

Universidade de Ciências Aplicadas de Potsdam (2013) com a temática desenvolvimento, desigualdades e movimentos sociais. É Professora Adjunta da UECE nos cursos de Bacharelado e Mestrado em Serviço Social, atuando principalmente nos temas questão social e agrária; assentamento rural; serviço social; trabalho e sociabilidade; educação e cidadania.



**Edson Vicente da Silva** é Geógrafo (Universidade Estadual do Ceará, 1981), mestre em Planejamento Rural (Instituto Agrônomo Mediterrâneo de Zaragoza, 1987) e doutor em Geografia (Universidade Estadual Paulista, 1993). Realizou estágio pós-doutoral em Educação Ambiental (Universidade Federal da Bahia, 2006) e em Planejamento e Geocologia da Paisagem (Universidade de Havana, 2007). Atualmente é Professor Titular da Universidade Federal do Ceará (1997), atuando principalmente nos temas análise ambiental, educação ambiental, litoral, análise geoambiental, recursos hídricos e desenvolvimento sustentável.

A presente obra relata a experiência de Saneamento Básico desenvolvida, após oito anos de atividades, junto ao Assentamento 25 de Maio em Madalena, no semiárido cearense. Essa experiência mescla os saberes acadêmicos e populares, tratando a questão sob o ponto de vista interdisciplinar: Serviço Social, Geografia das Paisagens, Saúde Pública, Política Pública de Reforma Agrária, Educação, Hidrologia e Engenharia Sanitária. Após uma sequência de debates com acadêmicos e residentes da região, constatou-se pela necessidade premente de um sistema de esgotamento sanitário que fosse, ao mesmo tempo, efetivo e acessível (tanto no momento da construção, quanto depois, nos momentos de operação e manutenção) para a população rural. O grupo optou, então, pela construção coletiva de um sistema de esgotamento sanitário baseado na fossa verde.

Nesse sentido, o livro é dividido em duas partes: primeiro, discutem-se aspectos socioambientais das comunidades rurais que habitam o semiárido brasileiro, em particular, do Assentamento 25 de Maio; em seguida, apresentam-se os aspectos tecnológicos da fossa verde. O objetivo da equipe que realizou a pesquisa-ação e que, posteriormente, redigiu o presente texto, é divulgar a fossa verde como uma possível tecnologia social, considerando-se as diversas perspectivas (sociais, ambientais e tecnológicas, vistas de modo integrado).

Em última instância, desejou-se contribuir com a melhoria da qualidade de vida nos Sertões Nordestinos e em todas as regiões que necessitem de saneamento rural.



AGUA LIMPA E TERRA FÉRTIL  
SANEAMENTO RURAL E GESTÃO DAS ÁGUAS NO SERTÃO DO CEARÁ

José Carlos de Araújo, Liana Brito e Edson Vicente da Silva  
(Organizadores)



**José Carlos de Araújo**  
**Liana Brito**  
**Edson Vicente da Silva**  
(Organizadores)



**José Carlos de Araújo** é Engenheiro Civil (Universidade Federal do Ceará, 1985), mestre (Universidade de Hannover, 1989) e doutor (Universidade de São Paulo, 1994) em Engenharia Civil, tendo dispendido ano sabático em Engenharia Hidráulica (Universidade de Birmingham, 2004); e em Hidrologia (Universidade de Potsdam, 2013). Foi professor visitante das Universidades de Havana (Cuba, 2008) e de Valladolid (Espanha, 2010). É Professor Titular do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, atuando nos temas de hidrologia física, sedimentologia, reservatórios do semiárido e hidráulica.



**Liana Brito** é Assistente Social (Universidade Estadual do Ceará, 1984), mestre (Universidade Federal de São Carlos, 1995) e doutora (Universidade Federal do Ceará, 2006) em Educação, com Estágio de Doutorado na Universidade de Warwick (2004). Desenvolveu ano sabático na

# ÁGUA LIMPA E TERRA FÉRTIL

## SANEAMENTO RURAL E GESTÃO DAS ÁGUAS NO SERTÃO DO CEARÁ

*Estudo do Assentamento 25 de Maio, Madalena*



# ÁGUA LIMPA E TERRA FÉRTIL

## SANEAMENTO RURAL E GESTÃO DAS ÁGUAS NO SERTÃO DO CEARÁ

*Estudo do Assentamento 25 de Maio, Madalena*

## **UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ**

### **REITOR**

José Jackson Coelho Sampaio

### **VICE-REITOR**

Hidelbrando dos Santos Soares

### **EDITORA DA UECE**

Erasmus Miessa Ruiz

### **CONSELHO EDITORIAL**

Antônio Luciano Pontes	Lucili Grangeiro Cortez
Eduardo Diatahy Bezerra de Menezes	Luiz Cruz Lima
Emanuel Ângelo da Rocha Fragoso	Manfredo Ramos
Francisco Horácio da Silva Frota	Marcelo Gurgel Carlos da Silva
Francisco Josênio Camelo Parente	Marcony Silva Cunha
Gisafran Nazareno Mota Jucá	Maria do Socorro Ferreira Osterne
José Ferreira Nunes	Maria Salete Bessa Jorge
Liduina Farias Almeida da Costa	Silvia Maria Nóbrega-Therrien

### **CONSELHO CONSULTIVO**

Antônio Torres Montenegro   UFPE	Maria do Socorro Silva Aragão   UFC
Eliane P. Zamith Brito   FGV	Maria Lírida Callou de Araújo e Mendonça   UNIFOR
Homero Santiago   USP	Pierre Salama   Universidade de Paris VIII
Ieda Maria Alves   USP	Romeu Gomes   FIOCRUZ
Manuel Domingos Neto   UFF	Túlio Batista Franco   UFF

José Carlos de Araújo  
Liana Brito  
Edson Vicente da Silva  
(Organizadores)

# ÁGUA LIMPA E TERRA FÉRTIL

## SANEAMENTO RURAL E GESTÃO DAS ÁGUAS NO SERTÃO DO CEARÁ

*Estudo do Assentamento 25 de Maio, Madalena*

1ª Edição  
Fortaleza - CE  
2016



# Água limpa e terra fértil - saneamento rural e gestão das águas no sertão do ceará

© 2016 *Copyright by* José Carlos de Araújo, Liana Brito e Edson Vicente da Silva

Impresso no Brasil / Printed in Brazil  
Efetuado depósito legal na Biblioteca Nacional

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS

Editora da Universidade Estadual do Ceará – EdUECE  
Av. Dr. Silas Munguba, 1700 – Campus do Itaperi – Reitoria – Fortaleza – Ceará  
CEP: 60714-903 – Tel: (085) 3101-9893  
www.uece.br/eduece – E-mail: eduece@uece.br

Editora filiada à



## **Coordenação Editorial**

Erasmus Miessa Ruiz

## **Diagramação e Capa**

Victor Marques

## **Revisão de Texto**

EdUECE

## **Ficha Catalográfica**

Vanessa Cavalcante Lima – CRB 3/1166

---

A 282 Água limpa e terra fértil: saneamento rural e gestão das águas no Sertão do Ceará / José Carlos de Araújo, Liana Brito, Edson Vicente da Silva (eds) – Fortaleza: EdUECE, 2016.

216 p.

ISBN: 978-85-7826-434-5

1. Qualidade das águas. 2. Gestão de recursos naturais. 3. Hidrografia – Sertão do Ceará. I. Título.

CDD: 570

---

## Agradecimentos

A equipe executora dos projetos Fossa Verde<sup>1</sup> e ECoMaSD<sup>2</sup> gostaria de expressar seus sinceros agradecimentos

- Ao CNPq, à CAPES e ao MES/Cuba pelo apoio financeiro aos projetos; e a seus funcionários, sempre competentes, atenciosos e prestativos, principalmente no dirimir de nossas dúvidas;

- À Universidade Federal do Ceará, à Universidade Estadual do Ceará (em particular ao Curso de Mestrado em Serviço Social), ao INCRA e à Universidade de Havana, pelo apoio através do tempo cedido de professores, estudantes e funcionários;

- Ao MST, pela participação nos trabalhos de articulação e de diálogo com os assentados;

- À Direção da Escola do Campo João Sem Terra, pela cessão de espaço para realização de diversas atividades do projeto, como reuniões, curso de Educação Ambiental, análises laboratoriais, preparação de relatórios etc.;

- Ao IBAMA / Instituto Chico Mendes, pela cessão de mudas de espécies típicas da Caatinga, usadas para reflorestamento na área do Assentamento 25 de Maio;

- Às Professoras Sandra Tédde Santaella (LABOMAR/UFC), Emília Maria Alves Santos (IFCE Campus Maracanaú) e Evania Figueiredo (Departamento de Tecnologia de Alimentos/UFC); assim como ao Professor Paulo Furtado Mendes (Departamento de Ciências dos Solos/UFC) pelo apoio na realização de análises laboratoriais.

---

1 Projeto “Biorremediação vegetal do esgoto domiciliar em comunidades rurais do semiárido: Água Limpa, Saúde e Terra Fértil”. Número do processo: 577048/2008-2. Edital/Chamada: Edital MCT/CNPq/CT-Hidro/CT-Saúde nº 45/2008 - Água e Saúde Pública.

2 Projeto ECoMaSD “Estudo comparativo do manejo dos recursos hídricos em duas bacias tropicais latino-americanas sob diferentes condições ambientais: Bacia de Madalena, Ceará, Brasil, e Bacia do Rio San Diego, Pinar Del Rio, Cuba”. Financiamento CAPES/MES-Cuba, processo: 097/10.



## Prefacio

Julio Iván González Piedra

El siglo XXI promete ser de grandes retos para la humanidad, pero también de grandes soluciones. El hombre, como ser social, juega el rol más importante para que la humanidad logre vivir con una mayor carga de felicidad en un planeta Tierra cada vez más deteriorado no solo desde el punto de vista ambiental sino también moral y espiritual. En los últimos años, los fenómenos observados en la naturaleza son extremadamente preocupantes, tales como el incremento de las sequías en distintos puntos del planeta, grandes inundaciones y tsunamis que provocan grandes pérdidas materiales y humanas, huracanes cada vez más intensos y frecuentes dejando a su paso desolación y tristeza para millones de seres humanos. Conocer nuestros problemas y conocerlos bien, es la única manera de enfrentarlos con éxito con las soluciones adecuadas. En el ámbito de los grandes retos a los que debemos enfrentarnos en este siglo XXI esta sin dudas el relacionado con el abastecimiento de agua en cantidad y calidad necesarias para todas las necesidades de nuestra sociedad. Es una tarea gigante que deben asumir los tomadores de decisión en cada lugar específico de nuestro planeta Tierra, pero también los pueblos.

En una reciente publicación de la UNESCO, Naciones Unidas, “Fortalecimiento de la seguridad hídrica para la paz y el desarrollo sostenible” se plantea con mucha claridad los principales problemas que aquejan al mundo hoy día: - El 85 % de la población mundial vive en la mitad más seca del globo terráqueo; - El agua subterránea es crítica para las necesidades de cerca de 1500 millones de viviendas en las regiones más pobres de África y Asia y para el abastecimiento doméstico a gran parte de la población mundial; - Hay 800 millones de personas sin acceso al agua, y otras 2500 millones de personas sin acceso sanitario adecuado; - De 6 a 8 millones de personas mueren todos los años a causa



de desastres y enfermedades relacionadas con el agua, esta situación se agrava con los Cambios Climáticos; - Cerca del 85 % del agua servida en el mundo no tiene tratamiento o no es el adecuado; - 145 naciones en el mundo tienen al menos una cuenca compartida; - El costo de adaptación al impacto sobre el agua del Cambio Climático se estima en unos 12 000 millones de dólares anuales para el 2050, el 83 – 90 % correspondería a los países en desarrollo.

En el trinomio “Agua – Medioambiente – Sociedad” no debe haber separación de conceptos ni de objetos a analizar de manera independiente, debe interpretarse como una unidad monolítica que acciona como un sistema. El derecho al agua es un derecho humano, y el ser humano vive en un entorno determinado sin límites precisos, ya sea natural o no y donde realiza su actividad social, y donde el agua puede llegar a ser un factor limitante hasta niveles extremos no solo para el desarrollo socioeconómico sino hasta para la supervivencia. En este sentido y en el propio documento citado con anterioridad, y aludiendo al Agua como recurso vital, se hace necesario poner las soluciones en concordancia con las llamadas Metas del Milenio, donde los gobiernos y los pueblos en general tienen grandes compromisos, contraídos incluso antes de la cumbre de Río de Janeiro del año 1992. Entre los principales compromisos muy vinculados al agua están: erradicación de la pobreza, igualdad de género, seguridad alimentaria y preservación de los ecosistemas. Para que la humanidad pueda aspirar a ser un poco más feliz en este mundo globalizado, contaminado, y al mismo tiempo mal entendido y mal interpretado, necesariamente tiene que ser también un poco más libre en ese mismo sentido moral y espiritual, y la única forma viable de ser más libre es siendo más culto, sentenció nuestro prócer cubano, americano y mundial José Martí poco antes de su muerte a finales del pasado siglo XIX. Parte de esa necesaria cultura está relacionada con el uso racional del agua, lo que muy bien se podría llamar “cultura del agua” y que debe estar en la mente de cada ciudadano del mundo si queremos vivir con una mayor seguridad alimentaria, con mas salud y con un mayor bienestar social en general.

Se conoce que el agua, al igual que el resto de los recursos naturales no está homogéneamente distribuida en nuestro planeta, existen regiones de gran abundancia de agua como la América del Sur y otras más pobres como el norte de África por solo citar dos ejemplos. Ello hace que el problema del agua no solo sea el de descubrir y cuantificar donde están las mayores reservas, sino que hoy día el gran problema es como hacer llegar este preciado recurso a los lugares de mayor demanda, y ese es precisamente uno de los grandes retos. En la América del Sur, los recursos hídricos se cuantifican en casi 12 000 km<sup>3</sup> (28% del total mundial) con una población de algo más de 400 millones de habitantes (6% de la población mundial), haciendo unos 30 000 m<sup>3</sup> por habitante al año, el segundo mayor después de Australia y Oceanía. En este continente se encuentra la cuenca hidrográfica más grande del mundo, la del río Amazonas, con algo más de 6 millones de km<sup>2</sup> y con caudales que como promedio sobrepasan los 200 000 m<sup>3</sup>/s, significando casi el 20 % del total de los recursos hídricos disponibles del mundo. Más del 60 % de todas las especies del orbe se encuentra en 8 países, cuatro de ellos comparten la cuenca amazónica: Brasil, Colombia, Perú y Ecuador.

Es precisamente Brasil, país de grandes contrastes climáticos y por tanto en disponibilidad de recursos hídricos, más del 50 % del país está en la cuenca amazónica donde abundan estos recursos, sin embargo todo el nordeste brasileño es semiárido donde las lluvias promedios anuales están alrededor de los 500 – 600 mm y en lugares más específicos aún menos, sobre todo en la franja costera donde existen importantes núcleos poblacionales, entre los que se encuentra el estado de Ceará, uno de los menos favorecidos climatológicamente. Para este estado brasileño, la distribución del agua hacia los lugares de mayor demanda sigue siendo un gran problema, ya que depende fundamentalmente de las pocas aguas subterráneas de su subsuelo y de una gran cantidad de embalses de diferentes dimensiones y construidos para diferentes fines. Otra región donde la problemática del agua sigue estando entre las prioridades de los gobiernos es el Caribe, donde se halla enclavada Cuba, a pesar de que el promedio de lluvia anual

es poco menos de tres veces la de Ceará. Cuba cuenta con unos 23 000 millones de m<sup>3</sup> de agua como volumen aprovechable, con una distribución espacial muy desigual, donde los mayores recursos hídricos superficiales se encuentran en la región oriental del país, de las menos pobladas por ser zonas montañosas en su gran mayoría. Cuba dispone de poca agua subterránea, menos del 25 % de los recursos hídricos totales, la mayor parte ubicada en la región occidental del país por la presencia del carso. Al igual que en Ceará, el gran problema cubano es la distribución del recurso hacia los lugares de mas necesidades. Si a todo esto añadimos las incertidumbres de las amenazas por el impacto de los Cambios Climáticos indudablemente que los retos son cada vez mayores. No sabemos realmente que sucederá dentro de 30 – 50 años en el estado de Ceará y en Cuba a partir de estos impactos, sobre todo las sequías y las inundaciones, el paso de huracanes en el caso de Cuba y las frecuentes sequías en el caso de Ceará son de los eventos mas preocupantes y a los que cubanos y brasileños de manera cooperativa haremos frente común para aliviar o reducir los efectos negativos en nuestras respectivas comunidades sociales.

El libro “Saneamento rural e gestão das águas no Sertão do Ceará” es un genuino producto de la cooperación fraternal y solidaria entre dos pueblos hermanos, y ojalá sirva como un granito de arena más para impulsar las relaciones de hermandad entre nuestros países.

# Sumário

## **PARTE I**

### **AVALIAÇÃO AMBIENTAL E SOCIAL ..... 13**

1. Introdução..... 15
2. La cuenca hidrográfica como categoria de análisis a través de la Geoecología de los Paisajes..... 19
3. Assentamento 25 de Maio: aspectos sócio-históricos do lócus da pesquisa.....37
4. Diagnóstico do saneamento rural no A25M.....49
5. Disponibilidade de água nos mananciais do Assentamento .....63
6. Aspectos limnológicos da pequena açudagem .....73
7. Pesca e qualidade das águas .....99
8. Índice de priorização de intervenção em saneamento rural ..... 113

## **PARTE II**

### **TECNOLOGIA SOCIAL DE SANEAMENTO RURAL 'FOSSA VERDE' ...127**

9. Tecnologia social 'Fossa Verde': da teoria à prática ..... 129
10. Apropriação social e impacto da tecnologia social ..... 157
11. Tecnologia social Fossa Verde e saúde comunitária ..... 185

### **CONCLUSÃO ..... 195**

### **REFERÊNCIAS..... 200**

### **APÊNDICE I. CURVAS VAZÃO REGULARIZÁVEL X GARANTIA PARA OS AÇUDES DO ASSENTAMENTO ..... 209**

### **APÊNDICE II. INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA (QI<sup>WI</sup>) UTILIZADOS NO CÁLCULO DO IQA ..... 214**

### **SOBRE OS AUTORES ..... 215**



# Parte I

## Avaliação Ambiental e Social



# 1. Introdução

**José Carlos de Araújo, Liana Brito, Ana Ecilda Lima Ellery e  
Edson Vicente da Silva**

De acordo com a Organização Mundial da Saúde - OMS, saneamento é um conjunto de medidas que visam à preservação ou alteração das condições do meio ambiente, com a finalidade de prevenir doenças e promover a saúde. Estão contemplados nas ações de saneamento referente à Lei nº 11.445 o abastecimento de água potável, manejo dos resíduos sólidos, esgotamento sanitário, drenagem, gestão associada, universalização e controle social. A abrangência dos serviços de saneamento básico no Brasil ainda é caracterizada por deficit marcante que se reflete em elevados índices de doenças relacionadas à inexistência ou inadequação desses serviços em diversos municípios, sobretudo no que se refere ao esgotamento e tratamento de esgotos, a maior carência encontra-se nas áreas periféricas dos centros urbanos e nas zonas rurais, onde está concentrada a população mais pobre (PHILIPPI JR; GALVÃO JR, 2012; GALVÃO JR *et al.* 2012; GALVÃO JR; XIMENES, 2009). A OMS estima que 25 milhões de pessoas morram no mundo anualmente em virtude de doenças transmitidas pela água, como cólera e diarreia (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008). Tais moléstias são facilmente evitáveis e as ações de controle abrangem o atendimento público com água potável, com soluções de esgotamento sanitário, além de práticas sanitárias adequadas.

Dados recentes publicados pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada apontam que, no Ceará, o acesso adequado aos serviços públicos apresenta-se aquém da média nacional e as disparidades entre as áreas rurais e urbanas revelam desigualdades. Embora esse Estado se encontre em situação favorável em relação à energia elétrica (cuja cobertura atingiu, em 2009, 96% da área rural) há uma defasagem considerável em relação ao



saneamento rural. Os serviços de água encanada em 2009 eram de apenas 54%. Em relação à destinação de esgoto, os serviços são ainda mais preocupantes: apenas 7% dos domicílios rurais possuíam soluções adequadas. Visto que mais de 22% da população cearense reside nas áreas rurais, faz-se imperativo o avanço da universalização dos serviços públicos, especialmente no tocante ao saneamento ambiental. A ampliação dos índices de cobertura dos serviços de água e esgoto constitui objetivo legítimo das políticas públicas porque tem impactos importantes sobre a saúde coletiva, o ambiente e a cidadania, o que torna as ações de saneamento um elemento chave na proposta para o desenvolvimento social. Entretanto, a universalização do acesso ao saneamento básico requer investimentos e enfrenta desafios relacionados principalmente às questões institucionais do setor (PHILIPPI JR; GALVÃO JR, 2012; GALVÃO JR; XIMENES, 2009). A Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) corrobora com a afirmação desse autor e destaca ainda que a expansão dos benefícios de saneamento para os habitantes de áreas isoladas pressupõe, além de desafios no campo político e gerencial, a superação de entraves tecnológicos. As ações relacionadas ao saneamento rural são uma forma de minimizar as emissões de cargas poluidoras, manutenção da qualidade dos recursos hídricos e consequente desenvolvimento humano e econômico em áreas rurais. Os sistemas a serem instalados devem contemplar a realidade sociocultural da população, as características do ambiente físico e natural, os custos e as condições de implantação, operação e manutenção em consequência da sua eficiência.

Referente aos aspectos técnicos, a universalização dos sistemas de saneamento não significa o uso exclusivo de tecnologias convencionais e pode, portanto, contemplar alternativas simplificadas e individuais (PHILIPPI JR; GALVÃO JR, 2012). O Ministério da Saúde, por intermédio da FUNASA, lançou os “Programas e ações de saneamento em comunidades isoladas no Brasil” que fazem parte do Programa de Aceleração do Crescimento – PAC do Governo Federal. As áreas contempladas são os municípios com até 30 mil habitantes e os aglomerados rurais com até 2.500 habitantes, tendo como meta a ampliação do serviço de esgotamento sani-

tário e a implantação de tecnologias alternativas. Visando sanar problemas quanto ao destino dos efluentes em áreas rurais, surge a necessidade de implantação e estudos de tecnologias alternativas adaptadas ao semiárido que garantam o bem-estar dessa população e a preservação do ambiente em que elas estão inseridas. A Lei n. 11.445 de 2007, referente ao saneamento básico, admite e incentiva a implantação de soluções alternativas em áreas isoladas. Entre essas alternativas pode ser enumerada a permacultura (LEGAN, 2007).

Nesse sentido e nesse contexto um grupo de pesquisadores de diversas instituições, quais sejam – Universidade Federal do Ceará (Engenharia Agrícola, Geografia e Medicina); Universidade de Havana, Cuba (Geografia); Universidade Estadual do Ceará (Serviço Social); e Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – propôs dois projetos de pesquisa-intervenção. O projeto Fossa Verde, financiado pelo CNPq, visava à elaboração de uma proposta de um modelo para o saneamento rural na região semiárida, com ênfase na drenagem e no tratamento das águas servidas. O projeto ECoMaSD, financiado pela CAPES e pelo MES/Cuba, visava à compreensão dos desafios de uma gestão sustentável de bacias rurais tanto no semiárido brasileiro (no caso, a bacia de Madalena), quanto em Cuba (bacia de San Diego). Do esforço conjunto dos dois projetos nasce esse livro, que apresenta os principais resultados teóricos e aplicados para a bacia de Madalena.

Os autores esperam que esse livro possa servir de subsídio não somente para a bacia de Madalena em si, mas para todas aquelas que se lhe assemelhem. Em síntese, nosso compromisso coletivo é o de contribuir com a emancipação humana, em particular, com a daquelas pessoas que habitam nossas bacias rurais.



## **2. La cuenca hidrográfica como categoría de análisis a través de la Geoecología de los Paisajes**

**José M. Mateo Rodríguez, Edson Vicente da Silva, Adryane Gorayeb, Juliane Felipe Farias e Leilane Oliveira Chaves**

### **Introducción**

Las cuencas hidrográficas, entendidas, como aquel espacio de la superficie del globo terráqueo, que es captado por una determinada línea de drenaje y que drena toda el agua superficial y lo escurre hacia un punto de salida (otro río, un lago o el mar) se ha convertido en la unidad de análisis preferencial en la hidrología, la hidrografía y en la esfera del manejo de recursos hídricos. No pocos han sido los intentos de considerar a las cuencas hidrográficas, como la unidad preferencial en la planificación y la gestión ambiental. Para ello se ha argumentado que permite integrar todos los enfoques que se utilizan tanto a nivel territorial como ambiental. Sin embargo, al analizar las características de las cuencas hidrográficas resalta el hecho de su diversidad en cuanto a las características espaciales, tanto de los diversos componentes naturales, como de las acciones socio económicas y políticas; y también en cuanto a los recursos y servicios ambientales de todo tipo, incluyendo los recursos bióticos. Esa diversidad, y sobre todo su no concordancia con unidades naturales (paisajes, geosistemas, ecosistemas) y territoriales (unidades político administrativas de los estados nación, y de sus agrupaciones) hacen muy difícil utilizar a la cuenca hidrográfica, como unidad de análisis que permita su interpretación como unidad de gestión. La Geoecología de los paisajes, disciplina en el contacto entre la Geografía y la Ecología, surgida con los trabajos de Aleksandr Von Humboldt y Dokuchaev, a finales del siglo XIX, permite constituir una

paradigma teórico metodológico, capaz de interpretar a la cuenca de una forma holística, por cuanto da las herramientas para entender a la cuenca no solo como un mosaico de unidades naturales concatenadas, sino como la arena de la acción humana. En el presente artículo se pretende explicar cómo la Geoecología de los paisajes interpreta a la cuenca hidrográfica como unidad de análisis.

## **La Geoecología de los Paisajes**

La Geoecología de los paisajes, surgió a partir de asumir al concepto de paisaje natural como punto de partida. Por paisaje natural se ha considerado a la acción conjunta de los componentes naturales (estructura geológica, relieve, clima, suelos, vegetación y mundo animal) que interactúan de manera dialéctica, y forman una totalidad natural (MATEO RODRÍGUEZ et al, 2004). El concepto de paisaje natural, ha sido interpretado también como paisaje antropo natural, siendo también considerado como paisaje definido como “aquellos complejos en los cuales en todo o en la mayor parte de su espacio están transformados de manera radical bajo el impacto del hombre que abarca a cualquier componente del paisaje, incluyendo la vegetación” (MILKOV, 1973). Entre los paisajes antropogénicos, de acuerdo a las funciones socio económicas que cumplen, se distinguen los paisajes que reproducen recursos (agrícolas, industriales, silviculturales), los que forman el medio (residenciales, recreacionales), los que protegen la naturaleza, y otros (NIKOLAIEV et al, 2011).

Se consideran también como paisajes antropogénicos, aquellos que han surgido como consecuencia de las transformaciones no directas por parte del hombre de las condiciones naturales. Así no pocas veces ocurren en la esfera del impacto lateral, o sea, el campo geográfico paisajístico, que se forma alrededor de ciertos objetos antropogénicos. Por ejemplo, los paisajes empantanados a causa de la inundación de los litorales y orillas de los embalses, en la periferia de los oasis en las zonas áridas, los que experimentan la salinización secundaria; y en la base de las montañas que ex-

perimentan corrientes de fango catastróficas como consecuencia de la tala de los bosques situados en las vertientes superiores (NIKOLAIEV, 2006). La noción de paisaje o espacio antroponatural, o paisaje antropogénico, es muy cercana a la de espacio geográfico. Sin embargo, la diferencia consiste en que en la Geoecología de los paisajes, el énfasis es dado en analizar como el paisaje natural es humanizado, dándole el acento al aspecto natural. La concepción del espacio geográfico, le da más atención a la acción humana, a los factores humanos y geo económicos, entendiéndose finalmente, en palabras de Milton Santos (1996) como un sistema de objetos y un sistema de acciones. No obstante, ambas nociones pueden interpretarse de manera híbrida y dialécticamente conjugada, lo cual permitirá entender de una manera más abarcadora los procesos de humanización de la superficie terrestre. El último eslabón conceptual de la Geoecología de los paisajes, es el concepto de paisaje cultural. Las personas por siglos han construido el paisaje en correspondencia con sus tradiciones de utilización de la naturaleza, las necesidades económicas y las posibilidades productivas, formándose históricamente los paisajes antropogénicos, cuya especificidad se ha determinado por las condiciones naturales y los recursos locales, el tipo de utilización económica y la cultura de los grupos sociales que han vivido y trabajado en el paisaje (NIKOLAIEV, 2006).

Cada grupo social se acostumbra al paisaje que lo alimenta, lo crea y lo construye. Simultáneamente el paisaje de manera activa participa y forma el aspecto moral y espiritual del grupo social, y su mentalidad. Se forma un complejo etno paisajístico en el cual se establecen las relaciones directas e inversas entre los subsistemas socio cultural y paisajístico. Además de las relaciones materiales y energéticas, en él se manifiesta claramente las relaciones informacionales de todo tipo, incluyendo las espirituales llegando hasta las relaciones sacrales, que se manifiestan en la unidad sagrada y ritual entre el grupo socio cultural y el paisaje. A partir de los paisajes, de una época a otra se transmiten las riquezas materiales y espirituales acumuladas por siglos. Al mismo tiempo, el medio paisajístico cultural hace crecer y formar la cohesión social. Las gentes construyen y edifican sus paisajes étnicos queridos, y

los paisajes material y espiritual erigen y educan a las personas. En el paisaje cultural, todas esas facetas se manifiestan a través de la morfología, de la forma con que se construye y produce el espacio. En la morfología, se distinguen objetos de diferente singularidad. Están los hitos, los atractivos, las vías de conectividad, los bordes, los símbolos y signos (MATEO RODRÍGUEZ, 2013). Otro elemento característico del paisaje cultural es la carga perceptiva. Se forma un paisaje perceptual, que viene dado por la manera en que los diferentes grupos socio culturales, perciben, interpretan y valorizan el paisaje natural y antroponatural de partida. Se produce así la representación del paisaje, que es la imagen con que los grupos socioculturales se representan, perciben o imaginan el paisaje. De una u otra forma, y de manera dialéctica se relaciona con el paisaje de las representaciones o mentalidades con que los grupos socio culturales construyen su visión acerca de la realidad. Articular ambos modelos de la representación, se convierte en un elemento fundamental en una educación ambiental basada en paisajes.

Es evidente que entre el espacio o paisaje antroponatural, como materialidad de partida y el paisaje cultural, con una carga psicosensorial, se constituye el paisaje visual, que es aquel que es el producto sensorial de la actividad visual, y que actúa como un filtro entre la objetividad y la subjetividad. El paisaje visual puede ser caracterizado y medido a través de indicadores objetivos (planos, colores, visuales etc.). A partir de los años 1960, en particular gracias a los trabajos de Sochava, el paisaje comenzó a interpretarse como geosistema. Para ello esta autor definió al geosistema como: “una clase particular de sistemas ordenados: es el espacio terrestre de todas las dimensiones, donde los diferentes componentes de la naturaleza se encuentran en relaciones sistémicas unos con los otros y como una definida integridad interactúan con la esfera cósmica y la sociedad humana” (SOCHAVA, 1978, p. 202). La interpretación geosistémica, permite establecer la estructura, el funcionamiento, la dinámica, la evolución, y la capacidad de autorregulación y autoorganización de los paisajes, y considerar a los recursos y servicios, como el producto de la emergencia sistémica, resultado de la interacción dialéctica entre los componentes y elementos, vistos como subsistemas y partes sistémicas.

La diferencia fundamental entre el geosistema y el ecosistema, concepto desarrollado inicialmente por la Teoría General de Sistemas, radica, en que el primero se manifiesta en las interrelaciones de los sub sistemas y componentes, manifestados en el espacio de la superficie del globo terráqueo, en tanto que los ecosistemas, le prestan atención preferencial a las relaciones sistémicas (de intercambio de los flujos de energía, materia e información), entre el biocentro del sistema (sea un organismo vivo, o los seres humanos y los diferentes grupos sociales vistos como sistemas) con el geo sistema espacial o territorial. Es evidente que una visión más abarcadora sería la concepción geoeosistémica, que permitirá entender la relación entre el bio (o el antropo) centro y los geo sistemas espaciales o territoriales. La Geo ecología de los paisajes, permite por lo tanto:

- Captar el proceso de humanización del espacio natural original en cualquier punto o área de la superficie terrestre.
- Establecer los rasgos característicos en cuanto a la ocupación, asimilación y apropiación de la naturaleza.
- Considerar la forma en que los seres humanos se apropian culturalmente del espacio.

La Geoecología de los paisajes, permite brindar informaciones consistentes en tres niveles del análisis de la superficie del globo terráqueo:

- En el análisis ambiental, al entenderse de manera compleja las relaciones entre la superficie terrestre, dada por el carácter y contenido de los paisajes o espacios naturales, los antropo natural y los culturales, y el hombre (los seres humanos), en función de entender las formas de adaptación, y existencia de estos últimos.
- En el análisis territorial, al considerar las formas en que los diferentes grupos y jerarquías de poder se apropian de los recursos y servicios que los paisajes ofrecen, y se manifiestan en que la identidad cultural y geográfica, le confieren un fundamento para establecer la cohesión social y la coherencia en los procesos de territorialización.



- En el análisis local y regional, al considerarse las especificidades y singularidades de esos niveles, que le confieren, tanto el carácter de lugar como de región. En el primer caso, se trata de establecer los lazos afectivos, en una localidad o sitio, por medio de las características del paisaje cultural que le confieren valor afectivo y sentido de pertenencia. La región, por su parte, es el resultado de proceso de individualización, a través de la articulación, diferenciación y estructuración del espacio, teniendo una connotación realista relacionada a las prácticas sociales como hecho, siendo la evidencia concreta de la diferenciación espacial (LENCIONI, 1999). Es el resultado de la evolución de la humanización de la superficie terrestre, en la que se conforma una determinada singularidad y personalidad (HAESBAERT, 2010).

## **Las cuencas como paisajes**

Cualquier cuenca se delimita y caracteriza para entender en lo fundamental como se forma y se reproduce el agua, que es un elemento material indispensable para la vida humana. Su interpretación como recurso hídrico, le permite pasar a un nivel de análisis más cuantitativo, y más integral desde el punto de vista de su inserción en la actividad productiva y social de los seres humanos.

Al ser un espacio básico para la actividad humana, la cuenca, se convierte en un elemento cultural, económico, e incluso político. Sin embargo, la cuenca en sí, abarca y contiene diferentes formaciones naturales, sociales, culturales e incluso políticas. Fragmenta en general a dichas unidades, y al mismo tiempo están influenciadas por esa fragmentación, que no es solo subjetiva, sino también objetiva. La Geoecología de los paisajes, permite establecer la singularidad de la cuenca, y sobre todo aporta un método, una forma de aprehender la cuenca. En este sentido pueden establecerse tres categorías de la Geoecología de los Paisajes a la hora de entender cualquier cuenca geográfica (Cuadro 1).

- Los paisajes o geo sistemas naturales de las cuencas: La cuenca es un mosaico de paisajes. Lo primero es por lo tanto tratar de entender cuál es la posición genético estructural de la cuenca: con que paisajes está formada la cuenca, cuál es su estructura (sus categorías jerárquicas, sus dominantes y sub dominantes: MATEO RODRÍGUEZ, 2011). El segundo aspecto fundamental es entender la cuenca desde la posición del funcionamiento, o sea del intercambio de flujos de energía, materia e información. Manifiesta el traslado lateral de sustancia y energía desde un geosistema a otro, lo que en grado significativo determina la integridad sistémica del paisaje. En este sentido, en toda cuenca existen sistemas paragenéticos y para dinámicos. Los primeros vienen dado por el resultado de la interacción de las diferentes calidades paisajísticas. Se manifiesta así un determinado grado de contrastividad: entre sistemas terrestres y marinos; entre sistemas montañosos y llanos; entre sistemas templados y subtropicales. Esta contrastividad se manifiesta en la formación, traslado y acumulación de sustancias, desde los geosistemas emisores, los transmisores y los acumuladores. En este sentido, es necesario identificar y caracterizar los sistemas nucleares (RETEIUM, 1989). Los núcleos como regla poseen un potencial energético sustancial e informacional que permite crear determinados campos de influencia lateral- Hay dos tipos de núcleos los diseminadores y los de corrientes; estos últimos poseen una simetría bilateral del tipo "hoja". Los campos geográfico-paisajísticos, constituyen la esfera de la influencia lateral de los núcleos en los espacios contiguos. En las cuencas, existen diferentes núcleos que pueden tener un carácter de concentración o de diseminación de los flujos de energía, materia e información. En la composición de las cuencas se forman multitud de cadenas paisajísticas, que están subordinadas jerárquicamente y que se articulan a las cuencas de diferentes órdenes. La cadena paisajística es una conjugación dinámica- funcional de los geosistemas naturales que secuencialmente se sustituyen en la dirección del

interfluvio local al río, el lago, o el fondo del relieve depresivo. A través de las catenas ocurre el escurrimiento líquido, solido, iónico tanto superficial como subterráneo, trasladándose las masas de suelo y del fundamento bajo el impacto de los procesos gravitacionales en las vertientes. Por último, se forman ecotonos paisajísticos, que constituyen las fajas de tránsito entre complejos paisajísticos contiguos que se caracterizan por un elevado intercambio de energía y sustancia, y la diversidad de condiciones ecológicas, que dan lugar a una alta concentración de la vida orgánica. Se forman en la esfera del impacto lateral de los geosistemas, interactuando entre si diversos campos paisajísticos. Los sistemas laterales, las catenas, los núcleos y los ecotonos, constituyen la armazón geocológica natural. Su destrucción en el proceso de la asimilación económica da lugar al decrecimiento del potencial de estabilidad, y a la degradación del paisaje en su conjunto. Por lo tanto, la organización espacial de las cuencas, debe de tener en cuenta la articulación de los patrones antropogénicos, y de los espacios geográficos producidos con la organización espacial del paisaje natural, de tal manera que se logre mantener el equilibrio ecológico.

- Los paisajes y la producción del espacio: La producción del espacio en una cuenca se lleva a cabo como resultado del uso de sus diferentes partes para la localización, la distribución y la organización de diferentes actividades económicas y sociales en áreas del aprovechamiento y la explotación de los recursos y servicios ambientales. La implementación de la infraestructura, que permita esa utilización económica, se determina por el capital, las relaciones, y la competitividad de los diferentes agentes, que en su conjunto usan o no a los componentes que forman la cuenca, y en particular a los objetos hídricos. Estos actúan como atractivos o no, y son convertidos en recursos hídricos, para la movilización económica del paisaje. Entender al paisaje antropo natural, implica por una parte analizar como la organización natural se ha convertido y usado como orga-

nización económica del espacio. Por otra parte, implica establecer como el paisaje antroponatural, se convirtió en espacio económico, y en espacio geográfico, en el que además se involucra el espacio social y el hábitat (BARRERA LOBATON, 2009).

- Los paisajes culturales y el territorio: La construcción histórica del territorio por sociedades materializan sus acciones en el paisaje. En las cuencas ocurre la interacción entre los diversos componentes del paisaje, del espacio y del territorio. La cuenca es considerada como la expresión en diversas escalas de la interacción entre la sociedad y la naturaleza que se revela en el cambio del paisaje y en la constitución histórica del territorio. La cuenca hidrográfica en ese sentido, corresponde a un territorio formado históricamente a partir del espacio. Ella contiene la multidimensionalidad del territorio que precisa ser explicada y gestionada. Estudiarla implica identificar sus componentes principales, así como las relaciones en el contexto histórico. Se puede entender la cuenca como un territorio en el cual la ocupación humana produce marcas en el paisaje a lo largo del tiempo. Como plantea Machado (2013): “Para adoptar esa forma de pensar no se puede entender la cuenca hidrográfica simplemente como el área de drenaje físico de las aguas superficiales y/o subterráneas compuesta por canales de drenaje y delimitada por las divisiones del agua. Se necesita concebirla de una forma más compleja, que va más allá de la delimitación física, se necesita entenderla como el espacio que fue transformado en territorio por medio de los cambios promovidos por la sociedad que allí se estableció”. “El espacio de la cuenca hidrográfica se convierte en territorio cuando pasa a ser el medio y el objeto de trabajo, de producción, de intercambio y de cooperación entre los miembros de la sociedad que lo ocupa. Una cuenca hidrográfica se convierte en territorio cuando pasa por el llamado proceso de territorialización. Es por medio de ese proceso que el espacio, el paisaje y el territorio interactúan formando un todo complejo donde la sociedad expresa sus marcas.” (Machado op cit.).

Se trata por lo tanto de analizar, como los espacios antroponaturales y geográficos, han sido asimilados, ocupados, y apropiados por los diferentes actores y agentes locales y económicos, que han conformado una determinada conformación político-social. El proceso de territorialización, considerado en su dimensión histórica por acciones territoriales, cumplimentadas por las diferentes estructuras de poder, da lugar además a un determinado modelo y estilo de desarrollo, que conducirá de una u otra forma o al empoderamiento o a la exclusión de los actores locales y regionales en el proceso de territorialización. Se trata además entre tanto de establecer en su dimensión espacial a las diferentes estructuras de poder, y capturar el papel de las organizaciones estatales y gubernamentales, en el mismo proceso de territorialización. Otro aspecto a analizar, es la manera en que se manifiesta todo ese proceso de territorialización, y de construcción del poder en el paisaje cultural. La escenografía del paisaje, de una u otra manera, esconde las marcas, las huellas de los conflictos y contradicciones, pero además las alianzas, los acuerdos, los consensos, en su devenir histórico. Es esta una tarea fundamental al analizar a los paisajes en un contexto territorial. En el caso de las cuencas, los ríos, y otros fenómenos hidrográficos, actúan como verdaderos estandartes en la apropiación cultural. Se crea, o no, una cultura fluvial, o del río, capaz de articular diversos actores y agentes para focalizar la atención en la gestión del agua.

De tal modo, la triada paisaje natural/paisaje antroponatural y espacio geográfico y paisaje cultural/territorio, se convierte en un elemento consustancial, a la hora de diseñar ideas para el manejo de los recursos hídricos de una cuenca. Se trata de entender, como en la explotación y puesta en valor de los recursos hídricos, entran a formar parte la conciencia ambiental, que determina el manejo ecosistémico, la protección y potenciación o no, del caudal ecológico. Pero, por otra parte, se trataría de entender las complejas interrelaciones y factores políticos, económicos y culturales que determinan una u otra modalidad del uso del agua en las

cuenclas. Justamente la Geoecología del Paisaje permite entender su manifestación espacial, derrotero e indicar de las complejidades que se ocultan en el manejo de las cuencas. En este sentido, es de destacar la propuesta de considerar a los paisajes en las cuencas, como sistemas hidrológico –paisajísticos (MAKUNINA, 1997).

Cuadro 1.-El concepto de paisajes y su materialización en el manejo de las cuencas hidrográficas.

<b>Concepto de paisaje</b>	<b>Unidades a analizar</b>	<b>Relación cuenca / paisaje</b>	<b>Aplicación en la planificación</b>	<b>Aplicación en la hidrología</b>
Paisaje natural	Cuenca hidrográfica y sub cuenca, divisoria de las aguas, geo y eco sistemas	Procesos naturales e hidrológicos	Ordenamiento ambiental	Variables hidrológicas
Paisaje antropo natural/espacio geográfico	Espacios geográficos: económicos (tipos de uso), sociales y de hábitat en interrelación con espacios naturales	Relación cotidiana ser humano/ explotación de recursos	Análisis de la relación tipo de explotación/ espacio geográfico. Conocimiento de políticas y dinámicas sociales y económicas y su repercusión en el uso de la tierra.	Conocimiento de políticas y dinámicas sociales y económicas con respecto al recurso hídrico
Paisaje cultural	Divisiones político administrativas, sistemas culturales y relaciones de poder	Relaciones y flujos entre sistemas políticos, económico y socio cultural	Materialización en el uso del espacio de diferentes ideológicas y concepciones de poder.	Búsqueda de relaciones hidrológicas y de planificación a través de la lectura de la relación dialéctica de los seres humanos con el espacio habitado, su distribución espacial y sus cambios en el tiempo

## Aplicación en cuencas hidrográficas de Brasil y Cuba

En el proyecto ECoMaSD, se utilizó la Geo ecología de los Paisajes, en el estudio de dos cuencas: la cuenca del Madalena, en el estado de Ceará, y la cuenca del río San Diego en la provincia de Pinar del Rio. De forma breve, se analizará como el análisis geo ecológico de los paisajes puede aplicarse en la reflexión sobre la estructura y manejo de dichas cuencas. Los paisajes naturales de la cuenca del rio Madalena, se condicionan por la existencia en el basamento metamórfico antiguo, en una antigua superficie denudativa, de rocas muy impermeables, en un clima de sequedad extrema. La amplia superficie presenta al menos tres niveles: algunas pocas colinas residuales, una superficie ligeramente inclinada y diseccionada, y valles anchos y poco profundos, de cauces poco incisivos. Los suelos, son extremadamente delgados, sin la existencia de cortezas de meteorización. Se forma en tales condiciones un matorral seco conocido como Caatinga. El drenaje solo actúa en épocas de cortas e intensas lluvias, y tiene un carácter básicamente difuso. En tales condiciones, la población que allí habita, concentrada en trece poblados, y alcanzando dos mil habitantes; basa su actividad vital en la pecuaria extensiva, y en cultivos de subsistencia (maíz y frijol principalmente). Estos se cultivan en el fondo y las vertientes suavemente inclinadas de los valles. Una carretera, algunos frigoríficos para captar leche, y la construcción de un embalse de pequeñas proporciones, constituyen la infraestructura económica principal de la cuenca. El paisaje geográfico antropo natural formado se asocia a una combinación de matorrales y cultivos y pastos de subsistencia, con una actividad económica débil y poco artificializada. La adaptación a la seca, ha consistido en lo fundamental en el regadío a partir del embalse, y otros pequeños estanques de agua. Numerosas cisternas, adyacentes a las residencias constituyen un elemento básico de adaptación. No obstante, la erosión producida en las pendientes desnudas, y la eutrofización, constituyen testigos de la actividad de las lluvias cortas pero intensas.

La cuenca ha sido el testigo de la implementación de un singular modelo de desarrollo, muy poco distribuido en el Brasil. Para ello se ha llevado a cabo un proceso de territorialización, soportado por un proceso de reforma agraria, en que la población residente, apoyada por el Movimiento Sin Tierra, se ha apropiado de los espacios. Organizaciones comunitarias productivas y de residentes, han logrado articular el proceso, en el que se ha implementado una radio comunitaria, y logran administrar una escuela pública, y algunas casas de salud. Ese proceso ha logrado garantizar un nivel y calidad de vida razonable, adoptarse y defenderse en los periodos de seca, y coadyuvar a la cooperación, la solidaridad y la justicia social. Pequeñas agrupaciones de casas de cemento con techos de teja, forman el paisaje cultural, en el que los símbolos del MST se expresan sobre todo en los edificios públicos (la radio y la escuela). En la cabecera municipal, el poblado tiene el aspecto de un poblado moderno. En él, se concentran edificios de comercios, iglesias, con una simbología religiosa marcada (varios monumentos a la Virgen).

Sin dudas que ese poblado no expresa el proceso de territorialización que se ha llevado a cabo en la cuenca. En cuanto a la estructura espacial, la construcción del embalse ha representado la formación de un núcleo acumular/disipador de flujos EMI. Alrededor del embalse se han concentrado y agrupado los cultivos, y los pastos, y también algunas pequeñas agrupaciones de vivienda. El paisaje de la cuenca, por lo tanto, precisa de infraestructuras y organización espacial que refuercen por un lado la estructura espacial y la armazón ecológica, dirigida a frenar los procesos de aridización, erosión y eutrofización. Por otra parte, se necesita de una intensificación tecnológica, y de una complejización del paisaje habitado, para, conservando lo tradicional aumentar la calidad de vida de la población. La cuenca del Rio San Diego de los Baños, es mucho más extensa y compleja. Está formada por dos categorías claras de paisaje natural: las alturas y montañas y las llanuras. Las montañas que forman parte de las Sierra de los Órganos y Rosario, alcanzan alturas de 300 a 500 metros. Se forman por macizos cársicos en calizas antiguas del Jurásico de paredes



fuertes y abruptas, con matorrales y bosques poco explotados. Entre las sierras se forma una gran polja cársica, con suelos profundos y fértiles. Constituye la sierra, la fuente de alimentación básicamente subterránea de la cuenca del río.

La llanura, de unos 60 kilómetros de ancho, se alza desde los 100 metros de altitud. Está formada por sedimentos cuarcíticos profundos re-depositados que cubren a rocas calcáreas y margosas, que generalmente no afloran a la superficie. Se distingue desde llanuras suavemente onduladas, formadas por suelos ferralíticos cuarcíticos profundos, hasta una llanura plana formada por suelos pseudo hidromórficos cuarcíticos. Una estrecha franja de unos 5 kilómetros de ancho, constituida por un pantano salino costero, que culmina en una playa fangosa a orillas del mar Caribe, es el extremo más meridional y acumulativo de la cuenca. El espacio geográfico, ha sido formado en base a la explotación predominantemente agrícola de toda la cuenca. Hacia las montañas, el espacio agrícola se ha formado en las poljas, estando constituido por plantaciones de tabaco y cultivos de subsistencia, administrados por cooperativas de agricultores y campesinos privados.

Las montañas están formadas por bosques de protección, bajo el cuidado de empresas estatales. En la llanura, la parte más baja se forma por plantaciones homogéneas de arrozales, gerenciados por empresas estatales. La parte más alta de la llanura, se forma por cultivos de diverso tipo (maíz, arroz, tabaco) y en particular arrozales en las terrazas abajas del río y los arroyos. La ciénaga litoral se forma por bosques y matorrales secundarios poco productivos. Todo el espacio está enlazado por una red de carreteras perpendiculares de dirección sub meridional, en buen estado. Dos vías importantes, que atraviesan sub horizontalmente la cuenca, comunican al principal centro urbano del país, La Habana, con la ciudad de Pinar del Río, principal centro urbano del occidente. Principalmente a lo largo de los caminos se forma una red de asentamientos, entre los cuales se distinguen al menos cinco puntos poblados de determinado interés. El que más se destaca es el poblado de San Diego de los Baños, de unos 10 000

habitantes, sede de un centro de aguas termales, en el que se localizan algunas instalaciones hoteleras, de rango nacional. El embalse de la Juventud, construido hace unos 40 años, tuvo como función, el abastecimiento de agua para el regadío de los cultivos y en particular de los arrozales. Construido a unos 15 kilómetros de la línea costera, en la parte media de la llanura, ha constituido un núcleo artificial hídrico, alrededor del cual se han concentrado estanques de acuicultura, y cultivos irrigados. La cuenca, está intensamente cultivada. Por ello, y debido al manejo de las tierras, son comunes los procesos de erosión. En la parte baja, son evidentes los procesos de pantanización y salinización. El embalse y los canales, en parte están eutrofizados, y se rellenan por los productos de la erosión. Del paisaje cultural rural típico, formado por bohíos de palma y guano, solo queda de manera esporádica. Los pueblos, con sus casas originales de portales o de madera han sido reformados, siendo convertidos en construcciones modernas de cemento de un piso. La población difusa es cada vez menor. La población se localiza en los bordes de las carreteras, formando un poblamiento lineal, alrededor de los cuales se sitúan cultivos, arboledas, y áreas para la cría de animales. Hacia el interior predominan espacios vacíos, en ocasiones formados por matorrales improductivos.

La modernización urbanística banalizadora de los paisajes ocupa todos los lugares., incluyendo las montañas. Solo queda un reducto del paisaje urbano tradicional, formado por mansiones y un parque central bien decorado, en el poblado turístico de San Diego de los Baños. El parque jardín, construido en los años 30 del siglo XX de la antigua Hacienda Cortina, verdadera joya artificial paisajística, está en un estado deplorable. El poblado de Dayaniguas, situado en la línea costera, y que constituye un balneario popular, está aún formado por casas típicas de manera, aunque es vulnerable a la acción destructora de los huracanes. La territorialización ha estado vinculada a la actividad privada campesina, a la formación de cooperativas, y solo en las plantaciones de arrozales de uso intensivo por empresas estatales. Los procesos de administración y uso del paisaje, han tomado una estructura empresarial y cooperativa, y no una organización

comunitaria. Esta se reduce a la administración de los órganos públicos, asociada a la actividad gubernamental. La optimización del paisaje de la cuenca, amerita, por una parte de una organización espacial más racional en cuanto a la disposición de los cultivos, de un uso más racional de los recursos hídricos, y del mejoramiento de la calidad del paisaje cultural. La posibilidad de incorporar modelos de administración comunitaria, y de mayor articulación de las entidades cooperativas que se vinculen a la optimización paisajística, podría ser un camino para llevar a cabo una re territorialización efectiva y eficaz. En ambos casos, la construcción de embalses de porte relativamente significativo para los tamaños de las respectivas cuencas, dirigidos a incrementar la productividad, ha constituido un proceso conocido como polarización de los paisajes (RODOMAN, 1999). Este proceso consiste en la formación de un núcleo paisajístico, en el que se producen procesos de concentración hídrica, que a su vez tienen efectos para la acumulación de depósitos y de materia orgánica, que si no se controlan pueden hacer vulnerable el ciclo de la vida de la presa. Ese núcleo antropo natural, de una u otra manera ha servido de impulsor para procesos de concentración de espacios productivos de uso intensivo y de formación de centros poblados.

Al mismo tiempo, la formación de núcleos de disposición lineal a lo largo de las carreteras, y el crecimiento inusitado de centros poblados y de centros en los entronques de la carretera, conducen a una concentración de los impactos, y de los campos de fuerza, que conducen de una u otra forma a procesos de desequilibrio tanto en el espacio natural como en el espacio geográfico. De ello atestigua la formación de espacios vacíos, en los intersticios capilares localizados entre los centros y las líneas de aglomeración. Por otra parte, la concentración del drenaje, por lo visto da lugar a espacios aguas arriba carentes del caudal ecológico, y que experimentan la carencia de la regulación hídrica, mientras que aguas abajo, estimulan la penetración del manto salino, al ser obstaculizado el manto de aguas dulces. Esta formación de patrones espaciales desequilibrados, alteran de manera significativa la actividad productiva y el quehacer social, en mo-

delos de desarrollo que por su esencia tienen un carácter comunal, y que propician el empoderamiento de la población local. Por lo tanto, el mismo funcionamiento de la cuenca se ve disturbado, por patrones espaciales que no aprovechan de manera racional las potenciales del espacio.

## **Consideraciones Finales**

El análisis de las cuencas hidrográficas desde una visión paisajística, permite articular la manera en que el espacio natural, se transforma en espacio geográfico y cultural. Se pone de manifiesto, que la cuenca, que se organiza para cumplir determinadas exigencias en la formación de los recursos hídricos, está formada al mismo tiempo de una multitud de relaciones internas propias a la misma, pudiendo ser, por eso considerada como la expresión en diversas escalas de la interacción entre la sociedad y la naturaleza que se revela en el cambio del paisaje y en la constitución histórica del territorio. La cuenca hidrográfica en ese sentido, corresponde a un territorio formado históricamente a partir del espacio. Ella contiene la multidimensionalidad del territorio y, por lo tanto, debe ser considerada no solo como una entidad hidrológica, sino como la compleja interrelación de paisajes, espacios y territorios.



### **3. Assentamento 25 de Maio: aspectos sócio-históricos do lócus da pesquisa**

**Ana Ecilda Lima Ellery, Liana Brito, Maria Auderice Rodrigues da Silva, Maria Rosilene da Silva, Milana Sousa Ramos e Pedro Vicente de Assis Neto**

#### **Introdução**

Os assentamentos rurais de reforma agrária no Brasil se estabelecem na década de 1980 no contexto do Plano Nacional de Reforma Agrária e resultado do aprofundamento dos conflitos rurais postos pelo desenvolvimento do capitalismo no campo e da luta dos movimentos sociais rurais. O Assentamento Rural 25 de Maio (A25M), como lócus do desenvolvimento do experimento da Tecnologia Fossa verde em áreas do semiárido, se gesta neste contexto no sertão cearense. O artigo apresenta a discussão teórica da questão agrária brasileira como parte do processo de pauperização da classe trabalhadora no campo e na cidade posto pelo avanço das relações sociais do modo de produção capitalista. Nesta dinâmica contraditória, que produz riqueza e miséria, tem-se no Brasil a luta pela terra a implantação da Reforma Agrária. Embora parcial e pontual, esta política tem permitido que uma parcela da população rural tenha acesso à terra. O A25M representa um avanço para as famílias que ali residem e sua resistência de viverem no semiárido e conquistarem melhores condições de vida e de trabalho.

## Questão Agrária, Questão Social e Luta pela Terra: algumas questões fundamentais

O ponto essencial a considerar quando se aborda a luta pela terra ou a questão agrária no Brasil, é compreender que essa questão tem sua própria temporalidade. Ela não é uma questão invariante, estática vinculada ao “tempo” de um governo, de um espaço restrito. Ela surge e se manifesta em circunstâncias históricas determinadas, é essencialmente uma questão histórica. Uma primeira questão a destacar é que a terra é a condição material e insuprimível da existência humana, ou seja, é da terra (direta ou indiretamente) que as pessoas, através do seu trabalho, garantem a produção de bens necessários à sua sobrevivência e a sua reprodução social. A sociedade capitalista tem sua racionalidade produtiva baseada na propriedade privada (da terra e dos meios de produção), no trabalho livre e assalariado e na produção de mercadorias (produção voltada para o lucro). Essa lógica produz o que chamamos de questão social (IAMAMOTO, 1997), ou seja, um complexo de processos sociais que refletem as desigualdades socioeconômicas produzidas cotidianamente por esta lógica perversa: produção coletiva *versus* apropriação privada. Essa realidade tem provocado reações diversas da classe trabalhadora, portanto daqueles que estão produzindo coletivamente a riqueza da humanidade, mas que não têm acesso a essa riqueza, o seu acesso é mediado pelo seu salário de subsistência. Essa contradição, própria do modelo capitalista de produção, engendra também no meio rural seus conflitos, a questão agrária, posta pela mesma lógica manifestada pela concentração da terra, expropriação e exploração dos trabalhadores rurais (MARTINS, 1991; 2003).

Sem a compreensão dessa historicidade, a identificação das forças que atuam e a apreensão dos efeitos dessas forças sobre as realizações humanas não são possíveis, dificultando a análise crítica e propositiva, a qual possibilitará a construção do novo. Pasche e Hennington (2006) afirmaram que é importante entender as históricas expressões da questão agrária para que se possa intervir nessa questão e vislumbrar uma verdadeira reforma

agrária no Brasil. Martins (1991) acrescentou que o processo de reforma agrária no Brasil foi limitado. Ocorreram basicamente desapropriações de terras em pontos de maiores conflitos e desapropriações em áreas que eram de interesse dos grandes proprietários. Em síntese, essa ainda se configura como uma política focalista, que avança com as lutas e pressão dos trabalhadores, representados principalmente pelo Movimento dos Trabalhadores e Trabalhadoras Sem Terra (MST) na atualidade, e recua pela pressão e entraves condicionados pelos grandes proprietários. De acordo com Brito (2006), a reforma agrária representa um espaço de lutas e conquistas sociais objetivadas pela luta dos trabalhadores rurais sem terra, materializado na conquista da terra e na organização de assentamentos rurais. Essa realidade amplia as condições de vida e de trabalho dos assentados, com uma infraestrutura que permite a produção e relações mais ricas, inclusive com o acesso a políticas sociais (como educação, saneamento básico, saúde, previdência e lazer), elementos necessários para a permanência do homem no campo.

## **História de Luta do Assentamento 25 de Maio**

É nesse contexto que o Assentamento 25 de Maio/São Joaquim, no Estado do Ceará, onde se desenvolveu o Projeto Fossa Verde, se estruturou a partir da organização dos trabalhadores rurais e da conquista da terra. De acordo com Leite (2004), a luta pela terra no Ceará não difere muito das ocorridas em outros estados do país, embora possua suas peculiaridades. A estrutura agrária do Ceará caracteriza-se pela grande concentração de terra que se desenvolveu desde a concessão das sesmarias para a formação das grandes fazendas nas áreas do sertão semiárido. Estas tinham como objetivo a criação extensiva do gado, valendo-se da baixa ocupação da mão de obra, tendo o vaqueiro o papel fundamental nas fazendas, situação que remonta à época da invasão portuguesa no século XVII. A ocupação desse território e as relações sociais desenvolvidas nesse espaço foram baseadas por um lado na figura do coronel, o proprietário de terra e, por outro, no



camponês, sem terra, que morava nas fazendas “[...] pagando uma renda e mantendo uma relação de dependência, subordinação” (LEITE, 2004, p. 51). Essa situação pode ser facilmente percebida na realidade das Fazendas Reunidas São Joaquim antes de sua desapropriação em 1989. De acordo com o INCRA (1985, p. 7):

[...] o sistema de exploração nessa fazenda [...] não é parceria, arrendamento ou tipo equivalente. É feito um contrato verbal com os moradores, que são obrigados a prestar três dias por semana de serviço ao proprietário (herdeiro), como diárias, sendo pago uma ínfima quantia [...] os moradores não pagam renda da produção de algodão, milho, feijão mas são obrigados a formarem pastagem para o efetivo rebanho do proprietário.

Outra característica presente nesta fazenda era a figura do vaqueiro como explicita um dos nossos entrevistados:

[...] eu nasci e me criei aqui. Meu avô era vaqueiro, aí meu pai foi vaqueiro do antigo dono e eu ainda fiquei sendo um tempo [...] aqui não é ruim não [...] tinha direito de criar. Os vaqueiros tinham que tomar conta do gado e fazer alguns mandos. Não foi um dos piores latifúndios de morar não (MORADOR “C”).

Esses dois tipos de trabalhadores, tratados de forma diferenciada, conviviam nas fazendas reunidas e foi com essas características que o sertão cearense foi povoado. Outro aspecto que faz parte do cenário da região semiárida cearense é a problemática social que se agravava com as secas, situação que tem provocado o êxodo rural e tornado mais difícil a vida no campo. Na década de 1960, período da ditadura militar, observou-se a modernização e industrialização conservadora da agricultura.

Esse processo agravou a situação no campo, engendrando conflitos que denunciavam as condições subumanas em que os camponeses eram submetidos (PPP<sup>3</sup>, 2010). Nesse contexto, surgiu em 1966 o conjunto de imóveis “Fazenda Reunida São Joaquim S/A” - Agricultura e Comércio, pertencente a Wicar Parente de Paula Pessoa. Essa fazenda se estruturou dessa forma no período de vigência do programa de Redistribuição de Terra e estímulo à agroindústria do Norte e Nordeste (INCRA, 1985). Esses imóveis ocupavam uma área de 22.990 hectares que se estendia pelos municípios de Madalena e Quixeramobim. O proprietário utilizava essas terras principalmente para a pecuária, criando aproximadamente 2.500 cabeças de gado bovino e em torno de 2.500 caprinos e ovinos, em regime extensivo. Esse conjunto de imóveis rurais era denominado pelas fazendas ou localidades: “Açude, Nova Aliança, Fazenda Nova, Paus Branco, Quieto, São Nicolau, São Joaquim, Agreste, Paus Ferro, Perdição, Raiz, Central e Ipueiras que formam um corpo só de terra” (INCRA, 1980, p. 5).

De acordo com o relatório do INCRA (1985) nesse local residiam em torno de 82 famílias somando um total de aproximadamente 512 pessoas. Estes moradores viviam em condições subumanas devido ao sistema de exploração já referido. As habitações eram precárias, sem higiene e sem saneamento básico. Essa situação é apenas um exemplo das precárias condições a que muitos camponeses se submetiam para sobreviver no espaço rural cearense. Com a crescente violência contra os camponeses e índios, durante a ditadura militar, observou-se no Ceará a participação e interferência da Igreja Católica na defesa da população campesina. Esses setores da Igreja tinham como principal finalidade desenvolver o trabalho popular e, apoiados na fé e no Estatuto da Terra, conscientizar os trabalhadores de seus direitos (PPP, 2010). Condições que incentivaram a organização e resistência dos trabalhadores rurais do estado. Na década de 1970, fruto da ação da Igreja Católica e da expansão dos conflitos de terra, os trabalhadores passaram a lutar pela aplicação do Estatuto da Terra, na busca da terra para o trabalho livre (PPP, 2010). Nos conflitos entre os camponeses

---

3 Informações obtidas no Projeto Político Pedagógico da Escola do Campo. Assentamento 25 de Maio/2010. (PPP)

e proprietário a violência sempre esteve presente, como a destruição da plantação dos trabalhadores por parte dos fazendeiros e a proibição do uso de água do açude etc. Um antigo morador da fazenda, hoje assentado, esclarece:

[...] não era muito bom não antes. A gente trabalhava, podia criar, mas não tinha dinheiro para comprar, [...] o pior mesmo era quando tinha o negócio de arumar [terra alheia] ele mandava levar os moradores para lá, os pais de família para tomar casa, derrubar casa dos outros que ele queria a terra. Se não fosse, ele botava para fora. (MORADOR “A”)

Com a intensificação desses conflitos e com a própria conjuntura histórica da década de 1980, a questão da terra no Ceará assinalou mudanças marcantes. Nessa época, conflitos em todo o país ganharam visibilidade, assegurados principalmente pela abertura política do país. Iniciando-se, nessa década, a bandeira de luta pela reforma agrária, resultando na elaboração do primeiro Plano Nacional de Reforma Agrária (I PNRA) e na efervescência de diversos movimentos sociais que já se articulavam desde o final da década de 1970 (LEITE; MEDEIROS, 1999). Foi nesse clima favorável e nas várias experiências de enfrentamento que se constituiu a necessidade de organização social dos moradores da Fazenda reunidas. Nesse contexto, contam com o Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Quixeramobim, de Quixadá, de Canindé e Choró Limão, articulados por pessoas que já tinham experiência de luta pelo direito a terra. Esses grupos, numa perspectiva de fortalecimento da resistência e da luta, se articulam com o MST (PPP, 2010). Esse Movimento estava também em processo de formação no país e no Estado. A partir dessa articulação, veio um militante do MST do Espírito Santo para organizar o MST no Ceará. Nessa época foram realizadas diversas reuniões em Quixadá, Quixeramobim, Canindé e Choró Limão e em uma delas decidiram realizar a primeira ocupação a um latifúndio. De acordo com o PPP (2010) realizando assim,

[...] no dia 25 de Maio de 1989 [...] a primeira ocupação do MST no Estado do Ceará, com aproximadamente 450 famílias, oriundas do município de Madalena, Quixadá, Quixeramobim, Canindé, Choró Limão e Itapiúna, na Fazenda Reunida São Joaquim [...] o maior latifúndio ocupado no Brasil neste período. Terra que se tornavam improdutivas após a grilagem que estendia por toda região de propriedade da Wicar Pessoa conhecido com General Wicar (PPP, 2010, p. 9-10)

Como forma de pressionar a desapropriação, aproximadamente 200 pessoas acamparam na sede do INCRA-CE na capital cearense, obtendo em 09 de junho de 1989 a emissão da posse da terra e o decreto de desapropriação de Nº 92.875 em 30 de Junho do mesmo ano. Com isso, começou a ser instalado o Assentamento 25 de Maio/São Joaquim (PPP, 2010). No início foi sentida a necessidade de organizar o trabalho coletivo e individual. Para isso, “[...] *quando chegamos aqui, o MST fez um laboratório [...] ai veio um professor de fora, porque todo mundo veio sem saber de nada, ai o movimento formou uma cooperativa*” (MORADOR “B”). Como relatou o morador foi realizado o Laboratório Organizacional de Campo, que objetivou construir uma visão sobre a área do assentamento, fundando depois uma cooperativa. Esta obteve inicialmente a aceitação de apenas vinte sócios, chegando a ter posteriormente oitenta sócios (PPP, 2010). Segundo o MORADOR “B” “[...] *a cooperativa acabou não dando certo, pela falta de experiência e até pela própria corrupção dos administradores. Ai o povo foi perdendo credibilidade na cooperativa e fundaram as associações*”.

A utilização da vasta terra foi sendo aos poucos realizada. Segundo outro assentado entrevistado “*as famílias foram inicialmente para Paus Branco e depois para o Quieto, por conta do fácil acesso do primeiro e da disponibilidade hídrica do açude do segundo*” (MORADOR “D”). Depois formaram grupos para ocuparem as outras áreas que representavam 23 mil hectares de terra. De acordo como o MORADOR “E” *formaram vários*

*grupos de 20 pessoas e através de sorteio as famílias se deslocaram para as diversas localidades desse espaço.* O Assentamento 25 de Maio está a 170 km da capital cearense; conta atualmente com aproximadamente 431 famílias assentadas, distribuídas em 13 comunidades: Paus Branco, Paus Ferro, Quietos, Nova Vida I, Nova Vida II, São Joaquim, Agreste, São Nicolau, Raiz, Perdição, Mel, Caiçara e Vila Angelim. Estas estão organizadas em 18 associações comunitárias, uma cooperativa e doze açudes, revelando a complexidade desse assentamento.

## **Particularidades do Assentamento Rural 25 de Maio**

O Assentamento Rural 25 de Maio apresenta diversas particularidades que são determinantes para a nossa compreensão de suas condições sociais e ambientais. Para o entendimento de alguns dados que revelam o perfil dos assentados, há que se levar em consideração a realidade considerando a totalidade da sua historicidade, inserida no contexto da questão agrária brasileira. Com o desenvolvimento do Projeto Fossa Verde, em 2012, foi aplicado um amplo questionário a 384 famílias, em um universo de 486 famílias que moram no Assentamento, conforme dados do INCRA. Por sua grande extensão o assentamento tem 13 comunidades, com 16 associações e um Conselho Comunitário, revelando sua complexidade social e organizacional. Por exemplo, o assentamento tem comunidades com várias associações de moradores, uma delas possuindo quatro associações. Este dado denuncia suas complexas relações sociais e políticas. A origem das famílias é majoritariamente do Ceará, inclusive dos municípios próximos ao Assentamento. Porém encontramos duas (02) famílias oriundas dos estados de Rio Grande do Norte e do Rio de Janeiro. Quanto à religiosidade, identificou-se que 83% são católicos e 17% são evangélicos, uma situação que revela a convivência no meio rural hoje com várias igrejas, embora ainda predomine a igreja católica.

Das condições de moradia, 95% dos entrevistados moram em casa de alvenaria; apenas 5% residem em casas de taipa, pertencendo ao grupo

de agregados que, portanto, não foram beneficiados pela Reforma Agrária, que garante a construção de moradias para todas as famílias assentadas. A figura do agregado é constituída nos assentamentos do estado por familiares ou amigos que passam a morar nesses espaços a partir da aprovação dos assentados através de assembleias comunitárias. O acesso à energia elétrica está garantido para 99,05% das entrevistadas, apenas duas famílias agregadas não tendo acesso a esse serviço. Nesse sentido, destaca-se a contribuição da reforma agrária no acesso a melhores condições de vida e de trabalho, como a garantia de moradia e acesso a energia elétrica, mediações necessárias para a garantia de parte dos direitos humanos. Quanto ao nível de escolaridade, há um dado interessante, pois se identificam doze assentados com nível superior, dos quais apenas um é do sexo masculino. Podemos destacar desse fato alguns elementos: em primeiro lugar, tem sido cada vez mais ampliando (embora ainda abaixo da demanda) o acesso dos assentados aos cursos de nível superior via Programa Nacional de Educação na Reforma Agrária (PRONERA), fruto da luta dos movimentos sociais rurais; em segundo lugar, em geral os homens, que tradicionalmente assumem a função de provedor, terminam – desde cedo – assumindo o trabalho na terra, deixando sua formação profissional em segundo plano. O grupo de mulheres que, embora também realize atividades produtivas na terra, tem respondido melhor às oportunidades para concluir seus estudos.

A Política de Reforma Agrária tem permitido melhor acesso à educação e ampliação da mesma, melhorando o nível de escolaridade da população do campo. Por exemplo, o índice de analfabetos representa 13% dos entrevistados e 36% se consideram apenas alfabetizados. Nos assentamentos tem sido desenvolvido o Programa de Educação de Jovens e Adultos – EJA/ PRONERA, o que tem contribuído para isso. Dos entrevistados, 39% encontram-se entre o ensino fundamental e médio, que permite uma melhor apropriação e usufruto da linguagem escrita em seu cotidiano. O assentamento conta com várias escolas, inclusive uma Escola do Campo, construída com recursos federais, de nível médio e que atende a juventude do assentamento e áreas de seu entorno. Com relação à origem da água

usada em casa, a maioria utiliza a água dos açudes. A origem da água de beber é mais da cisterna, porém não há rigor nos cuidados do manuseio das cisternas. O acesso à água encanada é bem diferenciado, pois esse benefício não é garantido pela política de reforma agrária, ali havendo quatro comunidades sem água encanada e duas comunidades (Raiz e Vila Angelim) com 100% de suas famílias com cobertura desse serviço. As sete comunidades restantes têm acesso diferenciado internamente, com a presença de famílias com esse serviço e outras sem. É muito comum a lavagem das roupas nos açudes, o que tem contribuído para a sua poluição.

Quanto ao destino do lixo, estudos realizados no Assentamento constataram que não há coleta de lixo pública ou particular no assentamento; que 72% do lixo doméstico são queimados nos quintais próximos das casas; que 25% são lançados em terrenos baldios; e que 3% são enterrados. Esses dados revelam inúmeros problemas ambientais que têm impactos tanto na natureza; nos solos, na água e nas plantações, quanto na saúde das famílias assentadas. Dos dados que foram coletados no âmbito do Projeto 'Fossa Verde', confirmaram-se a mesma situação: não há coleta do lixo pelo serviço público. A queima do lixo se apresenta como alternativa para 60% dos entrevistados. O lixo orgânico é 100% reutilizado para a alimentação dos animais. Parte dele poderia também compor adubo orgânico para a agricultura, livre de fertilizantes e agrotóxicos. Durante o desenvolvimento da pesquisa, observou-se que os quintais nas comunidades, ao mesmo tempo em que aglomeram problemas ambientais prejudiciais à saúde, abrem um leque de possibilidades para que se repensem relações vitais do ser humano com a natureza. Houve surpresas com os dados relacionados ao cultivo de plantas nos quintais, quando se constatou que algumas comunidades mantêm o costume de plantar, inclusive verduras e plantas medicinais. Há alguns anos era comum aos(as) agricultores(as) cultivarem seus quintais, principalmente com os alimentos mais utilizados diariamente.

No entanto, é para os quintais que correm 100% das águas usadas da cozinha. Essa frequência se repete para o destino da água do banho e da lavagem doméstica de roupa. Somente a água do sanitário é destinada

ao sumidouro. Também é no quintal que 89% das famílias criam animais, servindo de suporte alimentar. A criação desses animais fica entre os domicílios e nas áreas coletivas da vila agrícola, onde moram as famílias, principalmente porcos, vacas, cavalos. Isso é outra problemática, não somente ambiental, mas também para a manutenção de relações sociais pacíficas entre as casas. Nas comunidades analisadas, todas criam animais soltos nos quintais como cachorro, galinha, cabras, bode e porcos, entre outros. Em geral, estes animais têm acesso livre aos açudes, o que tem contribuído para a contaminação dos mesmos e proliferação de doenças. Torna-se uma problemática entre as famílias, inclusive porque os animais invadem outros quintais. Durante o desenvolvimento do projeto, acompanhamos algumas discussões sobre esta problemática, que foi enfrentada com o apoio da Vigilância Sanitária, o que resultou com uma regulamentação oficial de proibição da criação de porcos soltos. Todos esses resultados apresentados demonstram a importância da concretização do projeto “Fossa Verde”, por ser uma tecnologia barata, que reutiliza a água na produção de frutas com banana e outras plantas ornamentais e frutíferas e por ser adequado ao sertão nordestino. Quanto à produção, estudos de 2005 (ACACE) realizados no assentamento indicavam que os principais produtos produzidos no assentamento são o milho e o feijão, sendo, em parte, comercializados no mercado local. Também se cultivam a mamona e algumas leguminosas. Enfim, o Assentamento 25 de Maio revela a importância da Reforma Agrária em nosso país como alternativa de enfrentamento das desigualdades sociais, pois, além do acesso dos camponeses à terra e ao trabalho, permite a ampliação de direitos sociais, que vão aos poucos alterando a realidade campesina. Como exemplo forte, pode-se destacar o acesso à educação no campo e do campo, o que tem alterado o nível de escolaridade da população rural. Nas entrevistas e reuniões realizadas, as famílias são unânimes em destacar a melhoria de vida se comparada com a situação anterior, quando eram trabalhadores rurais sem terra; destacam a conquista da moradia, do acesso à água (cisterna e parcela com água encanada), e a obtenção de serviços de saúde, educação e assistência técnica.



## Conclusões

O Assentamento sintetiza a dureza da vida no campo e a teimosia da sua população em resistir às determinações próprias do semiárido da lógica destrutiva e desigual do modelo econômico capitalista (MÉSZÁROS, 2002). Os assentados estão criando e recriando alternativas de vida e de trabalho, apesar das diversas dificuldades que enfrentam na sua forma de organização social e da produção interna. Trata-se de uma vasta área de 22.990 ha com doze vilas rurais, que chegam a distar 30 km entre elas, porém buscam se articular construindo parcerias na luta por melhores condições de vida. Atualmente o Assentamento conta com várias escolas de ensino fundamental, uma escola do campo de ensino médio e parte de sua juventude tem conquistado o acesso à formação superior através do PRONERA (Programa Nacional de Educação em Áreas e Reforma Agrária). Trata-se, portanto, de uma realidade resultante da organização e luta dos movimentos sociais rurais, que concebem a reforma agrária como uma política que vai para além da conquista da terra, mas também do acesso aos direitos sociais conquistados pela sociedade em geral. Problemas de ordem ambiental também foram observados no decorrer da pesquisa, dos quais destacamos a poluição dos açudes no entorno de suas casas, o que favoreceu a aceitação do Projeto da Fossa Verde. Este apresentou a possibilidade de se buscar alternativas de relações com a natureza, como se fez com o Projeto de Educação Ambiental e da proposta de Coleta de Lixo. No âmbito da produção, com o predomínio da agricultura familiar, eles buscam através da cooperativa criar mecanismos de negociação de seus produtos no mercado. O Projeto permitiu a discussão de problemáticas sociais e ambientais que, em parte, dependem de suas escolhas nas diversas formas de relações entre si e com a natureza, outras estão para além de suas competências. A apropriação dos resultados do Projeto, tanto do conhecimento produzido quanto das possibilidades reais de uma tecnologia social, passa a se configurar como instrumento de suas práticas sociais e políticas na luta por melhores condições de vida e de trabalho no campo.

## 4. Diagnóstico do saneamento rural no A25M

**Christine Farias Coelho, Laldiane de Souza Pinheiro,  
Leonardo Schramm Feitosa e José Carlos de Araújo**

Nesse capítulo é apresentado o diagnóstico do saneamento rural do Assentamento 25 de Maio, com foco no abastecimento de água; na coleta e no tratamento dos esgotos; e nos resíduos sólidos.

### **Água de abastecimento**

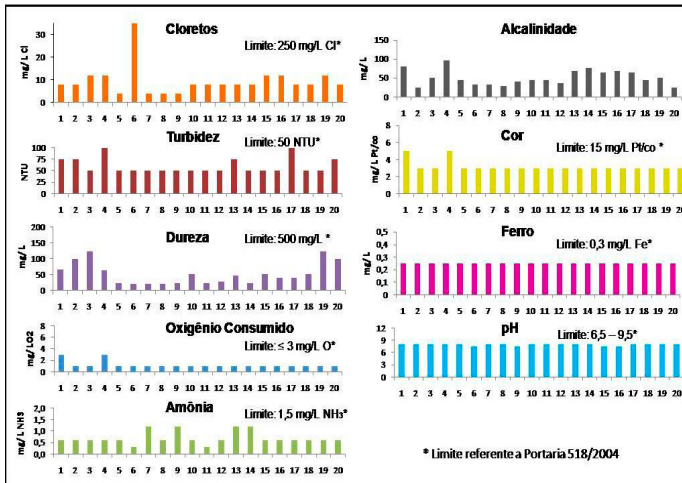
No assentamento 25 de Maio, a água utilizada para consumo humano e preparação de alimentos em 91% dos domicílios é proveniente das cisternas de placas (Figura 1), que armazenam água da chuva, e que foram construídas por meio de crédito rural concedido às famílias assentadas desde 2006 pelo INCRA. Os 9% restantes, se abastecem exclusivamente dos açudes.

A cisterna apresenta volume útil de 16.000 L e, segundo moradores, este volume é suficiente para abastecer uma família de cinco pessoas durante todo o período de estiagem. No entanto, o tamanho das famílias, os hábitos de consumo, e a intensidade de períodos de calor e/ou de estio interferem na garantia hídrica das cisternas. Quando o volume não é suficiente para garantir o abastecimento no período seco, as famílias passam a utilizar outras fontes de água, sendo mais comuns os açudes e o abastecimento por carros pipas. As cisternas de placas constituem-se numa tecnologia eficiente de garantia de água de melhor qualidade para as famílias rurais (ARAÚJO *et al.*, 2005), inclusive do assentamento 25 de Maio. No entanto, as propriedades dessa água quanto à potabilidade devem sempre estar de acordo com os padrões recomendados pelo Ministério da Saúde, por meio da Portaria Nº. 518/2004.



**Figura 1.** Cisterna de placa na comunidade Nova Vida I (outubro de 2009)

A análise de vinte cisternas distribuídas no assentamento mostrou que as concentrações das variáveis físicas e químicas (pH, Ferro, Amônia, Cor, Oxigênio Consumido, Cloreto, Dureza e Alcalinidade) atenderam em geral aos padrões de potabilidade previsto pela supra mencionada portaria (Figura 2). No entanto, as variáveis microbiológicas evidenciaram contaminação fecal.



**Figura 2.** Resultados das análises de água das vinte cisternas do assentamento 25 de Maio (2010).

O pH de todas as cisternas variou entre 7,5 e 8,0, estando dentro do padrão que a portaria 518/04 do Ministério da Saúde determina. A concentração média de cor aparente foi de 3 mg/L Pt/Co, bem abaixo do valor máximo permissível. Os cloretos apresentaram leve variação com valores extremos variando de 4 a 36 mg/L. Em todas as cisternas estes resultados ficaram abaixo do valor máximo permissível pela portaria 518, que é de 250 mg/L. A turbidez ficou acima do valor máximo recomendado pelo Ministério da Saúde, que é de 50 NTU em 29% das amostras. Esses valores podem estar associados ao preenchimento das cisternas com águas dos açudes, tanto por carros pipas como pela própria família. Quando o volume das cisternas se reduz, é comum o preenchimento das mesmas com as águas dos reservatórios do assentamento. As águas dos açudes possuem turbidez mais alta em decorrência da entrada de sedimento pelo escoamento superficial e da matéria orgânica formada por galhos e troncos de árvores submersos nesses ecossistemas.

A alcalinidade e dureza se referem à presença de carbonatos e bicarbonatos na água (ESTEVES, 2011). Os valores extremos de dureza variaram de 20 a 124 mg/L, e de alcalinidade de 24 a 26 mg/L, todos dentro do limite recomendado. A água da chuva é coletada antes de atingir os solos e rochas, justificando os valores de dureza e alcalinidade baixos. O nitrogênio amoniacal é a forma mais reduzida do nitrogênio e é o primeiro composto produzido na degradação da matéria orgânica (APHA *et al.*, 2005). Os valores de amônia, embora dentro do limite desejável, em 23% das amostras apresentaram valores próximos a 1,2 mg/L. O valor máximo permissível é de 1,5 mg/L. Como os valores de amônia se apresentaram próximos do valor máximo, isso indica a entrada de matéria orgânica dentro das cisternas. Os meios mais frequentes de entrada de matéria orgânica observados no assentamento foram pela ausência de vedação das cisternas e manejo inadequado dos utensílios para captação da água.

A matéria orgânica em decomposição exige oxigênio para sua estabilização (ESTEVES, 2011). Quanto maior for a taxa de consumo de oxigênio, mais próxima e maior terá sido a origem da poluição. Para água

potável se aceita concentração máxima de oxigênio consumido de 3 mg/L. Os valores de oxigênio consumido das cisternas analisadas foram baixos. Nas cisternas 1 e 4, que apresentaram valores maiores do que as demais, foram encontradas rãs e outros animais, indicando claramente a entrada de matéria orgânica e de outros contaminantes.

As análises bacteriológicas mostraram que, das vinte amostras analisadas, 30% apresentaram-se em condições sanitárias insatisfatórias e 70% em condições satisfatórias para o consumo humano (Tabela 1). Em todas as amostras foi detectada a presença de coliformes totais com valores mínimo e máximo de 60 e 7140 UFC<sup>4</sup>/100 mL, respectivamente. No entanto, mesmo com a presença de coliformes totais as águas das cisternas foram consideradas satisfatórias, pois, segundo o artigo 11 da portaria. 518, do Ministério da Saúde, em amostras individuais procedentes de poços, fontes, nascentes e outras formas de abastecimentos sem distribuição canalizada, tolera-se a presença de Coliformes Totais, na ausência de *Escherichia coli* e/ou, Coliformes termotolerantes. Nessa situação, deve ser investigada a origem da ocorrência, tomadas providencias imediatas de caráter corretivo e preventivo e realizada nova análise de coliformes.

**Tabela 1.** Análise microbiológica da água de vinte cisternas do Assentamento 25 de Maio no ano de 2010.

<b>Cisterna</b>	<b>Coliformes Totais UFC/100mL</b>	<b>Coliformes Termotolerantes UFC/100mL</b>	<b>Salmonelas UFC/100mL</b>	<b>Resultado</b>
1	4140	180	600	Insatisfatória
2	120	60	120	Satisfatória
3	240	60	0	Satisfatória
4	1320	240	3000	Insatisfatória
5	480	180	120	Satisfatória
6	3600	0	0	Satisfatória
7	60	0	0	Satisfatória
8	480	0	0	Satisfatória
9	960	0	0	Satisfatória

<sup>4</sup> UFC – Unidades Formadoras de Colônias.

<b>Cisterna</b>	<b>Coliformes Totais UFC/100mL</b>	<b>Coliformes Termotolerantes UFC/100mL</b>	<b>Salmonelas UFC/100mL</b>	<b>Resultado</b>
10	1200	360	0	Insatisfatória
11	2160	0	0	Satisfatória
12	5040	0	300	Insatisfatória
13	7140	0	60	Insatisfatória
14	60	0	0	Satisfatória
15	1440	60	120	Satisfatória
16	120	0	0	Satisfatória
17	60	0	0	Satisfatória
18	1200	360	0	Insatisfatória
19	240	60	0	Satisfatória
20	60	120	120	Satisfatória

Consoante à presença de Coliformes termotolerantes, os mesmos foram detectados em 50% das amostras, indicando a contaminação por material fecal. O valor de referência para esse grupo de bactérias é a sua ausência em 100 mL de água. No entanto, como foi realizada uma única amostragem, a tolerância para coliformes termotolerantes é de 200 UFC /100 mL (BRASIL, 2005). Três amostras ultrapassaram esse limite, com valores de 240 e 360 UFC /100 mL. A presença de coliformes termotolerantes em níveis elevados foi responsável por 33% das amostras que se revelaram insatisfatórias para o consumo humano.

Em estudos realizados na região Nordeste do Brasil, foi constatada a presença de coliformes em valores acima do estabelecido para a potabilidade, oferecendo riscos potenciais à saúde humana. As *salmonellas* foram detectadas em 40% das cisternas, com valores mínimo e máximo de 60 e 3000 UFC/100 mL, respectivamente. Em campo foi possível observar a inadequabilidade quanto aos cuidados com a água da cisterna. A título de exemplo, foram encontradas cisternas sem tampa e com tubulações sem tela de proteção, rãs e roedores dentro das cisternas, e a utilização de utensílios para retirada da água previamente utilizados no banheiro e no chão. Somado a isso, 64% dos entrevistados afirmaram não fazer nenhum tratamento dessa água antes de consumir.

Agentes de saúde distribuem quinzenalmente frascos de hipoclorito de sódio em domicílio, porém não foi observado nenhum programa de incentivo e nem de monitoramento da dosagem desse composto. Das cisternas analisadas, 50% recebem adição de cloro. Exceto uma, as demais apresentaram concentrações de 0,1 mg/L, sendo o valor mínimo recomendado pela vigilância sanitária de 0,2 mg/L. É importante salientar que a utilização da cloração, embora seja de fácil aplicação e eficácia na prevenção de doenças de transmissão hídrica, pode originar a contaminação da água por trihalometanos (THM), que são subprodutos cancerígenos, resultantes da reação química do cloro com substâncias orgânicas em decomposição, como restos de folhas, restos de animais mortos e matéria fecal (VIANA *et al.*, 2009). Assim, é importante a utilização de barreiras físicas na cisterna, bem como a realização do tratamento por filtração, antes do tratamento da cloração, a fim de evitar a presença de matéria orgânica na água e, conseqüentemente, de trihalometanos, após a desinfecção.

Foi verificado se existem diferenças de dados bacteriológicos (Coliformes totais) entre as cisternas vulneráveis à exposição de contaminantes aquelas não vulneráveis. Para isso, foi aplicado o teste estatístico (Teste-T), para amostras independentes e de distribuição normal. Segundo o teste estatístico, os grupos (cisternas vulneráveis e não vulneráveis à exposição) são distintos para grau de significância de 0,2%. Pode-se afirmar com um nível de confiança de 99,8%, portanto, que existe diferença nas taxas de coliformes entre as cisternas vulneráveis e aquelas não vulneráveis à exposição de contaminantes. Para as cisternas que estavam bem protegidas com tampa e tela, a média referente ao número de coliformes totais foi igual a 420 UFC/mL, já para aquelas que se encontravam susceptíveis à contaminação por animais, o valor médio foi de 2400 UFC/mL. Isso confirma que a qualidade da água das cisternas utilizadas para consumo humano, depende diretamente de sua proteção e de seu manejo.

Os resultados apresentados alertam para os cuidados higiênicos no manuseio dessa água nas cisternas. Diversas são as ações que podem ser exercidas pelas famílias para assegurar a potabilidade dessas águas: limpeza

dos sistemas coletores (telhados e calhas), manutenção adequada da cisterna (limpeza geral antes de captar a água), utilização e manuseio da água por meio de bombas ao invés de baldes, e a vedação de eventuais aberturas, evitando a presença de matéria orgânica na água.

Além dessas ações, é indispensável o tratamento prévio da água antes da sua ingestão. Filtração, desinfecção por cloração e fervura são práticas simples e eficientes que asseguram uma melhor qualidade da água, evitando-se a transmissão de doenças e problemas de saúde pública. Uma tecnologia que vem apresentando resultados positivos quanto à desinfecção da água em regiões semiáridas é o sistema SODIS. Por meio da exposição solar da água em garrafas pet durante um período de tempo, promove-se a inativação microbiana. Essa é uma tecnologia que deve ser difundida nas zonas rurais para a desinfecção das águas.

A água utilizada nas residências para os demais usos domésticos (banho, lavagem de louça e roupa) no Assentamento 25 de Maio – em 92% dos casos – são provenientes dos açudes. O restante utiliza água de poços. Das treze comunidades, apenas cinco (Paus Branco, Quietos, Raiz, Vila Angelim e São Joaquim) foram contempladas com sistema de abastecimento de água por rede de distribuição, beneficiando 238 famílias no assentamento. A infraestrutura foi instalada em 2006 pelo Sistema de Saneamento Rural – SISAR, estando sob a gerência da Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE. A operação do sistema é realizada por moradores das próprias comunidades. O sistema de abastecimento do SISAR é composto por bombas de sucção e recalque, caixa d'água e rede de encanamento. Apenas em Paus Branco existe a estrutura para tratamento preliminar com compartimentos para filtração e cloração, porém a mesma não se encontra em funcionamento (Figura 3a). As 348 famílias que não possuem água encanada captam a mesma por meio de animais (Figura 3b) ou por bombas particulares do tipo mergulhão.





[a]



[b]

Figura 3. Formas de captação da água no Assentamento 25 de Maio. [a] Sistema de Saneamento Rural; [b] captação manual (novembro de 2009).

O acesso da população à água no Assentamento 25 de Maio necessita de melhorias para que a distribuição seja mais uniforme. No processo de formação das comunidades há 21 anos, muitas destas foram se firmando em determinadas posições do assentamento onde não existem açudes ou com volume insuficiente para assegurar água às famílias durante o segundo semestre do ano. Quando o açude não seca totalmente no período de estiagem, a água remanescente apresenta qualidade bem inferior. Estudo realizado por Feitosa (2011) nos açudes Mel e Paus Branco, no Assentamento 25 de Maio, avaliou que, no período de estiagem, há um aumento na concentração de sais e no índice de estado trófico dos açudes. As famílias que precisam se deslocar até os reservatórios ou poços para buscar água costumam captar de 80 a 140 L por dia. Nas comunidades como Caiçara, Perdição, Nova Vida 2, Agreste, e Paus Ferro, os moradores precisam caminhar cerca de 2 km para ter acesso à água, resultando na média de três viagens por dia utilizando animais e tambores com capacidade de 40L por viagem.

Essas dificuldades de captação da água se tornam mais graves quando chega o período de estiagem, e muitas famílias passam a recorrer ao abastecimento por meio de carros pipas. Essa ação emergencial é onerosa

para as condições econômicas dos moradores e os elevados riscos de contaminação da água pelo desconhecimento da fonte utilizada e pelo manejo inadequado da água pela a empresa ou pessoa responsável são eminentes. O consumo per capita de água varia com o acesso à água. Por meio de medições realizadas nos domicílios, encontrou-se que para comunidades que possuem água encanada o consumo per capita seria de 100 L.dia<sup>-1</sup>. Para os que se deslocam até os açudes, o consumo médio avaliado foi 40 L.dia<sup>-1</sup>. Essa realidade é comum às comunidades rurais do semiárido. A instalação de adutoras e estações de tratamento de água é a solução mais adequada e eficiente para assegurar o abastecimento de água dessas comunidades, uma vez que o assentamento possui um açude com capacidade superior a 15 milhões de m<sup>3</sup>, além de outros reservatórios.

## Esgotos

Em relação aos equipamentos sanitários presentes nos domicílios do A25M, os dados obtidos com as entrevistas mostraram que 28% dos domicílios possuem banheiro completo (vaso e chuveiro), 47% possuem vaso sanitário e local para banho, e 25% não possuem vaso sanitário. Não existe sistema público de coleta de esgoto no assentamento e as formas de destino dos efluentes foram por sumidouro, fossa séptica e lançamento *in natura* no quintal. O tipo de destino varia com o tipo de origem do efluente. Como mostra a Figura 4, as águas cinzas (efluentes do banho, lavagem de roupa e louça) em sua quase totalidade vão para o quintal. As águas negras (efluente do vaso sanitário) em 70% dos domicílios são direcionadas para fossas negras, com percolação direta no solo. Dos entrevistados, 28% lançam o esgoto do vaso sanitário diretamente no quintal. Essa disposição contribui para a contaminação do solo e das águas, seja por escoamento superficial, seja por infiltração, e intensifica o número de ocorrências de doenças causadas pelo contato com vermes e bactérias provenientes dos esgotos domiciliares.

[a]



[b]

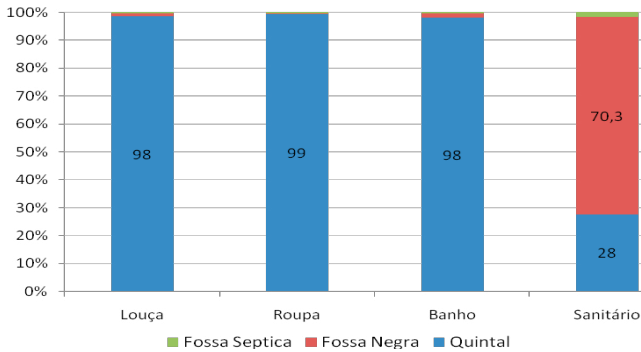


Figura 4. Destino dos efluentes no A25M. [a] Lançamento direto sobre o solo (2009); [b] resultados dos questionários aplicados no âmbito desta pesquisa (2010)

A responsabilidade pela manutenção das fossas negras é do proprietário do domicílio e um dos problemas mais frequentes nessas comunidades é a redução do tempo de uso dessas fossas em função do tipo do solo. Por estar situado em solos sobre o embasamento cristalino, o potencial de infiltração é baixo, fazendo com que essas fossas encham mais rapidamente, sendo necessário esgotá-las com maior frequência ou construir outra com volume maior, tornando-se oneroso e com tempo curto de funcionamento.

## Resíduos sólidos

No assentamento não existe sistema de coleta de resíduos sólidos realizado pelas prefeituras dos municípios a que o assentamento pertence. As famílias geradoras são responsáveis pelo destino final do lixo produzido. De acordo com os resultados das entrevistas, 63% têm a queima como o principal meio de destino final dos resíduos (Figura 5). Estudo realizado em assentamentos rurais paulistas, descobriu que a queima é o principal destino dos resíduos sólidos quando inexistente serviço público de coleta.



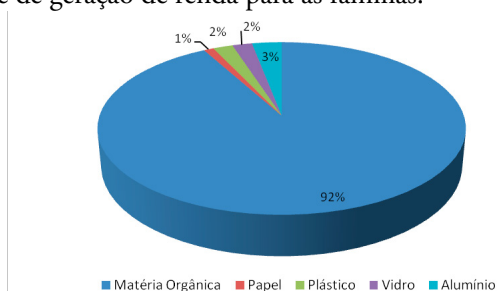
Figura 5. Resíduos sólidos no A25M. [a] Queima de resíduos sólidos domésticos e de pneus próximo às residências e à Estação de Tratamento de Água (janeiro de 2010); [b] lixo lançado sobre o solo (novembro de 2009).

Com base nos questionários aplicados nas residências do A25M, foi possível verificar que as outras formas de eliminação dos resíduos são: disposição ao ar livre (13%) e soterramento (2%); queima e soterramento (2%); queima e lançamento ao ar livre (18%); e soterramento e lançamento ao ar livre (2%). Com a ação dos ventos e dos animais domésticos (cachorro e gato) e de criação (porco, galinha, cabra e bode, criados soltos na área), ocorre o deslocamento e dispersão desse lixo, principalmente plásticos. É perceptível a presença e acúmulo de lixo nas margens das estradas e dentro das próprias vilas (Figura 5). Além de prejuízos ao cenário paisagístico da zona rural, a disposição inadequada dos resíduos sólidos gera problemas de contaminação do solo e das águas, bem como a propagação de doenças às famílias devido à proliferação de insetos e roedores.

Em uma comunidade rural, a matéria orgânica pode ser usada como matéria prima para diversos fins, desde ração animal, uso combustível, além da produção de adubo orgânico (BARBOSA, 2005). O resíduo orgânico proveniente dos restos de alimentos e da produção agrícola do Assentamento 25 de Maio é em 92 % dos casos reaproveitado pelas famílias na alimentação dos animais, representando um sistema eficiente de destino para esse tipo de resíduo.

A produção média de resíduos recicláveis (papel, papelão, metal e vidro) por famílias na zona rural não se difere muito da produção na zona urbana. As taxas de geração, no entanto, não somente diferem dos padrões urbanos, mas variam em função dos hábitos de consumo de cada família. Segundo estudiosos do tema, o melhor tratamento para esse tipo de resíduo seria a coleta seletiva e posterior reaproveitamento desse material, seja na reutilização ou na confecção de novos produtos. Isso, no entanto, pode não ser uma solução de longo prazo, posto que tal política não questiona o padrão de consumo, agindo como se todo material consumido pudesse ser reciclado e como se os bens de consumo pudessem ser impunemente produzidos em escala crescente (TÁVORA; ARAÚJO, 2009).

No assentamento em estudo, poucos são os domicílios que têm seus resíduos reaproveitados, não ultrapassando 3% do total (Figura 6). Verifica-se a necessidade de um programa de educação ambiental junto às famílias visando, de forma participativa, mudanças de comportamento quanto ao destino do lixo. Ressaltem-se os benefícios que o mesmo pode gerar com a constituição de um ambiente mais limpo e saudável e com a possibilidade de geração de renda para as famílias.



**Figura 6.** Resultados sobre composição dos resíduos sólidos no A25M.

Praticamente 23% dos entrevistados utilizam algum tipo de agrotóxico nas plantações, sendo mais frequentes os inseticidas e herbicidas folícol, folicle, folisuper e Cyperpour 15. Consoante o destino dado às embalagens de agrotóxicos, 60% dos entrevistados disseram que queimam, 27% enterram, 1% reutilizam, 3 % armazenam e 9,3% queimam e enterram. Esse é um resultado preocupante, implicando que não existe a prática desses agricultores enviarem as embalagens para o seu destino correto, que são as unidades de recebimento, como determina a Lei nº 9.974/2000 (BRASIL, 2000) que dispõe sobre fabricação, manejo e controle dos agrotóxicos.

A exposição e manipulação inadequada desse tipo de material geram problemas de saúde de ordem individual e coletiva, devido a sua ação cancerígena, e a sua ação contaminante da água, solo e culturas e daqueles que os utilizam. Dos que utilizam agrotóxicos, 65% afirmam não utilizar nenhum equipamento de proteção individual como luvas, botas, máscara e óculos. Os cinco postos de saúde existentes no assentamento geram resíduos de classe I – perigoso – devido a suas características infecto-contagiosas (ABNT). O destino dado a esse resíduo seria por meio da escavação de uma vala seguida da queima do mesmo realizado pelos próprios funcionários dos postos dentro do assentamento.

O recolhimento e a incineração dos resíduos de saúde é o destino mais adequado, gerando de um subproduto inerte. No entanto, quando realizada fora de uma estrutura adequada, essa prática oferece risco à população de entorno. Fica evidente também a necessidade de um plano de gerenciamento integrado dos resíduos sólidos no Assentamento 25 de Maio, aliado à participação das famílias e das prefeituras no que concerne a coleta, tratamento, reaproveitamento e destino adequado aos resíduos sólidos.

## **Conclusão**

As cisternas constituem a principal fonte de água para consumo direto de água no A25M. As análises físico-químicas e bacteriológicas apontaram sua contaminação por matéria orgânica e fecal em virtude da

ausência de proteção das mesmas e pelo manejo inadequado da água. A potabilidade da água das cisternas não é controlada no A25M, devendo o monitoramento e a vigilância sanitária dessas águas serem inseridas aos programas. Por exemplo, 40% das cisternas avaliadas apresentaram *salmonella* e 50% estão contaminadas por dejetos fecais (excesso de Coliformes Termotolerantes). No que diz respeito ao sistema de esgotamento sanitário prevalecia, no Assentamento, o sistema de fossas negras, sendo esses equipamentos, em sua maioria, ineficazes. Em relação aos resíduos sólidos, não havia coleta sistemática nas vilas. Em termos de composição, 92% dos resíduos eram orgânicos e o destino era, fundamentalmente, queima e disposição ao ar livre.

## 5. Disponibilidade de água nos mananciais do Assentamento

**José Carlos de Araújo, José Wellington Batista Lopes,  
Asdrúbal Albuquerque Arraes, Julio Iván González Piedra**

Esse capítulo visa à quantificação da disponibilidade hídrica do Assentamento 25 de Maio. Nesse contexto, define-se disponibilidade hídrica como o volume de água que se pode anualmente captar diretamente da natureza ou de obras hídricas, para usos diversos, associado a uma garantia suficientemente elevada. Quantificar a disponibilidade é, portanto, uma tarefa fundamental para a gestão do recurso natural água.

No caso da bacia hidrográfica na qual está contido o A25M, os rios são efêmeros ou intermitentes, de modo que não há disponibilidade natural nos cursos d'água. No entanto, o assentamento dispõe de doze reservatórios capazes de regularizar vazões com elevada garantia, tornando-se a maior fonte de água disponível.

Como o Assentamento está localizado sobre o embasamento cristalino, os poços em operação aí existentes exploram o aquífero fissural, apresentando baixas vazões, 1,50 m<sup>3</sup>/h (ou 0,013 hm<sup>3</sup>/ano) em média. Atualmente há somente dois desses poços em operação: um na comunidade de São Nicolau e um na comunidade de Paus Ferro. O pequeno aluvião existente na bacia pode e deve ser explorado, embora atualmente não haja poços que utilizem esse manancial. No entanto, como explica Burte (2009), a quase totalidade da água dos pequenos aluviões da região semiárida brasileira provém da vazão liberada pelos açudes de montante, vazões essas capazes de perenizar total ou parcialmente os rios. Embora tenham trabalhado com rio de grande porte, Costa *et al.* (2012) obtiveram conclusões semelhantes às de Burte (2009). Em suma, ao quantificar o potencial disponível nos açudes, estamos – em grande parte – também considerando o potencial hídrico dos pequenos aluviões.



Outro reservatório de água são as cisternas de placas. No assentamento há, segundo investigação realizada no âmbito do projeto Fossa Verde, 432 unidades familiares – praticamente uma para cada residência. Cada cisterna tem, em média, capacidade para reter 16 m<sup>3</sup>, sendo preenchidas em média duas vezes por ano.

No método usado para avaliar a disponibilidade hídrica dos reservatórios superficiais (açudes), faz-se o balanço hídrico para uma longa série de entradas (vazões afluentes). As principais saídas do sistema são a evaporação, o vertimento (ou ‘sangria’) e a vazão retirada do açude para diversos usos. Muitas vezes essa vazão é utilizada para regularizar o escoamento a jusante da barragem e, por isso, também é chamada de ‘vazão regularizável’. Muitas vezes, no entanto, a série de vazões escoadas no rio (afluentes ao açude, portanto) é pequena. Campos (1996) propôs um método que usa uma longa série sintética de vazões afluentes com média e desvio-padrão idênticos aos da série histórica, muitas vezes pequena. Araújo *et al.* (2006) desenvolveram o modelo VYELAS, que associa o método de Campos (1996; ver MCMAHON; MEIN, 1986) a regras de operação dos reservatórios de acordo com o praticado na maioria dos açudes da região semiárida. O modelo pede, na entrada, dados do açude (capacidade volumétrica máxima, volume mínimo operacional, parâmetro morfométrico); dados hidroclimatológicos (média e coeficiente de variação das vazões afluentes anuais, evaporação do período seco); e dados operacionais do modelo (tamanho da série sintética de vazões etc.). Em resposta, o VYELAS fornece uma tabela com uma sequência de vazões regularizáveis, suas respectivas garantias associadas, assim como as vazões médias liberadas, evaporadas e vertidas. A partir dessa tabela, elegendo-se a garantia, é possível identificar a disponibilidade hídrica do manancial.

Os principais padrões de garantia anual (ARAÚJO, 2011a e 2011b) são: 99% para abastecimento humano; 95% para abastecimento animal e alguns usos industriais; 90% para irrigação de culturas permanentes; 80% e 70% para outros usos, como irrigação de culturas temporárias, por exemplo. Para planejamento de açudes multiusos, costuma-se adotar a vazão re-

gularizável com 90% de garantia anual. A importância da vazão com 90% de garantia ( $Q_{90}$ ) é tal que Campos (1996) desenvolveu método gráfico (o Diagrama Triangular de Regularização) para possibilitar seu cálculo sem o uso de computador. Por sua importância, a análise dos resultados terá como foco essas garantias.

Passemos à explicação de como os dados básicos foram obtidos. Os dados de chuva diária são os da estação Madalena, de acordo com a Funceme ([www.funceme.br](http://www.funceme.br)), para o período de 1988 a 2009. Os dados climatológicos, também obtidos da Funceme, correspondem aos da estação de Pedras Brancas, a mais próxima da área em estudo. As variáveis foram utilizadas para o cálculo de evaporação através da equação de Penman (ver Chow *et al.*, 1986). Tais dados foram validados, no âmbito dessa pesquisa, para a bacia na qual o A25M está inserido, através de medidas *in situ* de tanque evaporimétrico classe A, para o período seco de 2011-2012. Demonstrou-se que os dados da estação Pedras Brancas, associados à equação de Penman, são válidos, a partir dos dados do tanque classe A, utilizando-se o coeficiente de correção (lago/tanque) 0,82.

A atualização cartográfica da área se deu por meio de imagens dos satélites LANDSAT\_5\_TM\_14072006 bandas 3, 4 e 5; além de imagens LIS3 bandas 2, 3, 5 datadas de 22/07/2010, obtidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Para a confecção dos mapas foram utilizados os programas AutoCAD MAP, ArcMap 9.3 e Surfer 7. As imagens forneceram informações das áreas das bacias hidrográficas e hidráulicas. As cartas topográficas permitiram o cálculo das declividades do terreno.

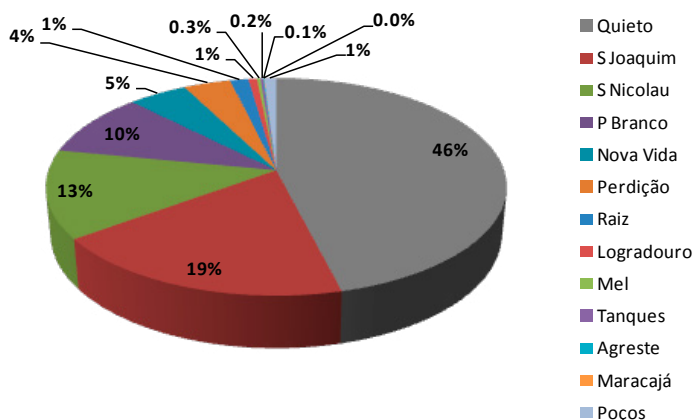
Para proceder à simulação hidrológica, foi necessário também obter informações morfológicas dos doze açudes do A25M. Tais informações não estavam disponibilizadas – de modo completo - nos documentos e/ou bancos de dados oficiais sendo, portanto, necessário avaliar os dados inexistentes e/ou insuficientes. Os volumes dos doze açudes foram obtidos da seguinte forma. Para o açude Quietinho, o maior do A25M, foi realizado um levantamento batimétrico: a profundidade de mais de 3000 pontos foi medida com profundímetro de precisão *in loco* no âmbito desta pesquisa;

complementada pelo monitoramento do nível do açude e pela área do espelho d'água obtida por imagens de satélite, como explicado acima. O volume do açude Mel foi calculado segundo o método de Molle (1989). Os dados referentes aos volumes dos demais (dez) açudes foram obtidos através do INCRA.

Com base nos dados mencionados foi possível avaliar uma série (1988–2009) de dados pseudo-históricos de vazão afluente. As vazões anuais afluentes a cada açude foram calculadas pelo modelo *L600*, de Molle (1989) tendo como base medidas de precipitações e de morfologia das bacias. De posse dos dados hidrológicos, climatológicos e morfológicos, o modelo VYELAS (ARAÚJO *et al.*, 2006) foi aplicado aos doze açudes, calculando-se sua disponibilidade hídrica. Somando-a à dos dois poços em exploração no A25M, foi possível avaliar a disponibilidade para diversos níveis de garantia dos mananciais. Para melhorar a precisão dos resultados e da análise apresentada no âmbito desse capítulo, essa pesquisa continua monitorando dois dos principais açudes do A25M: o açude Quietto e o açude São Joaquim. Nesse sentido estão sendo realizados dois serviços. Inicialmente está sendo feito levantamento batimétrico, o que permite não somente avaliar com maior precisão o volume dos açudes e seu assoreamento, mas também sua disponibilidade hídrica. Além disso, os volumes dos reservatórios estão sendo monitorados diariamente através de régua linimétricas. Com base nessas medidas pode-se estimar a vazão afluente ao reservatório e/ou a vazão retirada. Essas medidas são de grande valia no processo de gestão das águas do A25M.

A seguir são apresentados os resultados referentes à disponibilidade hídrica do A25M. As curvas de vazão regularizável *versus* garantia associada (de 100% a 70%) para cada um dos doze açudes são um dos principais resultados dessa investigação; e estão mostradas no Apêndice I. A Figura 7 apresenta uma síntese da oferta hídrica superficial (açude por açude) com 90% de garantia anual e subterrânea, no contexto do A25M. Observe que, dos quase 2,7 hm<sup>3</sup>/ano, 88% têm origem em quatro reservatórios superficiais: Quietto, São Joaquim, São Nicolau e Paus Branco; e que o maior

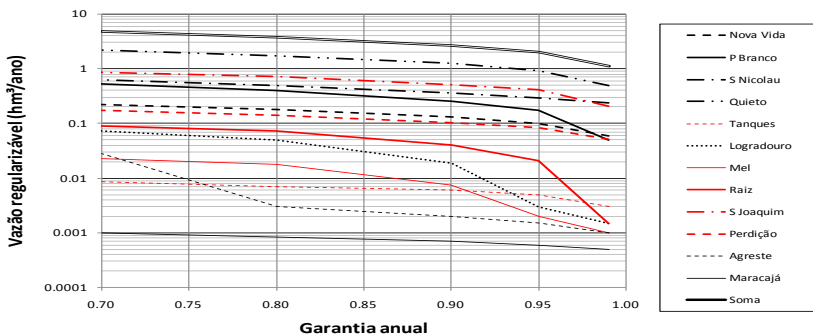
reservatório, Quietos, responde por quase a metade da água disponível no assentamento. A referida figura demonstra, ainda, que a água subterrânea é responsável por apenas 1% da oferta potencializada. Apesar de pequena, a água subterrânea no aquífero fissural do embasamento cristalino pode ser de grande valia, dada sua disponibilidade espacializada. Um planejamento adequado deve considerar, também, a construção e a operação de poços rasos nos aluviões alimentados pelos açudes.



**Figura 7.** Distribuição da disponibilidade hídrica (90% de garantia anual) dos doze açudes e dos dois poços tubulares existentes no A25M.

Do ponto de vista de oferta superficial, a Tabela 2 e a Figura 8 apresentam as variações das vazões regularizáveis em função das principais garantias anuais. Observe, na Tabela 2, que – em média – as vazões com 99% de garantia são menos da metade daquelas com 90% de garantia, ou seja, há que se economizar mais da metade da água usada, caso se deseje trabalhar com elevadíssima garantia. Por outro lado, caso se aceite reduzir drasticamente a garantia de oferta (para 70%), a vazão disponível pode praticamente dobrar. A decisão de qual garantia adotar depende, portanto, de uma análise de risco. Observe-se, ainda, que os oito menores açudes respondem por apenas 12% da vazão total. No entanto, considerando-se que a água subterrânea tem elevada garantia (admita-se 99%), os pequenos

açudes juntos têm potencial para ofertar cinco vezes mais água que os dois poços instalados. Essa análise comparativa, no entanto, deve considerar a maior vulnerabilidade à poluição da água superficial, como será exposto posteriormente nesse capítulo.



**Figura 8.** Curva de vazão regularizável *versus* garantia anual para os doze principais reservatórios superficiais do A25M.

**Tabela 2.** Vazão disponível dos principais reservatórios e de outras fontes do A25M, para diversas garantias anuais (hm<sup>3</sup>/ano).

Garantia anual	Açude Quieto	Açude São Joaquim	Açude São Nicolau	Açude Paus Branco	Outros*	Oferta hídrica total
99%	0,486	0,208	0,234	0,050	0,139	1,117
95%	0,930	0,408	0,295	0,171	0,241	2,045
90%	1,247	0,512	0,356	0,259	0,335	2,709
80%	1,712	0,720	0,498	0,398	0,501	3,829
70%	2,177	0,867	0,630	0,524	0,653	4,851

\* demais açudes, poços no aquífero fissural e cisternas.

A Figura 8 apresenta, para os doze açudes em questão, as curvas de vazão regularizável *versus* garantia, além da curva que representa a soma de todos os reservatórios. Alguns açudes, como Raiz, Logradouro, Agreste e Mel, têm elevado potencial de oferta hídrica com baixas garantias. No entanto, à medida que a garantia passa a se elevar, sua capacidade de suprimento hídrico decai consideravelmente. Em sentido oposto, alguns

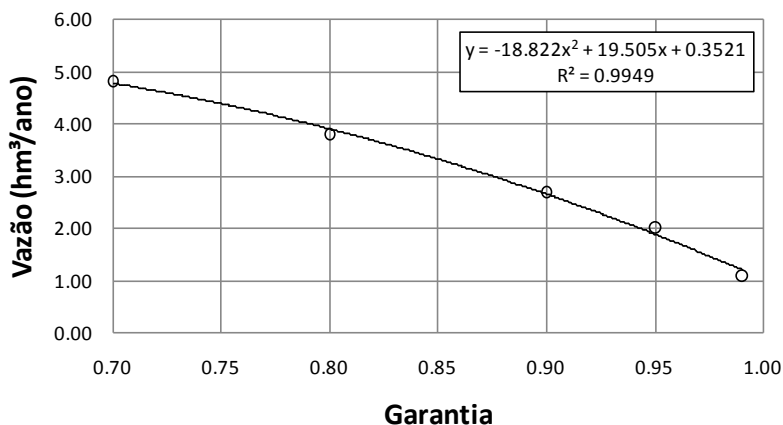
açudes conseguem manter um padrão relativamente alto de oferta hídrica, mesmo com elevadas garantias, como é o caso de Nova Vida, São Nicolau e Tanques. A Figura 8 demonstra claramente a posição superior do açude Quieto como abastecedor do assentamento, seguido pelos açudes de São Joaquim, São Nicolau e Paus Branco. De modo simplificado, pode-se afirmar que a oferta hídrica superficial do A25M está entre 1 e 5 hm<sup>3</sup> por ano para garantias de 99% e 70%, respectivamente.

A etapa seguinte da análise consiste em traçar um cenário (sobre cenários, ver DOELL *et al.*, in: GAISER *et al.*, 2003; e ARAÚJO *et al.*, 2004) para as próximas décadas; avaliando a demanda hídrica para atender a tal cenário; e a garantia associada. Observe-se que, de acordo com os padrões da política hídrica da região semiárida brasileira, açudes multiusos devem ter garantia de 90%. Garantias muito superiores a essa indicam subaproveitamento dos recursos. Por outro lado, garantias inferiores a 90% indicam risco acima do desejável de escassez hídrica, caracterizando potenciais conflitos pelo uso da água. O cenário que se traçou nesse estudo tem os seguintes pressupostos, tomados a partir do conhecimento da realidade, após mais de quatro anos contínuos de estudos e de convivência com os assentados:

- a. os principais usos do cenário são os mesmos atualmente verificados, quais sejam, abastecimento humano, abastecimento animal e irrigação;
- b. a população do A25M foi estimada em 1715 pessoas em 2010; a taxa de crescimento populacional avaliada (1989–2010) foi de 1,5% ao ano, valor admitido constante para a análise em questão;
- c. o consumo humano *per capita* de água é de 100 L/dia, conforme medido em campo nas residências abastecidas com água encanada no A25M. Admitem-se, no processo de adução da água, perdas de 30%;
- d. admite-se, na irrigação, uso consuntivo médio de 10 mil m<sup>3</sup> por hectare por safra, com uma safra por ano, e com tal crescimento da área irrigada que a mesma dobre a cada década;

- e. em 2010 havia – conforme levantamento desta pesquisa – 4500 cabeças de gado bovino; admite-se que a relação gado bovino/habitante permaneça constante ao longo do período de análise; e
- f. admite-se que o consumo do gado bovino é de 25 L de água por dia por cabeça; e que a demanda de água do conjunto dos demais animais é aproximadamente equivalente à demanda do gado bovino. Portanto, a demanda total para abastecimento animal equivale ao número de cabeças de gado bovino vezes 50 L/dia.

A Figura 9 apresenta a curva de toda a vazão ofertada, por diversas fontes, em função da garantia anual no assentamento. Observe o bom ajuste (coeficiente de determinação superior a 0,99). Tal equação permite uma avaliação contínua da relação entre a demanda e a garantia de obter água capaz de satisfazê-la.



**Figura 9.** Curva da vazão ofertada total (superficial e subterrânea) em função da garantia anual no A25M. Em destaque vê-se a equação de melhor ajuste, assim como o coeficiente de determinação.

A simulação do cenário acima descrito, apresentada na Tabela 3, indica que a demanda total no ano de 2010 era pouco superior a 300 mil m<sup>3</sup> anuais e poderia ser atendida somente pelo açude Quieto com mais de 99% de garantia, já que o mesmo pode ofertar até 486 mil m<sup>3</sup> anuais com essa garantia (99%). Isso mostra que os recursos hídricos do assentamento podem ser mais bem aproveitados do que vêm sendo atualmente.

**Tabela 3.** Resultado da simulação de cenário de uso da água, considerando-se abastecimento humano, abastecimento animal e irrigação. Apresentam-se a evolução populacional, de área irrigada e de animais; assim como as respectivas demandas para dez, vinte, trinta e quarenta anos. Na última coluna apresentam-se as respectivas garantias de oferta associadas.

Ano	Número de habitantes	Área irrigada (ha)	Unidades de gado bovino	Vazão (hm <sup>3</sup> /ano)				Garantia da oferta hídrica
				Abastecimento humano	Irrigação	Abastecimento animal	Demanda total	
2010	1715	15	4500	0,081	0,150	0,082	0,314	100%
2020	1990	30	5222	0,094	0,300	0,095	0,490	100%
2030	2310	60	6061	0,110	0,600	0,111	0,820	100%
2040	2681	120	7034	0,127	1,200	0,128	1,456	98%
2050	3111	240	8163	0,148	2,400	0,149	2,697	90%





## 6. Aspectos limnológicos da pequena açudagem

**Leonardo Schramm Feitosa, Laldiane de Souza Pinheiro, Mário Cesar Wiegand, Obllurys Cárdenas López, José Carlos de Araújo**

A disponibilidade de água no semiárido nordestino é caracterizada pela diferença marcante entre o período chuvoso, com precipitações concentradas em três a quatro meses do ano, podendo ocorrer chuvas muito intensas, e o período seco prolongado, com alta taxa potencial de evapotranspiração, acima dos 2000 mm (WERNER; GERSTENGARBE in: GAISER *et al.*, 2003). Os processos de evaporação e evapotranspiração se destacam em regiões semiáridas, uma vez que são responsáveis pela retenção de até 80% da precipitação.

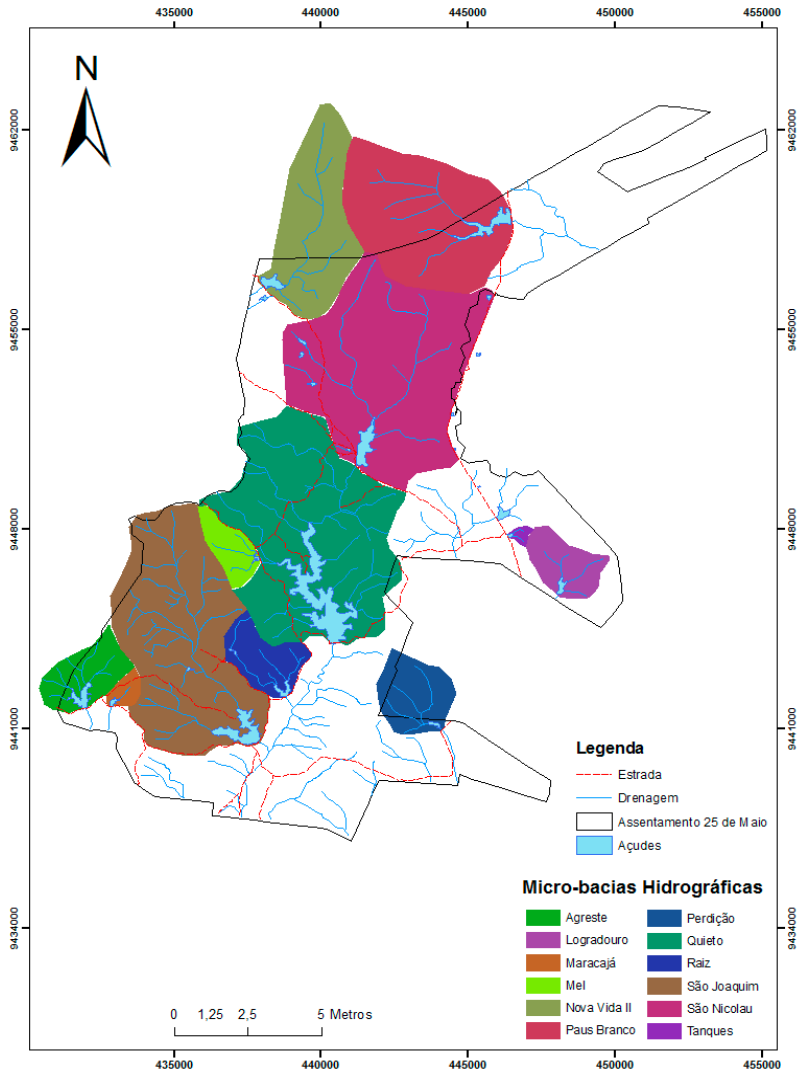
A variabilidade climática do semiárido brasileiro introduz vulnerabilidade significativa ao ambiente. As incertezas associadas às disponibilidades hídricas impõem uma utilização conservadora dos estoques de água disponíveis. Para otimizar o uso da água pelas populações das regiões semiáridas, foram construídos açudes ao longo do curso dos rios das principais bacias hidrográficas do Nordeste, adotando-se uma intensiva política de açudagem (MAMEDE *et al.*, 2012; MALVEIRA *et al.*, 2012; LIMA NETO *et al.*, 2011; ARAGÃO ARAÚJO, 1992).

A construção de açudes de pequeno, médio e grande portes surgiu como uma das melhores alternativas para solução dos problemas gerados pela falta de água no semiárido, permitindo favorecer a permanência e a distribuição espacial da água numa região semiárida, onde as comunidades ocupam o espaço de forma difusa e não possuem um sistema de abastecimento planejado. Evidencia-se assim, a importância destes reservatórios para a melhoria das condições socioeconômicas destas populações.

Os pequenos açudes distribuídos no semiárido brasileiro representam garantia da disponibilidade de água nos períodos secos, seja para

consumo humano, animal ou para produção de alimentos. Molle (1989), afirmam que “o pequeno açude serve principalmente para assegurar o abastecimento durante a estação seca, de maneira a estabelecer uma ligação entre os dois períodos chuvosos; já o açude médio tem a capacidade de suportar um período de aproximadamente vinte meses sem receber água e tem também como principal função o abastecimento da comunidade, além do consumo animal, as atividades domésticas e irrigação”. Porém, não existem critérios para priorizar os diferentes usos e, muitas vezes, o homem concorre com os animais e outras atividades pela água com baixa qualidade para o consumo.

Malveira (2009) cita que os pequenos açudes promovem a democratização da água por permitir a distribuição espacial na bacia. O pequeno açude contribui para a sociedade de duas maneiras: como uma fonte distribuidora de água com forte impacto social e como uma fonte eficiente de disponibilidade hidrológica, por desacelerar a sedimentação dos açudes estratégicos. Os estudos em pequenos reservatórios no semiárido nordestino ainda são escassos, principalmente com relação à qualidade de água. Assim, o trabalho realizado nos açudes do Assentamento 25 de Maio visou avaliar o estado trófico e a qualidade de suas águas. Assim, o presente capítulo tem por intenção expor os resultados obtidos sobre a qualidade da água dos açudes que se encontram no Assentamento 25 de Maio e sobre o processo de eutrofização nos mesmos. No Assentamento existem doze açudes responsáveis pela garantia hídrica de diversas atividades, tais como abastecimento humano, dessedentação de animais, pesca, recreação, irrigação, lavagem de roupas e de equipamentos. Todos são utilizados para os múltiplos usos, exceto Raiz, Maracajá e Logradouro, que não são utilizados para fins de abastecimento domiciliar. A Figura 10 traz o mapa com a delimitação das doze bacias hidrográficas que compõem o cenário hídrico superficial do assentamento 25 de Maio.



**Figura 10.** Mapa da delimitação de bacias hidrográficas dos reservatórios do A25M. Fonte: Pinheiro (2011).

**Tabela 4.** Características físicas dos reservatórios no Assentamento 25 de Maio em Madalena, Ce.

Reservató- rios	Capacidade de armaze- namento (hm <sup>3</sup> )	Área da Bacia Hidrográfica (km <sup>2</sup> )	Área máxima do espelho d'água (km <sup>2</sup> )	Vazão afluente média (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /ano)	Porte
Agreste	2,50	5,29	0,29	58	Pequeno
Logradouro	1,80	4,47	0,10	134	Pequeno
Maracajá	0,65	1,06	0,05	15	Micro
Mel	0,06	3,02	0,03	67	Micro
Nova Vida 2	1,30	15,28	0,23	650	Pequeno
P. Brancos	5,50	22,54	0,57	1192	Pequeno
Perdição	0,73	5,89	0,05	311	Micro
Quieto	18,00	75,38	2,84	3150	Médio
Raiz	1,50	5,03	0,12	206	Pequeno
S. Nicolau	0,89	36,10	0,53	1410	Micro
São Joaquim	5,00	31,05	0,82	1642	Pequeno
Tanques	0,02	0,36	0,02	19	Micro

Os reservatórios do assentamento foram classificados quanto ao seu volume segundo Lima Neto *et al.* (2011) e Malveira *et al.* (2012), sendo um reservatório de médio porte, seis reservatórios de pequeno porte e cinco reservatórios de micro porte. A Tabela 4 apresenta as características físicas dos reservatórios em estudo.

O açude Quieto apresenta a maior capacidade de armazenamento de água com 18 hm<sup>3</sup>, ocupa uma posição estratégica na região central do assentamento, no entanto só abastece 394 pessoas em quatro comunidades. Dessas, três por adutora e uma com a utilização de animais. O restante da população do assentamento tem nos micros e pequenos re-

servatórios a principal fonte hídrica superficial, enaltecendo a importância que os pequenos açudes representam às comunidades rurais difusas do semiárido. Muitos reservatórios do Nordeste vêm sofrendo acelerado processo de eutrofização e a qualidade da água desses ambientes está sendo seriamente comprometida pelo enriquecimento por compostos químicos, principalmente pelos derivados de fósforo e nitrogênio, ocasionando florações de microalgas e plantas aquáticas, que além de oferecerem riscos à saúde humana e animal, também causam prejuízos econômicos e alteram a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas.

As fontes poluentes têm origem antrópica e podem ser pontuais ou difusas. As fontes pontuais referem-se aos despejos de esgoto domésticos, despejos dos resíduos animais *in natura* e lixões rurais, enquanto que as difusas relacionam-se com os insumos agrícolas aplicados nos agroecossistemas do entorno desses reservatórios. O carregamento de parte dos fertilizantes utilizados em culturas agrícolas e a grande carga de esgotos residenciais e industriais têm levado cursos e reservatórios d'água, naturais ou artificiais, a uma condição de desequilíbrio. Tal desequilíbrio caracteriza-se pela grande disponibilidade de nutrientes, que normalmente acelera o crescimento da vegetação aquática indesejável. As elevadas cargas externas pontuais e difusas de nutrientes e os elevados índices de evaporação, que favorecem a concentração de nutrientes na água, são as principais causas de eutrofização dos açudes. Segundo Vollenweider e Kerekes (1982) a eutrofização de um corpo d'água é o resultado do aumento da concentração de nutrientes, especialmente, nitrogênio e fósforo. Estes provocam um aumento da produtividade do manancial. A eutrofização artificial é de grande interesse científico e para os gestores e usuários de água, pois ocorre em curtos períodos de tempo – geralmente em poucos anos ou décadas.

A eutrofização pode trazer sérios problemas aos reservatórios artificiais, principalmente aos de pequeno porte devido ao menor efeito atenuante da massa de água. O crescimento excessivo de algas, por exemplo, pode encarecer substancialmente os custos no tratamento da água para abastecimento. Também pode ocasionar a liberação de toxinas prejudiciais

aos seres humanos, gerando um sério problema de saúde pública, além de poder gerar odor e sabor na água (VOLLENWEIDER; KEREKES, 1982). Wiegand *et al.* (submetido) destacam a importância das chuvas como fator modificador da qualidade da água em represas do Nordeste brasileiro, onde na época chuvosa o arraste de material fecal e orgânico, rico em nutrientes eutrofizantes, a partir das margens provoca alterações acentuadas na qualidade da água. O fósforo pode ser considerado o nutriente limitante da produtividade primária na maioria dos ecossistemas aquáticos continentais, não somente por ser menos abundante no meio, mas pelo fato da carga de fósforo ser facilmente consumida nos corpos hídricos. As atividades agrícolas são reconhecidamente uma fonte potencial importante de degradação da qualidade da água. Os poluentes provenientes do uso do solo para agricultura são, principalmente, os sólidos em suspensão, os nutrientes e os produtos fitossanitários. Em razão de sua natureza difusa, os poluentes oriundos do manejo do solo são considerados como fontes não pontuais. Esse tipo de poluição gera problemas relacionados com a eutrofização dos açudes e cursos d'água e consequentemente com a qualidade da água. Grave problema para a açudagem é a presença do gado em suas margens, como mostra a Figura 11.



[a]



[b]

**Figura 11.** A prática de pecuária extensiva leva à presença de gado [a] bovino e [b] caprino nas margens dos açudes do A25M, contribuindo para a eutrofização dos lagos (abril de 2010).

A disposição inadequada dos efluentes domésticos na área rural pode contribuir para a contaminação dos corpos d'água, dos poços pouco profundos e disseminação de algumas doenças. Essa disposição sem o devido tratamento pode provocar a proliferação de organismos patogênicos e de doenças veiculadas a estes, devido à poluição do solo e dos corpos d'água, além de provocar a eutrofização dos recursos hídricos ao impactar, de maneira direta, os parâmetros físicos, químicos e biológicos das águas, impossibilitando seu uso para consumo e lazer. As alterações nas entradas de fósforo podem resultar no aumento da taxa fotossintética, redução da relação N:P, crescimento de cianobactérias fixadoras de nitrogênio, aumento da biomassa de plantas e das taxas de respiração, com o desenvolvimento de águas pobres em oxigênio dissolvido, o que favorece a produção de gás metano, gás sulfídrico e amônia. Por esses motivos, estudos sobre a qualidade da carga afluyente, sobre as propriedades físico-químicas e o nível trófico de reservatórios devem ser realizados como etapa preliminar no planejamento de estudos mais aprofundados, destinados a auxiliar no gerenciamento dos mananciais. O monitoramento limnológico constitui uma importante ferramenta de gestão ambiental, levando em conta o aspecto de qualidade de água e elaborando estratégias para o uso sustentável desse recurso. Para facilitar a interpretação dos parâmetros limnológicos pode-se recorrer aos índices de qualidade de água que resumem em um único ou em poucos valores o conjunto de informações obtidas. Entre os vários índices de qualidade de água, há o Índice de Estado Trófico - IET, que permite uma avaliação limnológica bastante aproximada do nível de enriquecimento nutricional de um corpo aquático. O Índice de Qualidade de Água – IQA – reflete a interferência de substâncias orgânicas, nutrientes, sólidos e aspectos microbiológicos na água bruta para o abastecimento humano, não sendo limitante para outros tipos de usos da água. A ideia básica dos índices de qualidade de água é facilitar a comunicação para o público sobre as condições gerais da qualidade dos corpos d'água (VON SPERLING, 2005).



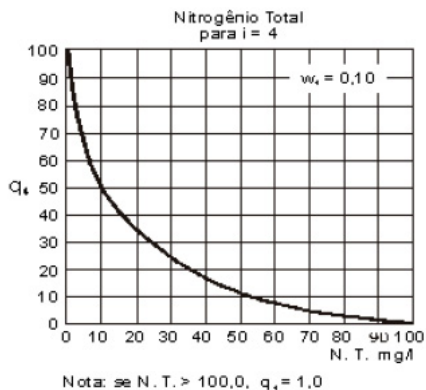
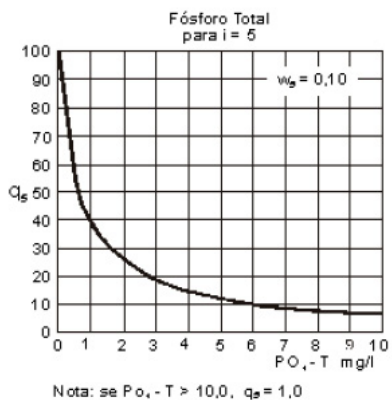
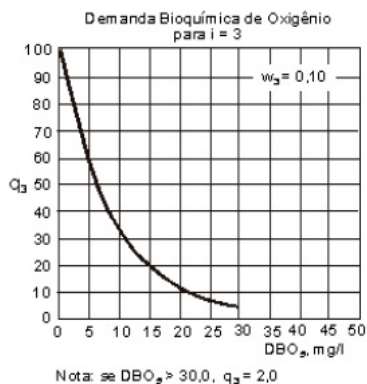
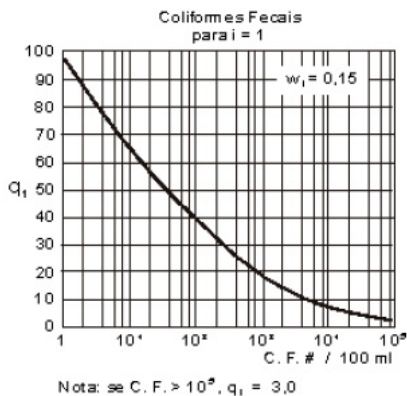
O índice de estado trófico utilizado nesta pesquisa foi o de Lamparelli (2004), que utiliza três variáveis: transparência (disco de Secchi), fósforo total e clorofila-a. O Índice de Qualidade de Água utilizado foi desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* (NSF) e adaptado pelo Comitesinos, utilizando as variáveis: percentagem de saturação de oxigênio, coliformes termotolerantes, pH, DBO<sub>5,20</sub>, nitrogênio total, fosfato total, turbidez e sólidos totais. Foram utilizadas as curvas de qualidade - qi (Figura 12) e pesos relativos – wi (Tabela 5), que atribuem uma nota subjetiva de qualidade aos valores da variável analisada (LOPES *et al*, 2014).

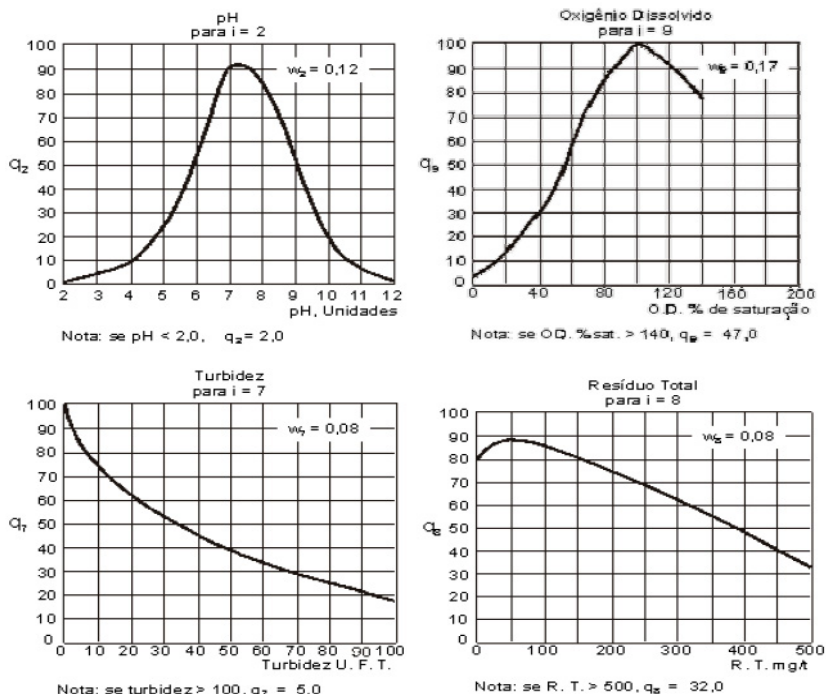
**Tabela 5.** Variáveis utilizadas e seus pesos relativos para cálculo do IQA, segundo COMITESINOS (1990).

<b>Variáveis</b>	<b>Pesos relativos – <math>W_i</math></b>
Oxigênio dissolvido	0,19
Coliformes termotolerantes	0,17
pH	0,13
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,11
Nitrogênio Total	0,11
Fósforo Total	0,11
Turbidez	0,09
Sólidos totais	0,09

**Tabela 6.** Faixas de qualidade de água para IQA (Fonte: COMITESINOS, 1990).

<b>Ponderação</b>	<b>Categoria IQA</b>
$0 < IQA \leq 25$	Muito Ruim
$25 < IQA \leq 50$	Ruim
$50 < IQA \leq 70$	Regular
$70 < IQA \leq 90$	Bom
$90 < IQA \leq 100$	Excelente





**Figura 12.** Curvas de indicadores de qualidade das águas para compor o IQA. Fonte: Lopes *et al.* (2008)

A partir do cálculo efetuado, determina-se a qualidade das águas brutas indicadas pelo IQA em uma escala de 0 a 100, segundo a ponderação apresentada na Tabela 6. A partir do cálculo efetuado, pode-se avaliar a qualidade das águas brutas pelo IQA, que varia numa escala de 0 a 100, sendo 100 a melhor qualidade. O IET de Lamparelli (2004) é dado por

$$\text{IET (transparência)} = 10 \cdot \{6 - [\ln(\text{transparência})/\ln(2)]\} \quad (1)$$

$$\text{IET (PT)} = 10 \cdot \{6 - [1,77 - 0,42 \cdot \ln(\text{PT})/\ln(2)]\} \quad (2)$$

$$\text{IET (clorofila-a)} = 10 \cdot \{6 - [0,92 - 0,34 \cdot \ln(\text{clorofila-a})/\ln(2)]\} \quad (3)$$

$$\text{IET (médio)} = [\text{IET}(\text{transparência}) + 2 \cdot \text{IET}(\text{PT}) + 2 \cdot \text{IET}(\text{clorofila-a})]/5 \quad (4)$$

Nas equações (1) a (4), “clorofila-a” corresponde à sua concentração, medida à profundidade de extinção da transparência do disco de Secchi, em  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ; PT é a concentração de fósforo total, medida à profundidade de extinção da transparência do disco de Secchi, em  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ; “transparência” é a medida de transparência da água através do disco de Secchi, em metros; M = IET médio e ln = logaritmo natural. A Tabela 7 indica as classificações dos níveis tróficos, a partir do cálculo do índice de estado trófico de Lamparelli (2004).

**Tabela 7.** Classificação adotada pelo Índice de Estado Trófico, segundo Lamparelli (2004).

<b>Classificação</b>	<b>Valor</b>
Ultraoligotrófico	$\text{IET} \leq 47$
Oligotrófico	$47 < \text{IET} \leq 52$
Mesotrófico	$52 < \text{IET} \leq 59$
Eutrófico	$59 < \text{IET} \leq 63$
Supereutrófico	$63 < \text{IET} \leq 67$
Hipereutrófico	$\text{IET} \geq 67$

Foram realizadas coletas mensais, em três pontos definidos, nos pequenos reservatórios Paus Branco (P1, P2 e P3) e Mel (P4, P5 e P6), e nos reservatórios São Nicolau, Nova Vida 2, Raiz e São Joaquim, Quietos e Tanques, sendo realizadas coletas sazonais, nos meses de abril e novembro, em apenas um ponto selecionado, sempre próximo à barragem (Tabela 8). As coletas foram realizadas de abril a novembro de 2010.

**Tabela 8.** Reservatórios e período de coletas em cada reservatório.

<b>Açudes e pontos de coleta</b>	<b>Período de coleta</b>
P1 - Entrada do açude (Paus Branco)	Mensal (de abril a outubro)
P2 - Centro do açude (Paus Branco)	Mensal (de abril a outubro)
P3 - Próximo à barragem do açude (Paus Branco)	Mensal (de abril a outubro)
P4 - Entrada do tributário esquerdo (Mel)	Mensal (de abril a outubro)
P5 - Entrada do tributário direito (Mel)	Mensal (de abril a outubro)
P6 - Próximo a barragem do açude (Mel)	Mensal (de abril a outubro)
São Nicolau	Sazonal (abril e novembro)
Nova Vida 2	Sazonal (abril e novembro)
Raiz	Sazonal (abril e novembro)
São Joaquim	Sazonal (abril e novembro)
Quieto	Sazonal (abril e novembro)
Tanques	Sazonal (abril e novembro)

As amostras foram acondicionadas e levadas para análise físico-química e bacteriológica. As variáveis quantificadas foram definidas conforme sua importância para a caracterização da qualidade física, química e sanitária e do grau de trofia dos corpos aquáticos. As variáveis que foram determinadas *in situ* nos açudes foram: temperatura, pH, oxigênio dissolvido (OD), condutividade elétrica (CE), turbidez (Turb) e transparência (Transp). As variáveis físico-químicas determinadas no EQUAL foram: nitrogênio total (NT), nitrito (NO<sub>2</sub>-), nitrato (NO<sub>3</sub>-), N-amoniaco (NH<sub>3</sub>), fósforo total (PT), ortofosfato solúvel (oP), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5,20</sub>) e sólidos totais (ST). Os parâmetros biológicos foram: concentração de clorofila “a” (Cla), que representa de forma indireta a biomassa do fitoplâncton presente nas amostras, e coliformes termotolerantes (CTT). As determinações foram realizadas no Laboratório de Efluentes e Qualidade de Água e no Laboratório de Eletroquímica e Corrosão Microbiana, respectivamente. As análises seguiram as indicações de APHA (2005). A Tabela 9 mostra todas as variáveis determinados, seguido do método utilizado e o número do método que consta em APHA (2005).

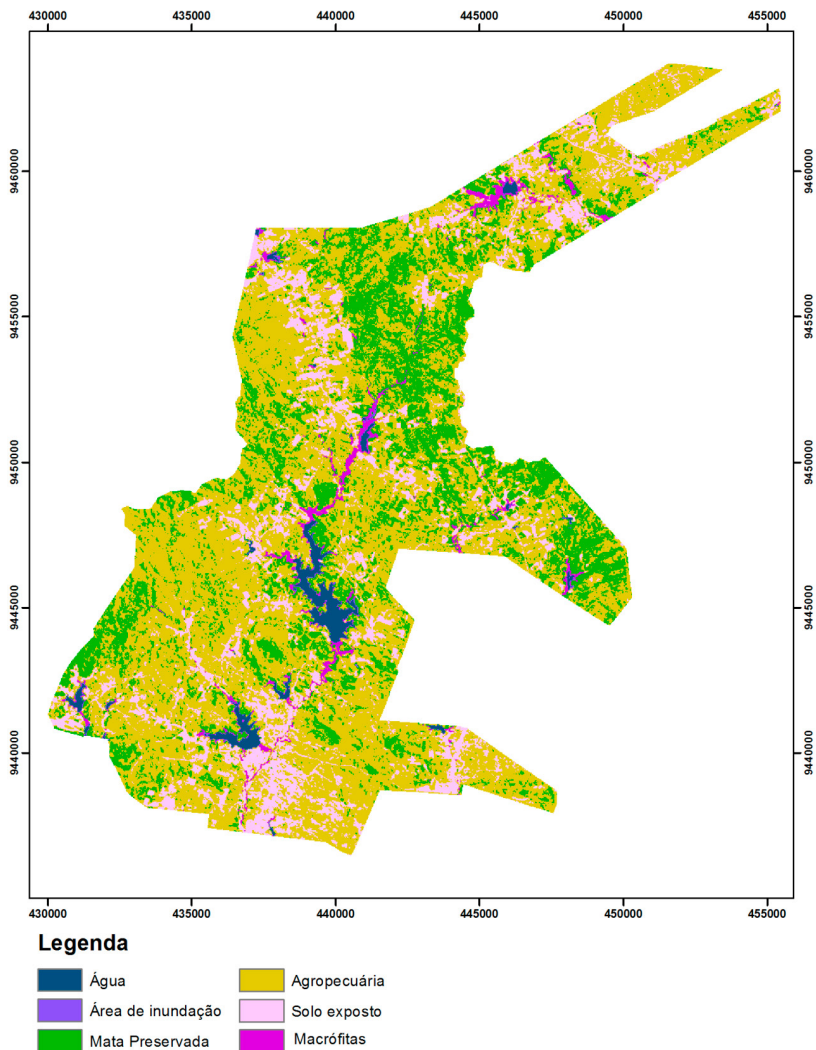
**Tabela 9.** Variáveis físico-químicas e biológicas utilizadas no monitoramento dos reservatórios, seguido dos métodos.

<b>Parâmetros</b>	<b>Método</b>
Temperatura	Termômetro de filamento de mercúrio
pH	pHmetro Instrutherm PH-1800
Turbidez	Turbidímetro DM-TU Digimed
Condutividade Elétrica (CE)	Condutivímetro SG-3 Mettler Toledo
Transparência (Transp)	Disco de Secchi
Clorofila “a”	Método Espectrofotométrico, como solvente Acetona 90%
Oxigênio Dissolvido (OD)	Oxímetro YSI F-1550A Bernauer Aquacultura
Fósforo Total (PT)	Método da Digestão com Persulfato seguido do Método do Ácido Ascórbico
Ortofosfato Solúvel (oP)	Método do Ácido Ascórbico
Nitrogênio Total (NT)	Método do Persulfato para Determinação Simultânea do Nitrogênio Total e Fósforo Total seguido do Método da Redução de Nitrato a Nitrito em Coluna de Cádmio
N-amoniacoal ( $\text{NH}_3$ )	Método do Fenato
Nitrito ( $\text{NO}_2^-$ )	Método Colorimétrico da Diazotização
Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ )	Método da Redução de Nitrato a Nitrito em Coluna de Cádmio
Sólidos Totais (ST)	Método Gravimétrico
DQO	Método Colorimétrico com Dicromato de Potássio
DBO <sub>5,20</sub>	Teste de Demanda Bioquímica de Oxigênio em 5 dias a 20 °C
Coliformes Termotolerantes (CTT)	Método do número mais provável (NMP) de microrganismos (ou Técnica da fermentação em tubos múltiplos)

Com auxílio de um bote inflável as amostras foram coletadas na profundidade referente ao disco de Secchi, que delimita a zona limite da penetração da luz solar na coluna d’água, por meio da Garrafa de Van Dorn. O uso de sondas possibilitou a coleta de dados *in situ* da temperatura da água, transparência, pH, salinidade, Oxigênio Dissolvido, turbidez e a condutividade elétrica.

Entre resultados obtidos destaca-se que os açudes beneficiam a população do assentamento 25 de Maio quanto ao abastecimento da população, à piscicultura, ao cultivo de vazante e à irrigação. As atividades antrópicas de maior impacto na qualidade da água, nos dois açudes monitorados são: a criação de animais e a presença destes nas margens dos açudes; o cultivo de vazante; o uso de agrotóxicos pelos assentados; o aterro do lixo, a sua presença ao ar livre e/ou a sua queima (Figura 5, Cap. 4); o despejo das águas usadas nas atividades domésticas no quintal e o desmatamento das matas ciliares dos açudes. Essas atividades causam o enriquecimento, por nutrientes, dos reservatórios e têm reflexo na eutrofização.

Por meio de imagem de satélite datada de agosto de 2010 e uso do geoprocessamento (Figura 13) foram extraídas informações sobre formas de uso do solo no Assentamento 25 de Maio e das doze microbacias de contribuição dos reservatórios da área em estudo, permitindo a confecção do mapa de uso dos solos (PINHEIRO, 2011). A classe “mata preservada” corresponde à vegetação caatinga arbórea e arbustiva preservada, ocupando 21% da área total do assentamento. A categoria “agropecuária” refere-se aos terrenos destinados às culturas temporárias e a criação de bovino-caprinos no assentamento, ocupando 61% da área. A “classe solo exposto” corresponde às áreas com ausência total de vegetação, agregando também, às áreas das comunidades e as estradas. Essa classe ocupa 14% do assentamento. A categoria “Área de Inundação” refere-se às áreas que ficam expostas após a redução do volume dos açudes. Na data da imagem esta classe ocupou 0,43% da área. A categoria correspondente a “água” refere-se aos reservatórios, ocupando 2% da área. A classe “vegetação densa” corresponde às macrófitas aquáticas, que se acumulam nos meandros dos açudes e de capins desenvolvidos ou plantados no leito dos rios. Esta classe representa 2% da área total.



**Figura 13.** Mapa de classificação do uso e ocupação do solo do A25M, 2010. Fonte: Atlas da Bacia de Madalena.

A partir do mapa de uso do solo, os valores obtidos para as bacias dos reservatórios podem ser lidos na Tabela 10.



**Tabela 10.** Classificação do uso do solo para as doze microbacias hidrográficas do Assentamento 25 de Maio.

	Água		Área de Inundação		Mata Preservada		Agropecuária		Solo Exposto		Vegetação Densa	
	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%
<b>Agreste</b>	0,192	3,615	0,051	0,955	2,048	38,60	2,192	41,316	0,759	14,297	0,065	1,216
<b>Logradouro</b>	0,060	1,340	0,033	0,734	2,117	47,36	1,828	40,897	0,289	6,468	0,143	3,195
<b>Maracajá</b>	0,026	2,438	0,014	1,300	0,104	9,805	0,727	68,364	0,177	16,631	0,016	1,463
<b>Mel</b>	0,035	1,143	0,025	0,819	0,171	5,659	2,231	73,819	0,560	18,540	0,001	0,019
<b>Nova Vida</b>	0,184	1,207	0,074	0,483	5,322	34,83	7,699	50,396	1,752	11,470	0,245	1,606
<b>Paus Branco</b>	0,147	0,654	0,025	0,112	9,240	40,97	11,09	49,213	1,299	5,763	0,740	3,280
<b>Perdição</b>	0,185	1,699	0,066	0,601	1,846	16,90	7,148	65,459	1,581	14,475	0,094	0,865
<b>Quieto</b>	2,343	3,108	0,484	0,643	20,27	27,51	41,51	55,063	8,66	11,490	1,646	2,183
<b>Raiz</b>	0,122	2,415	0,047	0,938	1,020	20,26	3,161	62,806	0,623	12,371	0,060	1,202
<b>São Joaquim</b>	0,751	2,419	0,148	0,477	5,282	17,01	21,79	70,189	2,847	9,168	0,229	0,738
<b>São Nicolau</b>	0,167	0,463	0,119	0,329	13,26	36,74	17,63	48,852	4,321	11,969	0,594	1,645
<b>Tanques</b>	0,003	0,808	0,005	1,454	0,014	3,877	0,225	63,166	0,109	30,533	0,001	0,162

Fonte: Pinheiro (2011).

A bacia do Logradouro foi a que apresentou maior percentual de mata preservada (47%), seguida de Paus Branco (41%). As que apresentaram maior desmatamento da vegetação nativa foram as bacias de Tanques, Mel e Maracajá, não ultrapassando 10% de área preservada. As bacias com maior percentual de área ocupada por pastos e agricultura foram Mel (74%) e São Joaquim (70%). Essa classe é a que possui maior representatividade em termos percentuais para todas as bacias. Estes dados reforçam a influência que pecuária extensiva exerce nos solos dos semiáridos, deixando-os mais vulneráveis à erosão e à desertificação. Com os resultados da classificação dos usos do solo e baseado na contribuição de fósforo e nitrogênio pelas fontes pontuais e difusas, foi estimado o aporte de nutrientes para cada reservatório (Tabela 11).

**Tabela 11.** Estimativa de contribuição de nutrientes (N e P) em kg.ano<sup>-1</sup> nos açudes do Assentamento 25 de Maio. Fonte: Pinheiro (2011).

<b>Contribuição de Nutrientes (N e P) em kg.ano<sup>-1</sup></b>					
<b>Comunidade</b>	<b>Esgoto</b>	<b>Mata Preservada</b>	<b>Agropecuária</b>	<b>Solo Exposto</b>	<b>Total</b>
Agreste	66	430	1392	1946	<b>3834</b>
Logradouro	0	443	1161	169	<b>2596</b>
Maracajá	0	22	462	454	<b>937</b>
Mel	82	36	1417	1438	<b>3153</b>
Nova Vida	361	1118	4889	1025	<b>7031</b>
Paus Branco	263	1940	7047	760	<b>9862</b>
Perdição	49	388	4539	4054	<b>9030</b>
Quieto	821	4355	23357	13662	<b>45195</b>
Raiz	0	214	2007	1597	<b>3819</b>
São Joaquim	0	1109	13841	7303	<b>22336</b>
São Nicolau	115	2785	11198	2528	<b>16872</b>
Tanques	181	3	143	64	<b>210</b>
<b>Total</b>	<b>1938</b>	<b>12843</b>	<b>71453</b>	<b>35000</b>	<b>121234</b>

A principal contribuição de nutrientes para os reservatórios do Assentamento 25 de Maio são das áreas de agropecuária, representando 59% da carga total, 71.453 kgN-P/ano. Em seguida, têm-se as contribuições por solos expostos que são responsáveis por 30% do valor total de nutrientes aportados. Os esgotos domiciliares nas áreas circunvizinhas dos reservatórios contribuem com 1% da carga total estimada. Nas áreas de caatinga preservada as taxas de exportação de nutrientes em relação às outras classes foram mais baixas, contribuindo com 10% da carga estimada para os açudes. A cobertura vegetal do solo contribui para que o solo não perca seus nutrientes por meio do processo de denudação mecânica do solo.

O enriquecimento dos reservatórios e a manutenção desse processo devem-se ao fato da grande quantidade de nutrientes que aportam nos reservatórios de forma alóctone oriundos das áreas desprotegidas de cobertura vegetal, como as áreas para as atividades agropecuárias e as áreas degradadas de solos expostos. Durante o período chuvoso ocorre desagregação das partículas da camada mais superficial do solo, rica em matéria orgânica e em compostos nitrogenados e fosfatados. Isso ocorre principalmente nas áreas mais sensíveis, como citado acima. O sedimento é então carreado para os cursos hídricos, chegando aos reservatórios, que atuam como “compartimento estoque”, ou seja, locais de acumulação e fontes fornecedoras desses nutrientes. A grande quantidade de nutrientes aportados nos reservatórios, principalmente de compostos nitrogenados e fosfatados, ultrapassam a capacidade de suporte dos mesmos gerando eutrofização.

Com relação ao índice de estado trófico, o IET de P1 varia de mesotrófico a eutrófico, P2 permanece em quase todos os meses como eutrófico, P3 permanece em todos os meses como eutrófico. O IET de P4, P5 e P6 variam de supereutrófico a hipereutrófico. O índice de estado trófico de Lamparelli (2004) indica que os açudes Paus Branco e Mel podem estar eutrofizados, em todos os seus pontos, por se encontrarem nas classificações: eutrófico, para o açude Paus Branco, e entre supereutrófico e hipereutrófico, para o açude Mel. O IET de São Nicolau, Nova Vida 2 e São Joaquim tem classificação de hipereutrófico em abril e novembro, Raiz varia de hipereutrófico a eutrófico (Figura 14).

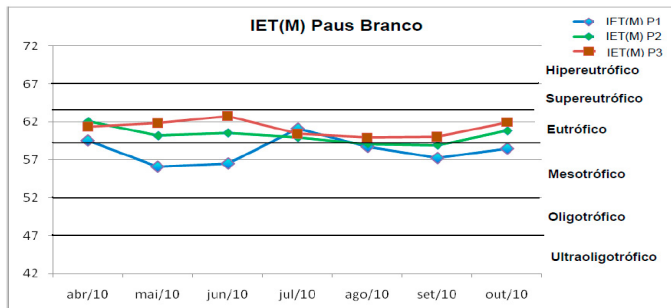


Figura 4.33 – Classificação do açude Paus Branco através da aplicação do Índice de Estado Trófico de Lamparelli (2004).

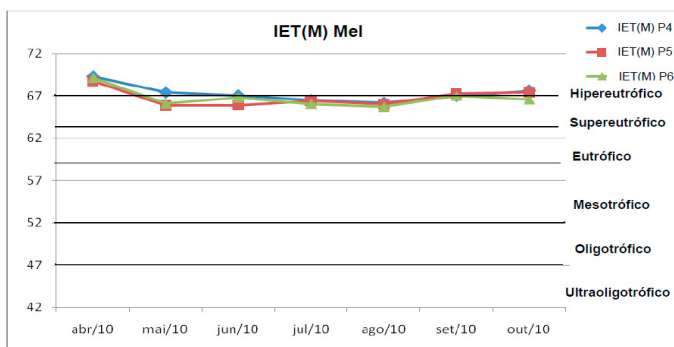


Figura 4.34 – Classificação do açude Mel através da aplicação do Índice de Estado Trófico de Lamparelli (2004).

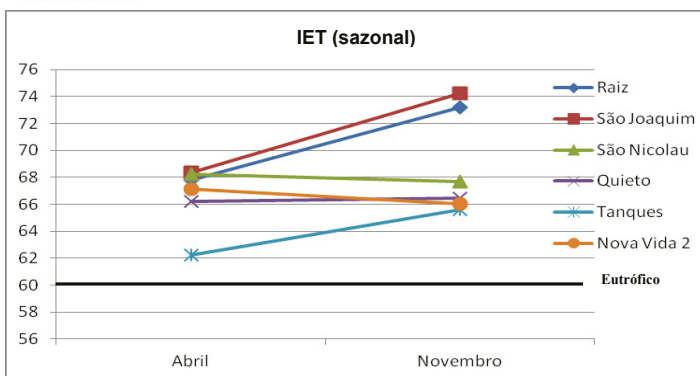
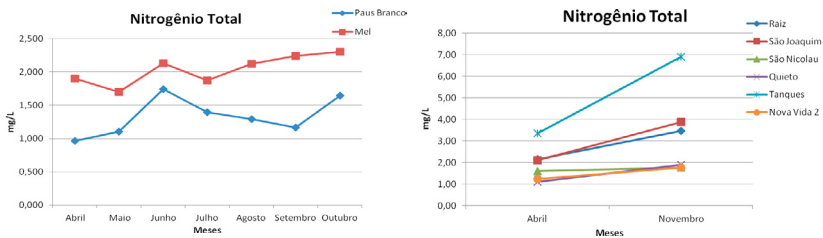


Figura 14. Índice de Estado Trófico de Lamparelli (2004) para oito reservatórios do A25M (2010).

A Figura 15 mostra os resultados das variáveis mais importantes para a avaliação do processo de eutrofização e trofia dos reservatórios.





**Figura 15.** Valores de parâmetros de qualidade de água (Fósforo total, clorofila a, Oxigênio dissolvido – OD, pH, condutividade elétrica – CE e Nitrogênio total) de oito reservatórios do A25M (2010).

As variáveis fósforo total, nitrogênio total, clorofila a, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e pH definem bem as condições tróficas dos açudes, estando todos os açudes pesquisados em estado de eutrofização. Os resultados sazonais para fósforo total indicaram redução desse elemento na coluna d'água, isso ocorre devido à rápida absorção do fósforo solúvel (ortofosfato) pelas espécies de algas planctônicas e pelas plantas aquáticas, nos açudes que contenham macrófitas. Boa parte do fósforo total que adentra os reservatórios vem associada aos sedimentos e uma parte está solúvel (ortofosfato), sendo o segundo motivo de redução de fósforo na coluna d'água, a deposição do fósforo que está associado ao sedimento. O sedimento decanta no período seco, pois a turbulência provocada pelas precipitações durante o período chuvoso cessa e facilita a deposição do sedimento no fundo do reservatório levando consigo o fósforo associado.

A condutividade elétrica está diretamente relacionada à quantidade de sais presentes em uma solução. Quanto maior for seu conteúdo, maior será a condutividade (VON SPERLING, 2005). A condutividade elétrica permite analisar o processo de renovação das águas num reservatório. A condutividade elétrica nos reservatórios nordestinos é de um modo geral elevada, demonstrando o quanto esses ambientes são vulneráveis à salinização (ESTEVES, 2011). Os açudes localizados no semiárido nordestino são vulneráveis a salinização, ocasionada pelas altas taxas de evaporação, regime irregular de chuvas e déficit hídrico, apresentando uma intrincada relação entre solo, relevo, clima e conseqüentemente qualidade e quantida-

de de água. A condutividade elétrica dos reservatórios aumenta no período de estiagem pelos vários fatores citados no parágrafo anterior, alta taxa potencial de evaporação, tempo de concentração elevado dos açudes, no quais muitos açudes passam muito tempo para verterem, isso concentra os solutos na coluna d'água dos açudes e aumenta a condutividade elétrica, outro motivo é o regime irregular de chuvas e o déficit hídrico.

As chuvas alteram o volume armazenado e também favorecem as dissoluções de espécies químicas já presentes no ecossistema. Com a estiagem, ocorre redução da umidade relativa do ar, favorecendo a evaporação e diminuição do volume armazenado, o que acarreta o aumento da concentração de íons (evidenciado pelo aumento da condutividade elétrica), gerando modificações no equilíbrio do ecossistema (ESTEVEZ, 2011). As chuvas alteram o volume armazenado, promovem perturbação na dinâmica hidroquímica do corpo aquático com entrada de nutrientes e outros materiais e também favorecem as dissoluções de espécies químicas já presentes no ecossistema. Com a estiagem, ocorre redução da umidade relativa do ar, favorecendo a evaporação e diminuição do volume armazenado. Isso favorece o aumento da concentração de constituintes, como os sais nos corpos d'água, alterando a concentração de íons e a condutividade elétrica, gerando modificações no equilíbrio do ecossistema.

O excesso de nutrientes na coluna d'água resulta no aumento na concentração de clorofila *a*. Ainda que o teor de fósforo (nutriente limitante nesses reservatórios) caia ao longo da coluna d'água, a concentração de clorofila *a* sobe no período seco. Isso pode ser devido a espécies de cianobactérias que possuem a capacidade de capturar nitrogênio atmosférico. Com isso, elas levam vantagem em competição com outras espécies de microalgas, de modo que a concentração de nitrogênio total na coluna d'água continua aumentando durante o período seco. Ou seja, a quantidade de fósforo na coluna d'água seria absorvida rapidamente por espécies de cianobactérias que ganham na competição com outras espécies algais, por fixarem nitrogênio atmosférico na coluna d'água. Com o aumento da quantidade de microalgas, em específico de cianobactérias, há aumento da

concentração de oxigênio dissolvido na coluna d'água, devido ao processo fotossintético algal.

O aumento do pH nos açudes, durante o período de estudo, se dá principalmente no período seco, onde a turbulência da água é menor por não haver mais entrada de água através de escoamento superficial. O movimento da massa d'água no interior do açude é devido ao processo de convecção, que provoca resuspensão de sedimentos do fundo dos açudes e reposição de alguns nutrientes na coluna d'água. Mas a quantidade de ácido carbônico formado na coluna d'água, que aumenta a acidez dos açudes, se torna menor com a diminuição da turbulência da água, resultando na elevação do pH para níveis neutro a básico.

O Apêndice II apresenta os valores de  $q_i^{wi}$  para os oito parâmetros que compõem o IQA nos meses de abril e novembro, a partir dos resultados nas análises laboratoriais e das curvas de calibração de cada parâmetro. No mês de novembro, devido a problemas operacionais com a equipe de campo, só foi possível a coleta de amostra de oito dos doze açudes referenciados. O IQA calculado para o mês de abril mostrou que onze açudes foram classificados na categoria regular ( $51 < IQA < 70$ ), com o maior valor para o Açude Agreste (68,46). O açude Tanques teve sua água classificada como ruim ( $25 < IQA < 50$ ), apresentado valor de 49,80. O IQA calculado para o período de estiagem permitiu classificar como bom cinco dos açudes (Mel, Nova Vida, Paus Branco, Quietos e São Joaquim). Dois açudes foram classificados como regular (Raiz e São Nicolau) e Tanques permaneceu como ruim. Os valores dos IQAs no período seco foram maiores que no período chuvoso. Resultados semelhantes foram encontrados no açude Acarape do Meio – CE e em açudes do semiárido paraibano.

No período seco, a entrada de nutrientes nos açudes pelo escoamento é desprezível. Os animais, principalmente o gado, que ao beber água nas margens dos açudes deixam seus dejetos, passam a ser a principal fonte de entrada de nutriente no período de estiagem (Figura 11, Cap. 6). O açude Tanques, que apresentou IQA menor no segundo semestre, teve seu volume reduzido pela evaporação ficando no mês de novembro com



profundidade máxima de 1 metro. A baixa profundidade e a quantidade de sedimentos presente justificam a redução do seu IQA nesse período. O índice, apesar de ser de fácil aplicabilidade, apresenta restrições por não considerar outros parâmetros que podem prejudicar o abastecimento público, como a presença de metais pesados e de toxinas, devendo fazer parte dos programas de monitoramento da qualidade de água de açudes pra fins de abastecimento humano.

## **Conclusão**

O pequeno açude beneficia a população do Assentamento 25 de Maio quanto ao abastecimento da população, à piscicultura, ao cultivo de vazante e à irrigação. No entanto, a qualidade da água desses açudes preocupa por estarem bastante enriquecidas com nutrientes aportados de toda bacia hidrográfica. Açudes com matas ciliares degradadas, com solos expostos e algumas atividades extrativistas tornam esses ambientes aquáticos vulneráveis a eutrofização.

As áreas de atividades agropecuárias e de solos expostos são os maiores responsáveis pela exportação de nutrientes para os açudes (maiores taxas de exportação de nutrientes), promovendo e mantendo o processo de enriquecimento dos mesmos e gerando eutrofização. As águas dos açudes apresentaram sua pior qualidade no início do período chuvoso (mês de abril). No período de estiagem, a principal entrada de nutrientes nos reservatórios é proveniente do gado bovino.

O índice de estado trófico de Lamparelli (2004) indica que todos os açudes do A25M podem estar eutrofizados, pois todos os açudes possuíram resultados de IET acima de nível eutrófico. O índice de qualidade de água (IQA adaptado pelo Comitesinos 1990) mostra que a sazonalidade climática interfere na qualidade da água dos açudes, pois no período chuvoso as águas estavam em pior qualidade do que no período seco. A comprovação desse fato é que onze açudes foram classificados na categoria regular e um açude classificado como ruim. Já no período de estiagem cinco açudes fo-

ram classificados como bom, dois açudes como regular e um açude como ruim. Dessa forma, açudes que estavam classificados como ruim passaram a ser classificados, no período de estiagem, como regular, demonstrando a importante interferência da sazonalidade na qualidade da água dos açudes.

A sazonalidade anual, o elevado tempo de residência e as baixas taxas pluviométricas atuam fortemente na qualidade da água dos açudes. As atividades antrópicas de maior impacto na qualidade da água dos açudes são: a criação de animais às margens dos açudes, o cultivo de vazante, o uso de agrotóxicos pelos assentados, o aterro do lixo ou a sua presença ao ar livre, o despejo das águas usadas nas atividades domésticas no quintal e o desmatamento das matas ciliares dos açudes. Os resultados corroboram com outros resultados de reservatórios do semiárido nordestino e reforçam a hipótese de que as variações sazonais alteram a qualidade da água dos açudes.

O monitoramento sistemático no modelo usado no presente trabalho, com amostragens mensais em três pontos nos açudes Paus Branco e Mel, e em pontos próximos às barragens dos açudes São Joaquim, São Nicolau, Quietos, Raiz, Nova Vida 2 e Tanques, com as amostras coletadas no limite da zona limnética, e em dois períodos, chuvoso e seco, foi bem sucedido, proporcionando informações sobre os açudes e de suas bacias hidrográficas.

O banco de dados gerado é um importante auxiliar para ações e políticas de gestão desses recursos hídricos e servirá de referencial para trabalhos posteriores que envolvam atividades humanas e suas relações de usos múltiplos das águas dos pequenos e médios reservatórios no semiárido brasileiro.



## 7. Pesca e qualidade das águas

Mário Cesar Wiegand, Ana Caroline Bento da Silva,  
Diego Castro Ribeiro, Thiago Xavier Rocha

De acordo com Gurgel (2010), os açudes se apresentam como criatórios naturais de peixes onde o homem do campo, através da atividade da pesca, consegue angariar mais alguns recursos para a sua sobrevivência e da sua família. O mesmo autor salienta que associada à pesca, inclui-se a prática da agricultura de vazante e da pecuária de subsistência como formas de aproveitamento do corpo hídrico.

Rosa *et al.* (2005) relataram que a atividade pesqueira contribui de maneira direta ou indireta para a sobrevivência do sertanejo, desempenhando um papel fundamental como meio de subsistência e qualidade na alimentação, visto que o peixe capturado é um alimento de alto valor nutricional, rico em proteínas essenciais de grande digestibilidade. Contudo, essa mesma atividade sendo realizada de forma indiscriminada torna-se altamente impactante, interferindo no ambiente quando não se respeita os tamanhos mínimos de captura ou épocas de defeso e quando da utilização de artes de pesca inadequadas para a pesca seletiva.

Gurgel (2010) destacou que, na maioria dos açudes do semiárido nordestino, a pesca é uma atividade extrativa e extensiva de natureza artesanal. Atualmente o setor já começa a galgar patamar empresarial através de pisciculturas de diferentes modalidades, como semi-intensiva, intensiva e superintensiva. Em decorrência desse modelo podem ser gerados sérios problemas, não apenas de natureza ecológica e da qualidade da água, mas também econômica e social.

No que pertine à ictiofauna, Agostinho (2007) relatou que a população de peixes em açudes antigos é, comumente, formada por espécies de pequeno a médio porte e de baixo valor econômico. Nessa linha, Smith

*et al.* (2003) e Agostinho (2007) depreenderam que as espécies que normalmente se estabelecem, são aquelas com poder de completar todo seu ciclo de vida dentro do açude. Essas espécies habitam, preferencialmente, a região litorânea do reservatório (profundidade inferior a 2 m), tirando proveito da presença de macrófitas aquáticas, pedras e vegetação submersa. Entre as espécies encontradas, os autores anteriormente referidos, relataram a presença de lambaris, piquiras, piranhas, pequenos bagres e cascos, além de alguns piscívoros como jacundás, tucunarés e traíras.

Consoante o Nordeste do Brasil, as espécies que ocorrem nos ecossistemas de água doce são o resultado de processos evolutivos modulados por fatores climáticos e os ciclos hidrológicos da região. Entretanto, a influência humana através de mudanças ambientais e da introdução de espécies exóticas tem modificado a composição da ictiofauna original (ROSA *et al.*, 2005). Desta forma, o levantamento de informações sobre aspectos limnológicos e ecológicos de espécies de peixes nativos são necessárias para uma melhor avaliação de unidades populacionais de estoques pesqueiros, controles de gestão e administração dos recursos da pesca em bases sustentáveis (CHELLAPPA *et al.*, 2009).

O diagnóstico da atividade pesqueira foi direcionado para áreas representativas do assentamento, que abrangem os açudes Quietos e Paus Brancos. O açude Paus Brancos foi escolhido por abastecer a comunidade que apresenta o maior número de famílias do assentamento, sendo considerado como o corpo hídrico onde ocorre abastecimento humano a ter uma maior atenção quanto ao seu estado de conservação. Já o açude Quietos foi trabalhado por caracterizar-se como um reservatório de médio porte, sendo o de maior volume de água entre os demais açudes do assentamento (ver Cap. 5).

O acompanhamento da pesca nas áreas escolhidas foi realizado com visitas mensais no período de abril de 2010 a outubro de 2011. Além do levantamento das principais espécies de peixes capturadas e dos apetrechos de pesca utilizados, também foi feita uma análise preliminar das condições físico-químicas da água nos açudes pesquisados, no intuito de analisar pos-

síveis variações nas assembleias de peixes oriundas da qualidade das águas. Quanto às análises de qualidade de água, foram realizadas coletas tanto no período chuvoso (janeiro a junho) quanto no período de estiagem (julho a dezembro) nos dois açudes. Os valores das variáveis físico-químicas foram obtidos obedecendo-se à metodologia descrita no Cap. 6.

Na caracterização das principais espécies de peixes da região, foram realizadas pescarias experimentais em conjunto com alguns pescadores locais, sendo utilizadas redes de espera (galões) com malhas de 8, 9, 10, 12, 13 e 14 centímetros entre nós, medindo cada uma 100 metros de comprimento e 1,50 metros de altura. Também foram utilizadas tarrafas com malhas de 5, 6 e 7 centímetros entre nós e 1,50 metros de diâmetro. Além disso, utilizaram-se varas de pesca artesanais com anzóis de números 3, 2, 1, 5/0 e 6/0, com haste *standard* e olhal aberto em argola. Para aumentar o esforço de pesca, também se utilizou apetrechos de pesca disponíveis e empregados pela comunidade, tais como: linhas de mão, garrafas PET e landuás, tipo de material de pesca que consiste em uma pequena rede cônica presa a um aro de madeira, semelhante a um puçá, porém maior e sem cabo.

A identificação dos peixes capturados foi obtida mediante análise morfológica e comparativa com a utilização de chaves taxonômicas de identificação e listagem de nomes vulgares de peixes da região nordeste do Brasil conforme Buckup *et al.* (2007); e Menezes (2001). No intuito de caracterizar a pesca já praticada por diversos membros da comunidade, algumas perguntas foram elaboradas e reunidas em questionário semiestruturado, cujo público alvo, os moradores que pescam com mais frequência, pôde responder sobre aspectos técnicos, ambientais e socioeconômicos da atividade.

Mediante as trinta entrevistas realizadas, constatou-se que as artes de pesca utilizadas pelos pescadores são as mesmas em ambos os açudes. Utiliza-se basicamente a rede de espera ou “galão”, com dimensões médias de, aproximadamente, 100 metros de comprimento e 1,50 metros de altura, com flutuadores de isopor na tralha superior e uma fileira de peças

pequenas de chumbo na tralha inferior da rede. Contém também garrafas PET nas extremidades para sinalização da rede dentro d'água. Nessa pesca com “galão”, o pescador entra na água usando uma canoa de madeira ou uma câmara de ar de pneu de caminhão para lançar o mesmo pela água. Os pescadores também fazem uso de redes tipo tarrafa, varas de pescas artesanais feitas com pedaços de bambus, linha de nylon com anzol amarrado em uma das extremidades e landuás. Somente um pescador relatou o uso de espinhéis em suas pescarias. No aspecto técnico da atividade, a pesca com galão, segundo os pescadores, seria mais eficaz se o galão fosse colocado à noite e recolhido na manhã do dia seguinte. No caso do açude Paus Branco, o grande problema seria a massa de macrófitas aquáticas presente no local que se desloca, principalmente durante a noite, danificando ou propiciando a perda do material de pesca (Figura 16).



[a]

[b]

**Figura 16.** Vista do açude eutrofizado Paus Brancos [a] em julho de 2010 e [b] em julho de 2011. Observa-se o incremento na presença de macrófitas, próximo à parede do açude, no período de um ano.

Quase a totalidade dos entrevistados (99%) pesca no reservatório desde sua infância. Todos explanaram que o melhor período para pescar é após o período chuvoso, quando o açude recebe as águas pluviais e acontece o deslocamento de algumas espécies de peixes para o local. Foi relatado, ainda pelos mesmos, que houve um acréscimo significativo nas capturas de traíra (*Hoplias malabaricus*) ao longo dos anos de pesca e, concomitan-

temente, a diminuição das capturas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Do ponto de vista dos entrevistados, a pesca tem uma contribuição ímpar no complemento das suas rendas familiares, além de muitas vezes servir como fonte de proteína animal em épocas de estiagem. O destino primário da produção pesqueira é o consumo pelas famílias dos pescadores, sendo o excedente comercializado dentro da própria comunidade e/ou na sede do município de Madalena. Alguns também chegam a doar parte da produção pesqueira para conhecidos ou a utilizar os menores espécimes como iscas, com isso, não existe desperdício dos peixes capturados não importando seus tamanhos. As capturas mensais durante o período a pesquisa totalizaram 287 peixes de nove espécies pertencentes a sete famílias, nos quais foram realizados exames morfofisiológicos (Tabela 12).

Tabela 12. Espécies e famílias dos peixes capturados.

<b>Espécie</b>	<b>Família</b>	<b>Nome vulgar</b>
<i>Astronotus ocellatus</i>	<i>Cichlidae</i>	Acará-açu, Apaiari, Oscar
<i>Astyanax spp.</i>	<i>Characidae</i>	Lambari, Piaba
<i>Cichlasoma orientale</i>	<i>Cichlidae</i>	Cará-preto
<i>Hoplias malabaricus</i>	<i>Erythrinidae</i>	Traíra
<i>Hypostomus spp.</i>	<i>Loricariidae: Hypostominae</i>	Bodó, Cascudo
<i>Leporinus obtusidens</i>	<i>Anastomidae</i>	Piau, Piavuçu
<i>Oreochromis niloticus</i>	<i>Cichlidae</i>	Cará, Tilápia do Nilo
<i>Prochilodus cearensis</i>	<i>Prochilodontidae</i>	Curimatá
<i>Synbranchus marmoratus</i>	<i>Synbranchidae</i>	Muçum
<i>Trachelyopterus galeatus</i>	<i>Auchenipteridae</i>	Cangati

Todos os indivíduos foram identificados (Figura 17) com número de registro, data da coleta, tamanho da malha de captura e ponto de pesca. Posteriormente, obtiveram-se medidas morfométricas, tais como: comprimento total (Lt) e comprimento padrão (Lp), utilizando um ictiômetro com capacidade de medição de 40 cm.



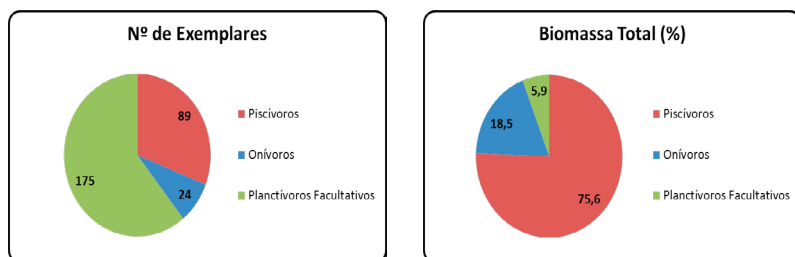


- (A) *Cichlasoma orientale*
- (B) *Oreochromis niloticus*
- (C) *Prochilodus cearensis*
- (D) *Astyanax* spp.
- (E) *Trachelyopterus galeatus*
- (F) *Hypostomus* spp.
- (G) *Hoplias malabaricus*

**Figura 17.** Principais espécies de peixes identificadas nas capturas nos açudes do A25M em 2010.

Ao término da análise morfométrica, iniciou-se o exame biológico dos indivíduos através de uma incisão da cavidade celomática a partir do poro uro-genital em direção à cabeça, com auxílio de material cirúrgico para a retirada do trato intestinal.

Realizado o exame biológico nos exemplares, pode-se constatar através de características anatômicas (comprimento do intestino, tamanho do estômago, rastros branquiais, estrutura dentária) e da análise do conteúdo estomacal, a presença de três principais guildas tróficas (Figura 18).



**Figura 18.** Número de exemplares capturados e fração de biomassa por guilda nos açudes do A25M em 2010.

Dentro da análise da qualidade da água dos reservatórios estudados, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005, para a determinação da classe de um reservatório, faz-se necessário um estudo apurado das variáveis limnológicas. Na classificação pelos múltiplos usos da água, os dois açudes enquadram-se como água doce pertencente à Classe 3. Portanto, destina-se ao abastecimento para consumo humano, irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, pesca amadora, recreação de contato secundário e dessedentação de animais. Ainda de acordo com a mesma resolução, as médias dos valores das variáveis limnológicas analisadas encontraram-se dentro dos limites estabelecidos (Tabela 13). Contudo, durante grande parte de 2011, devido à proliferação excessiva de macrófitas aquáticas no açude Paus Brancos, não foi possível realizar as coletas no mesmo.

**Tabela 13.** Resultados das variáveis limnológicas (média anual) analisadas ao longo da pesquisa e valor estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (Classe 3). PB = Açude Paus Branco; QT = Açude Quieto.

	<b>PB 2010</b>	<b>PB 2011</b>	<b>QT 2010</b>	<b>QT 2011</b>	<b>CONAMA</b>
Oxigênio Dissolvido	4,08	-	5,59	5,03	> 4
Fósforo total (mg/L)	0,043	-	0,108	0,038	< 0,05
Sólidos Totais (mg/L)	392	-	331	314	500
pH	7,44	-	7,71	7,54	6 - 9

Entre os compostos gasosos dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes na dinâmica e caracterização dos ecossistemas aquáticos. Os valores de oxigênio dissolvido (mg/L) pouco variaram e estiveram acima do limite mínimo estabelecido pelo CONAMA (BRASIL, 2005). O pH é uma das variáveis abióticas mais importantes nos Ecossistemas Aquáticos Continentais (EAC), sendo de difícil interpretação devido a variedade de fatores que podem afetá-lo. Os valores estáveis de pH podem estar relacionados com a concentração de oxigênio dissolvido devido a ocorrência de reações fotossintéticas (ESTEVEES, 2011).

A análise de sólidos totais indicou que a água dos açudes apresenta baixas concentrações de resíduos sólidos para a Classe 3. Tundisi e Matusmura-Tundisi (2008) citam que altos valores de material em suspensão podem causar absorção e espalhamento da luz na coluna d'água, sombreamento e recobrimento das espécies bentônicas, sombreamento do fitoplâncton e macrófitas submersas, colmatação das brânquias dos peixes e redução da visibilidade de espécies predadoras visuais. Entre as variáveis limnológicas estudadas e a biomassa de peixes (kg), não houve correlação estatisticamente significativa, considerando grau de liberdade igual a 4 e nível de significância 5% (Tabela 14).

**Tabela 14.** Valores do coeficiente de Pearson ( $r$ ) entre as variáveis limnológicas e a biomassa de peixes (grau de liberdade = 4 e significância = 0,05). Fonte: Projeto Fossa Verde.

Variáveis Limnológicas	Coeficiente de Pearson ( $r$ )		
	Piscívoros (kg)	Onívoros (kg)	Planctívoros (kg)
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	-0,303	-0,384	-0,080
Fósforo Total (mg/L)	-0,415	0,002	0,752
Sólidos Totais (mg/L)	-0,665	0,196	0,266
pH	-0,735	0,062	0,712

Pescadores locais relataram que, nos meses de agosto, setembro e outubro, é comum a diminuição drástica das pescarias e enfatizaram que o melhor período para a pesca é a época chuvosa. Zavala-Camin (1996) cita que os peixes piscívoros estão incluídos na classe carnívora. Este tipo de peixe aproveita o período de chuvas para alimentar-se de insetos. Durante as cheias ocorre o alagamento em torno dos açudes, disponibilizando vegetação e insetos terrestres (PERET, 2004). A captura de peixes onívoros apresentou um pico no mês de maio, onde a biomassa capturada totalizou 4 kg de peixes. Nos meses posteriores, as capturas pouco variaram, não ultrapassando 2 kg de peixes. A sazonalidade nos lagos e represas tropicais pode ser induzida por ressurgências causadas pela ação dos ventos no período de chuvas, promovendo variações na disponibilidade qualitativa e quantitativa de alimento. Além disso, pode haver a formação de um novo habitat através da inundação das margens (ZABONI-FILHO; NUÑER, 2004). Peixes onívoros, quando em grande número, podem causar o aumento da turbidez do corpo hídrico através da ressuspensão de sedimentos devido ao hábito de revolver o fundo em busca de alimento. Esta prática também estimula florações de algas devido à liberação dos nutrientes retidos no sedimento para a coluna d'água (BRUNO; O'CONNOR, 2005).

Em termos de biomassa, a guilda trófica de planctívoros facultativos apresentou pequena representatividade devido ao baixo valor do peso

médio dos indivíduos da espécie aparentemente mais abundante (*Astyanax spp.*). Os peixes que se alimentam de plâncton são considerados planctívoros ou planctófagos e é comum caracterizá-los como facultativos nos ecossistemas de água doce. Podem ser seletores, filtradores passivos ou filtradores ativos (ZAVALA-CAMIN, 1996). As variáveis limnológicas utilizadas na presente pesquisa não apresentaram correlação estatisticamente significativa com as biomassas capturadas das guildas de piscívoros, onívoros e planctívoros. Os resultados poderiam ser diferentes com o aumento do esforço de pesca e período de captura. Lazzaro *et al.* (1999), analisando o comportamento alimentar de peixes sobre o zooplâncton no Nordeste brasileiro, perceberam que as interações tróficas entre peixes, qualidade da água e crescimento das espécies podem ser utilizadas no controle do processo de eutrofização, devido a variedade das guildas tróficas das espécies nativas, alimentando-se em diferentes níveis da cadeia trófica.

Na busca pelo entendimento dos processos ambientais evidenciados nos açudes, contemplaram-se ainda algumas possíveis fontes de poluição alóctone. Com isso, buscaram-se práticas que pudessem colaborar, em longo prazo, com a diminuição da disponibilidade do mesmo aos múltiplos usos dos próprios assentados, que têm nos açudes uma importante fonte de abastecimento de água para consumo e diversos fins. Dentre as principais problemáticas encontradas puderam ser destacadas a criação de animais às margens dos açudes. A criação, por sua vez, tem como característica a livre dessedentação, onde os animais costumam beber água e defecar e/ou urinar, o que gera uma considerável entrada direta de matéria orgânica no corpo hídrico (Figura 11, Cap. 6).

Evidenciou-se nos açudes, também, o plantio de *vazante*. Esse tipo de agricultura aproveita as áreas úmidas próximas aos corpos hídricos nos períodos secos para aumentar a produtividade das culturas. Os cultivos mais realizados são de feijão e milho, com a utilização de defensivos agrícolas e fertilizantes, geralmente, acima das concentrações exigidas pelas plantas. A área utilizada para essa prática tem uma característica peculiar que torna a atividade agrícola ainda mais nociva: a declividade

média do entorno do açude é bastante acentuada, favorecendo tanto o escoamento superficial gerado pela pluviosidade quanto à percolação da água infiltrada.

Segundo Von Sperling (2005), os fertilizantes adicionados em excesso pelos agricultores, ou seja, fontes de nitrogênio e fósforo e a redução da capacidade de infiltração do solo gerada pela substituição das matas ciliares por monoculturas formam uma condição favorável a uma etapa intermediária no processo de “deterioração” de um reservatório hídrico. Nessa atividade a mata ciliar do açude é retirada para o cultivo de culturas destinadas ao consumo humano e ocorre a adição de defensivos agrícolas em horticulturas muito próximas ao açude, onde as substâncias agrotóxicas em excesso são carregadas pela chuva, podendo contaminar a água de abastecimento (Figura 19).



**Figura 19.** Uso e ocupação do solo na bacia de Madalena: [a] área desmatada destinada ao plantio de vazante; [b] agricultura de vazante.

Visando práticas que objetivam a melhoria da qualidade da água nos ecossistemas aquáticos em geral, importantes medidas de preservação podem ser implantadas. Dentre as quais se destacam propostas de manejo ecológico dos peixes. Pesquisas têm demonstrado o importante papel dos peixes sobre a qualidade da água no lago Paranoá, DF, através da pesca ecológica (PINTO; CAVALCANTI, 1999).

Com esta medida de controle interno do processo de eutrofização pelo fósforo são gerados importantes benefícios sociais e econômicos, tais como aumento da renda do homem do campo e a geração de novos empregos pela pesca. Neste contexto, a pesca ecológica surge como uma sugestão inovadora que objetiva sensibilizar os governantes no sentido de incentivar a atividade de forma comunitária e implantar medidas necessárias para garantir níveis de qualidade da água dos açudes em patamares aceitáveis, explorando de forma ecologicamente correta a riqueza dos recursos pesqueiros disponíveis. Desta maneira, é factível a remoção de nutrientes eutrofizantes dos ecossistemas aquáticos, como o fósforo e o nitrogênio que são incorporados à biomassa dos peixes, e dejetos que influenciam diretamente na proliferação de algas e de macrófitas aquáticas nos açudes.

É importante salientar que a concentração média de fósforo nos peixes em geral é de 0,34% (BEVERIDGE, 1996). Segundo Drenner *et al.* (1997) o peso seco de tilápia do Nilo é 23,9% do seu peso fresco e o conteúdo de fósforo é igual a 2,39% do peso seco, com valor final de 0,57% de fósforo em relação ao seu peso fresco. Logo, é indispensável um programa de biomanipulação pela pesca como medida mitigadora do impacto de nutrientes eutrofizantes no açude, considerando que a pesca de uma tonelada de tilápia remove do meio aquático 5,7 kg de fósforo (DRENNER *et al.*, 1997) e 55 kg de nitrogênio (BEVERIDGE, 1996).

Paiva e Vasconcelos Gesteira (1977), analisando a pesca em 33 reservatórios públicos do país, com capacidade de acumulação de água superior a  $50 \times 10^6 \text{ m}^3$ , concluíram que o índice da produtividade pesqueira é de 100 kg de pescado/ha por ano. Considerando-se, por exemplo, esse índice para o açude Quieto com área de bacia hidráulica de 363 hectares, a extração de peixes pela pesca poderia redundar na retirada anual de 123,42 kg de fósforo/ano desse reservatório, a partir do cálculo a seguir:

Considerando-se 70% da área da bacia hidráulica do açude Quieto (254 ha);  
 $254 \text{ ha} \times 100 \text{ kg de pescado.ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1} \times 0,34\% \text{ kg fósforo} = 86,394 \text{ kg de fósforo.}$

Diluindo-se essa quantidade de fósforo na água do referido açude resultaria, em tese, em uma redução de  $6,9 \text{ mg/m}^3$  na concentração de fósforo total na água. Vale ressaltar, que a pesca seria dirigida aos peixes de maior tamanho para permitir o rápido crescimento dos mais jovens, consumindo algas em maior velocidade e beneficiando-se da diminuição da competição inter e intraespecífica. Partindo do pressuposto que a qualidade da água está diretamente relacionada à biomassa de algas (LOPES, 2007), quanto maior a quantidade de algas consumidas no crescimento dos peixes menores, melhor será a qualidade da água.

A pesca ecológica, se implantada nos açudes do assentamento estudado, teria ainda a finalidade de reduzir o aporte de nutrientes para algas via excreção dos peixes nativos e prevenir mortandades de peixes nos açudes, além das vantagens sociais e econômicas: geração de emprego e ampliação de renda familiar dos assentados. Essa finalidade seria possível através de incentivos à pesca comunitária orientada. A exploração pesqueira quando realizada de forma ecologicamente correta e objetivando a melhoria da qualidade da água, oferece uma oportunidade ímpar de benefícios ecológicos, sociais e econômicos à comunidade. A possibilidade da retirada de parte do aporte de fósforo reciclado pelos peixes e incorporado na biomassa íctica através da pesca é uma importante medida de manejo da qualidade da água e proporciona o total aproveitamento do açude. Assim, o presente trabalho representa um estudo preliminar para o embasamento de pesquisas futuras que envolvam biomanipulação de peixes, objetivando a melhora da qualidade de água dos reservatórios da região semiárida.

## Conclusão

A pesca realizada no assentamento 25 de Maio é bastante rústica na metodologia empregada e utilizada nas artes de pesca, mas contribui significativamente na segurança alimentar das comunidades durante o período de estiagem. As principais espécies de peixes encontradas na área da pesquisa foram: *Astronotus ocellatus* (Oscar), *Astyanax spp.* (Piaba), *Ci-*



*chlasoma orientale* (Cará-preto), *Hoplias malabaricus* (Traíra), *Hypostomus* spp. (Bodó), *Leporinus obtusidens* (Piau), *Oreochromis niloticus* (Tilápia do Nilo), *Prochilodus cearensis* (Curimatã), *Trachelyopterus galeatus* (Cangati). Não houve correlação estatisticamente significativa entre as variáveis limnológicas da água e a biomassa de peixes de cada guilda trófica.

## 8. Índice de priorização de intervenção em saneamento rural

**Laldiane de Souza Pinheiro, José Carlos de Araújo**

O saneamento é composto por abastecimento de água; coleta e tratamento de esgotos sanitários; coleta e tratamento de resíduos sólidos; e drenagem urbana. No caso do saneamento rural, por definição, o último quesito não é considerado. O saneamento é também uma condição primordial para a promoção de dois aspectos: a saúde de uma população e a qualidade ambiental. O emprego do saneamento como instrumento para melhoria da saúde pressupõe a superação dos entraves tecnológicos, políticos e gerenciais que tem impedido a expansão dos seus benefícios aos residentes de áreas rurais, municípios e localidades de pequeno porte.

Nas pequenas comunidades rurais cearenses os açudes são os principais mananciais de abastecimento, sendo utilizados para diversas atividades, tais como uso doméstico, práticas agrícolas, dessedentação de animais, lazer e pesca, sendo necessários para a sua sustentabilidade a conservação da qualidade das águas e o controle da quantidade acumulada. A qualidade da água consumida pela população é capaz de alterar significativamente o perfil de saúde de uma comunidade contribuindo, portanto, para o desenvolvimento local sustentável, promoção da saúde e manutenção da qualidade ambiental, o que o torna um elemento chave na proposta do desenvolvimento.

É notória a deficiência em cobertura de sistemas de saneamento no meio rural nordestino. A dificuldade de priorizar as áreas para implantação do saneamento rural é um fator que prejudica ou limita as intervenções governamentais, em virtude da escassez de instrumentos de gestão e planejamento. Nesse contexto, a hierarquização de investimentos em saneamento rural se torna indispensável visando à maximização dos benefícios derivados.

No Projeto Fossa Verde foram construídos setenta (70) módulos de fossa verde. Desses, dois obedeceram ao padrão EMBRAPA e 68 (sessenta e oito) obedeceram ao padrão da permacultura. Um dos principais entraves surgidos no âmbito da pesquisa, no entanto, foi o estabelecimento dos critérios a serem adotados para a seleção das residências favorecidas com a tecnologia, uma vez que os recursos previam a construção de apenas 50 módulos<sup>5</sup> e o assentamento tem quase dez vezes mais residências. Verificase na literatura e nos órgãos públicos uma carência de modelos que desempenhem o papel de instrumentos de auxílio à decisão sobre as prioridades de intervenções para os serviços de saneamento, principalmente em áreas rurais. Com base nisso, surgiu necessidade da construção de uma proposta de índice para saneamento rural, tendo como objetivo priorizar os locais que mais contribuem para contaminação dos recursos hídricos. A construção e/ou aplicação de um índice deve considerar, antes de tudo, as especificidades das características ambientais, sociais, econômicas e culturais de uma dada região, para o alcance de sua eficiência.

O Índice de Priorização de Áreas para Saneamento Rural – IPAS, proposto, incorporou as dimensões ambientais, socioculturais e socioeconômicas que foram consideradas mais relevantes na identificação de locais que necessitam de intervenções. O cálculo do IPAS, que corresponde à média aritmética dos quatro índices apresentados, segue a rotina apresentada na sequência. O IPAS está no intervalo de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1, maior será a prioridade de intervenção na área. Matematicamente, o IPAS define-se como

$$IPAS = (\sum_{j=1,n} I_j) / n \quad (5)$$

Na equação (5)  $I_j$  corresponde ao escore do *j*-ésimo indicador; e 'n' é o número de indicadores. O IPAS é composto por quatro índices, apresentados a seguir.

---

5 Embora o projeto preveja a construção de 50 módulos a R\$ 700 cada, por se tratar de uma pesquisa-ação participativa, foi possível trabalhar em sistema parcial de mutirão, o que reduziu os custos unitários para cerca de R\$ 450. Assim, foi possível construir 68 módulos com a tecnologia da permacultura, além de dois módulos com a tecnologia EMBRAPA, necessária para avaliar (i) duas tecnologias sociais; e (ii) o coeficiente de retorno de esgotos em ambiente rural no semiárido nordestino

## Índice de Valorização do Açude – IVA

A valorização dos açudes está diretamente relacionada aos diversos fins a que estão sendo utilizados. Os múltiplos usos geram conflitos quando um uso começa a interferir no outro, tornando-os incompatíveis quanto à oferta exigida ou pela alteração da qualidade da água. Tratando-se das regiões semiáridas essa preocupação se intensifica uma vez que os açudes representam a principal fonte de água para as comunidades rurais e seu volume sofre redução no período de estiagem. Podem existir outras fontes emergenciais, que assegurem o abastecimento da comunidade, porém de acesso difícil e/ou mais precárias (MOLLE, 1989). Devido a essas vulnerabilidades naturais, os recursos hídricos superficiais devem ser preservados, através do manejo adequado e de ações que diminuam o risco de alteração da sua qualidade, como é o caso do saneamento.

No cálculo do IVA são utilizados dados primários obtidos por meio da aplicação dos questionários, referente aos usos dos açudes. A sua importância para a comunidade relaciona-se à presença ou não de fonte secundária de água; e à oferta hídrica que esses açudes proporcionam às comunidades abastecidas. As categorias de uso identificadas foram: (a) abastecimento doméstico; (b) pesca; (c) recreação; (d) lavagem de roupas e/ou equipamentos; e/ou (e) dessedentação de animais. Foram realizadas campanhas para checagem das informações obtidas nos questionários, com georreferenciamento e registro fotográfico dos principais tipos de uso ao longo de 24 meses. Os indicadores e respectivos escores que formam o IVA estão apresentados na Tabela 15.

**Tabela 15.** Indicadores que compõem o Índice de Valorização do Açude (IVA). O IVA corresponde à média aritmética dos três indicadores, isto é,  $IVA = (I_1 + I_2 + I_3)/3$ .

Indicador / categoria	Escore
Usos dos açudes ( $I_1$ )	
Abastecimento doméstico	1,0
Lazer	0,5
Outros	0,0
Existência de outra fonte de água para abastecimento doméstico na comunidade ( $I_2$ )	
Não	1,0
Sim	0,0
Indicador de disponibilidade hídrica per capita ( $I_3$ )	Ver equação (II.2) e Tabela II.2

A disponibilidade hídrica de um açude ( $\text{hm}^3/\text{ano}$ ) pode ser estimada ou através de balanço hídrico (CAMPOS, 1996; ARAÚJO *et al.*, 2006), sempre que houver disponibilidade de dados. Caso não haja dados hidrológicos consistentes, pode-se aproximar a disponibilidade ( $\text{hm}^3/\text{ano}$ ) por 20% do volume total do açude ( $\text{hm}^3$ , ARAÚJO *et al.*, 2006). A disponibilidade de água per capita ( $q$ ) é a razão entre a disponibilidade hídrica do manancial e o número de pessoas abastecidas por ele, sendo expressa em  $\text{m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ . Portanto, quanto menor a oferta per capita de água, maior a priorização de ações de saneamento. O valor desse indicador ( $I_3$ ) é obtido conforme a equação (6), na qual  $q_{\text{ref}}$  é a oferta de água per capita de referência. A classificação de disponibilidade hídrica adequada adotada pela Organização das Nações Unidas – ONU – tem como valor mínimo de referência  $1000 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$  (PACHECO, 2010). Abaixo desse valor admite-se que há estresse hídrico. O número de habitantes – para cada comunidade – abastecidos por açudes no assentamento é apresentado na Tabela 16.

$$I_3 = \text{máximo} (1 - q/q_{\text{ref}}; 0) \quad (6)$$

**Tabela 16.** Número de habitantes abastecidos de água encanada tendo como fonte os açudes do Assentamento 25 de Maio no período de 2009 a 2010.

<b>Açudes</b>	<b>Número de pessoas abastecidas</b>
Agreste	101
Maracajá	0
Mel	64
Nova Vida	246
Paus Branco	272
Tanques	38
Logradouro	0
Perdição	17
Quieto	394
Raiz	38
São Joaquim	208
São Nicolau	210

## **Índice de Contribuição de Cargas - ICC**

A quantificação da taxa de entrada de nutrientes permite identificar os açudes que mais recebem cargas, o que os tornam mais susceptíveis a problemas de eutrofização e poluição de suas águas. ICC foi baseado na carga de fósforo (P) e nitrogênio (N) produzida por fontes pontuais e difusas. A escolha desses nutrientes justifica-se por serem esses os nutrientes limitantes ao crescimento das microalgas em um reservatório. As fontes pontuais são caracterizadas pelos esgotos domésticos das comunidades que ficam na bacia de contribuição de cada açude. A carga difusa relaciona-se às formas de uso e ocupação e à contribuição natural de nutriente dos solos.

Na presente pesquisa adotou-se o modelo simplificado de estimativa de cargas difusas com base em coeficientes de exportação de nutrientes associados às classes de uso de solo (VON SPERLING, 2005). Esse método é recomendado para áreas extensas, com limitação de dados e cujo objetivo

seja uma primeira caracterização. Na estimativa das cargas pontuais foi utilizada a contribuição de N e P típicas de esgoto domiciliar ( $8 \text{ gN/hab.dia}^{-1}$  e  $2,5 \text{ gP/hab.dia}^{-1}$ ) (VON SPERLING, 2006). O valor do ICC relaciona-se à concentração de nutrientes encontrada para cada reservatório e é obtido por meio da equação (7). Quanto mais afastado de zero, maior é a concentração de nutrientes e, portanto, maior será a prioridade de intervenção.

$$\text{ICC} = (C_P/C_{P0} + C_N/C_{N0})/2 \quad (7)$$

Na equação (7),  $C_P$  e  $C_N$  são as concentrações de fósforo e nitrogênio, respectivamente, no açude (mg/L) obtidas por meio de análises de água.  $C_{P0}$  e  $C_{N0}$  são as concentrações de referência de fósforo e nitrogênio, respectivamente, para ambientes lênticos<sup>6</sup> ( $0,03 \text{ mgP/L}$  e  $13 \text{ mgN/L}$ ) com base na Resolução CONAMA 357/05 para águas de classe II. A classe II deve ser utilizada, segundo legislação vigente, na ausência de enquadramento de um corpo hídrico (BRASIL, 2005).

## Índice em Função da Qualidade da Água – IFQA

A qualidade da água do reservatório, além de ser um reflexo do manejo das atividades no seu entorno, permite avaliar as condições sanitárias da água utilizada por uma população. Para esta avaliação, baseou-se no IQA – Índice de Qualidade da Água (ver Cap. 6), que classifica a água para abastecimento humano desde conceito ‘excelente’ a conceito ‘muito ruim’. Esse índice foi considerado para compor o IPAS devido à sua aceitação no meio técnico-científico e à sua fácil aplicabilidade. No entanto, o IQA relaciona-se inversamente com o IPAS, pois quanto pior a qualidade da água, mais necessária a intervenção de saneamento em sua área de entorno. Nesse sentido, trabalha-se aqui com o IFQA, que apresenta uma relação monotonicamente decrescente com o IQA e, portanto, apresenta relação direta com o IPAS.

---

<sup>6</sup> Ambientes Lênticos correspondem a ambientes aquáticos de águas paradas, como por exemplo, lagos, lagoas, açudes, pântanos (ESTEVES, 2011).

O Índice em Função da Qualidade da Água obedece a uma relação inversa do IQA, como previamente referenciado, de modo que, quanto pior a qualidade da água, maior será prioridade de ação sobre o açude. O IFQA é calculado por meio da equação (8).

$$\text{IFQA} = 1 - \text{IQA}/100 \quad (8)$$

## Índice de Capital Social - ICS

Nas comunidades rurais a participação popular – seja em projetos, seja na formulação de políticas públicas em saneamento – é uma prática que deve ser estimulada tendo em vista que a população deve protagonizar as ações e políticas. Segundo Sousa (2003), um ambiente harmônico dotado de confiança mútua e interesse coletivo fortalece os atores sociais e propicia condições favoráveis a enfrentamentos e superação das dificuldades. No caso da tecnologia Fossa Verde, seu uso e manuseio devem ser realizados pela família favorecida, de tal maneira que propicie elevada eficácia. Com base nisso, foi incorporado ao IPAS um índice que tentasse mensurar o grau de organização e participação coletiva nas comunidades. Adotou-se o Índice de Capital Social – ICS – que consiste em um conjunto de características da organização social e que engloba as redes de relações, normas de comportamento, valores, confiança, obrigações e canais de informação, tornando possível a tomada de ações de colaboração que resultam no benefício de toda a comunidade.

Para o cálculo do Índice de Capital Social – ICS – consideraram-se variáveis indicativas da organização social, como participação dos assentados em associações, sindicatos etc. atribuindo-se valores de 0 a 1, com objetivo de avaliar o engajamento dos moradores e de suas famílias com a coletividade. O ICS é calculado com base na equação (9), na qual  $E_{ij}$  correspondem aos escores do *i-ésimo* indicador obtido pelo *j-ésimo* entrevistado; 'n' é o número de entrevistados. Os indicadores do capital social e seus respectivos escores encontram-se explicitados na Tabela 17.

$$\text{ICS} = (1/6) \cdot \sum_{i=1,6} \left\{ (1/n) \cdot \sum_{j=1,n} [E_{ij}/\text{máximo}(E_{ij})] \right\} \quad (9)$$



**Tabela 17.** Indicadores que compõem o Índice de Capital Social (ICS). O ICS corresponde à média aritmética dos indicadores.

<b>Indicador / categoria</b>	<b>Escore</b>
As pessoas se interessam mais pelo seu bem-estar e de suas famílias, e não se preocupam muito com o bem-estar da comunidade (E <sub>1</sub> )?	
Não	1,0
Sim	0,0
A comunidade reconhece a presença de uma liderança (E <sub>2</sub> )?	
Não	0,0
Sim	1,0
Participa das reuniões da associação (E <sub>3</sub> )?	
Não	0,0
Sim	1,0
Apresenta sugestões nas reuniões (E <sub>4</sub> )?	
Não	0,0
Sim	1,0
Todas as decisões são apreciadas e votadas nas reuniões (E <sub>5</sub> )?	
Não	0,0
Sim	1,0
Já foi prejudicado por alguma decisão tomada nas reuniões (E <sub>6</sub> )?	
Não	1,0
Sim	0,0

## Resultados e Discussão

O acesso à salubridade que o saneamento promove é de direito de todos e de responsabilidade do poder público. No entanto, ações pontuais podem ser realizadas com a participação comunitária promovendo o bem estar das populações de comunidades rurais isoladas. A Tabela 18 apresenta a hierarquização dos doze açudes que abastecem as treze comunidades do assentamento, conforme o Índice de Priorização de Áreas para o Saneamento. A hierarquização não representa a exclusão de comunidades quanto aos benefícios do saneamento, no entanto, auxilia na identificação das áreas que são mais vulneráveis a problemas de saúde pública, ocasionados pela degradação das águas de abastecimento.

No IVA, 66% dos valores ficaram acima da média (0,50), o que denota a função estratégica desses reservatórios para o desenvolvimento de atividades e fixação do homem no Assentamento 25 de Maio. A comunidade que apresentou o maior IVA foi Mel e o menor foi Maracajá. Controlar fontes difusas de poluição numa bacia hidrográfica demanda ações complexas e um programa de gestão do uso e da ocupação do solo com participação de todos. No entanto, a eliminação das fontes pontuais de poluição através de ações de esgotamento sanitário é uma forma comprovadamente eficaz.

O açude que apresentou a maior concentração de nutrientes estimados foi Perdição, sendo prioritário em relação a intervenções, de acordo com o ICC. Os açudes Logradouro e Raiz apresentaram as menores concentrações de nutriente. Os valores de IFQA ficaram entre 0,3 e 0,6. O açude que apresenta prioridade é Tanques. Este possui volume de 20.000 m<sup>3</sup> e seca totalmente todos os anos, sendo utilizado pela comunidade para lavagem de roupa e dessedentação de animais. O açude com menor índice de prioridade foi o açude Agreste. Em relação ao Índice de Capital Social, observou-se que a média encontrada para o assentamento foi de 0,713, apresentando um nível médio de integração social entre os moradores do assentamento. A comunidade do assentamento que apresentou o maior índice (0,808) foi Perdição e a comunidade do Quieto apresentou o menor índice (0,540). Para Mayorga *et al.* (2004), comunidades com maiores níveis de capital social são mais propensas a se desenvolverem do que as demais. Isso se deve ao benefício que surge do acúmulo de articulações sociais e ao grau de organização da sociedade, gerando melhorias na qualidade de vida da população e criando alternativas para superar os problemas existentes na região.

Sabendo-se que os extremos do IPAS são 0 (menor prioridade) e 1 (maior prioridade), os valores em torno da média demonstram uma preocupação quanto ao engajamento da população à aceitação e participação em projetos que visam melhorias e que contam com a participação de toda a comunidade para serem eficientes. A experiência do Projeto Fossa Verde no A25M confirma o índice. Dificuldades de mobilização e participação

dos moradores nas fases do projeto foram encontradas. O indicador mais representativo e crítico na formação do ICS foi o referente à indagação se as pessoas se interessam mais pelo seu próprio bem-estar do que pelo bem estar da comunidade. Esse resultado é preocupante, uma vez que denota uma fragilidade de um indicador tão importante para a composição desse índice, consoante a ações que priorizem o bem-estar coletivo. Para o IPAS, os índices com maior representatividade foram o de capital social e o de valorização dos açudes, com participação de 41% e 21%, respectivamente. O índice com menor participação no IPAS foi o índice de contribuição de cargas.

**Tabela 18.** Índice de Priorização de Áreas para Saneamento Rural – IPAS – e indicadores calculados para o A25M.

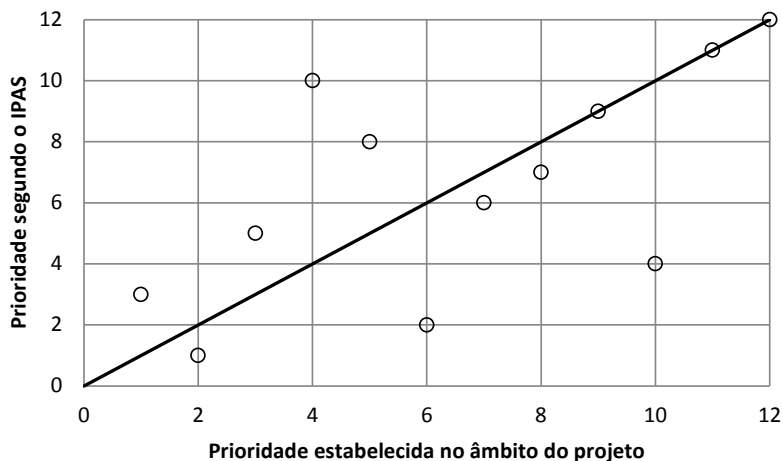
<b>Comunidade/ácuide</b>	<b>IVA</b>	<b>ICC</b>	<b>IQA</b>	<b>ICS</b>	<b>IPAS</b>	<b>Hierarquia</b>
Agreste	0,333	0,117	0,315	0,750	0,379	9º
Logradouro	0,167	0,025	0,426	0,702	0,330	11º
Maracajá	0,000	0,139	0,364	0,750	0,313	12º
Mel	0,938	0,157	0,415	0,744	0,563	1º
Nova Vida	0,667	0,027	0,461	0,738	0,473	4º
Paus Branco	0,667	0,019	0,439	0,755	0,470	5º
Perdição	0,667	0,227	0,398	0,808	0,525	2º
Quieto	0,667	0,063	0,389	0,540	0,415	8º
Raiz	0,333	0,021	0,414	0,667	0,359	10º
São Joaquim	0,667	0,083	0,456	0,638	0,461	6º
São Nicolau	0,716	0,028	0,467	0,574	0,447	7º
Tanques / Paus Ferro	0,632	0,055	0,528	0,702	0,479	3º

Segundo o IPAS, a comunidade a ser priorizada, em virtude das suas vulnerabilidades ambientais e da importância que o açude representa para a comunidade do entorno, é o açude Mel, um microrreservatório construído em 2006 e principal fonte de água para comunidade homônima. Suas margens estão quase desprotegidas pela ausência de mata ciliar, o que contribui para o carreamento de sedimentos e poluentes para dentro do açude, que tem múltiplos usos. Seus principais agentes degradadores de qualidade de água são o gado bovino e o destino inadequado do esgoto domiciliar das residências de seu entorno. Na comunidade Perdição, segundo lugar na priorização, observou-se que algumas repostas referentes ao ICS não condizem com a realidade observada na comunidade. Essa comunidade foi contemplada apenas com uma fossa verde, mesmo assim a comunidade demorou a efetivar a operação do módulo.

A comunidade ao redor do açude Tanques é Paus Ferro, a 3ª em ordem de hierarquia segundo o IPAS. No entanto, Paus Ferro foi a comunidade mais organizada e a que mais se empenhou na implantação dessa alternativa de saneamento rural, em função da conscientização de seus moradores referente à conservação da qualidade da água. Nessa comunidade foram construídas dezoito (18) fossas e todas se encontram funcionando de acordo com as recomendações do projeto. Vale ressaltar que essa comunidade é a que mais tem problemas quanto ao abastecimento de água, uma vez que, o açude mais próximo se encontra eutrofizado, e os poços com águas salinizadas.

A quarta prioridade apontada pelo IPAS foi a comunidade Nova Vida. Contudo, a comunidade não conseguiu assimilar a importância da tecnologia fossa verde como uma alternativa viável para saneamento. Diante disso, tal comunidade foi contemplada com apenas um módulo na escola, e mesmo assim, muitas dificuldades na construção foram verificadas. Na comunidade Paus Branco, quinto lugar na hierarquia houve, no início boa receptividade à tecnologia disseminada. Sendo assim, foram construídas doze fossas verdes nas residências do entorno do açude Paus Branco. Porém, na etapa da construção ocorreu atraso na obra em virtude da falta de motivação das famílias contempladas.

As comunidades de São Nicolau e São Joaquim, segundo o IPAS, ficaram em sexta e sétima posições de hierarquia respectivamente. Essas comunidades não demonstraram interesse e ambas receberam apenas uma fossa cada. O IPAS priorizou em oitavo lugar a comunidade de Quieto. No entanto, a comunidade foi contemplada com nove fossas em razão do seu interesse com a tecnologia e por estar situado na localidade o maior reservatório do assentamento. As demais comunidades apresentaram compatibilidade entre o índice e as condições observadas pela equipe do projeto (Figura 20). Eliminando os extremos mais discordantes que foram Nova Vida e Raiz, o coeficiente passa para 0,70. O IPAS apresentou um bom desempenho sendo necessários ajustes que melhorem sua eficiência, no entanto, representa um instrumento eficaz no direcionamento de investimentos na área de saneamento rural. Em penúltimo ficou o açude Logradouro. Por ser o açude denominado *Paus Ferro* distante 3 km da comunidade mais próxima, essa fonte hídrica tem sido subutilizada.



**Figura 20.** Comparação da priorização de intervenção para o saneamento rural segundo método participativo (projeto Fossa Verde) e segundo o índice IPAS. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi de 0,39. A exclusão das duas comunidades com pior correlação (Raiz e Nova Vida) faz com que  $R^2$  se eleve para 0,73.

## Conclusão

O Índice de Priorização de Áreas para Saneamento Rural IPAS constituiu-se em uma ferramenta de grande potencial estratégico na formulação de políticas públicas de saneamento rural, na qual a participação da comunidade é imprescindível para a melhoria da saúde local e para a preservação do meio ambiente. Em relação ao observado no A25M, houve aceitável concordância entre o índice e o trabalho de implantação dos módulos de fossa verde. Além disso, os índices que compõem o IPAS auxiliam a identificação dos problemas centrais em cada comunidade e/ou manancial.

# Parte II

**Tecnologia social de saneamento rural 'Fossa Verde'**



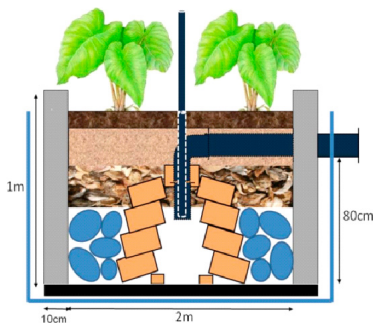


## 9. Tecnologia social 'Fossa Verde': da teoria à prática

Christine Farias Coelho, Mário Cesar Wiegand, Paulo Sérgio do Carmo Belo, Antônio Cleidson de Almeida e Silva, Cicero Lima de Almeida e Filipe Brito de Araújo

### Histórico

A tecnologia Fossa Verde consiste na construção de uma vala de alvenaria impermeabilizada, com dimensões variáveis, apresentando uma estrutura interna em forma de câmara onde os furos dos tijolos ficam inclinados. O esgoto é direcionado para dentro da câmara e em seguida passa a escoar para a parte externa dessa estrutura, preenchida por camadas de materiais porosos que servem como filtro, tais como entulho, casca de coco e material terroso, onde são cultivadas as plantas (GALBIATI, 2009, ver Figura 21). Esse processo enquadra-se na categoria de biorremediação vegetal<sup>7</sup> e surge como uma alternativa de tratamento de efluente domiciliar, onde a água e os compostos nutricionais provindos do esgoto são reaproveitados pelas plantas.



**Figura 21.** Desenho esquemático da seção transversal de um módulo de fossa verde.

<sup>7</sup> Biorremediação é o processo no qual organismos vivos (plantas e/ou microorganismos) são utilizados tecnologicamente para remover ou remediar poluentes no ambiente (ver GAYLARDE; BELINASSO; MANFIO; 2005).

A digestão anaeróbica, associada ao canteiro séptico, consome a matéria orgânica proveniente do dejetos domiciliares em conjunto com a ação de microrganismos aeróbicos na zona de raízes das plantas. A água é evapotranspirada e usada de modo consuntivo pela vegetação em elevadas taxas no semiárido (e.g. GAISER *et. al.*, 2003). A principal vantagem desse sistema alternativo é a destinação adequada do efluente doméstico, que muitas vezes é depositado a céu aberto, proliferando insetos e disseminando vetores patogênicos. O sistema Fossa Verde é também conhecido como canteiro biosséptico ou bacia de evapotranspiração (BET). Os módulos (MFV) construídos no A25M constituem um projeto-piloto para o semiárido nordestino. Entretanto, a fossa verde não é novidade no Ceará: conforme a Fundação Brasil Cidadão (2009) e Soares (2009), essa técnica alternativa de esgotamento sanitário foi implantada em comunidades pesqueiras no município de Icapuí em 2008, por intermédio do Projeto “De Olho na Água”, contemplando 200 famílias.

Ressalta-se também que a fossa verde está inserida dentro dos princípios da Permacultura (ou Cultura Permanente), pois esta prioriza a integração homem-natureza, a reutilização de materiais e a retirada do sustento da Terra ao mesmo tempo de alimentá-la. O termo “Permacultura” foi originalmente proposto por Bill Mollison e David Holmgren na década de 1970, a partir da contração das palavras *permanente* e *agricultura*; a concepção remete ao resultado de um manejo sustentável e ético da terra (HOLMGREN, 2004; MOLLISON, 1991). Associado à sabedoria popular tradicional, a permacultura adota os princípios da Ecologia, e a sua abordagem sistêmica pode orientar novas trajetórias, pois gera respostas dinâmicas, criativas e eficientes para a sustentabilidade planetária (GRANJEIRO, 2011). A ideia original do canteiro biosséptico é atribuída ao permacultor estadunidense Tom Watson (GABIALTI, 2009; PAMPLONA; VENTURI, 2004). Sistema semelhante é adotado pelo também permacultor estadunidense Scott Pittman e adaptado em projetos implantados por núcleos de práticas permaculturais, como o IPEC (Instituto de Per-

macultura e Ecovilas do Cerrado)<sup>8</sup>. Além dos Estados Unidos, há registros de tanques de evapotranspiração na Espanha, Roma e Grécia (LARSSON, 2003). Uma variação do sistema biossético é apresentada por Mandai (2006), onde o esgoto é destinado para dentro de um “tubo” formado por pneus, substituindo a pirâmide de tijolos no canteiro. Nota-se que a bibliografia disponível sobre a fossa verde e suas variações é mais de caráter de divulgação de projetos de extensão que de caráter científico.

Para Erthal *et al.* (2010), o reuso de efluentes na agricultura baseia-se na capacidade depuradora do sistema solo-planta que utiliza de mecanismos físicos, químicos e biológicos de remoção dos poluentes contidos nas águas residuárias. Conforme Furtado e Koenig (2008), a utilização de dejetos humanos para fertirrigação<sup>9</sup> é muito antiga em países do sudeste asiático, principalmente na China. Na Europa, os primeiros registros desse método remontam a meados do século XIV na Alemanha e Escócia. O sistema fossa verde também perpassa o conceito de Saneamento Ecológico, pois contempla processos naturais de degradação microbiana da matéria orgânica, mineralização de nutrientes, absorção e evapotranspiração pelas plantas. Portanto, a lógica subjacente à fossa verde corresponde a uma abordagem baseada no ecossistema, valorizando a reciclagem de água e nutrientes presentes nas excretas humanas (ESREY *et al.*, 1998). Além do mais, o canteiro biossético considera a proteção dos recursos hídricos pelo não lançamento do esgoto – tratados ou não – nos cursos de água (GABIALTI, 2009; PINHEIRO, 2011).

A presente proposta constitui uma experiência piloto inovadora no semiárido nordestino. O sistema de esgotamento sanitário aqui abordado vem ao encontro da carência no setor de saneamento rural e constitui uma tecnologia alternativa adaptada à realidade das populações assentadas em áreas de reforma agrária, bem como à situação do semiárido, cuja escassez hídrica é reconhecida. Observa-se que já existem técnicas voltadas para a

---

8 ECOCENTRO IPEC é uma ONG sem fins lucrativos, com sede em Pirenópolis (GO), que oportuniza experiências educativas e busca soluções sustentáveis para mitigar problemas na sociedade. Fonte: <http://www.ecocentro.org/> (acesso em: Set/ 2010).

9 Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), fertirrigação é uma técnica de aplicação simultânea de fertilizantes e água através da irrigação. (<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/>).

conservação da água. De modo inclusivo, as comunidades podem planejar as suas ações para sistemas simplificados de reuso de água, como é o caso dos MFV. Sistemas semelhantes de tratamento de esgoto são reconhecidos e disseminados em diversas regiões, porém as comprovações científicas encontradas na literatura são escassas. No âmbito das atividades previstas aqui relatadas, a pesquisa-intervenção no A25M tem dado especial atenção à elucidação dos parâmetros técnicos, a fim de que o sistema fossa verde atenda de forma satisfatória os valores de eficiência requeridos à proteção da saúde pública e à preservação ambiental. Conclui-se também que a cidadania tem se fortalecido através do diálogo entre diferentes saberes (acadêmicos e populares), envolvendo um regime social mais amplo e provocando alterações nas normas socioculturais.

## **Aspectos construtivos dos módulos de Fossa Verde**

Inicialmente buscou-se em Icapuí, onde já havia uma concreta experiência com essa tecnologia social, um pedreiro com experiência na construção de fossas verdes. O objetivo era realizar um treinamento de capacitação com os pedreiros do Assentamento. Contudo, esse treinamento não foi realizado satisfatoriamente. Assim, nesse primeiro momento aconteceu apenas uma troca de experiência profissional entre os pedreiros a partir da análise dos desenhos da fossa. Posteriormente, em uma segunda capacitação, levamos um vídeo disponibilizado pelo Projeto de Olho na Água na Internet e o passamos para seis (06) pedreiros da localidade que participaram. Realizada a capacitação, o passo seguinte foi construir (conforme decisão dos gestores do projeto junto com a comunidade) uma fossa verde em cada comunidade, mais precisamente, nos equipamentos públicos, como escolas e postos de saúde. Nesse caso, seriam construídas 13 fossas verdes na primeira etapa. Porém, em algumas comunidades, devido à inexistência de tais instituições, as fossas foram construídas em residências eleitas de comum acordo com a comunidade (Quieto, Vila Angelim e Raiz) ou não foram construídas (Comunidade Caiçara), ver Figura 22.



**Figura 22.** Módulos de Fossa Verde construídos no A25M em 2010: [a] em Posto de Saúde da comunidade Paus Branco; [b] em uma residência na comunidade de Quietão, contíguo a uma fossa antiga desativada.

Na segunda etapa do projeto foram visitadas as residências onde seriam instaladas as fossas verdes e escolhidos os locais para abrir as trincheiras, os quais eram marcados com varas fincadas no solo sendo, ainda, georeferenciados com GPS. Após a abertura das trincheiras, efetuou-se a medição dos encanamentos necessários.

Aquisição do material e distribuição. Após as medições, o material solicitado foi distribuído ao longo das casas, ou em lotes, de modo que fiquem equidistantes das casas, facilitando assim o seu transporte e manuseio. Posteriormente, os moradores então, transportam o material para o local mais próximo da construção da fossa, nas quantidades pré-estabelecidas nas medições e de acordo com o padrão.

Atividades pré-construção. A trincheira deverá ser bem nivelada e ter profundidade adequada, no mínimo 0,80 m em relação ao cano de entrada do esgoto. As dimensões da trincheira devem extrapolar as medidas solicitadas para que haja folga entre as paredes de tijolos e a trincheira, para facilitar o trabalho no nivelamento e reboco. Os tijolos devem estar próximos à trincheira e a massa já preparada ou com os materiais e a água prontos para misturar (Figura 23).



[a]

[b]



[c]

[d]

**Figura 23.** Método construtivo da ‘caixa’ de um módulo de fossa verde: [a] escavação da trincheira; [b] limpeza e nivelamento da trincheira; [c] preparação da massa; [d] impermeabilização do fundo e construção das paredes.

Materiais utilizados e quantidades. A Tabela 19 ilustra os materiais utilizados na construção dos Módulos de Fossa Verde, bem como suas respectivas quantidades conforme o seu tamanho.

**Tabela 19.** Relação de materiais utilizados e suas respectivas quantidades na construção de Módulos de Fossa Verde nos tamanhos “padrão” e “grande”

Material utilizado	Unidade	Quantidade		Observação
		Padrão	Grande	
Tijolo furado	Um	268	380	Com oito furos
Cimento	Saco	3	4	Saco c/ 50kg
Areia grossa	Lata 18L	12	14	Mistura massa* p/ base
Areia fina	Lata 18L	24	28	Mistura massa** p/ paredes e reboco
Canos e conexões***	-	-	-	Dimensões variadas: 20, 40 e 100 mm

\*Massa para a base na relação de 3/1 (três de areia grossa e uma de cimento);

\*\*Massa para as paredes e pirâmide na mesma relação, mas com areia fina (areia grossa peneirada), acrescentando-se um pouco de arisco (1/3) para dar maior liga;

\*\*\* Variável com a distância e a posição da fossa em relação à casa.

Etapas de construção. 1. Escolha do local e abertura da trincheira; 2. Nivelamento da trincheira e limpeza dos resíduos; 3. Umedecimento da base da trincheira para receber a massa, disposta a partir de uma linha estendida entre tijolos nivelados, nos quatro cantos da trincheira; 4. Erguimento das paredes com a base ainda fresca para garantir maior união. As paredes devem ficar acima do nível do solo (aproximadamente 15 cm), para que não ocorrer inundação pelo escoamento das águas da chuva; 5. Reboco das paredes e levantamento da pirâmide com três a quatro fileiras de tijolos, dependendo da profundidade e nível em relação à saída do esgoto; 6. Montagem do suspiro e encanamentos de água do banho, pias e esgoto doméstico; 7. Enchimento da trincheira com camadas de entulho (pedras, tijolos e telhas quebrados), coco seco, terra e material orgânico; 8. Plantio de mudas de bananeiras e/ou outras plantas de grande área foliar e não muito pequenas, com quantidades que variam de acordo com o tamanho e usos da fossa.



Tempo gasto na construção. 1. Com a massa já preparada, tijolos próximos a trincheira, um pedreiro e um auxiliar: fossa pequena (1,5 m x 2,0 m) gasta-se em média, 6 horas; fossa grande (2,0 m x 3,0 m) gasta-se em média 10 horas; 2. Sem a massa estar preparada, mas com tijolos próximos, 1 pedreiro e 1 auxiliar: fossa pequena se gasta em média, 8 a 9 horas; fossa grande se gasta em média 13 horas; 3. Com a massa já preparada, tijolos próximos à trincheira, dois pedreiros e dois auxiliares, pode-se construir uma fossa grande em média de 3,5 a quatro horas.

Problemas detectados na construção. Solos rasos, rochosos, dificultando a escavação; local para instalação da fossa muito distante do banheiro ou da casa, em virtude do afloramento rochoso ou do banheiro se encontrar afastado da casa; fossas antigas cheias e/ou com vazamento; falta de nivelamento do fundo da trincheira causando um gasto extra de tempo e cimento para retificação; trincheira com pouca profundidade em relação ao desnível da saída do sanitário; fossas antigas muito próximas à parede, exigindo o uso de muitas curvas; banheiros e pias construídos em lados opostos da residência, consumindo muitos metros de canos; dificuldade de obtenção de matéria prima, como areia para massa e coco seco; enchimento da fossa com material diferente do recomendado (bagaço de mamona); cercas de proteção muito próximas das fossas e construídas com rede de nylon (galão), provocando a morte de animais que ficam presos ao tentarem entrar (Figura 24).



[a]



[b]



[c]



[d]

**Figura 24.** Fotos de problemas ocorridos na construção e/ou na operação dos módulos de fossa verde: [a] Fossa antiga, cheia e transbordando; [b] cano da pia e do sanitário em lados opostos; [c] cerca inadequada de proteção de nylon, que causou problemas com animais pequenos; [d] mudas plantadas na posição errada (no centro, sobre a pirâmide).

Problemas detectados depois da construção. Entrada em funcionamento antes do enchimento completo e/ou do plantio das bananeiras; Vazamento nas paredes laterais (sementes presentes na areia e que explodem ao germinar com a umidade); Subdimensionamento das fossas em relação à quantidade de águas que entram no sistema, provocando afloramento; Fossa de algumas casas apresentando um odor fétido nas pias; Acúmulo de água no banheiro, durante o banho, por falta de declividade no encanamento; Bananeiras devoradas pelos animais domésticos por falta de proteção; Número de bananeiras insuficientes ou plantadas em local inade-

quado; Demora no enchimento e plantio das mudas, e consequentemente ligação dos encanamentos; Enchimento das fossas até a borda com terra ou adubo, tornando mais demorado e difícil o contato da água com o sistema radicular da planta; Bordas muito rente ao solo, com risco de inundação por escoamento superficial no período de chuvas.

Consoante às etapas de construção, apesar da capacitação realizada com os pedreiros, verificou-se a necessidade de um acompanhamento constante e sistemático do processo desde a escavação das trincheiras até o plantio das mudas. Entretanto, mesmo explicando aos moradores que receberam o Módulo de Fossa Verde que estes deveriam zelar por sua fossa, em muitos casos foram necessários, ao retornar a estas moradias para avaliação dos módulos, repetir tal orientação. Observou-se que muitos moradores simplesmente não realizavam os cuidados básicos com o Módulo de Fossa Verde e, por consequência, acabavam comentando que o mesmo não funciona a contento.

## **Dimensionamento e custos de módulos de Fossa Verde**

Os módulos fossa verde implantados no A25M foram construídos nas escalas padrão ( $2 \times 1,5 \times 1 \text{ m}^3$ ) e grande ( $3 \times 2 \times 1 \text{ m}^3$ ), baseados no modelo desenvolvido nas comunidades pesqueiras de Icapuí, Ce, por intermédio do Projeto De Olho na Água (FUNDAÇÃO BRASIL CIDADÃO, 2009). A medida padrão foi prevista para uma casa familiar média, com seis pessoas; e a escala grande foi adotada para os sistemas que possuem maior demanda de efluente doméstico como, por exemplo, os equipamentos sociais (escolas, postos de saúde e padaria comunitária). A estimativa inicial de custo do canteiro biosséptico foi de R\$ 700,00 (setecentos reais) por módulo, tendo sido planejada a implantação de cinquenta módulos no A25M. Entretanto, dado o modo participativo de construção e a busca contínua de economia dos recursos públicos do projeto, foi possível construir 70 (setenta) unidades biorremediadoras de esgoto. Entre esses módulos, foi implantado um canteiro 'controle' na Escola do Campo (co-

munidade Quieto) e dois módulos de fossa séptica como preconizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e detalhado adiante. As relações de materiais e quantidades utilizadas para a construção dos módulos de fossa verde encontram-se na Tabela 19.

O tempo gasto na construção do MFV pode variar de acordo com o nivelamento da base, tamanho da estrutura, preparação dos materiais (massa de cimento, por exemplo), além da experiência no serviço dos pedreiros e auxiliares. No A25M, o tempo médio gasto na construção dos canteiros foi de 6h, trabalho esse realizado por dois homens e referente somente à etapa de alvenaria, ou seja, excluído o tempo para a escavação da trincheira e para o enchimento e plantação das culturas. O dimensionamento sugerido para a construção dos canteiros no A25M não se apresentou adequado em todas as situações: para as comunidades abastecidas com água encanada, o esgoto extravasou devido ao maior consumo de água, ou seja, a estrutura do sistema foi subdimensionada. Entretanto, nos locais onde o dimensionamento das fossas verdes está condizente com o volume de esgoto produzido, foi observado o não extravasamento e a ausência de refluxo do efluente em dias normais ou mesmo com ocorrência de precipitação pluviométrica.

Nos casos de subdimensionamento, o volume de efluente extravasado é reduzido, se comparado ao volume que seria infiltrado no solo no caso do uso do sistema de fossa negra. Todavia, as atividades previstas pela equipe técnica do Projeto Fossa Verde contemplam a avaliação e adequação dos parâmetros técnicos com o intuito de tornar o MFV uma tecnologia social eficiente e confiável para replicação. Segundo Naghettini (2006), as equações aplicadas aos estudos de bacias hidrográficas podem ser modificadas para representar o balanço hídrico de um reservatório, trecho de um rio, ou mesmo de uma superfície impermeável, desde que os termos pertinentes sejam considerados (precipitação, evaporação, transpiração e infiltração). Portanto, a determinação dos parâmetros de dimensionamento MFV baseou-se na relação dos fluxos médios de água que entram e que saem do

sistema, definidos no volume sistêmico, durante um intervalo de tempo. Descreve-se as seguintes etapas: consumo de água; contribuição de esgoto; coeficiente de retorno; e proposta de dimensionamento para o MFV.

## Consumo de água nas residências rurais

Sabe-se que o consumo per capita de água varia, sobretudo, de acordo com a disponibilidade e acesso à água. Por esse motivo, quanto mais consistentes são as informações acerca do consumo de água por habitante, mais coerentes serão as especificações técnicas para a construção de sistemas individuais de esgotamento sanitário, e o mesmo se aplica para o canteiro biosséptico. Por meio de medições de água realizadas nos domicílios do A25M, avaliou-se que o consumo per capita encontrado foi  $100 \text{ L.dia}^{-1}$  para comunidades que possuem água encanada e, no caso das residências que utilizam a água coletada através de baldes, o consumo médio avaliado foi de  $40 \text{ L.dia}^{-1}$  (ver também PINHEIRO, 2011).

Na busca por uma maior consistência nas informações relacionadas ao consumo médio por habitante, optou-se pela repetição da pesquisa de forma mais intensa. Essa investigação (Figura 25) ocorreu durante sete meses (setembro de 2011 a março de 2012) e teve como estudo de caso duas residências: uma com abastecimento de água (R1, na comunidade Quietos) e outra localizada em uma comunidade que não possui o serviço de água encanada (R2, em Paus Ferro). Cada casa tem sete moradores fixos. No primeiro caso, o consumo per capita foi baseado nas leituras da conta de água do Serviço de Abastecimento de Água do Quietos (SAAQ) no período de setembro de 2011 a março de 2012. Nessa etapa da investigação, o valor médio encontrado em R1 foi de aproximadamente  $50 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ , equivalendo a apenas 50% do consumo de água estimado anteriormente. Portanto, esse valor é inferior aos das demais casas do A25M que possuem abastecimento de água. A Tabela 20 representa os resultados mensais do consumo de água per capita encontrados em R1.

**Tabela 20.** Consumo de água em residência rural com água encanada.

<b>Mês de referência (2011/2012)</b>	<b>Leitura (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Dias</b>	<b>Número de habitantes (média)</b>	<b>Consumo de água (L.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>)</b>
Setembro	7,63	30	7,0	36,4
Outubro	7,78	31	7,0	35,9
Novembro	7,86	30	5,0	52,4
Dezembro	7,94	31	9,5	45,1
Janeiro	8,06	31	5,6	47,7
Fevereiro	7,53	29	5,1	50,5
Março	7,00	31	5,0	45,2

Na residência que não possui o serviço de água encanada (R2) foi aplicado o método de observação participante, em que os moradores participaram de todo o processo investigativo. Através da pesquisa participativa (em dois dias inteiros, não consecutivos), o consumo hídrico médio foi estimado em 31 L.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>. Essa informação corrobora com o valor descrito na literatura e mensurado anteriormente no A25M (PINHEIRO, 2011; WIEGAND *et al.* 2011). Nesse caso, a observação participante foi relevante também para a coleta de informações a respeito dos hábitos locais relacionados aos usos da água. No período da pesquisa, a principal fonte de água destinada para usos gerais é um barreiro localizado a 15 metros da residência. O consumo per capita estimado por finalidade de uso por dia pode ser visualizados na Tabela 21.

**Tabela 21.** Consumo de água em residência rural sem água encanada.

<b>Finalidade</b>	<b>L.dia<sup>-1</sup></b>	<b>Observações</b>
Lavagem de roupa	36	Lavagem parcial da roupa; a água do enxágue foi reaproveitada para lavagem do terraço. A maior quantidade de roupa foi lavada no barreiro próximo à casa, não sendo computada aqui.
Beber e cozinhar	80	Enchem o recipiente com capacidade para 40 litros por duas vezes ao dia.
Lavagem de louça	72	Duas lavagens por dia, cada uma gasta em média 36L /dia. Tem 2 pias e em uma delas a água escoo e cai em um balde; devido aos restos alimentares e gordura, esta água não é lançada na privada e sim é reutilizada para regar as plantas do quintal.
Banho das crianças (idade entre 3 e 6 anos)	18	A casa tem quatro crianças que normalmente tomam cerca de 3 banhos / dia. Contudo, neste período, elas tomam apenas um banho diário na casa e eventualmente se banham no barreiro próximo a casa. Um balde de água com capacidade de 18 litros é usado no banho das crianças, eu é coletivo e guiado por um dos adultos.
Banho do morador x	9	Geralmente ele toma três banhos diários, utilizando 9 litros de água por banho. Porém, neste período de escassez hídrica, ele toma apenas um banho/dia.
Banho dos demais adultos	87	Neste período, todos tomam apenas um banho diário. Apenas um dos adultos utiliza um balde com capacidade de 15 litros, os demais precisam de um balde com capacidade de 18 litros.
Privada	28	Apenas três adultos da casa utilizam comumente a privada. A exceção é quando está chovendo, ou no período de estiagem quando está descampado; no caso das mulheres, elas utilizam mais no período menstrual. Uma delas afirma que não consegue se habituar a sentar na privada e sempre que a usa, precisa pisar no assento. Neste dia de observação, estimou-se a descarga com um balde de capacidade 7 L, por quatro vezes.
Limpeza da casa	6	Passar pano na sala e quartos. Esta atividade é realizada em dias alternados, com gasto médio de 6 L de água.
Total	336	Consumo diário de 30,55 L. dia <sup>-1</sup> (11 pessoas)



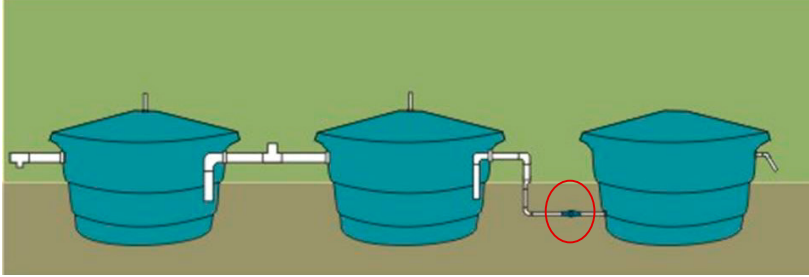
**Figura 25.** Formas de uso da água em residências desprovidas de sistema de abastecimento no sertão nordestino (residência R2, janeiro de 2012): [a] coleta da água por baldes; [b] lavagem de roupa.

## Contribuição de esgoto e coeficiente de retorno

A contribuição de esgoto é admitida de forma proporcional ao consumo de água. A emissão de efluente domiciliar em R1 e R2 foi estimada através do modelo de fossa séptica padronizada pela EMBRAPA e descrita por Novaes *et al.* (2002). Esse tipo de fossa (Figura 26) possui três reservatórios, o seu funcionamento é similar ao da fossa séptica (ABNT, 1993) e, ao final do tratamento, o esgoto é disponibilizado para irrigação de fruteiras. O modelo em questão, portanto, pode funcionar como uma fossa verde. Acoplado a esse modelo foi possível instalar um hidrômetro (hidraulicamente submerso) no cano que interliga o último reservatório do sistema. Dessa forma, foi possível mensurar a emissão contínua de esgoto domiciliar. As residências escolhidas (R1 e R2) apresentaram a declividade do terreno compatível com as exigências técnicas. Como já mencionado anteriormente, o que diferencia as duas residências é a fonte de água: em uma a água é encanada, na outra utiliza a água coletada através de baldes (Figura 25).



[a]



[b]



**Figura 26.** Sistema para medida de vazão de esgoto domiciliar. Acoplamento fossas sépticas modelo EMBRAPA com medidor. [a] Desenho esquemático (medidor em destaque); [b] foto de um sistema no A25M (outubro de 2011).

Vale destacar que a casa R2 não possuía aparelho sanitário. A instalação foi feita na ocasião de construção da fossa descrita acima, de forma que ambas as casas (R1 e R2) tenham as mesmas possibilidades para emissão da água negra. Por meio das leituras regulares nos hidrômetros medidores da vazão de efluente em R1 e R2 (Figura 26), tem a estimativa da produção de esgoto em cada situação (Tabela 22).

**Tabela 22.** Leituras realizadas nos medidores volumétricos de esgoto instalados em duas residências no A25M.

<b>Data</b>	<b>Residência com água na torneira (R1)</b>	<b>Residência sem água na torneira (R2)</b>
Set/2011	0,830 m <sup>3</sup> (leitura inicial)	-
Out/2011	2,950 m <sup>3</sup>	0,832m <sup>3</sup> (leitura inicial)
Nov/2011	Sistema com entupimento <sup>(*)</sup>	0,832 m <sup>3</sup>
Dez/2011	4,605 m <sup>3</sup>	0,848 m <sup>3</sup>
Jan/2012	6,261 m <sup>3</sup>	1,010 m <sup>3</sup>

<sup>(\*)</sup> O sistema foi desconectado para realização de desentupimento na encanação que interliga o hidrômetro.

A relação entre a vazão de esgoto produzido e a vazão de água consumida é denominada coeficiente de retorno (c). Este dado é parcialmente conhecido para áreas urbanas, porém não há relatos na literatura para áreas rurais. A presente pesquisa apresenta uma estimativa para o semiárido, considerando como estudo de caso R1 e R2. Vários foram os desafios e limitações encontrados ao longo de cada etapa, inclusive com entupimentos recorrentes na encanação que interliga os medidores volumétricos. Entretanto, considerando os dados mais representativos de consumo de água per capita e contribuição de esgoto obtidos em R1 e R2, sugere-se que o coeficiente de retorno para casa com água encanada seja de aproximadamente 30% em casas com água encanada e em torno de 10% nas residências que coletam a água através de baldes. É válido ressaltar que além da disponibilidade e acesso à água, os hábitos e os costumes locais podem interferir na relação consumo de água *versus* demanda de efluente. Apesar de as residências escolhidas apresentarem elementos representativos das demais famílias do A25M e semelhantes a outras unidades habitacionais de zonas rurais do Nordeste brasileiro, devem-se considerar as características relativas ao período em que a pesquisa foi desenvolvida (estiagem em um ano chuvoso).

## Balço hídrico do MFV e proposta de dimensionamento

Pinheiro (2011) propôs na sua dissertação de mestrado o dimensionamento do canteiro biossético baseada nas seguintes considerações: consumo médio de água per capita de 100 L.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> para as residências com abastecimento de água e de 40 L.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> para as comunidades sem água encanada, coeficiente de retorno conforme calculado acima e taxa de evapotranspiração média para a região de 6 mm/dia (ARAÚJO *et al.* 2006). Podendo ser observado na Equação (10).

$$A = (q.N.C_R)/U_C \quad (10)$$

A = área superficial do tanque (m<sup>2</sup>); q = consumo per capita de água (m<sup>3</sup>.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>); N = número de habitantes do domicílio; C<sub>R</sub> = coeficiente de retorno (-); U<sub>C</sub> = uso consuntivo da cultura (ou do *mix* de culturas) existente no módulo de fossa verde (m<sup>3</sup>.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>). Através da aplicação dessa fórmula, as áreas encontradas para os dois tipos de consumo e tomando por base a média de cinco pessoas por residências, foram de 67 m<sup>2</sup> e de 27 m<sup>2</sup>, podendo ter o seu comprimento e largura variando com a disponibilidade do terreno. A profundidade de 1m é condizente, em virtude da presença de afloramentos rochosos característicos da região. Aplicando os mesmos cálculos, porém assumindo os percentuais de coeficiente de retorno encontrados na etapa secundária dessa pesquisa (0,30 e 0,10, respectivamente para casas com e sem água encanada), os parâmetros de dimensionamento do MFV seriam de 25m<sup>2</sup> e 5m<sup>2</sup>.

Além dos dados referentes à vazão de efluente domiciliar, outras informações foram obtidas para a estimativa do balanço hídrico do sistema. Os dados de chuva diária foram obtidos da estação meteorológica de Madalena, de acordo com a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME ([www.funceme.br](http://www.funceme.br)). Os dados climatológicos (temperatura, pressão atmosférica, velocidade do vento, umidade relativa e índice de radiação) também foram obtidos através de medidas realizadas por essa instituição e correspondem aos dados da estação meteorológica de Pedras Branca, a mais próxima da área em estudo. Essas variáveis foram

utilizadas e aplicadas na equação Penman-Monteith (Chow *et al.*, 1986), assim, através de cálculos empíricos reconhecidos nos estudos hidrológicos, é possível estimar a evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ). Os dados climatológicos foram validados, no âmbito desta pesquisa, para a bacia na qual o A25M está inserido, através de medidas *in situ* de tanque evaporimétrico classe A, utilizando-se o coeficiente de correção (lago/tanque) 0,82. Um pluviômetro *ville de Paris* também foi instalado na área de estudo para confirmação dos dados pluviométricos. O uso consuntivo do sistema, ou seja, a quantidade de água que fica retida no MFV por determinado intervalo de tempo, vem sendo estimado através da alimentação controlada de água em uma fossa “controle”. Essa fossa, construída na Escola do campo (comunidade Quieto) para fins didáticos, não recebe afluentes domiciliares, mas sim água bruta através de um cano de PVC, conforme a Figura 27.



**Figura 27.** Módulo de fossa verde de controle, usada para avaliação do uso consuntivo da água, na Escola do Campo, Quieto, em outubro de 2011.

As atividades desenvolvidas no âmbito do projeto usaram o modelo de fossa preconizado pelo IPEC, entretanto, percebeu-se a necessidade de readequar os critérios de dimensionamento do sistema. O consumo per capita de água foi medido, de forma detalhada, em duas residências, uma com água encanada (R1) e outra sem água encanada (R2). Em R1 o consumo foi de  $50 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ , enquanto que em R2 esse valor foi 40% inferior ( $30,6 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ ). Esses valores diferem no âmbito do próprio assentamento, conforme levantamento realizado por Pinheiro (2011). Quanto à emissão

de esgotos, o coeficiente de retorno na zona rural demonstrou ser consideravelmente inferior aos medidos nas zonas urbanas: 30% em R1 e 10% em R2. A razão fundamental para essa diferença é a forma de uso da água no campo, onde a água é usada em grande parte para irrigação de quintal. Propõe-se, aqui, critério de dimensionamento dos módulos de fossa verde.

## Avaliação do desempenho dos módulos de Fossa Verde

No âmbito do projeto Fossa Verde foram implantados ao todo 70 unidades de tratamento de efluente domiciliar, sendo 67 MFV, um caneteiro ‘controle’, duas fossas preconizadas pela EMBRAPA. No entanto, o presente capítulo dará ênfase aos módulos construídos no período de fevereiro de 2010 a fevereiro de 2012, distribuídos nas agrovilas do A25M conforme apresentado na Figura 28. Esses foram instalados em diferentes espaços temporais e recebem diferentes tipos de manejo, de acordo com o tratamento dispensado pelas famílias beneficiárias.

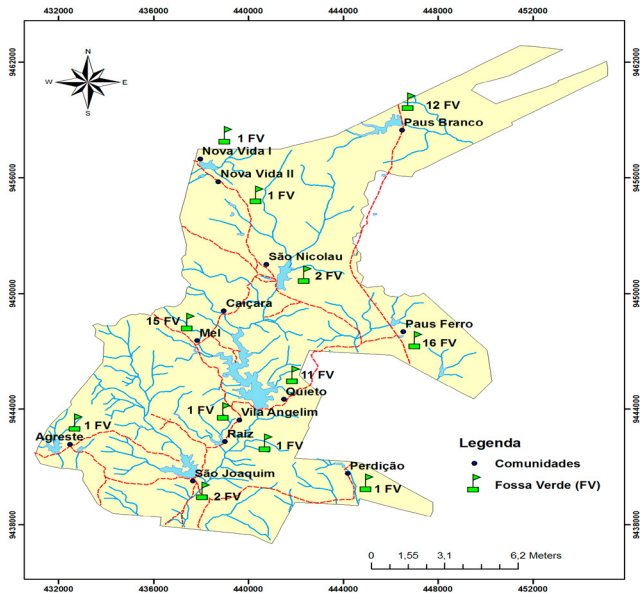
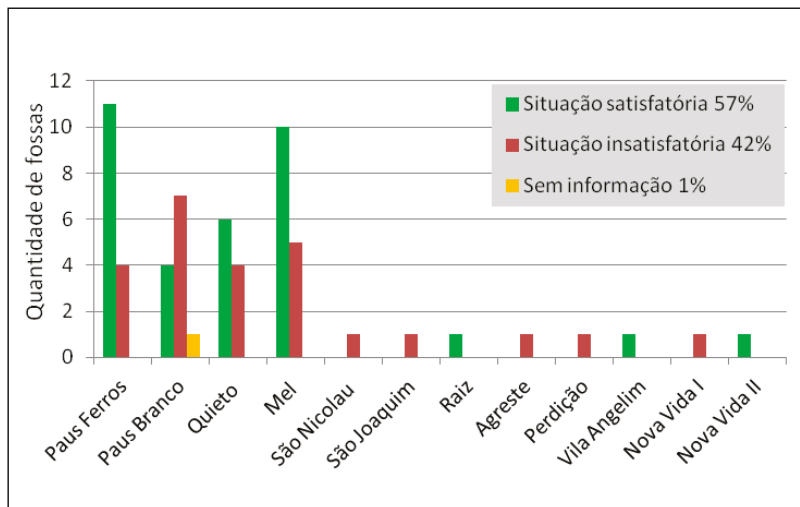


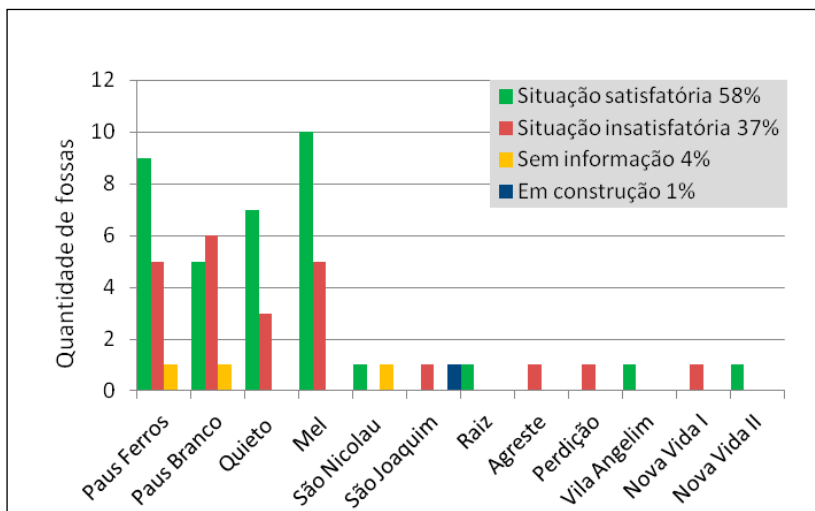
Figura 28. Mapa dos módulos de fossa verde construídos nas comunidades do A25M.

Desempenho técnico. A avaliação do desempenho foi obtida por meio da observação *in loco*, realizada em visitas regulares aos MFV do A25M. O critério “desempenho satisfatório” contempla os canteiros biossépticos em pleno funcionamento, com sistema interligado, recebendo efluente domiciliar e com o preenchimento de plantas. Entre as fossas que estão com desempenho insatisfatório, encontram-se as estruturas que apresentaram extravasamento da fossa por excesso de carga hidráulica, refluxo do esgoto para a residência e ocorrência de odor desagradável nas imediações. Nesse quesito, o principal entrave surgido foi o dimensionamento das fossas, pois foi observado que nas casas que possuem água encanada o esgoto extravasou devido ao maior consumo de água, ou seja, a estrutura do sistema foi subdimensionada. Isso ocorreu parcialmente em virtude da presença de afloramentos rochosos e do solo raso (característicos de regiões semiáridas), decorrendo em construção de fossas distantes e em locais inadequados (WIEGAND *et al.*, 2011). Todavia, à medida que os problemas surgiam, buscavam-se soluções para adequar ao funcionamento aceitável do sistema e, atualmente, apenas quatro fossas permanecem com problemas decorrentes da implantação da estrutura.

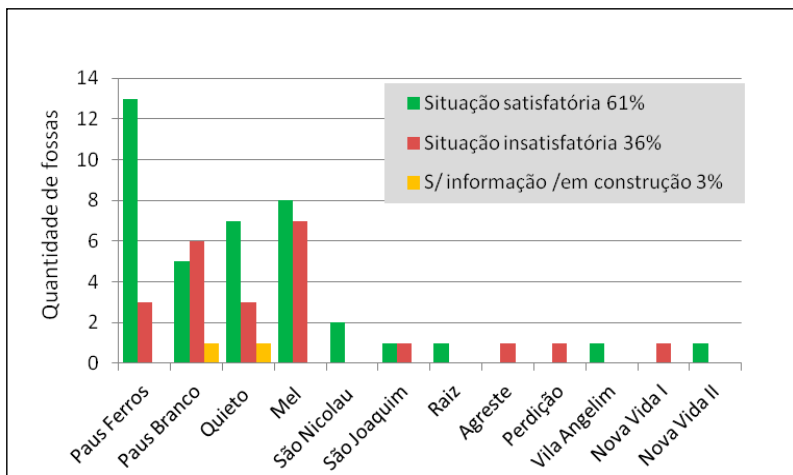
Algumas unidades biorremediadoras tiveram seu desempenho limitado porque as famílias beneficiárias não atenderam às orientações repassadas pela equipe do projeto. Destaca-se o não preenchimento da estrutura com os materiais filtrantes e/ou a ausência de culturas que auxiliam na evapotranspiração do efluente, assim como o posicionamento inadequado das mudas. Essas também foram classificadas como “insatisfatórias”. A Figura 29 representa a situação de funcionamento das fossas verdes. É relevante considerar que o ano de 2012 apresentou uma quadra chuvosa atípica (extremamente seca) e algumas localidades do A25M vêm sofrendo os impactos da baixa pluviosidade na região, como é o caso da comunidade Paus Ferro. Essa agrovila não é atendida com serviço de água encanada e provavelmente a redução do consumo hídrico pela sua população interfere na vazão de efluente domiciliar para os MFV. Dessa forma, as plantas cultivadas no canteiro biosséptico – e em especial a bananeira, que tem uma necessidade hídrica elevada – apresentou aspectos pouco saudáveis, como folhas amareladas e secas.



[a]



[b]



[c]

**Figura 29.** Avaliação, por comunidade, do estado de operação e manutenção dos módulos de Fossa Verde, construídos no A25M: [a] 60 módulos em setembro de 2011; [b] 62 módulos em dezembro de 2011; e [c] 64 módulos em março de 2012.

Na comunidade Paus Branco percebe-se uma mudança no número de MFV antes em funcionamento insatisfatório para satisfatório. Esse fato se deve principalmente à falta de banheiro (aparelho sanitário) nas casas beneficiárias com o canteiro biosséptico. Com a devida alocação dos recursos financeiros advindos do projeto, foi possível beneficiar estas famílias também com a privada sanitária (além do MFV). Na localidade Quietto não se observou nenhuma alteração significativa em relação às condições de funcionamento dos MFV. Na agrovila Mel as principais mudanças (de satisfatório para não satisfatório) se deve ao não atendimento das recomendações prestadas pela equipe técnica do projeto: nos dois casos de funcionamento insatisfatório percebido no último monitoramento (março de 2012) constatou-se que o encanamento do canteiro estourou devido à bananeira posicionada em cima da pirâmide e com vários perfis (rebentos da bananeira que devem ser extraídos). De forma geral, em especial



nas comunidades que receberam número reduzido de MFV, percebe-se que o acompanhamento realizado regularmente constitui um incentivo à população beneficiária no sentido do tratamento adequado e, portanto, possibilita maiores chances de funcionamento satisfatório aos canteiros biossépticos.

A observação acima não tem se apresentado suficiente em todos os casos. É válido mencionar os MFV implantados nos grupos escolares das agrovilas Agreste e Nova Vida I. No primeiro caso, o canteiro não está sendo usado como unidade biorremediadora de esgoto. O sistema está desligado e o espaço físico vem sendo utilizado para cultivos de hortaliças. Na comunidade Nova Vida I, o sistema de esgoto está conectado ao MFV. Porém, o canteiro está sem preenchimento de plantas e percebe-se a presença de lixo no local. Não se verifica o mínimo de manutenção nesse local e isso, possivelmente, irá ocasionar problemas relacionados ao extravasamento e/ou refluxo de esgoto para o banheiro. Esse fato transcende a avaliação da tecnologia em si e envolve uma série de outras questões como a participação popular e apropriação da tecnologia alternativa, além de aspectos considerados mais subjetivos como as limitações pessoais dos assentados (de caráter financeiro, por exemplo).

## **Qualidade sanitária dos vegetais cultivados nos MFV**

A importância central do MFV é constituir uma tecnologia alternativa de tratamento de esgoto domiciliar para comunidades rurais, promovendo a melhoria para a saúde coletiva e a proteção dos corpos hídricos e solos. Além disso, esse sistema considera o reuso da água e dos nutrientes presentes no esgoto para o desenvolvimento das plantas cultivadas no canteiro, promovendo a produção de biomassa vegetal. No entanto, quando se trata de alimentos comestíveis cultivados nos canteiros biossépticos, como frutas e vegetais, pode haver certa desconfiança visto que o esgoto pode conter agentes patogênicos (*Salmonelas sp.*, *Shiguella sp.*), helmintos (larvas e ovos), protozoários (cistos) e vírus (enterovírus e rotavírus).

No tocante à qualidade sanitária dos alimentos, Hespagnol (2003) enfatiza que os aspectos associados à educação sanitária e padrões de higiene pessoal fazem com que o risco real de provocar doenças seja, geralmente, muito inferior ao risco potencial, caracterizado pela mera constatação da presença de organismos patogênicos. Entretanto, amostras recolhidas das fossas verdes foram submetidas a análise microbiológica e os resultados apresentaram-se conforme os padrões legais vigentes da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), RDC N° 12 de 02 de janeiro de 2001 (Tabela 23), portanto, plenamente aptos para consumo humano.

**Tabela 23.** Resultados da análise microbiológica de amostras representativas coletadas das fossas verdes. UFC = Unidades Formadoras de Colônia; MFV = Módulo Fossa Verde

Amostra analisada	Local da coleta	Coliformes a 45°C (UFC/g)		Pesq. <i>Salmonella</i> sp. / 25g	
		Resultado	Referência*	Resultado	Referência*
Banana	MFV 12 (V. Angelim)	<10	2 x 10 <sup>3</sup>	Ausência	Ausência
Tomate-cereja	MFV 60 (Quieto)	<10	2 x 10 <sup>3</sup>	Ausência	Ausência
Pimenta-de-cheiro	MFV 48 (Mel)	<10	10 <sup>2</sup>	Ausência	Ausência
Malvarisco	MFV 49 (Mel)	<10	10 <sup>2</sup>	Ausência	Ausência

\*Referência: Resolução RDC N° 12, de 02 de janeiro de 2001. Ministério da Saúde (BRASIL, 2001).

Análise do substrato do MFV. As pesquisas relacionadas à avaliação de desempenho dos canteiros bioseépticos implantados no A25M incluem os aspectos relacionados a critérios agrônômicos, a fim de averiguar a compatibilidade das características biológicas e químicas do substrato<sup>10</sup> do MFV quanto ao seu potencial fértil para o cultivo de espécies vegetais. Observa-se que o crescimento de microrganismos no solo depende da interação de diversos fatores, que incluem a disponibilidade de substratos orgânicos (MENDONÇA; MATOS, 2005); fatores ambientais (tempe-

10 No âmbito dessa pesquisa, chama-se de "substrato" o material terroso rico em detritos orgânicos, presente na camada mais superficial do canteiro bioseéptico.

ratura, umidade e aeração); pH; e disponibilidade de elementos minerais (nitrogênio, cálcio, fósforo, etc.). Destarte, para o manejo apropriado da fertirrigação<sup>11</sup> com esgoto doméstico é pertinente avaliar os parâmetros relacionados ao desenvolvimento das espécies cultivadas. As amostras do substrato em triplicata foram coletadas em seis MFV, escolhidos de acordo com a situação de desenvolvimento das culturas (Tabela 24). Os indicadores biológicos e químicos foram considerados mais relevantes para determinar o potencial fértil do substrato para o cultivo de espécies vegetais.

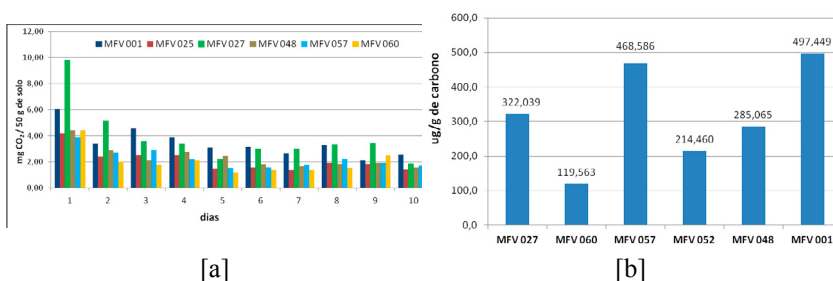
**Tabela 24.** Locais da coleta de substrato dos MFV e situação de desenvolvimento das culturas.

<b>Nº identificação MFV / Local</b>	<b>Situação de desenvolvimento das culturas</b>
A25M 001 (Posto de Saúde Paus Branco)	Bom (cultivo de bananeiras)
A25M048 (residência, comunidade Mel)	Muito bom (pimentão, pimenta-de-cheiro, tomate)
A25M052 (residência, comunidade Mel)	Razoável (cultivo de bananeira, papoula), com aparência murcha
A25M057 (residência, comunidade Mel)	Ruim (bananeiras morreram)
A25M 060 (residência, comunidade Quieto)	Muito bom (cultivo de bananeira, tomate-cereja)
A25M027 (residência, comunidade Quieto)	Razoável (bananeira, que se desenvolvem em apenas um lado do canteiro)

Em relação à fração biológica do substrato, os indicadores foram baseados no método da respirometria e biomassa microbiana. As análises foram fundamentadas nas considerações e adaptações feitas por Mendonça e Matos (2005). A escolha dos indicadores se explica pelo fato de a biomassa microbiana constituir um componente importante da matéria orgânica (MO), pois controla sua decomposição. A combinação das medidas da biomassa microbiana e respiração (quociente metabólico) do solo fornece a quantidade de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) evoluída por unidade de

11 Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), fertirrigação é uma técnica de aplicação simultânea de fertilizantes e água através da irrigação (<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/>).

biomassa, ou seja, indica a eficiência da biomassa microbiana em utilizar o carbono disponível para biossíntese. Assim, pode-se estimar a atividade biológica e a qualidade do substrato. Os valores médios obtidos através da respirometria do CO<sub>2</sub> das amostras analisadas de substrato podem ser visualizados na Figura 30a e a média resultante ao carbono microbiano é apresentada na Figura 30b. Os resultados encontrados corroboram a evidência das características do substrato coletado (ver Tabela 24).



**Figura 30.** Análise do substrato dos módulos de fossa verde: [a] respirometria do CO<sub>2</sub> do substrato; [b] Carbono microbiano do substrato.

Entre os parâmetros químicos, pretende-se realizar testes para caracterizar pH, condutividade elétrica e sais solúveis totais, nitrogênio e os macroelementos fósforo, potássio, cálcio, magnésio (nutrientes disponíveis para as plantas). Esses constituem os principais indicadores para constatar o potencial do substrato para o desenvolvimento das culturas nos canteiros biossêpticos. O método utilizado para os experimentos químicos são baseados em recomendações de Sparks (1996).

## Conclusão

O sistema fossa verde, assim como os princípios do reuso de efluente na agricultura, baseia-se na capacidade depuradora do sistema solo-planta que utiliza de mecanismos físicos, químicos e biológicos de remoção dos poluentes contidos nas águas residuárias. Com a avaliação de desempenho

dos MFV construídos no A25M, conclui-se que a tecnologia alternativa é satisfatória sob os aspectos agronômicos e ambientais. Os alimentos cultivados no canteiro biossépticos são seguros sob o ponto de vista sanitário. Conclui-se que o desempenho dos MFV tem relação direta com o tipo de manuseio por parte dos beneficiários e que a manutenção e plantio nos canteiros são essenciais ao funcionamento satisfatório do sistema.

## **10. Apropriação social e impacto da tecnologia social**

**Liana Brito, Carla Alcyone Almeida, Rafaela Silveira de Aguiar, Christine Farias Coelho, Iara Vanessa Fraga de Santana e Leina Freire Freitas**

### **Participação social no processo de implantação de tecnologia social**

O Projeto Fossa Verde, como projeto de pesquisa com uma dimensão técnica de extensão, foi desenvolvido a partir de uma proposta de metodologia participativa (SOUSA, 1996) de modo a estabelecer uma pedagogia dialógica (FREIRE, 1973, 1978). Esse processo não foi simples, pois envolveu várias instituições, UFC, INCRA, UECE e MST, com áreas específicas de ensino e pesquisa, de intervenção e de militância. Dois objetivos aproximaram esse grupo: utilizar a tecnologia fossa verde como alternativa de reuso da água (esgotamento sanitário), e analisar seus possíveis desdobramentos para o meio ambiente e a saúde. Assim, a participação dos grupos envolvidos seria essencial para o desenvolvimento dos trabalhos e principalmente a participação da comunidade em todo o processo; considerando que a implantação de uma tecnologia social requer o envolvimento da população beneficiada, caso contrário ela não cumpre sua função ou deixa a desejar. Nesse sentido, tivemos muitos processos que constituíram a metodologia de participação no Projeto. Em primeiro lugar, destacamos o envolvimento do MST na concepção do Projeto e na escolha do assentamento.

### **Construção de um Projeto Interinstitucional**

O projeto foi concebido a partir da realidade da ausência de saneamento rural vivenciada nos assentamentos rurais e das observações dos técnicos do INCRA. Estabeleceu-se uma articulação entre vários profissionais

das instituições que, debatendo a problemática, decidiram pela construção e desenvolvimento do projeto. Foi um processo bastante complexo e rico, pela sua dimensão interinstitucional e interdisciplinar. Assim, quando definido a proposta, tivemos a sugestão do Assentamento 25 de Maio pelo MST. Esta escolha se deu pela necessidade de uma intervenção na área de saneamento rural e pelo fato de ser o primeiro assentamento do estado do Ceará conquistado pela organização e luta dos trabalhadores através do MST (Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra). Inclusive no ano de 2009, durante o desenvolvimento dos trabalhos do Projeto, o Assentamento completou 20 anos de fundação. No início dos trabalhos a equipe técnica propôs aos assentados uma visita ao Projeto de Olho na Água em Icapuí (em 28/05/2009), que utiliza a tecnologia Fossa Verde. Foi um momento rico de aproximação dos assentados com essa tecnologia e de troca de experiências com a comunidade local. Essa atividade foi fundamental para o processo de sensibilização dos sujeitos e de seu conhecimento da proposta do Projeto, principalmente devido a participação de lideranças das várias comunidades do assentamento e de profissionais do Programa Saúde (médicos, enfermeiros, técnicos e agentes de saúde).

Nesse momento, discutimos coletivamente a necessidade de termos três bolsistas do próprio assentamento no Projeto para acompanhar e trabalharem diretamente com a equipe fazendo, inclusive, a mediação com as famílias. Realizamos reuniões com os assentados para discutir o projeto e propor a escolha dos bolsistas durante a visita ao Projeto de Icapuí. As lideranças presentes indicaram os primeiros bolsistas. Durante o desenvolvimento dos trabalhos houve problemas de diversas ordens: bolsista sem a documentação necessária; envolvimento em outras atividades resultando na não priorização do Projeto; ou falta de identificação e colaboração com os trabalhos à medida que foram sendo requisitadas. Desta forma, tivemos que realizar nova seleção, sempre em diálogo com a liderança e assentados mais diretamente envolvidos com o Projeto, para escolha de outros bolsistas. Esse processo levou certo tempo, porém, resultou em uma estabilidade, relativa, nos trabalhos com os bolsistas. Estes foram fundamentais para garantir o contato permanente da equipe do projeto com os assentados,

possibilitando uma maior aproximação e descoberta de novos sujeitos que foram se engajando nas atividades. Os bolsistas foram articuladores entre a equipe e os assentados, a liderança e instituições locais. Vale salientar, ainda, que um trabalho de cunho participativo prescinde de lideranças internas para dar condições de aproximação universidade e sociedade.

## **Construção coletiva das Fossas Verdes: dificuldades e conquistas**

No início da construção dos primeiros Módulos de Fossa Verde (Agreste, S. Joaquim, Quietos, S. Nicolau, Nova Vida I, Paus Branco) os médicos do A25M acompanharam de perto a construção das fossas com os bolsistas. Discutiram com as famílias a importância da tecnologia para a qualidade de vida e saúde das mesmas e da necessidade da preservação da fossa. Foi um processo permanente e essencial de educação ambiental com ênfase na saúde desenvolvido para além da equipe responsável pelo projeto e que possibilitou uma rica troca de saberes. Realizamos várias reuniões com as comunidades, com várias Associações, com o Conselho Comunitário (que reúne todas as associações). Além disso, visitamos a Rádio Comunitária do Assentamento quando tivemos a oportunidade de participar de programas ao vivo para a divulgação do Projeto. A Rádio fez também uma mediação no desenvolvimento dos trabalhos realizados durante, e depois, do curso de educação ambiental que realizamos com jovens e alguns assentados. A realização de reuniões com os assentados e lideranças nas diversas comunidades contribuiu para o envolvimento e participação comunitária; o que foi feito com objetivo de apresentar e discutir o Projeto Fossa Verde. Neste processo íamos conhecendo a complexidade da realidade do Assentamento, ao mesmo tempo em que fomos identificando as áreas prioritárias para a escolha da implantação das fossas. Outro recurso que muito contribuiu para essa escolha foi a aplicação de um questionário que nos deu uma visão geral do assentamento e de suas condições socioambientais. Com as reuniões nas comunidades e os dados analisados, a equipe decidiu garantir a construção de uma fossa verde em cada comunidade, de preferência em um



equipamento social, assim garantimos o contato de todos com essa tecnologia, como forma de divulgar e ampliar seu acesso a todas as comunidades. As áreas prioritárias para concentrar as fossas foram definidas em função da relação dos domicílios com os açudes (com maior ou menor efeito de poluição). Outro elemento nesse processo foi o nível de organização e participação da comunidade a partir da apresentação e discussão do Projeto.

A Comunidade Central, pela proximidade com o açude de Paus Branco, foi escolhida e, durante a construção das fossas contamos com a colaboração dos assentados, uma vez que parte da construção era feita em regime de mutirão pelas famílias. Após os trabalhos observamos que a comunidade tem tido uma boa participação na continuidade do trabalho e na preservação das Fossas. Durante a realização dos trabalhos, observamos uma comunidade com um nível razoável de interesse e abertura para participar do Projeto, pois identificaram, desde o início, a importância dessa tecnologia social. Isso foi determinante para a implantação das Fossas na comunidade Paus Ferro, que conta com uma liderança que contribuiu diretamente para o andamento dos trabalhos, revelando-nos o papel importante desses sujeitos na dinâmica das relações socioambientais. De acordo com Souza (1996, p. 223) “[...] inegavelmente, em toda comunidade encontra-se sempre um ou outro comunitário que se destaca”. Isso foi percebido em algumas comunidades, a existência de pessoas que são reconhecidas como seus representantes. Partindo disso, a equipe buscou construir parcerias principalmente com estas através de reuniões, com a finalidade de apresentar as regras e objetivos do Projeto, explicitando que era um Projeto teste, que receberiam fossas aquelas casas que tinham inclinação ou proximidades com os açudes. Para isso necessitaria da coparticipação dos beneficiados e da comunidade.

Podemos explicitar alguns aspectos que influenciaram no trabalho das lideranças, em Paus Ferro (comunidade que recebeu e concluiu suas quinze fossas em tempo considerável). O que contribuiu, além do seu nível de organização social, foram suas características físicas, como a proximidade das residências. Além disso, o histórico de luta e experiências coletivas anteriores dessa comunidade facilitou o trabalho com as famílias. Outra

condição facilitadora foi a existência de uma única associação. Vejamos o que destacou um dos nossos entrevistados:

[...] aqui na comunidade a gente sempre se reúne, a comunidade graças a Deus é muito unida, a gente sempre se ajuda em tudo, mora perto um do outro, conversa sobre os Projetos que chegam, sobre as dificuldades dos companheiros. Nossa comunidade é uma família grande, a gente tenta se organizar resolver tudo em coletivo, todos os nossos representantes da associação são pessoas dedicadas, que se esforçam para conseguir as coisas para a comunidade.” (MORADOR “L”).

Sobre a chegada do Projeto “Fossa Verde” observamos o papel diferenciado das lideranças através das associações. Em Paus Ferro, de acordo com a MORADORA “G”,

[...] a fossa veio primeiro para escola [...] aí quem começou foi o nosso representante mesmo [...] ele pediu para cavar o buraco explicou o que seria essa fossa e disse que depois vinham umas pessoas aí [...] aí um dia vieram fazer a fossa da escola e explicaram tudo para a gente [...] aí a gente espalhou para a comunidade.

A moradora “J”, afirma também,

[...] primeiro vieram fazer um cadastro para vê se a gente aceitava [...] aí depois de muito tempo o nosso representante trouxe a notícia, fez uma reunião e disse negrada vocês que deram o nome para fossa tá vindo. É mais para as famílias do lado dos açudes [...] veio, mas vocês têm que cavar o buraco para o pessoal vir construir.

Isso nos esclarece que para o processo de chegada e aceitação do Projeto, foi fundamental o papel das associações. Mas, para o processo de finalização das fossas, foi essencial o envolvimento das famílias. Por esse motivo, observaram-se resultados diferentes. O projeto tem contribuído na rica de troca de experiências e saberes, além da aproximação campo e cidade, quebrando os preconceitos e nos ajudando a compreender a relação dialética entre campo e cidade (ENDLICH, 2006). A participação da equipe do Projeto, com estudantes de graduação e pós permitiu uma releitura do mundo rural e urbano; o conhecimento da realidade da reforma agrária no Brasil (alguns estudantes tiveram o primeiro contato com assentamentos rurais a partir do projeto); enfim, trata-se de conquistas que se materializaram pela mediação da participação da equipe do projeto e de sua relação com a realidade do assentamento.

As reuniões com o Conselho Comunitário foram também momentos fundamentais para o processo de participação dos assentados no Projeto. Em primeiro lugar, foi o momento de apresentação e discussão do Projeto, que nos revelou uma posição positiva da comunidade. A partir daí, esperávamos sua colaboração na divulgação e discussão do Projeto, o que estaria razoavelmente garantida no assentamento, considerando que o Conselho é formado pelos presidentes de todas as associações. O que observamos, no entanto, foi que algumas associações reclamaram o desconhecimento do Projeto. Esse fato nos leva a fazer algumas ponderações. Em primeiro lugar, nem sempre a associação tem sido um espaço de socialização de todas as informações discutidas no Conselho, muitas vezes priorizaram questões mais urgentes. Em segundo lugar, observamos que existem divergências políticas no assentamento (o que se revela no número de 18 associações presentes) o que gerou certa resistência, por parte de algumas lideranças, em se envolver mais com o Projeto. Em terceiro lugar, observamos que parte das reuniões com o Conselho teve como preocupação informar a continuidade dos trabalhos, socializar as diversas pesquisas realizadas pela equipe do Projeto e planejar algumas atividades em comum, como por exemplo, o Seminário de divulgação e debate sobre os dados

identificados pela pesquisa do Projeto. Referente às comunidades que apresentaram dificuldade de conclusão de suas fossas, inicialmente, podemos explicitar o caso da comunidade Paus Branco que, por fatores diversos, não contamos com a efetiva participação da liderança, embora dentre os beneficiados com a Fossa identificamos associados pertencentes às quatro associações. Dois aspectos que dificultaram esse processo foram o tamanho da comunidade e a distância entre as casas dos moradores, aspectos apontados por uma das lideranças,

[...] não participei da construção, do trabalho da fossa verde [...] acho ela muito importante, mas foi feito muito afastado daqui. Aí a gente vai fazendo umas coisas, fazendo outras e aí não participei muito desse Projeto não [...] era bom se tivesse vindo pra todos (MORADOR “F”).

Outra liderança destacou a falta de comunicação entre os membros da mesma associação, e entre os líderes e os associados, situação que podemos visualizar nas duas citações seguintes. Uma das lideranças apontou o seguinte,

[...] eu não participo e nem conheço esse Projeto não [...] nunca fizeram uma reunião comigo não. Tem fossa verde lá na central de um sócio meu, mas nunca me chamam para conversar, como é que fazem uma coisa na nossa comunidade sem falar com todas as associações. Se tivesse vindo para mim eu até queria, mas não vieram falar comigo, começaram e nem terminaram lá na central (MORADOR “E”).

Outro representante e liderança dessa mesma associação explicita que:

[...] tem uma fossa dessa aqui na escola, aquela inicial que era para os equipamentos públicos, eu não participei, mas vi ser construída e participei de algu-

mas reuniões, me procuraram aqui e fizeram a divulgação, falaram que era importante pro meio-ambiente, para saúde, que precisavam da participação da comunidade. (MORADOR “D”).

Isso nos permite observar, em primeiro lugar, a dificuldade de comunicação entre as lideranças e entre elas e os associados. Isso foi observado em relação a divulgação do Projeto. Uma das lideranças que participou de uma das reuniões realizadas, que havia se comprometido em repassar as informações, não o fez. Além disso, percebemos algumas questões políticas perpassando essa comunicação, com algumas posturas individualistas e centralizadoras de parte de algumas lideranças. O representante de outra associação aponta que também tiveram alguns problemas pessoais com a equipe, esclarecendo que,

[...] na verdade o fossa verde apareceu não sei nem como, só sei que participei de duas oficinas, que explicaram o Projeto. É um Projeto que eu acho muito importante, colocaram aqui na escola. Ajudei na construção, no levante, mas nunca me liguei não, acho que não é porque não veio pra minha casa não. Na verdade foi porque assim, teve uma reunião com a gente para escolher um bolsista daqui da comunidade, mas na hora de tirar o bolsista do Projeto, nem falaram com a gente, o chato foi isso. Aí a gente já vive inflamado com os problemas, depois disso, pra mim a fossa acabou [...] querendo ou não, quando a gente não fala mais nas associações pode interferir sim na participação deles (MORADOR “P”).

Observamos, a partir disso, que a comunidade Paus Branco, considerando os fatores aqui apresentados, apresenta uma rica relação entre os interesses individuais e coletivos. Nela evidenciamos que a proximidade entre as casas influenciou na forma de as lideranças auxiliarem os beneficia-

dos. No entanto, um dos fatores determinantes foi a ênfase dada a esse Projeto pelas lideranças. Também destacamos o processo de individualização e responsabilização das dificuldades apresentadas pelas famílias beneficiadas no processo de finalização das Fossas. De fato, alguns problemas – como obtenção de madeiras para cercar os módulos, a obtenção de bucha de coco para o preenchimento de uma das camadas e a necessidade de vasos sanitários – poderiam ter sido resolvidos de forma coletiva e com apoio das lideranças. Alguns desses proprietários, por não conseguirem resolver tais condições, não concluíram suas Fossas.

## **Conhecendo a realidade socializando saberes**

Durante a realização do Projeto e considerando o acúmulo de conhecimento da equipe acerca da realidade do Assentamento, apresentamos a proposta de realização de um Seminário de socialização dos saberes produzidos pela pesquisa com seus desdobramentos para a qualidade de vida no Assentamento. Este Seminário ocorreu após uma grande mobilização do Assentamento para que todas as comunidades se fizessem presentes, associações de moradores, Secretaria de Saúde do Município de Madalena (técnicos do Programa Saúde da Família), educadores das escolas do Assentamento, agentes de saúde e equipe de assistência técnica da ACACE (convênio com INCRA). Foi um momento determinante para o fortalecimento e continuidade dos trabalhos, pois seu foco central foi a socialização dos dados dos estudos da qualidade das águas dos açudes e cisternas. O seminário permitiu que todos os presentes tomassem conhecimento do nível de contaminação das águas e da necessidade de enfrentar essa problemática coletivamente. Diante disso houve uma posição de reforçar o apoio ao Projeto Fossa Verde pela relação que tem com a reutilização das águas poluídas, evitando seu escoamento para os reservatórios e evitando a poluição no entorno dos domicílios. Foi um rico debate e de tomada de consciência da prática social dos homens e seus desdobramentos para o meio ambiente e a saúde.

Outro fator condicionante que nos auxiliou na compreensão melhor da realidade e do processo participativo das famílias foram as condições objetivas de vida. É sob o sistema capitalista, caracterizado pela manutenção da divisão de classes, da concentração da riqueza para uma minoria e conseqüente exclusão de uma maioria à riqueza produzida, que os moradores do assentamento dão materialidade à sua existência. Os moradores do espaço analisado neste estudo estão em constante processo de luta, na busca de responder às suas necessidades básicas, possibilitando a manutenção de suas vidas no campo. Os assentados reivindicam equipamentos públicos, condições de trabalho, de saúde, entre outros. Esse fator, também, foi um dos condicionantes para a aceitação da Fossa Verde pelas famílias, observado nas comunidades. Essa situação pode ser exemplificada nas falas dos entrevistados, a moradora “J”, afirma que,

[...] a fossa verde é uma beleza danada, porque eu não tenho condições de fazer uma fossa mesmo.

Outros elementos que também contribuíram para a aceitação e desenvolvimento do Projeto “Fossa Verde” foram: o não pagamento – por parte da comunidade, e sim pelo projeto – do material para a construção das fossas; a curiosidade sobre a tecnologia nova; a aproximação com a universidade; e os modelos de fossa que utilizavam até então em suas casas que apresentavam problemas freqüentes, como relataram alguns os moradores:

[...] a fossa era uma coisa que já vinha dada, porque não ajudar. (MORADORA “G”).

[...] aceitei para experimentar [...] pra ver se ia dar certo. (MORADOR “X”).

[...] eu não sabia muito não, só sei que foi acumulada aí, era para água não ir para os açudes. Então vamos ajudar (MORADOR “Z”).

[...] eu disse que queria porque a outra fossa já estava transbordando também (MORADOR “I”).

Essas falas nos permitem compreender que as necessidades são condicionantes fundamentais para o desenvolvimento dos interesses e das preocupações. Entretanto, de acordo com Souza (1996),

[...] as necessidades sentidas, que são aquelas que a consciência do grupo afetado percebe e reconhece como carência, não são reconhecidas como ponto de arranque de uma dinâmica de transformação e de participação para todas as realidades (p. 118).

Atrelando a essa afirmação com o processo de participação percebemos que mesmo partindo da aceitação da proposta conforme acima apresentada, a forma de continuação e finalização das fossas foi bem diferenciada. Na comunidade Paus Ferro, por exemplo, viu-se a finalização das Fossas Verdes no tempo planejado. Na comunidade Paus Branco, percebeu-se algumas dificuldades, como expressa o morador “W”,

[...] ainda não estamos usufruindo da nossa fossa, por causa de um pouquinho de descuido, porque ainda não consegui pegar madeira pra cercar e também um pouquinho de condição financeira porque não temos vaso no banheiro.

Isso demonstra que as condições objetivas influenciam no processo de finalização das fossas também, visto que não puderam comprar um vaso para o banheiro e nem pagar alguém para colocar o mesmo. Essa situação é comum entre alguns moradores de Paus Branco que não conseguiram terminar a Fossa. Outro fator é destacado na fala do morador “C”,

[...] acho que é interesse mesmo, porque fui o pedreiro preparado pela equipe para construir as fossas daqui da Comunidade Central. Mas não terminei a minha porque fui fazendo outras coisas do dia a dia. Eu, também, não queria colocar a muda de banana



dada pelo Projeto, quero outro tipo de muda. Foi por isso que não terminei a minha. [...] aí fui deixando pra depois.

Observamos que a materialização de determinados fins exige tanto a posição do sujeito quanto as condições objetivas, a causalidade posta. Nesse sentido, explicita Heller (1970, p. 1):

[...] o princípio da imanência implica no fato da teleologia, ao passo que o princípio da objetividade implica naquele da causalidade, os homens aspiram a certos fins, mas estes estão determinados pelas circunstâncias, as quais, de resto modificam tais esforços e as aspirações, produzindo desse modo resultados que divergem dos fins inicialmente colocados.

É possível compreender que os moradores do Assentamento 25 de Maio/ São Joaquim estão inseridos em uma vida cotidiana, que é “[...] em grande medida heterogênea, e isso sob vários aspectos, sobretudo no que se refere ao conteúdo e a significação ou importância nos tipos de atividades” (HELLER, 1970, p. 18). Estes participam dessa vida cotidiana, com todas as suas individualidades, colocando suas capacidades, habilidade e sentido em funcionamento, mas nenhuma com toda sua intensidade (Heller, 1970). Percebemos, a partir disso, que alguns moradores do Assentamento 25 de Maio, por exemplo, constroem uma dinâmica própria de vida, caracterizada pela relação com a natureza, com a criação de animais. Além disso, esses moradores têm preferências e prioridades diferenciadas, questões que auxiliam a compreender o processo de participação diferenciado entre as duas comunidades.

## A Construção Coletiva sob o olhar da equipe técnica: outros saberes e desafios

Durante o desenvolvimento dos trabalhos fomos identificando diferenciações nos tempos do trabalho da equipe e da população do Assentamento. Em uma primeira aproximação, temos que o Projeto foi sendo construído sob a pressão do tempo estipulado pelo edital do CNPq, o tempo planejado pela equipe e o tempo próprio do Assentamento. A execução do Projeto seguiu outro tempo, visto que, contou com a participação de sujeitos que constroem sua vida cotidiana em outra dinâmica, por outro tempo (ALMEIDA, 2011, p. 15). Dessa forma, “o processo participativo foi sendo construído pela aproximação das universidades – UFC e UECE, do INCRA, do MST e do Assentamento. Temos que reconhecer que essa dinâmica foi possível pelo “convencimento realizado em contatos diretos e aleatórios, com lideranças, representantes da saúde, diretores de escolas, famílias beneficiadas, via visitas” (*Ib idem*, p.17). O processo participativo pode ter diversos significados, os quais são desenvolvidos de acordo com as diferentes perspectivas dos sujeitos que as elaboram e as apreendem. Os significados são construídos em determinados momentos históricos, além de sofrerem influência da posição social dos sujeitos, pois tal situação poderá interferir nos direcionamentos dos objetivos do processo participativos. Analisando o significado desse processo para a equipe do Projeto visualizamos algumas perspectivas. A técnica X, da equipe do Projeto, considera que no processo participativo,

[...] a gente não pode chamar os atores, as pessoas para participar somente quando eu preparo o bolo para comer. É uma forma de participação, também. Porque eu vou produzir um bolo, um produto, um conhecimento, e eu posso depois partilhar. Mas a minha concepção é que, na medida do possível, os diferentes atores que podem ser beneficiados disso, implicassem no projeto, que eles pudessem participar desde a concepção, porque tem mais efetividade. Para

mim é isso, participação é quando os atores implicados, participam no processo de desenvolvimento do projeto porque é uma coisa ampla. Digamos que a idéia é participar de todas as etapas (TÉCNICA X).

Para o Técnico B, a participação em projetos ou em quaisquer outras atividades possibilita a aquisição de mais conhecimentos, pois, em relação à Tecnologia Fossa Verde, teve que pesquisar vários assuntos. Também contribui para “[...] *entrar em contato com novas comunidades e pessoas e, é bom saber que eu estou melhorando a vida das pessoas de alguma forma.*” O Técnico H afirma que participar é “[...] *muito importante para adquirir experiência de campo, de tudo*”. Essas explicitações nos possibilitam apresentar três perspectivas de participação: a primeira enfatiza a importância dos sujeitos participarem do processo; a segunda é visualizada como um momento importante para a aquisição de conhecimento; e a terceira é apreendida como um processo importante para o aprendizado e experiência. Percebe-se, a partir disso, as perspectivas que norteiam a prática de alguns técnicos do projeto no processo de construção e materialização da Tecnologia Fossa Verde. Outro ponto a se considerar, é que da mesma forma que se identificou uma diversidade no tipo de participação das comunidades, essa também foi observada nas formas de envolvimento da equipe técnica no Projeto. Sendo importante apreender as condições objetivas que foram determinantes no processo que possibilitou e limitou a participação dessa equipe. Vejamos como mostra a técnica X:

Na realidade, a gente tem dificuldade, porque esse foi um projeto que eu ajudei a construir, vi a oportunidade do CNPq e lembrei-me da conversa que tive com a professora sobre essa tecnologia, aí percebi que tinha tudo a ver com a realidade dos assentamentos, e não podia perder essa oportunidade, mas não estava dentro do meu doutorado, não era minha tese..., na realidade eu estava participando de três projetos. Na fossa verde eu tenho ajudado a mobilizar, a organizar, mas na realidade eu tive dificuldade,

por conta que, como estou lhe dizendo, porque estou no doutorado, eu tava trabalhando, fiz parte do meu doutorado fora, mas isso a gente compactuou muito pouco (TÉCNICA X).

Pode-se inferir que esse profissional, envolvido no seu doutoramento, o qual exige dedicação e tempo, não pôde participar em todos os momentos do Projeto, situação que influenciou os resultados pretendidos pelo mesmo. Entretanto, é importante reconhecer que este profissional terminou suspendendo seu cotidiano (HELLER, 1970). Ele percebeu a oportunidade que havia para a ampliação do acesso da classe trabalhadora rural ao conhecimento, à tecnologia e à possibilidade de construção e objetivação de uma possível proposta de uma política pública de saneamento para as áreas de reforma agrária. Observamos, com isso, seu comprometimento e ousadia ao se arriscar sob algo desconhecido, porém vislumbrava a possibilidade de ganhos e acúmulos de riqueza material e espiritual que o Projeto poderia trazer. Outra fala da entrevistada esclarece o processo complexo e dialético que representou o Projeto “Fossa Verde”, quando destacou que há limites para a equipe técnica, pois

[...] A integrante “W” teve uma importância muito grande na concepção, de trazer a ideia, mas no desenvolvimento, não teve tanta condição [...] mas de qualquer forma foi importante, esteve presente, chegou a ir a conversar na comunidade [...] (TÉCNICA X).

Nesse processo, embora com limites da participação de alguns técnicos em alguns momentos, pode-se dizer que a participação, tanto dos assentados quanto da equipe técnica, foi fundamental para a concretização do Projeto. Esse fator deu a direção essencial e possibilitou a materialização da parceria dos diversos sujeitos, como os técnicos, militantes do MST e lideranças do Assentamento. Outras condições que influenciaram para a presença dos técnicos na materialização do Projeto foram o compromisso

político, além do retorno financeiro. A fala do entrevistado revela que a sua participação ocorreu pelo seu compromisso político em executar a atividade, além do retorno financeiro, como atividade de garantia a manutenção de suas necessidades e de sua família.

[...] se eu tivesse recurso próprio que me permitisse fazer um trabalho voluntário, eu faria do mesmo jeito, se eu pudesse me manter. Mas como, no caso, eu não tenho nenhum vínculo institucional com a universidade e meu serviço foi contratado, eu preciso do trabalho [...] eu tenho necessidades, tenho família [...] mas acho que se fosse voluntário participaria do mesmo jeito (TÉCNICO B).

O Técnico H, que também tem um vínculo financeiro com o Projeto, afirma que essa questão de participar como voluntário tem seus problemas e é relativo. Segundo ele,

O voluntário não tem obrigação, eu sou bolsista, tenho que trabalhar. Tenho que fazer o trabalho. Estou comprometido com o projeto e não só envolvido [...] quando é voluntário você vai quando quer, você pode está fazendo outra coisa e vai quando quer.

Podemos apontar que o Projeto criou as condições objetivas para que esse Técnico e a equipe como um todo participassem efetivamente. A Técnica X destaca:

[...] uma colaboração em nome na Instituição que trabalho, é uma contrapartida. Se você olhar o projeto, a Instituição que trabalho não porta dinheiro, mas porta um profissional. Minha participação, digamos, eu faço no horário de trabalho.

Consideramos esses aspectos determinantes para diferentes formas de participação da equipe técnica, pois observamos envolvimento diferenciados entre os profissionais das diversas áreas – engenheiro agrícola, engenheiro civil, assistentes sociais e profissionais da saúde. As condições foram apresentadas pelo Projeto, o que facilitou a participação mais efetiva desses profissionais. Essa situação teve influência no processo de participação das famílias assentadas, visto que um número menor de profissional a campo dificulta a realização dos trabalhos e o esclarecimento de dúvidas surgidas nas comunidades. A Equipe estabeleceu uma rica relação com a população assentada, além de seu envolvimento no direcionamento do Projeto.

## **Experiência de educação ambiental no A25M**

O Projeto Fossa Verde surge dentro de um contexto específico, marcado pelo elevado índice de depredação ambiental e desperdício de bens naturais, concomitante a uma atuação mínima do Estado em que deixa a desejar na efetivação dos direitos sociais. Daí, o projeto constituir-se em proposta de estudo e aplicação de técnica eficiente para o tratamento de esgoto e chorume, cujo horizonte é contribuir para o processo de conservação ambiental e de construção de uma política de saneamento no meio rural aliada à política de promoção da saúde. Vale ressaltar que essa última inclui ações voltadas para a paz, habitação, educação, alimentação, renda, ecossistema estável, recursos sustentáveis, justiça social e equidade (PAS-CHE; HENNINGTON, 2006).

Podemos dialogar no âmbito do referido projeto, com o conceito de tecnologias sociais, definida pela Rede de Tecnologias Sociais (2007 *apud* MACIEL; FERNANDES, 2011, 151. 6), no Brasil, que as considera: “(...) *produtos, técnicas ou metodologias reaplicáveis, desenvolvidas na interação com a comunidade e que representem efetivas soluções de transformação social*”. Sempre em consonância com as especificidades das realidades locais e diretamente relacionadas aos processos de organização coletiva e democrática, acabam edificando soluções para a superação de diferentes

problemas e intervindo para melhores condições de vida daqueles envolvidos com a tecnologia social.

Maciel e Fernandes (2011, p. 150-151) apresentam alguns fundamentos pertinentes à concepção de Tecnologia Social:

[...] a transformação social, a participação direta da população, social, a melhoria das condições de vida, a sustentabilidade socioambiental e econômica, a inovação, a capacidade de atender necessidades sociais específicas, a organização e a sistematização da tecnologia, o diálogo entre diferentes saberes — acadêmicos e populares —, a acessibilidade e a apropriação das tecnologias, a difusão e a ação educativa, a construção da cidadania e de processos democráticos, entre outros, que são sustentados por valores de justiça social, democracia e direitos humanos.

Diante do exposto, compreende-se que o Projeto Fossa Verde ultrapassou uma tecnologia pragmática e reducionista de saneamento básico. Ao contrário, questões maiores foram abordadas, como a garantia de melhores condições de saúde e vida dos/as assentados/as, a proposição de reflexões críticas acerca das questões ambiental e agrária, dos cuidados que as famílias devem ter com o entorno dos seus domicílios, enfim, da convivência com o semiárido. Portanto, a necessidade de adotar uma perspectiva de Educação Ambiental transformadora, que transcenda às perspectivas recorrentes de moralizar o indivíduo pela problemática ambiental, que tende a responsabilizá-lo por não assumir determinadas posturas simplistas, mas não menos necessárias. Finalmente, o projeto, através da construção dialética do conhecimento, imprimiu outro sentido a esse conceito falsamente unânime. Pelo contrário, ele está em constante conflito, seja em prol da comunidade e de todo o ambiente interligado, no instante em que o que é descartado e devolvido à natureza de forma sustentável é revertido para o bem comum (SILVA, 2010).

Frente a essas problemáticas, foi demanda dos próprios assentados para o projeto, um trabalho de educação ambiental. Assim nós, integrantes do Laboratório de Pesquisas e Estudos em Serviço Social – LAPESS, do Grupo de Resistência Ambiental por Outra(s) Sociabilidade(s) GRÃOS e o HIDROSED, organizamos um curso em Educação Ambiental para os jovens estudantes da escola de ensino médio do assentamento. O Curso de Educação Ambiental “Afagando a terra; Semeando Vidas” apresentou como objetivo geral a problematização da realidade ambiental do Assentamento 25 de Maio, bem como a reflexão através da Educação Ambiental Crítica, estimulando uma nova práxis humana ecológica e emancipatória. Para tanto, foram estabelecidos os objetivos específicos: priorizar a relação dos assentados com o meio, situando-os dentro de um contexto macro-social, totalizante; discutir problemas vivenciados no assentamento; esclarecer acerca da técnica Fossa Verde, assim como seus benefícios; refletir sobre a utilização de fertilizantes e agrotóxicos na agricultura; discutir práticas alternativas como possibilidades para o assentamento, como a agroecologia, reuso da água, hortas comunitárias, farmácia viva, etc.

O curso inicialmente estava voltado para um grupo de 40 jovens estudantes. Entretanto, como a procura foi bem maior que tal quantidade, organizamos dois grupos de 30 jovens, divididos por faixa etária. O curso aconteceu com carga/horária de 20 horas, distribuída em cinco encontros de 3 horas presenciais, quinzenais e sempre aos sábados, e 5 horas de atividades tempo/comunidade, nas quais os participantes interagiram com a comunidade a fim de aprofundar seu conhecimento sobre a realidade ambiental em que estão inseridos. Nos encontros trabalhamos junto aos jovens a construção de mapas da comunidade destacando seus problemas socioambientais; foi apresentado o vídeo História das Coisas e em seguida estimulado uma discussão a fim de relacioná-lo com as condições socioambientais identificadas pelos jovens através dos mapas construídos no encontro anterior; foi refletido o papel do Estado, da comunidade e dos indivíduos para a solução das problemáticas de ordem social e ambiental; dialogado sobre os conceitos básicos de saneamento ambiental (ver Figura 31).



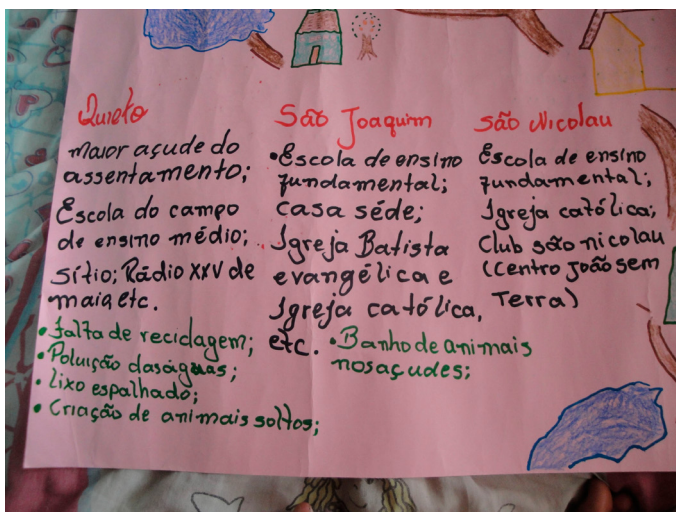


Figura 31. Cartaz gerado pelos assentados do A25M durante curso de Educação Ambiental, sobre diagnóstico ambiental participativo.

Para tanto, nos fundamentamos nas categorias: modo de produção, forças produtivas, relações sociais, etc. em consonância com a perspectiva hegemônica do Serviço Social. Portanto, são a partir destas que compreendemos o conceito de “Questão Ambiental” e norteamos a prática, de natureza essencialmente pedagógica, dos processos de educação ambiental. Reigota (2009, p.10) aponta para uma Educação Ambiental como Educação Política “no sentido que ela reivindica e prepara os cidadãos para exigir justiça social, cidadania nacional e planetária, autogestão e ética nas relações sociais e com a natureza”. Seguindo uma proposta de pedagogia freiriana, tivemos em todo momento a preocupação de o conhecimento ser construído a partir da realidade dos educandos, nesse caso, moradores de um assentamento rural. Para tanto, as atividades foram propostas com o fim de os participantes apontarem as problemáticas, especialmente ambientais, e a partir destas, compreendê-las dialeticamente e construírem coletivamente possíveis soluções, é o que Paulo Freire chama de Pedagogia do Diálogo. Como profissionais comprometidos ética e politicamente com a

construção de uma nova ordem societária, tomamos o Diálogo como um dos valores inerentes a esta nova ordem, sendo trabalhados e vividos nesses momentos de cunho educativo, em que todos os participantes se colocam de forma igualitária e detentores de conhecimentos (FREIRE, 1978).

Como já referido neste trabalho, a construção de uma nova ordem societária pressupõe valores diferenciados, valores estes que estão exigidos diante a ameaça de nossas próprias condições de subsistência, que perpassam pela relação homem x natureza e homem x homem e demanda um longo processo de educação emancipatória.

Apresenta-se, a seguir, um dos principais resultados obtidos no âmbito do curso de Educação Ambiental, qual seja, um projeto de coleta seletiva para o Assentamento 25 de Maio.

*Proponentes: Comunidade do Assentamento 25 de Maio*

*Parceiros: MST, Juventude do Assentamento, Universidade Estadual do Ceará, Universidade Federal do Ceará e INCRA*

*Responsáveis pela execução: Prefeitura de Madalena e Assentamento 25 de Maio*

*Local: Assentamento 25 de Maio, municípios Madalena, Quixeramobim e Boa Viagem, Ce.*

Sabemos que a geração de resíduos sólidos se trata de algo inevitável, uma vez que o ser humano necessita consumir para manter a sua sobrevivência. No entanto, no estágio em que nos encontramos no sistema capitalista, investe-se em algo absolutamente degradante para a humanidade: consumismo e produção de descartáveis. Pesquisas revelam que tal processo vem trazendo grande degradação aos ecossistemas e prejudicando a saúde da população. Ao mesmo tempo, percebemos a proliferação de tecnologias e alternativas ambientais e socialmente sustentáveis que visam coibir ou atenuar tais problemáticas. É o que acontece com a coleta seletiva

de resíduos sólidos que proporciona uma separação racional dos materiais para sua reutilização e/ou reciclagem, tal processo impulsiona a destinação ambientalmente adequada dos resíduos sólidos, promovendo a conquista de um ambiente mais sustentável.

Essa é uma preocupação mundial e o Brasil passa a assumir tal problemática como questão social através da aprovação da Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. A referida legislação institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos que, em seu Art. 10, expõe que incumbe ao Distrito Federal e aos Municípios a gestão integrada dos resíduos sólidos gerados nos respectivos territórios. Partindo-se da perspectiva de totalidade, compreendemos que vejamos como a questão ambiental se materializa no Assentamento 25 de Maio. O território do Assentamento é contemplado com doze açudes, utilizados pelas treze comunidades: Quietos, São Joaquim, Nova Vida I, Nova Vida II, São Nicolau, Paus Ferro, Paus Branco, Mel, Caiçara, Agreste, Vila Angelim, Raiz, Perdição. Todos os mencionados açudes se encontram poluídos devido, principalmente, ao despejo de esgoto e lixo doméstico e criação de animais soltos (PINHEIRO, 2011).

A maior parte da população se utiliza das águas dos açudes de maneira direta, pois não contam com o sistema de abastecimento domiciliar, assim, a sua utilização tem se caracterizados por diversas atividades, tais como: consumo humano, lavagem de roupas; atividades agrícolas, produção de vazante e irrigação (próxima aos reservatórios) e a prática de banho de animais e o acesso para beber água, sem o devido controle humano. Desse modo, percebemos que a relação homem/natureza que se estabelece com os açudes revela, por um lado, a importância deste recurso natural para a sobrevivência dos assentados e, por outro, a sua utilização de forma prejudicial à própria população. Tais fatores poderiam ser evitados, se os assentados tivessem acesso a uma política de abastecimento de água em seus domicílios e para os locais de criação de animais, e acesso a uma tecnologia sustentável de irrigação e produção agrícola. Outro problema identificado nas áreas rurais é a ausência de saneamento básico.

Com o objetivo de contribuir para essa realidade das áreas de reforma agrária, no semiárido cearense quanto ao esgotamento sanitário, as instituições UFC, UECE, INCRA e MST desenvolvem um projeto no Assentamento 25 de Maio, desde 2008, com a implantação da tecnologia “fossa verde” no contexto semiárido. Uma tecnologia que permite o reuso do esgoto doméstico no plantio nos quintais das casas. Cabe acrescentar que essa tecnologia implantada no Assentamento poderá se tornar política pública a ser implantada pelo INCRA. No entanto, durante esse período do projeto com a metodologia participativa, que tem permitido um diálogo permanente com as famílias do Assentamento, outros problemas enfrentados pelas famílias assentadas que merecem ser enfrentadas, das quais destacamos o destino dos resíduos sólidos.

Sobre os resíduos sólidos, estes se apresentam hoje como uma das suas maiores preocupações, uma vez que atualmente não contam nem com a coleta convencional de lixo pelos municípios, sendo, deste modo, induzidos a destinar os dejetos produzidos de maneira que agride sensivelmente o ambiente e a saúde dos mesmos: enterrando, queimando ou despejando nos açudes. Diante disso, os assentados vêm através de este projeto reivindicar atenção quanto à necessidade de coleta seletiva de resíduos sólidos na comunidade, mas se colocam também como sujeitos desse processo, posicionando-se como agentes ambientais, percebendo ainda a importância da gestão participativa e controle social.

O objetivo geral dessa proposição é implantar a coleta seletiva no Assentamento 25 de Maio como forma de contribuir com a melhoria das condições socioambientais desse espaço e de saúde das famílias assentadas. São objetivos específicos: (1) incentivar a reflexão acerca da problemática do lixo e sua destinação; (2) realizar palestras para esclarecer sobre problemática do lixo e da necessidade de uma coleta seletiva; (3) buscar parcerias para destinação ambientalmente adequada dos materiais recolhidos; e (4) contribuir para a redução da poluição do solo e das águas dos açudes, tendo em vista que as comunidades terão alternativas para a destinação adequada do lixo. Para a materialização dos objetivos desse projeto vê-se

a necessidade de instalações físicas de coletores, por exemplo, em pontos estratégicos nas diversas comunidades que constituem o Assentamento 25 de Maio. Assim, nos dias determinados, os resíduos sólidos acumulados devem ser recolhidos pela Coleta Municipal da Prefeitura de Madalena, a qual deverá direcionar o material reciclável para os catadores, que já recolhem tais materiais no lixão do município. Consideramos que, para a efetivação dessa coleta se faz necessária a realização de trabalhos referentes à educação ambiental, com o objetivo de orientar e informar as famílias acerca da coleta seletiva, enfatizando a importância da separação correta já iniciadas nas residências; a relevância das ações para a redução da poluição do solo, das águas e do ar nesses espaços. Nesse sentido, o Projeto Fossa Verde tem dado uma contribuição, em parceria com os assentados, destacamos o Curso de Educação Ambiental realizado no período de 12 de fevereiro a 30 de abril que contou com 35 jovens e adultos, dos quais estão participando da elaboração desse projeto, como produto do próprio curso. Também destacamos a parceria e interesse do Conselho do Assentamento, que assumiu, numa perspectiva coletiva, esse projeto como fundamental para a melhoria das condições socioambientais do meio rural. As ações iniciais a serem tomadas são: (1) reunião com o Prefeito de Madalena; (2) reunião com catadores de material reciclável; e (3) elaboração e execução de projeto de educação ambiental.

## **Convivência da população rural com nova tecnologia social**

Os módulos de fossa verde (MFV) construídos no A25M tiveram como modelo os canteiros biosséticos implantados por meio do Projeto “De Olho na Água” (FUNDAÇÃO BRASIL CIDADÃO, 2009), conforme mencionado anteriormente. Portanto, a referência que se tinha para cultivo no canteiro era a taioba (*Xanthosoma sagittifolium*) e a bananeira (*Heliconia* sp.), devido às suas necessidades hídricas elevadas. Entretanto, além de banana (*Musa* sp.), as famílias beneficiárias estão cultivando outras espécies como mamão (*Carica papaya* L.), pimenta (*Capsicum chinense*),

pimentão (*Capsicum annuum* L), tomate (*Solanum esculentum*), abacaxi (*Ananas comosus* L.), cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), etc. A utilização dos canteiros biossépticos para cultivos associados pode significar a aceitação pública positiva da tecnologia fossa verde (Figura 32).



Fossa A25M-048 (Comunidade MEL). Cultivos: pimentão, pimenta de cheiro, tomate e banana.  
Fonte: Arquivos HIDROSED, dez/ 2011.



A25M-052 (Comunidade MEL). Cultivos: banana, papoula, babosa e mamão.  
Fonte: Arquivos HIDROSED, dez/ 2011

**Figura 32.** Módulos de fossa verde da Comunidade Mel, A25M. Cultivos: banana, papoula, babosa, mamão, pimentão, pimenta de cheiro, tomate, pepino, capim-santo e malvarisco (dezembro de 2011).

Os MFV também constituem espaços para cultivos de plantas com propriedades medicinais: malvarisco (também chamada de hortelã grande, *Plectranthus amboinicus* L.), babosa (*Aloe vera* L.), dipirona (*Symphytum officinale* L.) e capim-santo (*Cymbopogon citratus*), que servem para preparação de chás e lambedores (Figura 32). Estes são empregados para combater diarreias, febres e gripes. No caso da babosa, há registros de usos similares a cosmético, pois algumas mulheres utilizam essa planta para tratamento contra queda de cabelo. As atividades previstas pela equipe do

projeto incluíam visitas regulares aos MFV. Aproveitam-se essas ocasiões para repassar as orientações necessárias às famílias beneficiárias, a respeito do manuseio adequado do canteiro biosséptico. São exemplos de recomendações: correto posicionamento das mudas no local; retirada dos filhos no caso das bananeiras – um só rizoma pode dar origem a vários rebentos (designados como filhos); colocação da cerca de proteção (contra a presença de animais, Figura 33); além de medidas de boas práticas de manejo (BPM) para evitar a contaminação cruzada dos alimentos.



**Figura 33.** Exemplos de cercas de proteção contra a presença de animais em módulos de fossa verde no A25M (junho de 2011).

Em relação à proteção contra a presença de animais, as famílias usam diferentes tipos de cerca. Observa-se que as feitas com nylon são pouco eficientes. Todavia, essa questão está diretamente relacionada às formas de apropriação da tecnologia por parte das famílias beneficiárias. Em alguns casos, a presença da cerca de proteção é elemento importante para o funcionamento satisfatório do sistema fossa verde. Outras formas usadas pelas famílias do A25M na proteção das plantas do canteiro podem ser visualizadas na Figura 34. No entanto, a recomendação fornecida pela equipe do Projeto Fossa Verde é a colocação de cerca de estaca de madeira. O canteiro recoberto por tijolos, por exemplo, interfere na evapotranspiração.



**Figura 34.** Operação inadequada de módulos de fossa verde: [a] cobertura do substrato por tijolos reduz a evaporação e, portanto, a eficiência da tecnologia (dezembro de 2011); [b] módulo abandonado, sem vegetação ou cuidados adequados (março de 2012).

Os casos de abandono dos MFV são percebidos principalmente em equipamentos sociais, tais como escolas e na padaria comunitária. No caso das escolas, o sistema poderia servir também para fins didáticos e de campanha de cunho sanitário-educativo. Portanto, as escolas do A25M devem elaborar atividades com os alunos, de forma a envolvê-los no cuidado com o canteiro, enfatizando a qualidade da saúde coletiva e a preservação dos recursos naturais.

O canteiro da Escola Agostinha Rodrigues de Melo (comunidade Agreste) poderia ser considerado uma experiência exitosa (Figura 35), pois os alunos participam do plantio. Trata-se, portanto, de uma atividade de caráter interdisciplinar, onde as crianças do ensino básico e fundamental são incentivadas à reflexão sobre alimentação saudável, com especial destaque à condição humana dependente da terra. Todavia, ressalta-se que essa instituição vem cultivando hortaliças e que a equipe do Projeto Fossa Verde já alertou que o canteiro bioesséptico não é recomendado para esse tipo de cultivo. De forma geral, percebe-se uma mudança considerável na realidade do A25M. Antes da atuação do projeto aqui relatado, o esgoto era lançado a céu aberto, proliferando insetos e disseminando vetores patogênicos, além do mau cheiro e da vulnerabilidade à saúde coletiva. Com o tratamento de efluente domiciliar através do MFV, as águas residuárias são aproveitadas em quintais produtivos, contribuindo de forma significativa para o saneamento ambiental do A25M (Figura 35).





[a]

[b]

Figura 35. Potencial de transformação ambiental e de saúde da fossa verde: [a] emissão de esgoto diretamente no solo, resultando em propagação de doenças, além de contaminação do solo e das águas; [b] esgoto adequadamente tratado e destinado, sem exposição aos resíduos, sem odor e com a produção de alimentos (setembro de 2010).

## Conclusão

O sistema alternativo de esgotamento sanitário é favorável à formação de quintais produtivos e apresenta impactos positivos no tocante aos cultivos de espécies frutíferas para consumo, inclusive com o plantio de espécies com propriedades medicinais. No entanto, a efetiva utilização da tecnologia Fossa Verde requer a contrapartida dos beneficiários no tocante à manutenção, que é simples e condizente com as práticas diárias dos assentados, portanto de fácil adaptabilidade ao ambiente sociocultural do A25M. Conclui-se que o acompanhamento às famílias beneficiárias do projeto foi relevante para alertar os cuidados necessários com os MFV, além das orientações relacionadas a outras práticas sanitárias. Dessa forma, a população atendida pode gerir o sistema de modo autônomo, garantindo os benefícios proporcionados pelo sistema. Essa tecnologia surge como uma alternativa factível ao semiárido nordestino, válida por mitigar a problemática precariedade do esgotamento sanitário e das suas consequências negativas, favorecendo a promoção da qualidade de vida dos assentados a partir da busca de sinergias com o ecossistema.

## 11. Tecnologia social Fossa Verde e saúde comunitária

**Maria Leonice de Lima Passos, Ana Ecilda Lima Ellery, Maria Audericie Rodrigues da Silva, Raquel Maria Rigotto**

O monitoramento do impacto da tecnologia Fossa Verde na saúde da população beneficiada mostrou limitações por alguns fatores. Primeiro, os sistemas de informação de morbidade e mortalidade do município são genéricos, isto é, não são especificados por localidade. Assim, não foi possível saber o impacto da tecnologia Fossa Verde no conjunto de famílias beneficiadas, antes e depois da sua implantação, com base nos sistemas de informação de morbidade e mortalidade do município de Madalena, Ceará.

Em segundo lugar, outro aspecto que dificultou medir o impacto foi o fato do assentamento 25 de Maio contar com 586 famílias, distribuídas em treze comunidades, numa área de 23.000 hectares de área. Apenas 57 (cerca de 10%) dessas famílias foram beneficiadas com a tecnologia, além do fato de suas residências estarem distribuídas no assentamento em sete comunidades.

Por fim, sabemos ter a saúde muitos determinantes e condicionantes sociais, dentre eles: a qualidade da habitação, o acesso ao saneamento, à educação, à alimentação; o transporte, problemas de violência, dentre outros. Portanto, para alterarmos substancialmente a condição de saúde de uma população, não é suficiente controlar um fator, como o esgotamento sanitário, através da fossa verde, mas é preciso intervir em inúmeros aspectos, como os referidos acima.

A despeito desses fatores limitantes para avaliação dos impactos na saúde da tecnologia Fossa Verde na população residente no assentamento 25 de Maio, fizemos um estudo comparativo entre uma comunidade que recebeu a tecnologia (Comunidade do Quietos) e outra que não havia sido

beneficiada (Vila Angelim). Essas duas comunidades, ambas integrantes do assentamento 25 de Maio, distam da sede do município 33 km. A distância entre si entre as duas comunidades é de aproximadamente 4 km.

A comunidade de Quietto possui 39 famílias assentadas, com uma população aproximada de 185 habitantes, sendo uma média de 5,7 habitantes por domicílio. Na referida localidade, foram construídas, em 2010, nove fossas verdes. A Vila Angelim possui 29 famílias assentadas, com população em torno de 113 habitantes, possuindo uma média de 4,6 habitantes por domicílio.

Para desenvolvimento deste estudo, aplicou-se um questionário semiestruturado para levantamento da situação atual de saúde, avaliação da frequência das doenças de veiculação hídrica (DVH). Por ocasião da aplicação do questionário, foram coletadas amostras fecais para identificação de parasitoses intestinais, através do Método de Sedimentação Hoffman. Foram aplicados 20 questionários nos meses de fevereiro a março de 2012, após assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Na comunidade de Quietto, 99,9% das famílias pesquisadas possuem casas de alvenaria; 63,6% possuem Fossa Verde; em 36,4% dos domicílios a água utilizada escorre no quintal; 45,5% do lixo domiciliar são queimados e enterrados; 90,9% do destino dos dejetos é o sanitário; 45,4% dos chefes de família possuem baixos níveis de escolaridade. A água de consumo é procedente do açude/cisterna em 27,3% dos domicílios. Como alternativa de tratamento da água, 45,5% utilizam somente o processo da coação e 54,6% a filtração.

Em Vila Angelim, 77,8% dos domicílios são de alvenaria, 77,8% da água utilizada no domicílio escorre no quintal; 33,3% do lixo domiciliar é queimado e enterrado; 77,8% do destino dos dejetos é o sanitário; 22% dos chefes do domicílio possuem baixos níveis de escolaridade; 77,8% utilizam o processo da coação e filtração, como forma de tratamento da água no domicílio, representando 77,8% e 22,2%, respectivamente (Tabela 25).

**Tabela 25.** Caracterização da situação social das comunidades de Quietto e Vila Angelim, do Assentamento 25 de Maio, Madalena, Ceará, abril de 2012

<b>Indicador</b>	<b>Quietto</b>	<b>Vila Angelim</b>
Casa de alvenaria	99,9%	77,8%
Fossa Verde	63,6%	-
Destino d'água (escorre no quintal)	36,4%	77,8%
Lixo queimado/enterrado	45,5%	33,3%
Utilização sanitária	90,9%	77,8%
Baixos níveis escolaridade <sup>1</sup>	45,4%	22,0%
Consumo d'água açude/cisterna	27,3%	77,8%
Utilização de Coação da água como tratamento	45,5%	77,8%
Utilizam da Filtração da água como tratamento	54,6%	22,2%
Prevalência parasitoses intestinais	3,2%	7,07%

Dentre as doenças diretamente veiculadas pela água, a diarreia é a que mais afeta os brasileiros. Conforme já mencionado, essa doença está diretamente associada à ingestão de água e alimentos contaminados e a sua distribuição espacial está diretamente relacionada com a baixa cobertura da oferta dos serviços de saneamento básico do País.

Segundo dados fornecidos pelo Monitoramento Diário das Doenças Diarréicas do município de Madalena, nos anos de 2008 a 2010, foram notificados 7112 casos em 2008; 6629 (2009); e 7301 (2010) casos de diarreia. A faixa etária de menores de cinco anos correspondeu a 40,30 e 32%, respectivamente. Houve registro de um óbito de criança menor de um ano de idade, em 2008, com diarreia, como causa básica do óbito (TABNET). Do total de casos notificados, houve necessidade de internação por apresentarem sinais de gravidade e risco de complicações em 15% dos casos de 2008; 12% (2009) e 14% (2010).

Em 2010, na comunidade de Quieto registrou um caso de diarreia em criança menor de um ano de idade, necessitando de hospitalização (PLANO C); em 2011, dois casos na faixa etária 1-4 anos (PLANO B e C respectivamente). Dois casos na faixa entre 5-9 anos (PLANO C) e dois casos na faixa de 20-59 anos (PLANO C). Vila Angelim registrou em 2010, um caso na faixa de 5-9 anos (2010).

De acordo com o Manual de Monitoramento das doenças Diarréicas Agudas (MDDA), o PLANO A, corresponde aos casos de diarreia sem presença de desidratação. O paciente é atendido e dispensado com orientações de cuidados a serem tomados no domicílio e uso de sais reidratantes para prevenção da desidratação. No PLANO B, a diarreia encontra-se associada a sinais de desidratação. O paciente é mantido em observação na unidade de saúde até a regressão desses sinais. E por último, temos o PLANO C que é indicado para pacientes com diarreia, desidratação, com estado geral comprometido, sendo necessário submeter-se a terapia de reidratação venosa e internação ambulatorial e/ou hospitalar.

Foram registrados entre 2008 a 2010, nas comunidades de Quieto e Vila Angelim, casos de internamento por diarreia. Houve registro de oito internamentos em Quieto, sendo que 62,5% não realizaram exame parasitológico de fezes; na comunidade Angelim, dos dois internamentos, 50%. Dos internamentos de pessoas residentes em Quieto, 37,5% não tinham a tecnologia Fossa Verde e em Vila Angelim, 100%.

Expressiva prevalência foi encontrada para as parasitoses intestinais *Endolimax nana* e *Entamoeba coli*. Essas duas parasitoses possuem o mesmo mecanismo de transmissão das demais. Sua infestação ocorre através da ingestão de cistos na água provenientes de açudes, reservatórios de água, não tratados. Sua prevenção se dá através de uma boa higiene, tratamento dos indivíduos contaminados e da melhoria das condições sanitárias, principalmente do destino adequados dos dejetos. Essas espécies, embora não patogênicas, podem servir como bons indicadores da relação entre condições sócias, sanitárias e de possíveis infecções enteroparasitárias (Tabela

26). Assim, dessas parasitoses, em determinadas concentrações, deve ser encarada como um sinal de alerta indicando a possibilidade de haver uma poluição e/ou contaminação fecal.

**Tabela 26.** Prevalência de parasitoses *Endolimax nana* e *Entamoeba coli* nas comunidades de Quieto e Vila Angelim, por faixa etária. Maio de 2012.

Faixa etária	Quieto			Vila Angelim		
	Presença parasitoses			Presença parasitoses		
	Número	+	%	Número	+	%
5-9	4	4	100	3	2	66,6
10-14	-	-	-	1	1	100
20-59	5	2	40	4	2	50
<b>Total</b>	9	6	66,6	8	5	62,5

Considerando a população geral das comunidades de Quieto (185 hab) e de Vila Angelim (113 hab), esta última apresentou no presente estudo prevalência para essas parasitoses de 7,07%, bem superior à comunidade de Quieto (Tabela 25). A proporção de moradores com a tecnologia “Fossa Verde”, nesta comunidade revelada neste estudo é de 63,6%. No entanto, entre a amostra pesquisada pertencente à comunidade de Quieto e Vila Angelim a prevalência encontrada foi de 66,6% e 62,5%, respectivamente (Tabela 26).

## **Análise dos dados epidemiológicos**

A despeito de a amostra utilizada ser pequena, sendo um aspecto limitante do presente estudo de incidência e prevalência de parasitoses, encontramos indícios de que somente a implantação da fossa verde é insuficiente para alterar as condições sanitárias da população. Como sabemos, as doenças que podem ter incidências reduzidas com a fossa verde, são

também doenças onde a qualidade d'água consumida é essencial para sua prevenção, como: amebíase, giardíase, gastroenterite, febre tifóide, hepatite infecciosa, cólera. Estas são denominadas “doenças de veiculação hídrica”. Portanto, alterar somente o sistema de esgotamento sanitário não é suficiente para mudar o perfil epidemiológico de uma comunidade. São necessárias ações conjuntas de saneamento, envolvendo: destino dos dejetos, tratamento d'água e esgotamento sanitário. Neste sentido, o projeto de pesquisa Fossa Verde desenvolveu várias ações relacionadas à educação ambiental, qualidade d'água e destino do lixo domiciliar, como se seguem.

Com relação à qualidade d'água consumida pelas famílias, vimos que, a água utilizada pelas famílias para consumo humano e preparação de alimentos, em 91% dos domicílios é proveniente das cisternas de placas, que armazenam água da chuva. Os 9% restantes se abastecem exclusivamente dos açudes. Pela análise dos reservatórios hídricos do assentamento (Caps. 4 e 6) vimos que as águas dos açudes apresentaram contaminação, como também algumas cisternas. A análise de 20 cisternas distribuídas no assentamento mostrou que as concentrações das variáveis físicas e químicas (pH, Ferro, Amônia, Cor, Oxigênio Consumido, Cloreto, Dureza e Alcalinidade) atenderam em geral aos padrões de potabilidade previsto pela mencionada portaria. No entanto, as variáveis microbiológicas evidenciaram contaminação fecal, conforme referido no Cap. 4. Considerando a gravidade da situação de contaminação hídrica no assentamento, realizamos seminários e reuniões com representantes da comunidade, para socializar os dados encontrados, dando-lhes subsídios para a realização de ações interventivas saneadoras. Algumas destas ações são de responsabilidade das próprias famílias, como os cuidados no manuseio das cisternas. Por exemplo, ao coletar água da mesma, não utilizar recipientes sujos, que podem contaminar o reservatório hídrico. Em campo, foi possível observar inadequabilidade quanto aos cuidados com a água da cisterna. A título de exemplo foram encontradas cisternas sem tampa e com tubulações sem tela de proteção, presença de rãs e roedores dentro das cisternas, e a utilização de utensílios para retirada da água previamente utilizados no banheiro e no chão. Somado a isso, 64% dos entrevistados afirmaram não fazer nenhum tratamento dessa água antes de consumir.

Outras ações demandam processos de discussão e pactuação na comunidade, como a forma de utilização dos açudes. Durante os cursos de Educação Ambiental realizados (Cap. 10), como também nos momentos de socialização das informações com a população assentada, os moradores do assentamento 25 de Maio fizeram pactuações em relação à forma de utilização dos doze açudes disponíveis no assentamento. Com base neste processo organizativo, sugere-se que alguns açudes sejam destinados para consumo dos animais, outros para lazer da população; outros para lavagem de roupas. Nesse sentido, sugere-se também que alguns açudes (por exemplo, Quietos, Paus Branco e São Joaquim, entre outros) sejam destinados para consumo humano, ficando o mesmo livre do maior número possível de fontes concentradas e/ou difusas de poluição.

Visando recuperar a reserva hídrica dos açudes, a partir da pesquisa Fossa Verde, outro projeto de pesquisa está sendo desenvolvido, de forma a desenvolver uma tecnologia ambientalmente sustentável para recuperar os açudes através do peixamento dos mesmos (*Biorremediação*). Também foram desencadeadas ações de reivindicação junto ao poder público municipal, em especial, em relação à coleta do lixo domiciliar. Podemos, concluir, portanto, ter tido a pesquisa Fossa Verde uma atuação ampla.

Na construção de modelos de desenvolvimento, em que se harmonizam a melhoria da qualidade de vida e a preservação do meio ambiente, soluções criativas, como o Projeto Biorremediação Fossa Verde, surgem como uma alternativa de baixo custo e com grande potencial para equacionar problemas de saneamento em áreas rurais. Nesse contexto, a chance de acometimento, principalmente por doenças de veiculação hídrica, pode ser eliminada com ações de saneamento (envolvendo qualidade d'água, esgotamento sanitário e destino dos dejetos), única forma de reverter quadros de saúde existentes. A implantação abrangente desse projeto nos assentamentos, como também em outras áreas rurais, com certeza, trará vantagens e melhoria nos níveis de saúde e permitirá a conscientização dessas comunidades, orientadas no seu papel de prevenção e controle, principalmente das doenças de veiculação hídrica.



## **Análise microbiológica dos alimentos produzidos em módulos de fossa verde**

Para avaliar os aspectos fitossanitários dos produtos gerados nos módulos de fossa verde, foram inicialmente visitados aqueles módulos em funcionamento em todas as comunidades. Com base nessas visitas, foram listados os produtos e, posteriormente, aglutinados em quatro categorias de alimentos, em função dos maiores ou menores riscos que poderiam, eventualmente, causar à saúde. Foram selecionados, então, quatro produtos – um para cada categoria – de modo que se fizessem análises microbiológicas dos alimentos. Os parâmetros avaliados foram a presença de coliformes a 45°C e de *Salmonella sp.* por 25 g. Os produtos selecionados foram banana, pimenta-de-cheiro, tomate cereja e malvarisco. A metodologia utilizada corresponde à descrita em APHA (2005). As análises demonstraram, unanimemente, ausência completa de *Salmonella sp.* nos quatro alimentos, conforme indicado pelo Ministério da Saúde. Quanto à presença de Coliformes, observou-se teor inferior a 10 UFC/g nos quatro alimentos, teor este inferior ao mínimo tolerável pela legislação brasileira vigente, que varia de 100 a 2000 UFC/g. Da análise realizada, pode-se avaliar que os alimentos produzidos nos módulos de Fossa Verde construídos e operados no âmbito deste projeto não apresentam qualquer risco à saúde, quer dos trabalhadores que os manuseiem, quer de seus consumidores.

## **Conclusão**

Condições como: esgoto a céu aberto; destino inadequado do lixo; ações de comportamento de risco, como a ingestão de água não tratada adequadamente; ausência de instalações sanitárias, entre outras, contribuem para a alta prevalência de parasitoses intestinais no A25M.

Foram registrados entre 2008 a 2010, nas comunidades de Quieto e Vila Angelim, casos de internamento por diarreia. Houve registro de oito internamentos em Quieto e dois internamentos na comunidade Angelim. Dos internamentos de pessoas residentes em Quieto, 37,5% não tinham a tecnologia Fossa Verde e em Vila Angelim, 100%. Considerando-se a população das respectivas comunidades, aquela na qual houve maior intervenção da fossa verde (Quieto) apresentou nítida redução na prevalência de parasitoses (3,2%) em relação à comunidade na qual apenas um MFV foi construído (prevalência de 7,1%), demonstrando efeito benéfico do modelo de saneamento rural aplicado na saúde comunitária.

Pode-se concluir também que os alimentos produzidos nos módulos de fossa verde construídos e operados no âmbito deste projeto não apresentam qualquer risco à saúde, quer dos trabalhadores que os manuseiem, quer de seus consumidores. É evidente que, concomitantemente com essa estratégia de saneamento, são necessárias também medidas relacionadas à educação sanitária, entre outras, visando à elevação do nível de saúde da comunidade.



## Conclusão

**José Carlos de Araújo**  
**Liana Brito**  
**Edson Vicente da Silva**

O sistema de esgotamento sanitário aqui abordado – os módulos de Fossa Verde – vem ao encontro da carência no setor de saneamento rural e constitui uma tecnologia alternativa adaptada à realidade das populações assentadas em áreas de reforma agrária, bem como à gestão das águas no Sertão Nordestino, cuja escassez hídrica é reconhecida. Conclui-se também que a cidadania tem se fortalecido através do diálogo entre diferentes saberes (acadêmicos e populares), envolvendo um regime social mais amplo e provocando alterações nas normas socioculturais<sup>12</sup>. Com base nas duas pesquisas aqui relatadas, podem ser obtidas as seguintes conclusões:

I. A análise de bacias hidrográficas a partir de uma abordagem da Geoecologia das Paisagens permite articular como o espaço natural se transforma em espaço geográfico e cultural. As bacias são formadas por diversas relações internas, podendo ser consideradas como a expressão da interação entre sociedade e natureza. Tal interação se revela nas alterações das paisagens e na constituição histórica do território. As bacias contêm em si a multidimensionalidade do território e, portanto, devem ser consideradas não somente uma entidade hidrológica, mas também uma complexa interrelação de paisagens, espaços e territórios.

---

12 Por solicitação da comunidade do A25M, através do IBAMA, foram plantadas quase uma centena de mudas de árvores nativas da Caatinga (Caatingueira, Sabiá, Canafístula, Umbu, Ipê/Pau D'arco) no assentamento, no âmbito desses projetos.

II. O Assentamento 25 de Maio revela a importância da Reforma Agrária em nosso país como alternativa de enfrentamento das desigualdades sociais, pois, além do acesso dos camponeses a terra e trabalho, permite a ampliação de direitos sociais, que vão aos poucos alterando a realidade campesina. Como exemplo forte, podemos destacar o acesso à educação no e do campo, o que tem alterado o nível de escolaridade da população rural. Nas entrevistas e reuniões realizadas, as famílias são unânimes em destacar a melhoria de vida se comparada com a situação anterior, quando eram trabalhadores rurais sem terra; destacam a conquista da moradia, do acesso a água (cisterna e parcela com água encanada), e de serviços de saúde, educação e assistência técnica.

III. As cisternas constituem a principal fonte para abastecimento de água no A25M. As análises físico-químicas e bacteriológicas apontaram contaminação por matéria orgânica e fecal em virtude da ausência de proteção das cisternas e pelo manejo inadequado da água. A potabilidade da água das cisternas não é sempre observada no A25M, devendo o monitoramento e a vigilância sanitária dessas águas serem inseridos nos programas. Por exemplo, 40% das cisternas avaliadas apresentaram *salmonella* e 50% estão contaminadas por dejetos fecais (excesso de Coliformes Termotolerantes). O mesmo quadro é observado em relação ao abastecimento das comunidades por sistemas encanados.

IV. No assentamento não existe sistema de coleta de resíduos sólidos realizado pelas prefeituras dos municípios a que o assentamento pertence. As famílias geradoras são responsáveis pelo destino final do lixo produzido. De acordo com os resultados das entrevistas, 63% têm a queima como o principal meio de destino final dos resíduos. Detectaram-se também problemas de disposição final tanto das embalagens de agrotóxicos quanto do material hospitalar.

V. Em relação aos esgotos domésticos no A25M, os dados mostram que menos de um terço dos domicílios possui banheiro

completo (vaso e chuveiro), quase a metade possui apenas vaso sanitário e local para banho, e um quarto não possui sequer vaso sanitário. Não existe sistema público de coleta de esgoto no assentamento e a forma de destino final dos efluentes é – na maioria dos casos – o simples lançamento no quintal ou em fossas negras geralmente inoperantes. Essa forma de disposição contribui para a contaminação do solo e das águas, intensificando a ocorrência de doenças causadas pelo contato com vetores provenientes dos esgotos domiciliares.

VI. A simulação hidrológica das diversas fontes de água do A25M indica que a demanda total no ano de 2010 era pouco superior a 300 mil m<sup>3</sup> anuais. Verificou-se que o açude Quieto seria, sozinho, capaz de atender essa demanda, já que o mesmo pode ofertar até 486 mil m<sup>3</sup> anuais com 99% de garantia anual. Isso mostra que os recursos hídricos do assentamento podem ser mais bem aproveitados do que vêm sendo atualmente.

VII. Em relação à limnologia, o índice de estado trófico de Lamparelli (2004) indica que todos os açudes do A25M estão eutrofizados, ao menos em parte do ano, pois todos geraram IET acima de nível eutrófico. O índice de qualidade de água – IQA (adaptado pelo Comitesinos 1990) mostra que a sazonalidade climática interfere na qualidade da água dos açudes. De fato, no período chuvoso as águas dos reservatórios estavam em pior qualidade do que no período seco. Dessa forma açudes que estavam classificados como ruim passaram a serem classificados, no período de estiagem, como regular, demonstrando a importante interferência da sazonalidade na qualidade da água dos açudes. A principal causa da eutrofização dos açudes – segundo a pesquisa – é a presença de animais nos reservatórios; assim como o lançamento indevido de resíduos (sólidos e líquidos) pela população.

VIII. A pesca realizada no A25M é bastante rústica na metodologia empregada e utilizada nas artes de pesca, mas contribui significativamente na segurança alimentar das comunidades durante o período de estiagem. As principais espécies de peixes encontradas na área da pesquisa foram: *Astronotus ocellatus* (Oscar), *Astyanax spp.* (Piaba), *Cichlasoma orientale* (Cará-preto), *Hoplias malabaricus* (Traíra), *Hypostomus spp.* (Bodó), *Leporinus obtusidens* (Piau), *Oreochromis niloticus* (Tilápia do Nilo), *Prochilodus cearensis* (Curimatã), *Trachelyopterus galeatus* (Cangati). Não houve correlação estatisticamente significativa entre as variáveis limnológicas da água e a biomassa de peixes de cada guilda trófica.

IX. O índice IPAS, aqui proposto, demonstrou ser uma ferramenta de potencial estratégico na formulação de política pública de saneamento rural. Em relação ao A25M, houve aceitável concordância entre o índice e o trabalho de implantação dos módulos de fossa verde. Além disso, os indicadores que compõem o IPAS auxiliam a identificação dos problemas centrais em cada comunidade e/ou manancial. Segundo o IPAS, a comunidade a ser priorizada, em virtude das suas vulnerabilidades ambientais e da importância que o açude representa para a comunidade do entorno, é a do açude Mel. Ainda segundo o IPAS, as comunidades que demandam menor urgência na implantação de um sistema de saneamento são aquelas que têm fontes hídricas subutilizadas.

X. A pesquisa-intervenção no A25M deu especial atenção à elucidação dos parâmetros técnicos, a fim de que o sistema fossa verde atenda de forma satisfatória os valores de eficiência requeridos à proteção da saúde pública e à preservação ambiental. Verificou-se a necessidade de acompanhamento sistemático do processo de construção do MFV de modo a garantir sua eficiência. Apresenta-se um método para dimensionamento dos módulos. No que se refere aos custos, a preços de junho de 2012, cada

MFV do padrão da permacultura construído em regime de mutirão custou ao projeto cerca de R\$ 450. Estima-se que seu custo, caso construído através de uma empresa, suba para R\$ 870.

XI. O consumo medido de água nas residências em que há abastecimento encanado é da ordem de  $100 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ . No entanto, na residência com sete pessoas, que foi monitorada detalhadamente, o consumo médio foi de  $50 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ . Essa diferença pode ter se dado devido ao elevado número de habitantes na residência (cinco a dez). Na residência localizada em comunidade sem serviço de abastecimento de água, o consumo foi pouco superior a  $30 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ .

XII. Uma relevante contribuição técnica das pesquisas foi a medição *in loco* e por um período de vários meses do coeficiente de retorno de residências rurais em ambiente semiárido. Tal parâmetro – salvo melhor juízo – inexistia na literatura técnica. Segundo avaliação, em residências com abastecimento de água, o coeficiente de retorno é de 30%; e nas residências sem abastecimento, essa cifra cai para 10%. Valores tão diferentes daqueles apresentados nas normas brasileiras para ambiente urbano (80%) explicam-se porque no campo boa parte da água – seja bruta, potável e/ou usada – é aplicada nas plantas, numa forma de irrigação de culturas em quintal produtivo.

XIII. As diferentes formas de participação são aspectos determinantes no êxito de um trabalho técnico-científico-participativo. As condições objetivas foram ofertadas diretamente pelos projetos, o que facilitou a participação efetiva de profissionais no processo de realização do projeto. Essa situação pode ter influenciado o processo de participação das famílias assentadas, visto que um número pequeno de profissionais em campo não dá conta de todas as demandas e esclarecimento de dúvidas surgidas nas comunidades.



XIV. O sistema alternativo de esgotamento sanitário é favorável à formação de quintais produtivos e apresenta impactos positivos no tocante aos cultivos de espécies frutíferas para consumo, inclusive com o plantio de espécies com propriedades medicinais. No entanto, a efetiva utilização da tecnologia Fossa Verde requer a contrapartida dos beneficiários no tocante à manutenção, que é simples e condizente às práticas diárias dos assentados, portanto de fácil adaptabilidade ao ambiente sociocultural do A25M.

XV. Foram analisadas duas comunidades semelhantes: próximas, população semelhante e abastecida pelo mesmo manancial – o açude Quieto. Aquela na qual houve maior intervenção da Fossa Verde apresentou nítida redução na prevalência de parasitoses (3,2%) em relação à comunidade na qual apenas um Módulo de Fossa Verde foi construído (prevalência de 7,1%), demonstrando efeito benéfico do modelo de saneamento rural aplicado na saúde comunitária. Pode-se concluir também que os alimentos produzidos nos módulos de Fossa Verde, construídos e operados no âmbito deste projeto, não apresentam qualquer risco à saúde, quer dos trabalhadores que os manuseiem, quer de seus consumidores.

A construção de uma nova ordem societária pressupõe valores diferenciados, valores estes que estão exigidos diante da ameaça de nossas próprias condições de subsistência, que perpassam pela relação entre as pessoas e a natureza; assim como a relação entre as pessoas; e demanda um longo processo de educação emancipatória.

## Referências

- ABNT. **Associação Brasileira de Normas Técnicas (1993) NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. set.
- Agostinho, A. A. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. Ed. EDUEM. Maringá, 2007. 501p.
- APHA; AWWA; WPCF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19<sup>o</sup> ed. Washington: 2005.
- ALMEIDA, C.A.S. **O Processo de participação das famílias das comunidades Paus Ferro e Paus Branco do Assentamento Rural 25 de Maio/ São Joaquim no Projeto Fossa Verde. Trabalho de Conclusão de Curso**. Graduação em Serviço Social, Universidade Estadual do Ceará, 2011.
- ARAGÃO ARAÚJO, J. A. **Barragens do Nordeste do Brasil**. Ed. DNOCS, (1992). 2<sup>a</sup>. Ed., Fortaleza.
- ARAÚJO, J. C. de; DOELL, P.; GÜNTNER, A.; KROL, M.; ABREU, C. B. R.; HAUSCHILD, M.; MENDIONDO, E.M. **Water scarcity under scenarios for global climate change and regional development in semiarid Northeastern Brazil**. *Water International*, 2004, 29(2): 209-220.
- \_\_\_\_\_ ; MOLINAS, P. A.; JOCA, E. L. L.; BEMFEITO, C. J. S.; Belo, P. S. **Custo de Disponibilização e Distribuição da Água por Diversas Fontes no Ceará**. *Revista Econômica do Nordeste*, 2005. Fortaleza, 36(2): 281-307.
- \_\_\_\_\_ ; GÜNTNER, A., BRONSTERT, A. **Loss of reservoir volume by sediment deposition and its impact on water availability in semiarid Brazil**. *Hydrological Sciences Journal*, 2006, v. 51, n. 1, pp. 157-170.
- \_\_\_\_\_ ; **Las pequeñas represas y su relación con el uso racional de los recursos hídricos** In: II Convención Internacional de Geografía, Medioambiente y Ordenamiento Territorial, Havana, Anais, 2011a.
- \_\_\_\_\_ ; **Gestão de águas de pequenos açudes na região semiárida** In: Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. 1 ed. Campina Grande : INSA, 2011, p. 308-324.
- BARRERA LOBATON, M. S. (2009) **Manejo de cuencas hidrográficas durante el siglo XX**. Un análisis desde la Geografía. En: Montoya, J.W. (ed.) *Lecturas en teorías de la Geografía*, Universidad Nacional de Colombia, 2009, Bogotá, pp. 233-256.
- BEVERIDGE, M. C. M. **Cage Aquaculture**. Fishing News Books, Oxford. 1996, 346p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**: dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as

condições e padrões de lançamento de efluentes. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acessado em: 17/02/2012.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

BRITO, LIANA. **Sociabilidade no assentamento rural de Santana, Ce**: Terra e trabalho na construção do ser social. Tese (Doutorado) UFC, FAGED, 2006, Fortaleza.

BRUNO, J. F.; O'Connor, M. I. **Cascading effects of predator diversity and omnivory in a marine food web**. Ecology Letters. 8 (10). 1048-1056. 2005.

BUCKUP, P. A.; Menezes, N. A.; GHAZZI, M. S. (2007). **Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil**. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2007. 195p.

BURTE, J.D.P. (2009). **Os pequenos aquíferos aluviais nas áreas cristalinas semi-áridas**: funcionamento e estratégias de gestão. 2008. Tese de Doutorado em Engenharia Civil (Recursos Hídricos), Universidade Federal do Ceará.

CAMPOS, J. N. B. **Dimensionamento de reservatórios**. Ed. UFC, Fortaleza, 68p.

Chellappa, S.; Bueno, R. M. X.; Chellappa, T.; Chellappa, N. T.; Val, V. M. F. A. e. 2009. **Reproductive seasonality of the fish fauna and limnecology of semi-arid Brazilian reservoirs**. Limnologica. 39: 325-329.

CHOW, V. T., MAIDMENT, D. R., MAYS, L.W. Applied hydrology. New York: McGraw-Hill, 1986.

COSTA, A. C.; BRONSTERT, A.; ARAÚJO, J. C. de. **A channel transmission losses model for different dryland rivers**. Hydrology and Earth System Sciences, 16: 1111-1135, 2012.

DRENNER, R. W.; DAY, D. J.; BASHAM, S. J.; SMITH, D. J.; JENSEN, S. I. **Ecological water treatment system for removal of phosphorous and nitrogen from polluted waters**. Ecological Applications. 7 (2): 381-390. 1997.

ENDLICH, A. M. **Perspectivas sobre o urbano e o rural**. In: Sposito, M. E. B. e Whitaker A. M. (orgs.) **Cidade e Campo**: relações e contradições entre urbano e rural. 1ª edição. São Paulo: Expressão Popular, 2006.

ERTHAL, V. J. T. *et al.* **Características fisiológicas, nutricionais e rendimento de forrageiras fertirrigadas com água residuária de bovinicultura**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2010, v. 14, n. 5, p. 458-466.

ESREY, S. A.; *et al.* **Ecological Sanitation**. Swedish International Development Cooperation Agency – SIDA, Stockholm, 1998, Disponível em: <[http://www.ecosanres.org/pdf\\_files/Ecological\\_Sanitation.pdf](http://www.ecosanres.org/pdf_files/Ecological_Sanitation.pdf)> Acesso em: 30/03/2012.

ESTEVEZ, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 3.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 790 p.

FEITOSA, L.S. **Aspectos limnológicos da pequena açudagem no semiárido**: estudo de caso dos açudes do Assentamento 25 de Maio, Madalena-Ce. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal do Ceará, 2011.

- FREIRE, P. **Uma educação para a liberdade**: textos marginais. Portugal, 1973.
- \_\_\_\_\_; **Cartas à Guiné Bissau**: registro de uma experiência em processo. Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- Fundação Brasil Cidadão. **Projeto “De Olho na Água” Guia de Referência**. Editora Fundação Brasil Cidadão, 2009. Disponível em: <<http://www.deolhonaagua.org.br/site/home.php>> Acesso em: 20/09/2010.
- FURTADO, D. A.; KOENING, A. **Gestão integrada de recursos hídricos**. Campina Grande, PB: Gráfica Agenda, 2008, 115p.
- GALBIATI, A. F. **Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração**. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, UFMS, 2009. Campo Grande.
- GAISER, T., KROL, M., FRISCHKORN, H., ARAÚJO, J. C. (Org.). **Global change and regional impacts**. 1. ed. Berlin: Springer-Verlag, 2003, v. 1. 428p.
- GALVÃO JR, A.C.; XIMENES, M. M. A. F. (Org.). **Regulação - Normatização da Prestação dos Serviços de Água e Esgoto Vol. II. 1. ed. Fortaleza**: Expressão Gráfica e Editora, 445p, 2009.
- \_\_\_\_\_; Melo A. J. M.; Sobrinho, G. B. **Saneamento Básico**: Regulação. 1. ed. Fortaleza: Expressão Gráfica, 64p, 2012.
- GAYLARD, C. C.; BELLINASSO, M. D. L.; MANFIO, G. P. **Biorremediação – Aspectos biológicos e técnicos da biorremediação de xenobióticos**. Revista Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento, 2005, n. 34, jan/jun.
- GRANJEIRO, L. H. F. **A permacultura contribuindo para a ética ambientalista da humanidade**. In: MATOS, K. S. A. L. (org.). Educação Ambiental e Sustentabilidade III. Fortaleza, CE: Edições UFC, 2011, pp. 150-164.
- GURGEL, J. J. S. **Manual de diagnóstico da mortandade de peixes e ações preventivas**. In: Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Ceará – COGERH (org.). Curso Teórico-prático de Diagnóstico da Mortandade de Peixes e Ações Preventivas. Fortaleza, 2010. 159p.
- HAESBAERT, R. **Regional – Global. Dilemas da Região e da Regionalização na geografia contemporânea**. Rio de Janeiro, Ed. Bertrand Brasil, 2010, 208 p.
- HELLER, A. **O cotidiano e a história**. São Paulo: Ed. Paz e Terra, 1970, 121 p.
- HESPAÑHOL, I. **Saúde pública e reuso agrícola de esgotos e biossólidos**. In: Mancuso, P. C. S.; Santos, H. F. (Eds.); Philippi Júnior, A. (Org.). Reuso de água. Barueri, SP: Manole, 2003, cap. 4, pp. 97-123.
- HOLMGREN, D. **Essence of Permaculture**. Disponível em: <http://www.holmgren.com.au/> Acesso em: fev 2012.

IAMAMOTO, M. V. **O Serviço Social na contemporaneidade**: trabalho e formação profissional. São Paulo, Cortez, 1997.

INCRA. **Relatório técnico de complexo de imóveis rurais denominados Fazendas Reunidas São Joaquim S/A**, situada no, município de Madalena, pertencente à pessoa Jurídico de Wicar Parente da Paula S/A-Agricultura e Comércio. Fortaleza. Restrito ao INCRA, 1980.

\_\_\_\_\_; **Relatório técnico de complexo de imóveis rurais denominados Fazendas Reunidas São Joaquim S/A**, situada no, município de Madalena, pertencente à pessoa Jurídico de Wicar Parente da Paula S/A-Agricultura e Comércio. Fortaleza. Restrito ao INCRA, 1985.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo**: avaliação dos métodos de monitoramento. Tese de Doutorado em Ciências na Área de Ecossistemas Terrestres e Aquáticos, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 2004.

LARSSON, S. **Short-rotation willow biomass plantations irrigated and fertilised with wastewaters**. European Commission, DG VI, Agriculture. Svalöv, Sweden. Disponível em: <http://www2.gtz.de/Dokumente/oe44/ecosan/en-willow-biomass-plantations-irrigated-wastewaters-2003.pdf>. Acesso em: fev. 2012.

LAZZARO, X.; Oliveira, V. S.; Ribeiro, R.; Mata, M.; Willadino, L.; Bouvy, M.; Sales, L. **Relações tróficas entre peixes e plâncton nos açudes do Semi-Árido de Pernambuco, Workshop Project Açudes**. Recife, 1999. 15p.

LEGAN, L. **Soluções Sustentáveis – Permacultura na Agricultura Familiar**. Ecocentro / IPEC Instituto de Permacultura e Ecovilas do Cerrado. Pirenópolis – GO: Mais Calango Editora, 2007.

LEITE, Sergio. **Impactos dos assentamentos**: um estudo sobre o meio rural brasileiro. São Paulo: UNESP, 2004, 392p.

\_\_\_\_\_; Medeiros, Leonilde. **A formação dos assentamentos rurais no Brasil processos sociais e políticas públicas (Org.)**. Porto Alegre/Rio de Janeiro: Ed Universidade/ UFRGS/CPDA.

LENCIONI, S. **Região e Geografia**. São Paulo, Ed. da Universidade de São Paulo, 1999, 214 p.

LIMA NETO, I. E.; Wiegand, M. C.; Araújo, J. C. **Sediment redistribution due to a dense reservoir network in a large semi-arid Brazilian basin**. Hydrological Sciences Journal, v. 56, p. 319-333.

LOPES, A. G. D. **Estudo da comunidade fitoplanctônica como bioindicador de poluição em três reservatórios em série do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI)**, São Paulo - SP. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública. Universidade de São Paulo, São Paulo – SP. 2007. 120p.

LOPES, F. B.; ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; BECKER, H.; BATISTA, A. A. **Assessment of the water quality in a large reservoir in semiarid region of Brazil**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2014, 18(4): 437-445.

- MACHADO, G. **Por uma territorialização da bacia hidrográfica**, In: Saquet, M. A. (Org.) Estudos territoriais na ciência geográfica, Ed. Outras expressões, 2013, São Paulo, pp. 107-128.
- MACIEL, A. L. S. FERNANDES, R. M. C. **Tecnologias sociais: interface com as políticas públicas e o Serviço Social**. Serv. Soc., São Paulo, 2011, n. 105, p. 146-165, jan./mar.
- MAKUNINA, G. S. **Sistemas paisagístico-hidrológicos e seu significado para prognósticos (em russo)**, In: Gennadiev, A. N., E. V. Miilanova. Cambios del medio natural. Aspectos Globales y regionales, Ed. Universidade de Moscou, 1997, pp. 58-65.
- MALVEIRA, V. T. C.; ARAÚJO, J. C DE.; GUENTNER, A. **Hydrological impact of a high-density reservoir network in the semiarid north-eastern Brazil**. Journal of Hydrologic Engineering, 2012, v. 17, p. 109-117.
- MAMEDE, G. L.; ARAÚJO, N.; SCHNEIDER, C. M.; ARAÚJO, J. C DE; HERRMANN, H. J. **Overspill avalanching in a dense reservoir network**. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2012, v. 109, p. 7191-7195.
- MANDAI, P. **Modelo descritivo da implantação do sistema de tratamento de águas negras por evapotranspiração**. Associação Novo Encanto de Desenvolvimento Ecológico ANEDE. Monitoria Canário Verde, 2006, Brasília. Relat. Técnico.
- MARTINS, J. S. (1991) **Expropriação e Violência: a questão política no campo**. S.Paulo: Hucitec. \_\_\_\_\_; **A reforma agrária no segundo mandato de Fernando Henrique Cardoso**. Tempo social, 2003, vol. 15, nº 2, nov. Disponível em: [HTTP://WWW.scielo.br/scielo.php?](http://www.scielo.br/scielo.php?) Acedido:12 out. 2011.
- MATEO RODRÍGUEZ, J.M., SILVA, E.V., CAVALCANTI, A.P.B. **Geoeecologia das Paisagens**. Uma visão geossistêmica da análise ambiental, Ed. UFC, 2004, Fortaleza, 222 p.
- MATEO RODRÍGUEZ, J. M. **Paisajes Naturales. Geografía de los Paisajes**. Primera Parte, Ed. Félix Varela, 2011, La Habana, Cuba, 198 p.
- \_\_\_\_\_; **Geografía de los Paisajes**. Segunda Parte, Ed. Félix Varela, 2013, La Habana, Cuba, 171 p.
- MCMAHON, T. A., MEIN, R. G. **River and reservoir yield**. Water Resources Publications, 1986, Littleton, Colorado, USA.
- MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. **Matéria orgânica do solo: métodos de análises**. Universidade Federal de Viçosa, 2005, 107p.
- MENEZES, R. S. **Lista dos nomes vulgares de peixes de águas doces e salobras da zona seca do nordeste e leste do Brasil**. [S.l.]: Fundação Guimarães Duque, 2001. 160p.
- MÉSZARÒS, I. **Para além do capital: rumo a uma teoria da transição**. São Paulo, Ed. Boitempo, 2002, 994 p.
- MILKOV, F. N. O homem e as paisagens (em russo), Moscou, Ed. Mis, 1973, 224 p.

- MOLLE, F. **Perdas por evaporação e infiltração em pequenos reservatórios**. Série Hidrologia 25, SUDENE/ORSTOM, Recife, 1989.
- MOLLISON, Bill. **Introdução à Permacultura. Austrália**: Tagari Publications. 204p.
- NAGHETTINI, M. **Mananciais superficiais**: aspectos quantitativos. In: Heller, L.; Pádua, V. L. Abastecimento de água para consumo humano. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006 p. 223-274.
- NIKOLAEV, V. A. **Ciências da paisagem**. Seminários e Tarefas práticos (em russo), Faculdade de Geografia da UEM, 2006, 208 p.
- NIKOLAIEV, V. A., AVESALOMOVA, I.A., CHIZHOVA, V. P. **Paisagens antropogêno-naturais**: urbanos, recreacionais de parques e jardins (em russo), Faculdade de Geografia da EU, Moscou, 2011, 112 p.
- NOVAES, A. P. *et al.* **Utilização de uma fossa séptica biodigestora para melhoria do saneamento rural e desenvolvimento da agricultura orgânica**. Comunicado Técnico EMBRAPA, São Carlos, 2002, n. 46, p. 1-5, maio. Disponível em: <[www.cnpdia.embrapa.br/publicacoes/download.php?file=CT46\\_2002.pdf](http://www.cnpdia.embrapa.br/publicacoes/download.php?file=CT46_2002.pdf)> Acesso em: 05/ 08/2011.
- PAIVA, M. P.; VASCONCELOS GESTEIRA, T. C. **Produtividade da pesca nos principais açudes públicos do nordeste do Brasil**. Notes Doc. Pêche Piscic. 1977, (Nouv. Ser.). (14): 55-67. 1977.
- PAMPLONA, S., VENTURI, M. **Esgoto à flor da terra**. Permacultura Brasil. Soluções ecológicas. Ano VI , v 16.
- PASCHE, DÁRIO F; HENNINGTON, ÉLIDA A. **O sistema único de saúde e a promoção da saúde**. In: SUS: ressignificando a promoção da saúde. São Paulo, Hucitec: OPAS, 2006.
- PERET, A. M. **Dinâmica da alimentação de peixes piscívoros da represa Três Marias (MG)**. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, São Paulo. 2004. 61p.
- PHILIPPI JR, A.; GALVÃO Jr. A.C. (Org.). **Gestão do Saneamento Básico - Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário**. 1. ed. São Paulo: Manole, 2012, 1153p.
- PINHEIRO L. S. **Proposta de índice de priorização de áreas para saneamento rural**: Estudo de caso Assentamento 25 de Maio, Ceará. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente –UFC. Fortaleza, 2011, 109p.
- PINTO, M. A. T.; CAVALCANTI, C. G. B. Recuperação de lagos tropicais: biotecnologia no controle da eutrofização em lagos tropicais – a experiência do lago Paranoá. Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento. n. 7. 1999. p. 31-32.
- REIGOTA, M. **O que é educação ambiental**. São Paulo: Ed. Brasiliense (Coleção Primeiros Passos; 292), 2009, 107 p.
- RETEIUM, A.Y. **Mundos terrestres** (em russo), Moscou, Ed. Mis, 1989, 267 p.

- RODOMAN, B.B. **Areais e redes territoriais. Fundamentos da Geografia Teórica** (em russo), Ed. Oikumen, Smoliensk, 1999, 256 p.
- ROSA, R. S.; MENEZES, N. A.; BRITSKI, H. A.; COSTA, W. J. E. M.; GROTH, F. **Diversidade, padrões de distribuição e conservação dos peixes da Caatinga**. In: Leal, I. R.; Tabarelli, M.; Silva, J. M. C. (eds.). *Ecologia e Conservação da Caatinga*. Editora UFPE, Recife, 2005. p. 135-180.
- SANTOS, M. (1996) **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**, Ed. Hucitec, São Paulo, 1996, 308 p.
- SILVA, M. **Questão ambiental e desenvolvimento sustentável: um desafio ético-político ao serviço social**. São Paulo: Cortez, 2010.
- SMITH, W. S.; PEREIRA, C. C. G. F.; ESPÍNDOLA, E. L. G.; ROCHA, O. **A importância da zona litoral para a disponibilidade de recursos alimentares à comunidade de peixes em reservatórios**. In: Henry, R. (org.). *Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos*. São Carlos: RiMa, 2003. p. 233-248.
- SOARES, A. L. J. Tecnologias de baixo impacto - **A práxis da sustentabilidade**. In: Carbogim, J. B. P. (Org.). **Projeto de Olho na Água: Estratégia para a sustentabilidade**. Fortaleza, CE: Editora Fundação Brasil Cidadão, 2009, pp. 48-53.
- SOCHAVA, V. B. **Introdução à Teoria dos Geossistemas** (em russo), Ed. Nauka, Novosibirsk, Rússia, 1978, 319 p.
- SOUZA, M.L. **Desenvolvimento de comunidade e participação**. 5. ed. São Paulo: Cortez, 1996, 231p.
- SPARKS, D. L. **Methods of Soil Analysis**. Part 3. Chemical Methods. Soil Science Society of America Book Series, 1996, n. 5, 1264p.
- TÁVORA, M. A.; ARAÚJO, J. C. **Consumo e geração de resíduos na sociedade capitalista**. In: Kelma Socorro Alves Lopes de Matos. (Org.). *Educação ambiental e sustentabilidade*. 1 ed. Fortaleza: Edições UFC, 2009, p. 163-171.
- TUNDISI, J. G.; MATSUMURA TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 631p.
- VIANA, R. B.; CAVALCANTE, R. M.; BRAGA, F. M. G.; VIANA, A. B.; ARAÚJO, J. C. de; Nascimento, R. F; Pimentel, A.S. **Risk assessment of trihalomethanes from tap water in Fortaleza**, Brazil, 2009, *Environmental Monitoring and Assessment*, 151: 317-325.
- VOLLENWEIDER, R. A.; KEREKES, J. **Eutrophication of waters. Monitoring, assessment and control**. OECD Cooperative programme on monitoring of inland waters (Eutrophication control), Environment Directorate, OECD, Paris. 154 p.
- VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 452p.



WIEGAND, M. C. *et al.* **Irrigação de micro-áreas com reuso de esgoto domiciliar utilizando tecnologia Fossa Verde em região semiárida.** In: II Reunião Sulamericana para Manejo e Sustentabilidade da Irrigação em Regiões Áridas e Semiáridas, 2011, Cruz das Almas-Ba. Anais... v. 1. p. 149-152. 1 CD-ROM.

\_\_\_\_\_ ; PIEDRA, J. I. G.; ARAÚJO, J. C. de (submetido) Vulnerabilidade à eutrofização de dois lagos tropicais de climas úmido (Cuba) e semiárido (Brasil).

ZANIBONI-FILHO, E.; Nuñez, A. P. O. Fisiologia da reprodução e propagação artificial dos peixes. In: CYRINO, J. E. P. *et al.* Tópicos especiais em piscicultura de água tropical intensiva. São Paulo: TecArt, 2004. 533p.

ZAVALA-CAMIN, L. A. **Introdução aos estudos sobre alimentação natural em peixes.** Maringá: EDUEM, 1996. 129p.

# Apêndice I. Curvas vazão regularizável x garantia para os açudes do Assentamento<sup>13</sup>

Açude: Mel		Valores médios hm <sup>3</sup> /ano			
Qr hm <sup>3</sup> /a	Garant %	Qreg	Qevap	Qvert	
0	100	0	0.037	0.132	
0.002	95.6	0.002	0.036	0.126	
0.003	94.1	0.003	0.035	0.13	
0.005	92.2	0.005	0.035	0.129	
0.007	90.4	0.006	0.034	0.127	
0.008	88.8	0.008	0.033	0.124	
0.01	87.7	0.01	0.033	0.129	
0.012	85.8	0.011	0.032	0.123	
0.014	84.6	0.012	0.032	0.125	
0.015	83.7	0.014	0.031	0.122	
0.017	81.4	0.015	0.03	0.122	
0.019	79.7	0.017	0.03	0.118	
0.02	78.1	0.018	0.029	0.121	
0.022	77.3	0.019	0.028	0.121	

Açude: Maracajá		Valores médios hm <sup>3</sup> /ano			
Qr hm <sup>3</sup> /a	Garant %	Qreg	Qevap	Qvert	
0	100	0	0.059	0	
0.001	50.3	0	0.057	0	
0.001	52.4	0.001	0.058	0	

Açude: Raiz		Valores médios hm <sup>3</sup> /ano			
Qr hm <sup>3</sup> /a	Garant %	Qreg	Qevap	Qvert	
0	100	0	0.27	0.011	
0.003	97.4	0.003	0.261	0.008	
0.006	97.5	0.006	0.265	0.01	
0.008	97.4	0.008	0.262	0.01	
0.011	96.6	0.011	0.258	0.01	
0.014	96.1	0.014	0.253	0.008	
0.017	95.5	0.016	0.26	0.009	
0.02	95.8	0.019	0.25	0.008	
0.022	94.9	0.022	0.251	0.008	
0.025	94.4	0.025	0.248	0.006	
0.028	93.3	0.027	0.244	0.007	
0.031	92.6	0.03	0.238	0.005	
0.034	92	0.032	0.24	0.007	
0.037	91.6	0.035	0.24	0.006	
0.039	90.5	0.037	0.236	0.006	
0.042	88.8	0.04	0.231	0.005	
0.045	88.4	0.042	0.228	0.005	
0.048	88.4	0.045	0.228	0.007	
0.051	86.8	0.047	0.228	0.005	
0.053	85.9	0.05	0.225	0.006	
0.056	83.6	0.052	0.217	0.004	
0.059	82.4	0.054	0.216	0.004	
0.062	82.4	0.056	0.217	0.004	
0.065	82.6	0.059	0.217	0.005	
0.067	82.2	0.061	0.216	0.006	
0.07	80.3	0.063	0.211	0.005	
0.073	76.6	0.064	0.203	0.003	
0.076	78.1	0.067	0.21	0.004	
0.079	77.4	0.07	0.206	0.005	
0.081	75.8	0.071	0.205	0.004	
0.084	73.3	0.073	0.2	0.003	
0.087	74.8	0.076	0.204	0.003	
0.09	69.1	0.076	0.191	0.003	

13 Qr = vazão regularizável desejada; Garant = garantia anual; Qreg = vazão regularizável média; Qevap = vazão evaporada média; Qvert = vazão vertida (sangrada) média.

Açude:	São Joaquim				
	Or hm <sup>2</sup> /a	Garant %	Qreg	Qevap	Qvert
	0	100	0	1.194	0.539
	0.017	99.9	0.017	1.177	0.485
	0.035	99.9	0.035	1.175	0.519
	0.052	99.9	0.052	1.168	0.508
	0.069	99.9	0.069	1.163	0.489
	0.087	99.9	0.087	1.152	0.456
	0.104	99.8	0.104	1.153	0.504
	0.121	99.9	0.121	1.137	0.45
	0.139	99.6	0.138	1.137	0.459
	0.156	99.5	0.156	1.126	0.433
	0.173	99.5	0.173	1.109	0.433
	0.191	99.5	0.19	1.102	0.392
	0.208	99	0.207	1.096	0.421
	0.225	99.3	0.224	1.094	0.413
	0.243	98.6	0.241	1.082	0.397
	0.26	98.3	0.258	1.064	0.383
	0.277	98	0.275	1.056	0.371
	0.295	98.1	0.292	1.059	0.379
	0.312	97.2	0.307	1.043	0.372
	0.329	97.1	0.325	1.042	0.361
	0.347	96.6	0.341	1.019	0.316
	0.364	95.9	0.356	1.011	0.32
	0.381	95.3	0.372	1.011	0.326
	0.399	95.2	0.389	1.007	0.334
	0.416	94.5	0.404	0.996	0.345
	0.433	94.1	0.42	0.989	0.312
	0.451	92.6	0.434	0.965	0.266
	0.468	93.2	0.452	0.974	0.306
	0.485	92.2	0.466	0.962	0.303
	0.503	91.6	0.481	0.953	0.293
	0.52	89.8	0.493	0.936	0.271
	0.537	90	0.51	0.942	0.298
	0.555	87.2	0.518	0.901	0.242
	0.572	88.4	0.538	0.919	0.251
	0.589	86.4	0.548	0.913	0.282
	0.607	85.5	0.561	0.903	0.255
	0.624	84.2	0.573	0.889	0.241
	0.641	82.7	0.584	0.871	0.223
	0.659	82	0.597	0.868	0.228
	0.676	81.6	0.612	0.867	0.237
	0.693	80.3	0.622	0.857	0.244
	0.711	80.1	0.637	0.853	0.219
	0.728	78.9	0.648	0.844	0.23
	0.745	77	0.656	0.837	0.215
	0.763	76.8	0.67	0.827	0.197
	0.78	76.2	0.683	0.83	0.197
	0.797	73.5	0.687	0.814	0.209
	0.815	73.5	0.702	0.817	0.195
	0.832	72.3	0.711	0.803	0.188
	0.849	71.5	0.723	0.798	0.177
	0.867	70	0.731	0.787	0.172
	0.884	70.2	0.746	0.793	0.178
	0.901	69.3	0.757	0.789	0.182

Açude:	Perdição				
	Or hm <sup>2</sup> /a	Garant %	Qreg	Qevap	Qvert
	0	100	0	0.183	0.146
	0.003	100	0.003	0.181	0.135
	0.007	100	0.007	0.18	0.141
	0.01	100	0.01	0.18	0.139
	0.013	100	0.013	0.178	0.135
	0.016	100	0.016	0.177	0.128
	0.02	100	0.02	0.177	0.138
	0.023	100	0.023	0.175	0.126
	0.026	99.8	0.026	0.175	0.128
	0.03	99.8	0.03	0.173	0.122
	0.033	99.8	0.033	0.171	0.121
	0.036	99.8	0.036	0.171	0.113
	0.039	99.6	0.039	0.169	0.119
	0.043	99.7	0.043	0.169	0.118
	0.046	99.3	0.046	0.167	0.114
	0.049	99.1	0.049	0.165	0.11
	0.053	98.8	0.052	0.164	0.107
	0.056	98.9	0.056	0.164	0.109
	0.059	98	0.059	0.162	0.107
	0.063	98.1	0.062	0.161	0.105
	0.066	97.9	0.065	0.159	0.094
	0.069	97.3	0.068	0.157	0.095
	0.072	96.7	0.071	0.157	0.097
	0.076	96.2	0.074	0.156	0.098
	0.079	95.8	0.077	0.155	0.099
	0.082	95.6	0.08	0.154	0.092
	0.086	94.6	0.083	0.15	0.082
	0.089	94.9	0.087	0.151	0.091
	0.092	93.7	0.089	0.15	0.09
	0.095	93.7	0.092	0.148	0.087
	0.099	92.2	0.095	0.146	0.082
	0.102	91.9	0.098	0.146	0.088
	0.105	89.4	0.1	0.141	0.075
	0.109	90.4	0.103	0.143	0.078
	0.112	88.9	0.105	0.142	0.084
	0.115	87.5	0.108	0.14	0.078
	0.118	86.7	0.11	0.139	0.074
	0.122	85.5	0.113	0.136	0.07
	0.125	84.3	0.115	0.136	0.071
	0.128	83.8	0.118	0.135	0.073
	0.132	82.5	0.12	0.133	0.074
	0.135	82.4	0.123	0.133	0.069
	0.138	81.2	0.125	0.132	0.07
	0.141	79.4	0.126	0.13	0.067
	0.145	78.9	0.129	0.129	0.063
	0.148	78.2	0.132	0.129	0.064
	0.151	75.7	0.132	0.127	0.065
	0.155	76	0.135	0.127	0.063
	0.158	74.4	0.137	0.125	0.061
	0.161	73.6	0.139	0.124	0.059
	0.164	72.5	0.141	0.123	0.057
	0.168	72.7	0.144	0.123	0.059
	0.171	71.5	0.146	0.122	0.06
	0.174	69.7	0.147	0.12	0.054

Açude: Tanques					
Qr hm <sup>2</sup> /a	Garant %	Valores médios hm <sup>2</sup> /ano			
		Qreg	Qevap	Qvert	
0	100	0	0.005	0.015	
0	100	0	0.005	0.014	
0	100	0	0.005	0.014	
0.001	100	0.001	0.005	0.014	
0.001	100	0.001	0.005	0.014	
0.001	100	0.001	0.005	0.013	
0.001	100	0.001	0.005	0.014	
0.001	100	0.001	0.005	0.013	
0.002	100	0.002	0.005	0.013	
0.002	99.9	0.002	0.005	0.013	
0.002	99.9	0.002	0.005	0.013	
0.002	99.9	0.002	0.005	0.012	
0.002	99.8	0.002	0.005	0.013	
0.003	99.6	0.003	0.005	0.013	
0.003	99.4	0.003	0.005	0.012	
0.003	99.2	0.003	0.005	0.012	
0.003	98.9	0.003	0.005	0.012	
0.003	98.7	0.003	0.005	0.012	
0.004	97.9	0.004	0.005	0.012	
0.004	97.7	0.004	0.005	0.012	
0.004	97.1	0.004	0.005	0.011	
0.004	96.6	0.004	0.004	0.011	
0.004	96	0.004	0.004	0.011	
0.005	95	0.004	0.004	0.011	
0.005	94.6	0.005	0.004	0.011	
0.005	94.4	0.005	0.004	0.011	
0.005	93.3	0.005	0.004	0.01	
0.005	92.4	0.005	0.004	0.011	
0.006	90.5	0.005	0.004	0.01	
0.006	89.3	0.005	0.004	0.01	
0.006	86.9	0.006	0.004	0.01	
0.006	85.7	0.006	0.004	0.01	
0.006	83.2	0.006	0.004	0.009	
0.007	83.2	0.006	0.004	0.01	
0.007	81.3	0.006	0.004	0.01	
0.007	78.8	0.006	0.004	0.01	
0.007	78	0.006	0.004	0.009	
0.007	76.2	0.007	0.004	0.009	
0.008	74.6	0.007	0.004	0.009	
0.008	73.9	0.007	0.004	0.009	
0.008	72.2	0.007	0.004	0.009	
0.008	71.9	0.007	0.004	0.009	
0.008	70.7	0.007	0.004	0.009	
0.009	68.7	0.007	0.004	0.009	

Açude: Logradouro					
Qr hm <sup>2</sup> /a	Garant %	Valores médios hm <sup>2</sup> /ano			
		Qreg	Qevap	Qvert	
0	100	0	0.278	0.002	
0.003	93.3	0.003	0.267	0.002	
0.006	93.5	0.005	0.272	0.002	
0.008	92.3	0.008	0.269	0.002	
0.011	91.5	0.011	0.265	0.003	
0.014	91.2	0.013	0.259	0.001	
0.017	90.9	0.016	0.266	0.002	
0.02	89.3	0.019	0.256	0.001	
0.022	89.5	0.021	0.257	0.002	
0.025	88.3	0.024	0.252	0.001	
0.028	86.5	0.026	0.25	0.001	
0.031	84.9	0.028	0.243	0.001	
0.034	85	0.031	0.246	0.001	
0.036	84.6	0.034	0.245	0.001	
0.039	83	0.036	0.241	0.001	
0.042	80.6	0.038	0.237	0.001	
0.045	80.3	0.04	0.234	0.001	
0.048	80.7	0.043	0.234	0.002	
0.05	78.5	0.045	0.233	0.001	
0.053	77.3	0.047	0.231	0.001	
0.056	74.2	0.049	0.221	0.001	
0.059	73.2	0.051	0.221	0.001	
0.062	73.5	0.053	0.222	0.001	
0.064	73.4	0.056	0.223	0.001	
0.067	72.7	0.058	0.223	0.001	
0.07	70.7	0.06	0.217	0.001	
0.073	66.7	0.06	0.208	0.001	

Açude: Agreste					
Qr hm <sup>2</sup> /a	Garant %	Valores médios hm <sup>2</sup> /ano			
		Qreg	Qevap	Qvert	
0	100	0	0.295	0	
0.003	78.4	0.003	0.283	0	
0.006	79.4	0.005	0.289	0	
0.009	77.3	0.008	0.286	0	
0.012	76.7	0.01	0.283	0	
0.015	75.6	0.013	0.276	0	
0.018	76.5	0.016	0.284	0	
0.021	72.8	0.018	0.273	0	
0.024	72.9	0.02	0.275	0	
0.027	71.7	0.023	0.269	0	
0.029	69.6	0.025	0.267	0	

Açude: São Nicolau					Açude: Quieto				
Qr hm²/a	Garant %	Valores médios hm³/ano			Qr hm²/a	Garant %	Valores médios hm³/ano		
		Qreg	Qevap	Qvert			Qreg	Qevap	Qvert
0	100	0	0.24	1.792	0	100	0	3.52	0.707
0.02	100	0.02	0.236	1.713	0.042	99.9	0.042	3.458	0.597
0.041	100	0.041	0.234	1.753	0.085	99.9	0.084	3.471	0.662
0.061	100	0.061	0.231	1.734	0.127	99.9	0.127	3.441	0.647
0.081	100	0.081	0.229	1.708	0.169	99.8	0.169	3.415	0.615
0.102	100	0.102	0.226	1.659	0.211	99.8	0.211	3.375	0.546
0.122	100	0.122	0.224	1.719	0.254	99.8	0.253	3.401	0.641
0.142	99.9	0.142	0.221	1.641	0.296	99.8	0.296	3.327	0.545
0.163	99.8	0.162	0.218	1.653	0.338	99.4	0.337	3.332	0.56
0.183	99.8	0.183	0.215	1.612	0.38	99.3	0.379	3.297	0.506
0.203	99.5	0.203	0.212	1.597	0.423	99.3	0.421	3.245	0.518
0.224	99.2	0.223	0.209	1.543	0.465	99.3	0.463	3.196	0.448
0.244	98.3	0.242	0.206	1.574	0.507	98.8	0.504	3.206	0.495
0.264	97.2	0.26	0.203	1.568	0.55	99.2	0.547	3.201	0.477
0.284	96.1	0.279	0.2	1.539	0.592	98.3	0.587	3.158	0.452
0.305	93.9	0.296	0.196	1.507	0.634	97.9	0.627	3.095	0.437
0.325	92.2	0.312	0.194	1.489	0.676	97.7	0.669	3.064	0.419
0.345	90.5	0.329	0.191	1.508	0.719	97.9	0.711	3.067	0.441
0.366	89.4	0.346	0.188	1.485	0.761	96.8	0.748	3.045	0.408
0.386	88.4	0.364	0.186	1.476	0.803	97	0.791	3.013	0.41
0.406	86	0.378	0.182	1.404	0.845	96.3	0.83	2.928	0.329
0.427	85	0.395	0.179	1.405	0.888	95.3	0.867	2.918	0.332
0.447	82.9	0.409	0.175	1.421	0.93	95	0.907	2.917	0.346
0.467	82.5	0.426	0.172	1.43	0.972	95	0.948	2.914	0.358
0.488	80.4	0.439	0.168	1.439	1.014	94	0.984	2.88	0.394
0.508	79.9	0.456	0.165	1.396	1.057	93.9	1.025	2.847	0.327
0.528	77.9	0.469	0.161	1.321	1.099	91.7	1.053	2.751	0.257
0.549	76.3	0.483	0.157	1.39	1.141	92.8	1.1	2.816	0.309
0.569	75.3	0.497	0.151	1.381	1.184	92.2	1.137	2.773	0.314
0.589	73	0.509	0.148	1.368	1.226	91.2	1.172	2.741	0.299
0.61	71.7	0.522	0.142	1.328	1.268	89.6	1.2	2.688	0.258
0.63	71.7	0.54	0.137	1.376	1.31	89.7	1.242	2.727	0.3
					1.353	86.6	1.261	2.561	0.231
					1.395	87.8	1.309	2.624	0.235
					1.437	86.5	1.338	2.636	0.277
					1.479	85.7	1.372	2.587	0.235
					1.522	83.6	1.394	2.535	0.224
					1.564	82.6	1.424	2.471	0.197
					1.606	81.3	1.453	2.473	0.205
					1.649	81.7	1.494	2.474	0.218
					1.691	80.3	1.518	2.447	0.239
					1.733	79.6	1.552	2.431	0.187
					1.775	78.5	1.58	2.417	0.207
					1.818	76.9	1.601	2.378	0.187
					1.86	76.4	1.632	2.335	0.166
					1.902	75.6	1.662	2.347	0.164
					1.944	73.4	1.676	2.317	0.177
					1.987	73.2	1.711	2.312	0.159
					2.029	71.6	1.728	2.263	0.158
					2.071	71.3	1.76	2.241	0.141
					2.114	69.4	1.777	2.215	0.131

Açude: Nova Vida		Valores médios hm³/ano		
Qr hm³/a	Garant %	Qreg	Qevap	Qvert
0	100	0	0.309	0.132
0.004	99.9	0.004	0.304	0.118
0.009	99.9	0.009	0.304	0.127
0.013	99.9	0.013	0.302	0.124
0.018	99.9	0.018	0.301	0.12
0.022	99.9	0.022	0.298	0.111
0.026	99.8	0.026	0.298	0.123
0.031	99.9	0.031	0.294	0.11
0.035	99.6	0.035	0.294	0.112
0.04	99.4	0.04	0.291	0.106
0.044	99.4	0.044	0.287	0.106
0.049	99.4	0.048	0.285	0.096
0.053	98.9	0.053	0.283	0.103
0.057	99.2	0.057	0.283	0.101
0.062	98.4	0.061	0.28	0.097
0.066	98.1	0.066	0.275	0.093
0.071	97.9	0.07	0.273	0.09
0.075	98	0.074	0.274	0.092
0.079	97.1	0.078	0.269	0.091
0.084	97	0.083	0.269	0.088
0.088	96.5	0.087	0.263	0.077
0.093	95.6	0.091	0.261	0.078
0.097	95.2	0.095	0.261	0.079
0.101	95	0.099	0.26	0.081
0.106	94.3	0.103	0.257	0.084
0.11	93.9	0.107	0.255	0.076
0.115	92.4	0.11	0.249	0.064
0.119	93.1	0.115	0.251	0.074
0.123	91.9	0.118	0.248	0.074
0.128	91.5	0.122	0.246	0.071
0.132	89.6	0.125	0.242	0.065
0.137	89.7	0.13	0.243	0.072
0.141	86.9	0.132	0.232	0.059
0.146	88.1	0.137	0.237	0.061
0.15	86.2	0.139	0.236	0.068
0.154	85.3	0.143	0.233	0.062
0.159	83.9	0.146	0.229	0.058
0.163	82.6	0.148	0.225	0.054
0.168	81.7	0.152	0.224	0.055
0.172	81.4	0.155	0.224	0.057
0.176	80.1	0.158	0.221	0.059
0.181	79.8	0.162	0.22	0.053
0.185	78.7	0.165	0.218	0.056
0.19	76.7	0.167	0.216	0.052
0.194	76.5	0.17	0.213	0.047
0.198	75.8	0.173	0.214	0.048
0.203	73.4	0.175	0.21	0.05
0.207	73.1	0.178	0.211	0.047
0.212	72	0.18	0.207	0.045
0.216	71.2	0.183	0.206	0.043
0.221	69.7	0.186	0.203	0.041

Açude: Paus Branco		Valores médios hm³/ano		
Qr hm³/a	Garant %	Qreg	Qevap	Qvert
0	100	0	1.129	0.133
0.013	99.1	0.013	1.099	0.111
0.025	99.1	0.025	1.111	0.124
0.038	99.1	0.038	1.1	0.121
0.05	99	0.05	1.088	0.115
0.063	98.6	0.063	1.07	0.101
0.076	98.3	0.075	1.087	0.121
0.088	98.6	0.088	1.055	0.102
0.101	97.8	0.1	1.058	0.105
0.114	97.4	0.112	1.045	0.091
0.126	97.1	0.124	1.03	0.095
0.139	96.8	0.137	1.01	0.08
0.151	95.9	0.148	1.013	0.094
0.164	96.2	0.161	1.014	0.087
0.177	94.9	0.172	0.998	0.083
0.189	94.1	0.184	0.978	0.08
0.202	93.9	0.196	0.967	0.078
0.215	93.8	0.208	0.968	0.084
0.227	92.4	0.218	0.963	0.073
0.24	92.1	0.23	0.95	0.078
0.252	90.6	0.24	0.92	0.06
0.265	89.4	0.251	0.919	0.059
0.278	89.2	0.263	0.92	0.063
0.29	89.4	0.275	0.919	0.066
0.303	88	0.284	0.91	0.077
0.315	87.2	0.295	0.896	0.062
0.328	84.1	0.302	0.864	0.047
0.341	85.6	0.316	0.889	0.057
0.353	84.6	0.326	0.875	0.061
0.366	83.2	0.335	0.867	0.056
0.379	81.4	0.342	0.848	0.047
0.391	82.3	0.356	0.863	0.056
0.404	77.8	0.358	0.809	0.043
0.416	80.1	0.374	0.827	0.043
0.429	78	0.38	0.838	0.051
0.442	77	0.39	0.819	0.044
0.454	74.9	0.395	0.802	0.043
0.467	72.8	0.401	0.783	0.038
0.48	72.4	0.411	0.784	0.038
0.492	72.7	0.422	0.787	0.041
0.505	71.9	0.43	0.777	0.047
0.517	70.4	0.438	0.772	0.035
0.53	69.4	0.446	0.77	0.04

## Apêndice II. Indicadores de qualidade da água (qi<sup>wi</sup>) utilizados no cálculo do IQA

	OD mg/L	qi OD	CT NTU/100mL	qi CT	pH	qi pH	Dbo mg/L	qi dbo	PT mg/L	qi PT	N/T mg/L	qi N <sup>T</sup>	Turb	qi Turb	ST Mg/L	qi ST	IQA
Abri/2010	4,00	2,08	30,00	1,96	7,07	1,80	3,60	1,76	0,15	1,58	1,87	1,63	4,28	1,50	32,00	1,37	68,46
Agreste	3,20	1,94	160,00	1,83	7,02	1,80	7,43	1,65	0,15	1,58	0,96	1,65	3,39	1,50	58,81	1,39	57,39
Logradouro	4,41	2,15	74,00	1,90	7,50	1,80	13,50	1,65	0,07	1,62	1,56	1,64	5,15	1,50	32,00	1,32	63,58
Maracajá	4,80	2,21	930,00	1,68	7,35	1,80	4,59	1,73	0,12	1,60	1,90	1,63	14,68	1,46	32,00	1,32	58,48
Nova Vida II	2,50	1,82	36,00	1,95	6,80	1,81	9,91	1,65	0,15	1,58	1,24	1,64	11,08	1,48	33,62	1,32	53,92
Paus Branco	3,60	1,99	240,00	1,80	7,10	1,80	5,67	1,65	0,10	1,61	1,12	1,64	2,66	1,50	32,00	1,32	56,07
Perdição	2,75	1,86	7,40	2,07	7,22	1,80	7,05	1,65	0,08	1,62	1,61	1,64	1,37	1,51	32,00	1,32	60,18
Quitero	3,31	1,95	9,20	2,05	7,51	1,80	8,61	1,65	0,11	1,60	1,12	1,64	8,46	1,48	32,00	1,32	61,06
Raiz	3,85	2,05	36,00	1,95	7,05	1,80	8,02	1,65	0,20	1,56	1,76	1,63	12,03	1,47	32,00	1,32	58,60
São Joaquim	3,25	1,95	92,00	1,88	6,93	1,81	11,76	1,65	0,22	1,55	1,70	1,63	7,53	1,49	32,00	1,32	54,35
São Nicolau	3,20	1,96	430,00	1,75	6,80	1,80	12,29	1,65	0,21	1,56	1,60	1,64	82,20	1,56	32,00	1,32	53,26
Tanques	2,25	1,78	28,00	1,97	7,95	1,79	8,86	1,65	0,32	1,50	3,36	1,60	35,70	1,43	32,00	1,32	47,15
Novem- bro/2010	5,87	2,31	4,3	1,94	8,22	1,78	3,95	1,90	0,06	1,63	0,08	1,66	15,45	1,46	9525	1,37	81,85
Nova Vida II	6,24	2,33	3,6	2,11	7,91	1,79	0,50	1,52	0,07	1,62	0,12	1,66	6,38	1,49	1094	1,37	73,34
Paus Branco	4,90	2,21	3,6	2,11	8,33	1,77	2,62	1,82	0,05	1,63	0,17	1,66	3,7	1,50	300	1,45	88,67
Quitero	7,86	2,39	3	2,12	7,91	1,79	1,93	1,76	0,11	1,60	0,13	1,66	17,02	1,46	7258	1,37	84,97
Raiz	5,83	2,32	3,6	2,11	7,85	1,79	7,99	1,61	0,19	1,56	0,24	1,66	45,04	1,40	3871	1,37	69,78
São Joaquim	5,94	2,32	3	2,12	8,37	1,77	4,29	1,92	0,23	1,54	0,27	1,66	33,54	1,42	201	1,47	89,92
São Nicolau	6,34	2,34	150	1,84	7,87	1,79	0,59	1,54	0,15	1,58	0,13	1,66	20,02	1,45	160	1,48	67,21
Tanques	4,74	2,21	1100	1,67	7,87	1,79	11,05	1,60	1,40	1,29	0,49	1,65	351,50	1,16	2729	1,37	35,73

I Considerou-se baixo nível de escolaridade chefes de família sem educação formal ou com Ensino Fundamental I incompleto.

## Sobre os autores

**Adryane Gorayeb.** Professora do Departamento de Geografia da UFC.

**Ana Caroline Bento da Silva.** Engenheira de Pesca. Mestre em Engenharia de Pesca (UFC).

**Ana Ecilda Lima Ellery.** Assistente Social. Técnica do INCRA. Doutora em Saúde Coletiva (UFC).

**Antonio Cleidson de Almeida e Silva.** Assentado no A25M e bolsista do CNPq 577048.

**Asdrúbal Albuquerque Arraes.** Engenheiro Químico do Centro de Ciências Agrárias da UFC.

**Carla Alcyone Almeida.** Assistente Social (UECE).

**Christine Farias Coelho.** Cientista Ambiental. Doutoranda em Engenharia Agrícola (UFC).

**Cícero Lima de Almeida.** Mestre e doutorando em Engenharia Agrícola (UFC).

**Diego Castro Ribeiro.** Engenheiro de Pesca. Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFC).

**Edson Vicente da Silva.** Professor do Departamento de Geografia da UFC

**Filipe Brito de Araújo.** Cientista Social (UERN).

**Iara Vanessa Fraga de Santana.** Assistente Social (UECE).

**José Carlos de Araújo.** Professor do Departamento de Engenharia Agrícola da UFC.

**José M. Mateo Rodríguez.** Professor do Instituto de Geografia da Universidade de Havana.

**José Wellington Batista Lopes.** Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Engenharia Agrícola (UFC).

**Juliana Felipe Farias.** Geógrafa. Doutora em Geografia (UFC).



**Julio Iván González Piedra.** Professor do Instituto de Geografia da Universidade de Havana.

**Laldiane de S. Pinheiro.** Tecnóloga Saneamento. Mestre Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFC).

**Leilane Oliveira Chaves.** Geógrafa. Doutoranda em Geografia (UFC).

**Leina Freire Freitas.** Assistente Social (UECE).

**Leonardo Schramm Feitosa.** Biólogo. Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFC).

**Liana Brito.** Professora do curso de graduação e de mestrado em Serviço Social da UECE.

**Maria Auderice Rodrigues da Silva.** Assentada no A25M e bolsista do projeto CNPq 577048.

**Maria Leonice de Lima Passos.** Enfermeira e pesquisadora colaboradora

**Maria Rosilene da Silva Queiroz.** Assentada no A25M e bolsista do projeto CNPq 577048.

**Mário Cesar Wiegand.** Engenheiro de Pesca. Doutor em Engenharia Agrícola (UFC).

**Milana Sousa Ramos.** Assistente Social (UECE)

**Obllurys Cárdenas López.** Geógrafa. Doutora em Geografia na Universidade de Havana.

**Paulo Sérgio do Carmo Belo.** Administrador. Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFC).

**Pedro Vicente de Assis Neto.** Assistente Social (UECE).

**Rafaela Silveira de Aguiar.** Assistente Social (UECE).

**Raquel Maria Rigotto.** Professora do Departamento de Saúde Comunitária da UFC.

**Thiago Xavier Rocha.** Engenheiro de Pesca. Mestrando em Engenharia Agrícola (UFC).