em: 21 Set 2011.

BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B.; GAMA, G. F. B. (Ed.) *Potencialidades de água da chuva no semi-árido brasileiro*. Petrolina: Embrapa Semi-árido, 2007, 181 p.

BRITO, L. T. de L.; S. D. A. ; CAVALCANTI, N. de B.; ANJOS, J. B. dos; REGO, M. M. Alternativa tecnológica de exploração para aumentar a disponibilidade de água no semi-árido. **Rev. Bras. de Eng. Agríc. e Ambiental**. Campina Grande, v.3, n. 1, p. 111-115. 1999.

BRUNDTLAND, Gro Harlem. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991.

ROCHA, J. C. da; COSTA, J. W. S. Fundo Rotativo Solidário: instrumento de promoção da agricultura familiar e do desenvolvimento sustentável no semi-árido. **Rev. Agriculturas**. Rio de Janeiro, v. 2, n. 3, p. 12-15. Out. de 2005.

CANUTO, J. C. Agricultura Ecológica e Sustentabilidade Sócio-Ambiental. **Rev. Raízes**, Ano XVII, n. 16, p. 13-24. março/98.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Análise multidimensional da sustentabilidade: uma proposta metodológica a partir da Agroecologia. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v.3, n.3, p.70-85, jul./set. 2002.

CAPRA, F. **As conexões ocultas**. IDESA: São Paulo, 2003.

CÁRITAS BRASILEIRA, Regional Minas Gerais. **Educação Popular e Diagnóstico participativo**: construindo a segurança alimentar e nutricional em acampamentos e assentamentos de reforma agrária. Dez. 2003. 66 p.

CHAMBERS, R.; GUIJT, I. **DRP: depois de cinco anos, como estamos agora?** R. Quito, Revista Bosques, Árvores e Comunidades Rurais. n. 26, março, 1995. p. 4-15

CIRILO, J. A.; COSTA, W. D. Barragem Subterrânea: experiência em Pernambuco. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 9., 1999, Petrolina, PE. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semi-Árido; Singapura; IRSCA, 1999. CD-ROM

CORREIA, M. E. F. Relações entre a diversidade da fauna de solo e o processo de decomposição e seus reflexo sobre estabilidade dos ecossistemas. Seropédica: Embrapa Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia (Embrapa-CNPAB), 2002. 33p. Embrapa Agrobiologia. **Documentos** 156.

COSTA, W. D. **Barragens subterrâneas – uma intervenção de baixo custo para a região semi-árida nordestina**. 1997. Disponível: <http://www.iica.org.br/Agua>. Acesso em: 10 Out. 2011.

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; MOREIRA, J. A. A.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. II – Atributos biológicos do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 35:603-611, 2011.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Solânea, Estado da Paraíba/ Org. MASCARENHAS, J. de C.; BELTRÃO, B. A.; SOUZA JÚNIOR, L. C.; MORAIS, F.; MENDES, V. A.; MIRANDA, J. L. F. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; SIQUEIRA, J. O. & CARNEIRO, M.A.C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do estado de Goiás. **R. Bras. Ci. Solo**, 26:913-923, 2002.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M. **Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo: Método da fumigação-extração**. Seropédica: Embrapa-CNPAB, 1997. 10 p. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 37).

DEPONTI, C. M.; ECKERT, C.; AZAMBUJA, J. L. B. de. Estratégia para construção de indicadores para avaliação da sustentabilidade e monitoramento de sistemas. **Agroecol. e Desenvol. Rur. Sustent.** Porto Alegre, v.3, n.4, p. 44-52, out/dez 2002.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-21. (SSSA Special publication, 35).

DORAN, J.W.; ZEISS, M.R. Soil health and sustainabilityM: managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**, v. 15, p.3-11, 2000.

DUQUE, J.G. O Nordeste e as Lavouras. Xerófilas. 3ª Edição. Coleção Mossoroense. Volume CXLIII. 1980. 316p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de Solo**. 2 ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).

FALCÃO, R. B. M. O desenvolvimento local sustentável no semi-árido nordestino: Um estudo de caso na comunidade de Mirandas, Caraúbas/RN. Dissertação (Mestrado), CCSA-UFRN. 2005.

FARIA, C. M. B. de; SILVA, M. S. L.; SILVA, D. J. **Alterações em características de solos do Submédio São Francisco sob diferentes sistemas de cultivo**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. 33 p. (Embrapa Semi-Árido. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 74).

FEIGL, B.J.; SPARLING, G.P.; ROSS, D.J. & CERRI, C.C. **Soil microbial biomass in Amazonian soils**: Evaluation of methods and estimates of pool sizes. *Soil Biol. Biochem.*, 27:1467-1472, 1995.

FERREIRA, A. B. H. Novo Aurélio século XXI: o dicionário da língua portuguesa, 3a ed., totalmente revista e ampliada. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999.

FERREIRA, G. B.; MENDONÇA, C. E. S.; CHAVES, V. C.; GAVA, C. A. T.; SILVA, M. S. L.; PETRERE, V. G. Barragem subterrânea: uma alternativa sustentável para a agricultura familiar no semi-árido brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, V. 2007, Guarapari, ES. [Anais...] Porto Alegre: UFRGS; ABA Associação Brasileira de Agroecologia, 2007. Disponível em: <http://www6.ufrgs.br/seeragroecologia/ojs/index.php> Acesso em: 10/10/2011.

FIGUEIREDO, P. J. M. **Sustentabilidade ambiental**: aspectos conceituais e questões controversas. Palestras sobre Meio Ambiente - Programa Conheça a Educação do Cibec/Inep- MEC/SEF/COEA, 2001.

FURTADO, C. A fantasia desfeita. 3. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1989.

GAMA-RODRIGUES, E. F. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. **In**: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). Fundamentos da matéria orgânica: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, p. 227-244, 1999.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; BARROS, N. F. de; GAMA-RODRIGUES, A. C.; SANTOS, G. A. Nitrogênio, Carbono e Atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. **Revi. Bras. de Ciênc. do Solo**, v.29, p.893-901, 2005.

GARJULLI, R. Os recursos hídricos no semi-árido. **Cienc. Cult.**, São Paulo, v. 55, n. 4, Dec. 2003. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S000967252003000400021&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 02 Out. 2011.

GAZOLLA, M. e SCHNEIDER, S. Produção da autonomia: os “papéis” do autoconsumo na reprodução social dos agricultores familiares. **Revi. Estudos Sociedade e Agricultura**, Rio de Janeiro, (UFRRJ), v. 15, p. 89-122, 2007.

GEILFUS, F. **80 herramientas para el desarrollo participativo**: diagnóstico, planificación, monitoreo e evaluación. San Salvador : Prochate/IICA, 1997.

GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: Universidade, UFRGS, 2001. 653p.

GNADLINGER, J. Tecnologias de captação e manejo de água de chuva em regiões semi-áridas. **In**: Küster, A.; Melchers, I; Marti, J. F. (Org.). **Tecnologias apropriadas para terras secas: manejo sustentável de recursos naturais em regiões semi-áridas no nordeste do Brasil**. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer: GTZ, 2006. 210 p. il.

GRISI, B. M. Métodos químicos de medição da respiração edáfica: alguns aspectos técnicos. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 30, p. 82-88, 1978.

GUIJT, I. **Monitoramento participativo**: conceitos e ferramentas práticas para a agricultura sustentável. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1999. 143 p. (Metodologias participativas, 3).

GUZMÁN, G.I.C., MIELGO, A.M.A. La investigación participativa em agroecología: una herramienta para el desarrollo sustentable. **Ecosistemas**. n. 16, v. 1, p. 24-36. Enero, 2007.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br> Acesso em: 25 Set. 2010.

ISLAM, K.R. & WEIL, R.R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agric. Ecosyst. Environ.**, 79:9-16, 2000.

JENKINSON, D.S.; LADD, J.N. Microbial biomass in soil measurement and turnover. In: PAUL, E. A.; LADD, J.N. (Ed.). **Soil biochemistry**. New York: Dekker, 1981. v. 5.

LARRAÍN, S. Río+10: Desafíos éticos para las organizaciones ciudadanas y los movimientos ambientalistas. In: LEFF, E. (Coord.) *Ética, Vida, Sustentabilidad*. PNUD: México. 2002. 332 p.

LEFF, E. *Ética por la vida: Elogio de la voluntad de poder*. p. 310. In: LEFF, E. (Coord.) *Ética, Vida, Sustentabilidad*. PNUD: México. 2002. 332 p.

LÓPEZ-RIDAURA, S.; MASERA, O.; ASTIER, M. Evaluating the sustainability of integrated peasantry systems: The MESMIS Framework. **Revista ILEIA**, p. 28-30. dez. 2000.

MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. da S.; OLIVEIRA, T. S. de ; SÁ MENDONÇA, E. de; ARAÚJO FILHO, J. A.. Impactos de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 5, out. 2006 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622006000500018&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 05 out. 2011. doi: 10.1590/S0100-67622006000500018.

MANCHINERI, S. H. Sustentabilidad humana y ética desde el punto de vista de los pueblos indígenas. p. 211. In: LEFF, E. (Coord.) *Ética, Vida, Sustentabilidad*. PNUD: México. 2002. 332 p.

MASERA, O.; ASTIER, M.; LÓPEZ-RIDAURA, S. **Sustentabilidad y manejo de recursos naturales**: el marco de evaluación MESMIS. México: Mundi Prensa, 1999. 109 p.

MELO FILHO, J. F.; SOUZA, A. L. V. O manejo e a conservação do solo no Semi-árido baiano: desafios para a sustentabilidade, **Bahia Agríc.** v.7, n.3, nov. 2006. Disponível em: http://www.seagri.ba.gov.br/pdf/socioeconomia04_v7n3.pdf. Acesso em: 19 Set. 2011.

MENDONÇA, C. E. S.; FERREIRA, G. B.; CHAVES, V. C.; SILVA, M. S. L.; ANJOS, J. B.; MENDES, A. M. S. Caracterização de atributos químicos e físicos em solos de barragens subterrâneas no nordeste. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, V. 2007, Guarapari, ES. [**Anais...**] Porto Alegre: UFRGS; ABA Associação Brasileira de Agroecologia, 2007. Disponível em: <http://www6.ufrgs.br/seeragroecologia/ojs/index.php> Acesso em: 03/11/2011.

MERCANTE, F. M. **Biomassa e atividade microbiana: indicadores de qualidade do solo. Direto no Cerrado**, p. 9-10, 2001.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2003.

MOREIRA, M. M.; SANTOS, M. H. L. C.; ROCHA, J. C. da; FERREIRA, G. B.; SILVA, M. S. L.; ANJOS, J. B. Avaliação dos impactos da barragem subterrânea em duas propriedades de agricultura familiar agroecológica no sertão da Paraíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, V. 2007, Guarapari, ES. [Anais...] Porto Alegre: UFRGS; ABA Associação Brasileira de Agroecologia, 2007. Disponível em: <http://www6.ufrgs.br/seeragroecologia/ojs/index.php> Acesso em: 10/10/2011.

MOTOMURA, O. Desarrollo sustentable: principios éticos para “hacer que las cosas pasen” In: LEFF, E. (Coord.) Ética, Vida, Sustentabilidad. PNUD: México. 2002. 332 p.

MUTUANDO, Instituto Giramundo. **A cartilha Agroecológica**. Botucatu: Ed. Criação Ltda. 2005. 92 p.

NUNES, L. A. P. L.; ARAÚJO FILHO, J. A.; HOLANDA JR. E. V.; MENEZES, R. I. Q. Impacto da queimada e de enleiramento de resíduos orgânicos em atributos biológicos de solo sob caatinga no semi-árido nordestino. **Caatinga**. Mossoró, v.22, n.1, p.131-140, janeiro/março de 2009.

OLIVEIRA A. K. C. de; SILVA, M. S. L.; MENDONÇA, C. E. S.; FERREIRA, G. B.; CHAVES, V. C.; SILVA, D. J. Avaliação qualitativa da água de barragens subterrâneas no semi-árido nordestino brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, V. 2007, Guarapari, ES. [Anais...] Porto Alegre: UFRGS; ABA Associação Brasileira de Agroecologia, 2007. Disponível em: <http://www6.ufrgs.br/seeragroecologia/ojs/index.php> Acesso em: 10/10/2011.

OLIVEIRA, A. & NEVES, E. A. Modificações no método de Walkley-Black para a determinação da matéria orgânica em solos. **Anais da 29ª Reunião da Sociedade Brasileira de Química**. Sociedade Brasileira de Química. 2006. 1 CD-Rom Disponível em: <http://sec.s bq.org.br/cdrom/29ra/resumos/T0640-1.pdf>. Acesso em: 20 Dez. 2010.

PAULUS, G.; MULLER, A.M.; BARCELLOS, L.A.R. **Agroecologia aplicada: praticas e métodos para uma agricultura de base ecológica**. Porto Alegre: EMATER/RS, 2000. p. 86.

REBOUÇAS, A. da C. Gestão das águas. **Ciência Cultural**. São Paulo, v. 55 n. 4, 2003

SABOURIN, E. Aprendizagem coletiva e construção social do saber local: o caso da inovação na agricultura familiar da Paraíba. **Estudos Sociedade e Agricultura**, n. 16, 2001, p. 37-61.

- SABOURIN, E. Manejo da inovação na agricultura familiar do Agreste da Paraíba: o sistema local de conhecimento. **In:** SILVEIRA, L.; PETERSEN, P.; SABOURIN, E. Agricultura familiar no semi-árido: avanços a partir do agreste da Paraíba. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2002.
- SABOURIN, E. Multifuncionalidade e relações não-mercantis: manejo de recursos comuns no Nordeste. **Caderno CRH**, Salvador, v. 23, n. 58, p. 151-169, Jan./Abr. 2010.
- SALCEDO, I. H. & SAMPAIO, E. V.S. B. Matéria orgânica do solo no bioma caatinga. **In:** SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P. & CAMARGO, F. A. O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. 2. ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p. 419-441.
- SCHNEIDER, S. A pluriatividade na agricultura familiar. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003. 254 p.
- SCHNEIDER, S. e MATTOS, E. J.de; A Pluriatividade no Meio Rural Gaúcho: caracterização e desafios para o desenvolvimento rural sustentável. **Extensão Rural e Desenvolvimento Sustentável**. Porto Alegre, v.2, n. 1/2, jan/ago 2006.
- SELLE, G. L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Bioscience Journal**, Uberlândia/MG, p. 29 - 39, 31 dez. 2007.
- SEVILLA GUZMÁN, E. **De la Sociología Rural a la Agroecología**. Barcelona: Icaria Editorial. 2006.
- SEVILLA-GUZMÁN, E. El marco teórico de la Agroecología. **In:** Materiales de Trabajo Del ciclo de cursos y Seminarios sobre Agroecología e Desarrollo Sostenible em América Latina y Europa. Módulo I – Agroecología y Conocimiento Local. Huelva, La Rábina: Universidad Internacional de Andalucía, 1995. p. 3-28.
- SILVA, D.A. da; RÉGO NETO, J. Avaliação de barragens subterrâneas para fins de exploração agrícola. **In:** CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9., 1991, Natal. **Anais...** Fortaleza: ABID, 1992. p.335-361.
- SILVA, L. S., SOUSA, R. O., POCOJESKI, E. Dinâmica da Matéria orgânica em ambientes alagados. **In:** SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P. & CAMARGO, F. A. O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. 2. ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p. 419-441.
- SILVA, M. S. L. da ; MENDONÇA, C. E. S.; ANJOS, J. B. dos ; HONÓRIO, A. P. M. ; SILVA, A. de S.; BRITO, L. T. de L. . Barragem subterrânea: água para produção de alimentos. **In:** BRITO, L. T. de L; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Org.). Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro. Petrolina-PE: Embrapa Semi-Árido. 2007a, p. 121-137.

SILVA, M. S. L. da; ANJOS, J. B. dos; FERREIRA, G. B.; MENDONÇA, C. E. S.; SANTOS, J. C. P.; OLIVEIRA NETO, M. B. de. Barragem subterrânea: uma opção de sustentabilidade para a agricultura familiar do semi-árido do Brasil. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007b. (Embrapa Solos. Circular Técnica 36).

SILVA, M. S. L. da; OLIVEIRA NETO, M. B. de, FERREIRA, G. B.; MOREIRA, M. M.; MENDES, A. M. S.; CUNHA, T. J. F.; SANTOS, J. C. P.; PARAYBA, R. V. B.; ANJOS, J. B. dos; MATIAS, J. A. B.; ROCHA, J. C.; **Atributos físicos e químicos de solos em áreas de barragens subterrâneas no Agreste e no Planalto da Borborema, Estado da Paraíba.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. (Embrapa Solos. Circular Técnica 47).

SILVA, M. S. L.; CAVALCANTI, A. C.; ANJOS, J. B. Solos adensados e/ou compactados: Identificação/diagnóstico e alternativas de manejo. Petrolina: Embrapa - CPATSA, 2001. 6 p., il. (Embrapa-CPATSA. Circular Técnica, 76).

SILVA, M.S.L. da; ANJOS, J.B. dos; LOPES, P.R.C.; SILVA, A. de S. **Sistema de captação e conservação de água em barragens subterrâneas.** Petrolina: Embrapa-CPATSA, 1995. 4p. (Embrapa-CPATSA. Comunicado técnico, 58).

SIMON FERNÁNDEZ, X.; DOMINGUES GARCIA, D. Desenvolvimento Rural Sustentável: uma perspectiva agroecológica. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*, v. 2, n. 2, p. 17-26, abr/jun, 2001.

SIQUEIRA, J.O. *et al.* **Microrganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental.** Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 142p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 45)

SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; SANTOS, R. V. ARAÚJO, G. T.; SOUTO, L. S. Decomposição de esterco disposto em diferentes profundidades em área degradada no semi-árido da Paraíba. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 29, n. 1, Feb. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832005000100014&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 21 Out. 2011.

SOUZA, E. D. de; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; SILVA, C. A.; BUZETTI, S. Frações do carbono orgânico, biomassa e atividade microbiana em um Latossolo Vermelho sob cerrado submetido a diferentes sistemas de manejos e usos do solo. **Acta Sci. Agron.** Maringá, v. 28, n. 3, p. 323-329, July/Sept., 2006.

THIOLENT, M.; SILVA, G. O. Metodologia de pesquisa-ação na área de gestão de problemas ambientais. *RECIIS – R. Eletr. de Com. Inf. Inov. Saúde*, Rio de Janeiro, v.1, n.1, p. 93-100, jan.-jun., 2007. Disponível em: www.reciis.cict.fiocruz.br. Acesso em: 2 jun. 2009.

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

VERDEJO, M. E. **Diagnóstico Rural Participativo: um guia prático**. Brasília: Gráfica ASCAR, 2006. 61p.

VERONA, Luiz Augusto Ferreira. **Avaliação de sustentabilidade em agroecossistemas de base familiar e em transição agroecológica na região sul do Rio Grande do Sul**. 2008. 192p. Tese (Doutorado). Programa de Pós Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – RS – Brasil

WANDERLEY, M. N. B. A emergência de uma nova ruralidades nas sociedades modernas avançadas – o “rural” como espaço singular e ator coletivo. **Estudos Sociedade e Agricultura**, Rio de Janeiro: CPDA, n. 15, 2000. p.87-146.

ZAMPIERI, S. L. **Método para seleção de indicadores de sustentabilidade e avaliação dos sistemas agrícolas do Estado de Santa Catarina**. 2003. 227 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

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. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 20, n. 3, p. 391-411, 2003.

APÊNDICES

Apêndice a. Fotos Propriedade 01, Família Pereira Santos. Coluna 01 – período seco; Coluna 02 – Período chuvoso.



Apêndice B. Fotos Propriedade 01, Família Pereira Santos. Produção comercializada na feira no período seco e chuvoso (a e b); e etapas da pesquisa (construção de mapas, calendários e avaliação de indicadores com a construção do gráfico tipo ameça).



Apêndice C. Fotos Propriedade 02, Família Lira. Coluna 01 – período seco;
Coluna 02 – Período chuvoso:



Apêndice D. Fotos Propriedade 02, Família Lira. Produção e etapas da pesquisa (construção de mapas, calendários e avaliação de indicadores com a construção do gráfico tipo ameiba).

