

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE AGRONOMIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO**  
**AGRÍCOLA**

**DISSERTAÇÃO**

**EDUCAÇÃO AGRÍCOLA COMO INSTRUMENTO DE  
DIFUSÃO PARTICIPATIVA DO TANQUE DE  
EVAPOTRANSPIRAÇÃO: UM MODELO SUSTENTÁVEL DE  
TRATAMENTO DE ESGOTO DOMICILIAR PARA ÁREAS  
RURAS DA CHAPADA DO ARARIPE, CEARÁ**

**ORESTES BRILHANTE DE SOUSA**

**2018**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO AGRÍCOLA**

**EDUCAÇÃO AGRÍCOLA COMO INSTRUMENTO DE DIFUSÃO  
PARTICIPATIVA DO TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO: UM  
MODELO SUSTENTÁVEL DE TRATAMENTO DE ESGOTO  
DOMICILIAR PARA ÁREAS RURAIS DA CHAPADA DO ARARIPE,  
CEARÁ**

**ORESTES BRILHANTE DE SOUSA**

*Sob a Orientação do Professor*

**Argemiro Sanavria**

*e Co-orientação do Professor*

**Erlens Éder Silva**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Educação**, no Programa de Pós-Graduação em Educação Agrícola, Área de Concentração em Educação Agrícola.

**Seropédica, RJ  
Novembro de 2018**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S725e SOUSA, ORESTES BRILHANTE DE, 1974-  
EDUCAÇÃO AGRÍCOLA COMO INSTRUMENTO DE DIFUSÃO  
PARTICIPATIVA DO TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO: UM  
MODELO SUSTENTÁVEL DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMICILIAR  
PARA ÁREAS RURAIS DA CHAPADA DO ARARIPE, CEARÁ /  
ORESTES BRILHANTE DE SOUSA. - 2018.  
68 f.: il.

Orientador: ARGEMIRO SANAVRIA.  
Coorientadora: Erllens Éder Silva.  
Dissertação(Mestrado). -- Universidade Federal  
Rural do Rio de Janeiro, PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
EDUCAÇÃO AGRÍCOLA, 2018.

1. Tanque de Evapotranspiração. 2. Educação. 3.  
Sustentabilidade. I. SANAVRIA, ARGEMIRO , 1949- ,  
orient. II. Silva, Erllens Éder , 1980- , coorient. III  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO AGRÍCOLA. IV.  
Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE AGRONOMIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO AGRÍCOLA**

**ORESTES BRILHANTE DE SOUSA**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Educação**, no Programa de Pós-Graduação em Educação Agrícola, Área de Concentração em Educação Agrícola.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 06/11/2018.

---

Argemiro Sanavria, Prof. Dr. UFRRJ

---

Tiago Marques dos Santos, Prof. Dr. UFRRJ

---

Joice Aparecida Rezende Vilela, Profa. Dra. EMATER-RJ

*Dedico aos meus professores, à minha família e, em especial, ao meu pai (in memoriam), pelos anos de dedicação aos filhos.*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Programa de Pós-Graduação em Educação Agrícola (PPGEA), da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE).

Aos estudantes do Curso Técnico em Agropecuária, terceiro Ano, e aos produtores rurais que participaram desta pesquisa.

Aos colegas do *campus* Crato (IFCE).

Ao meu orientador Professor Dr. Argemiro Sanavria (UFRRJ).

Ao meu co-orientador Professor Dr. Erlens Éder Silva (IFCE).

Ao colaborador Gilmar Ferreira Vita (UFRRJ).

E, em especial, ao professor Francisco José de Freitas (IFCE).

## **BIOGRAFIA**

ORESTES BRILHANTE DE SOUSA nasceu no município de Patos, Estado da Paraíba, no dia 24 de novembro de 1974, filho de Otaviano Sipriano de Souza e Maria José Brilhante de Sousa, possui seis irmãos e cinco irmãs.

Estudou em escolas públicas, sendo graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba. Atualmente é técnico administrativo da área de Engenharia no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), *campus* Crato.

Como discente do Programa de Pós-Graduação em Educação Agrícola, desenvolveu pesquisa na área de Educação Agrícola, com foco na divulgação de tecnologia sustentável de tratamento de esgoto domiciliar, como alternativa para o saneamento no meio rural.

## RESUMO

SOUSA, Orestes Brilhante de. **Educação Agrícola como instrumento de difusão participativa do Tanque de Evapotranspiração: um modelo sustentável de tratamento de esgoto domiciliar para áreas rurais da Chapada do Araripe, Ceará.** 2018. 68f. Dissertação (Mestrado em Educação). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2018.

O tratamento dos dejetos humanos é importante para a redução dos impactos ambientais e controle e prevenção de doenças infecciosas, sobretudo, no meio rural. Diante do quadro de precariedade existente no saneamento rural, foi desenvolvida esta pesquisa no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFCE), *campus* Crato, Ceará. O estudo teve como objetivo promover, através do ensino agrícola, a difusão participativa do Tanque de Evapotranspiração (TEvap) como modelo sustentável de tratamento de esgoto em áreas rurais e avaliar a sua contribuição na percepção de estudantes do Curso Técnico em Agropecuária Integrado ao Ensino Médio sobre as temáticas abordadas na disciplina de Construção e Instalação Rural. Como metodologia, utilizou a pesquisa-ação. A contribuição para o aprendizado dos estudantes foi avaliada a partir de respostas dadas num questionário. Os resultados demonstraram o despertar de pensamentos críticos e reflexivos dos discentes sobre a importância da tecnologia do TEvap para o saneamento no meio rural e no auxílio do aprendizado da disciplina em questão. Para avaliar os benefícios do TEvap, foram realizadas análises morfológica, físico-química e microbiológica de bananas Pacovan Ken, cultivadas em sua superfície, e análises físico-química e microbiológica de seu efluente na entrada e saída do tanque. A intenção foi verificar a viabilidade da utilização dessa espécie para a produção de alimentos com qualidade pelos pequenos produtores rurais, e a qualidade dos efluentes para sua reinserção ao ciclo hidrológico. Quanto ao fruto, os parâmetros morfológicos foram equivalentes aos cultivos comerciais. A análise físico-química demonstrou valores de pH, sólidos solúveis e teor de água concordantes aos mencionados na literatura. A caracterização microbiológica demonstrou valores de coliformes e *Salmonella sp.* dentro do exigido pela legislação brasileira. Quanto ao efluente, a análise físico-química demonstrou ausência de metais pesados como alumínio e manganês, além da redução dos níveis de sólidos totais dissolvidos e DQO, condizentes com os encontrados na literatura. A análise microbiológica confirmou a redução significativa dos patógenos, ficando dentro dos padrões exigidos pelo Ministério da Saúde.

**Palavras-Chave:** Tanque de Evapotranspiração, Educação, Sustentabilidade.

## ABSTRACT

SOUSA, Orestes Brillhante de. **Agricultural Education as an instrument for the participatory diffusion of the Evapotranspiration Tank: a sustainable model for the treatment of domestic sewage in rural areas of the Chapada do Araripe, Ceará.** 2018. 68p. Dissertation (Master Science in Education). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2018.

The treatment of human waste is important for the reduction of environmental impacts and for the control and prevention of infectious diseases, especially in rural areas. Faced with the precarious situation in rural sanitation, this research was developed at the Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFCE), Campus Crato, Ceará. The objective of this study was to promote, through agricultural education, the participatory diffusion of the Evapotranspiration Tank (TEvap) as a sustainable model of sewage treatment in rural areas and to evaluate its contribution in the perception of students of the Technical Course in Agriculture Integrated to High School on the topics covered in the discipline of Rural Construction and Installation. As a methodology, he used action research. The contribution to students' learning was evaluated with their answers given in a questionnaire. The results demonstrated the awakening of critical and reflexive thoughts of the students about the importance of TEvap technology for rural sanitation and the aid of learning the discipline in question. To evaluate the benefits of TEvap, morphometric, physicochemical and microbiological analyzes of Pacovan Ken bananas grown on its surface were carried out, and physical-chemical and microbiological analysis of its effluent at the inlet and outlet of the tank. The intention was to verify the viability of using this species for the production of quality food by small rural farmers, and the quality of effluent for reinsertion to the hydrological cycle. Regarding the fruit, the morphometric parameters were equivalent to commercial crops. The physicochemical analysis showed values of pH, soluble solids and water content according to those mentioned in the literature. The microbiological characterization showed values of coliforms and *Salmonella sp.* within the required by Brazilian legislation. Regarding the effluent, the physico-chemical analysis demonstrated the no heavy metals such as aluminum and manganese, in addition to the reduction of the levels of total dissolved solids and DQO, which are consistent with those found in the literature. The microbiological analysis confirmed the significant reduction of the pathogens, staying within the standards required by the Ministry of Health.

**Keywords:** Evapotranspiration Tank, education, sustainability.

## LISTA DE ABREVIACOES

|         |   |
|---------|---|
| ABNT    | Associação Brasileira de Normas Técnicas                        |
| ACB     | Associação Cristã de Base                                       |
| ANVISA  | Agência Nacional de Vigilância Sanitária                        |
| AOAC    | Association of Official Analytical Chemists                     |
| APHA    | American Public Health Association                              |
| CAGECE  | Companhia de água e Esgoto do Ceará                             |
| CIR     | Construção e Instalação Rural                                   |
| DBO     | Demanda Bioquímica de Oxignio                                  |
| DQO     | Demanda Química de Oxignio                                     |
| EMBRAPA | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária                     |
| ETE     | Estação de Tratamento de Esgoto                                 |
| FUNASA  | Fundação Nacional de Saúde                                      |
| IBGE    | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística                 |
| IFCE    | Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará    |
| IPEA    | Instituto de Pesquisa Econmica Aplicada                        |
| IPECE   | Instituto de Pesquisa e Estratégia Econmica do Ceará           |
| MEC     | Ministério da Educação  |
| OMS     | Organização Mundial de Saúde                                    |
| ONG     | Organização Não-Governamental                                   |
| ONU     | Organização das Nações Unidas                                   |
| pH      | Potencial hidrogeniônico  |
| PLANSAB | Plano Nacional de Saneamento Básico                             |
| PNDRSS  | Plano Nacional de Desenvolvimento Rural Sustentável e Solidário |
| PNSR    | Plano Nacional de Saneamento Rural                              |
| PRONAF  | Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar     |
| PUD     | Programa de Unidade Didática                                    |
| SEINFRA | Secretaria de Infraestrutura                                    |
| SETEC   | Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica               |
| SNIS    | Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento                 |
| SNSA    | Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental                     |
| TCLE    | Termo de Consentimento Livre e Esclarecido                      |
| TED     | Termo de Execução Descentralizada                               |
| TEVAP   | Tanque de Evapotranspiração                                     |
| TMI     | Taxa de Mortalidade Infantil                                    |
| UFMG    | Universidade Federal de Minas Gerais                            |
| UFRRJ   | Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro                    |
| WHO     | World Health Organization                                       |

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Imagem de satélite do IFCE <i>campus</i> Crato, Ceará. Fonte: Google Maps (2018)....   | 21 |
| <b>Figura 2.</b> Estudantes da disciplina de Construção e Instalação Rural durante a construção do TEvap no IFCE <i>campus</i> Crato.....   | 23 |
| <b>Figura 3.</b> Aula de campo no TEvap aplicada pelo professor das disciplinas de Mecanização Agrícola e Forragicultura e Pastagens do IFCE. ....  | 24 |
| <b>Figura 4.</b> Exposição pelo pesquisador sobre técnicas de construção do TEvap aos estudantes da Construção e Instalação Rural. ....   | 24 |
| <b>Figura 5.</b> Práticas participativas dos estudantes no preenchimento do TEvap.....  | 25 |
| <b>Figura 6.</b> Plantio de mudas de bananeira Pacovan Ken no TEvap.....  | 26 |
| <b>Figura 7.</b> Momento em sala de aula de apresentação do TEvap aos estudantes de Construção e Instalação Rural. ....   | 26 |
| <b>Figura 8.</b> Aplicação do primeiro questionário nos estudantes da disciplina de Construção e Instalação Rural. ....   | 27 |
| <b>Figura 9.</b> Visita à caixa de inspeção de separação de águas residuárias da residência do IFCE <i>campus</i> Crato. ....   | 28 |
| <b>Figura 10.</b> Visita de campo dos estudantes da disciplina de Construção e Instalação Rural no TEvap. ....  | 28 |
| <b>Figura 11.</b> Aplicação pela segunda vez do questionário nos estudantes da disciplina de Construção e Instalação Rural. ....  | 29 |
| <b>Figura 12.</b> Qual o tratamento ambientalmente correto do esgoto domiciliar rural?.....   | 31 |
| <b>Figura 13.</b> Você divulgaria essas experiências práticas? Porquê? .....  | 32 |
| <b>Figura 14.</b> O TEvap auxiliou no aprendizado da disciplina Construção e Instalação Rural? .  | 33 |
| <b>Figura 15.</b> Na implantação do projeto foram verificados obstáculos e desafios? Quais? .....   | 33 |
| <b>Figura 16.</b> Qual a principal contribuição do TEvap aplicado no meio rural? .....  | 34 |
| <b>Figura 17.</b> Você acha que a realização de palestras e seminários com objetivo de orientar sobre o modelo participativo de tratamento sustentável de esgoto domiciliar na zona rural é válida? Por quê?..... | 34 |
| <b>Figura 18.</b> Encontro sobre o TEvap no IFCE <i>campus</i> Crato com produtores da agricultura familiar da cidade do Crato/CE. ....   | 35 |
| <b>Figura 19.</b> Visita <i>in loco</i> ao TEvap dos produtores da agricultura familiar da cidade do Crato/CE. ....   | 35 |
| <b>Figura 20.</b> Visita ao TEvap no IFCE <i>campus</i> Crato por produtores rurais de Potengi/CE. ....   | 36 |
| <b>Figura 21.</b> Desenho esquemático do Tanque de Evapotranspiração. Esquerda: Vista superior. Direita: Corte transversal. Fonte: FUNASA (2018).....   | 40 |

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Lista de materiais utilizados para implantação do Tanque de Evapotranspiração no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará *campus* Crato, no tratamento do esgoto sanitário. ....41
- Tabela 2.** Características morfométricas da produção das bananas Pacovan Ken, cultivadas em Tanque de Evapotranspiração, observadas na época da colheita, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará *campus* Crato. ....45
- Tabela 3.** Caracterização físico-química das bananas Pacovan Ken, cultivadas em Tanque de Evapotranspiração, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará *campus* Crato. ....46
- Tabela 4.** Caracterização microbiológica da banana Pacovan Ken, cultivada em Tanque de Evapotranspiração, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará *campus* Crato. ....47
- Tabela 5.** Caracterização físico-química de amostras de efluente coletadas diretamente na entrada e na saída do Tanque de Evapotranspiração, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará *campus* Crato. ....48
- Tabela 6.** Caracterização microbiológica da amostra de efluente coletado diretamente na entrada e na saída do Tanque de Evapotranspiração, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará *campus* Crato. ....49

## LISTA DE QUADROS

|  |    |
|--|----|
| <b>Quadro 1.</b> Classificação ambiental de doenças infecciosas relacionadas à água, excreta e lixo (CAIRNCROSS e FEACHEM, 1993; HELLER, 1997; NUGEM, 2015). ..... | 16 |
| <b>Quadro 2.</b> Características morfométricas de referência da banana Pacovan Ken.....  | 43 |
| <b>Quadro 3.</b> Características físico-químicas de referência da banana Pacovan Ken.....  | 44 |
| <b>Quadro 4.</b> Características físico-químicas de referência do efluente do TEvap. ....  | 44 |

## SUMÁRIO

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>2</b> | <b>REVISÃO DA LITERATURA .....</b>  | <b>4</b>  |
| 2.1      | Educação Agrícola: o ensino agrícola na divulgação da tecnologia social de tratamento de esgoto domiciliar rural .....  | 4         |
| 2.2      | A disciplina de Construção e Instalação Rural, na formação do Curso Técnico em Agropecuária Integrado ao Ensino Médio do IFCE, <i>campus</i> Crato .....      | 5         |
| 2.3      | Saneamento rural no Brasil.....   | 6         |
| 2.3.1    | Breve histórico da política de saneamento rural no Brasil .....   | 6         |
| 2.3.2    | Saneamento no meio rural e sua importância para saúde.....  | 8         |
| 2.4      | Pesquisa-ação: como processo participativo do modelo difundido.....   | 10        |
| 2.5      | Tratamento de águas residuárias domésticas.....   | 11        |
| 2.6      | Tanque de Evapotranspiração.....  | 12        |
| 2.6.1    | Funcionamento do tanque de evapotranspiração.....   | 13        |
| 2.6.2    | Detalhes construtivos importantes para implantação do tanque de evapotranspiração.....  | 14        |
| 2.6.3    | Plantas comumente recomendadas para uso em tanque de evapotranspiração ...  | 15        |
| 2.7      | Principais doenças causadas pela falta de saneamento ambiental.....   | 15        |
| <b>3</b> | <b>CAPÍTULO I EDUCAÇÃO AGRÍCOLA COMO INSTRUMENTO DE DIFUSÃO DE UM MODELO PARTICIPATIVO NO TRATAMENTO DO ESGOTO DOMICILIAR RURAL .....</b>                     | <b>18</b> |
|          | Resumo .....  | 18        |
|          | Abstract.....   | 19        |
|          | Introdução.....   | 20        |
|          | Material e Métodos.....   | 20        |
|          | Resultados e Discussão.....   | 30        |
|          | Conclusão .....   | 36        |
| <b>4</b> | <b>CAPÍTULO II AVALIAÇÃO MORFOMÉTRICA, FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA BANANA PACOVAN KEN CULTIVADA EM TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO E DO EFLUENTE .....</b> | <b>37</b> |
|          | Resumo .....  | 37        |
|          | Abstract.....   | 38        |
|          | Introdução.....   | 39        |
|          | Material e Métodos.....   | 39        |
|          | Resultados e Discussão.....   | 44        |
|          | Conclusão .....   | 49        |
| <b>5</b> | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>  | <b>50</b> |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>6</b> | <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>   | <b>51</b> |
| <b>7</b> | <b>ANEXOS .....</b>   | <b>59</b> |
|          | <b>Anexo A.</b> Questionário aplicado nos estudantes. ....  | 60        |
|          | <b>Anexo B.</b> Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) de estudantes maiores de 18 anos. ....          | 62        |
|          | <b>Anexo C.</b> Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) de estudantes menores de 18 anos. ....          | 65        |
|          | <b>Anexo D.</b> Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) dos pais de estudantes menores de 18 anos. .... | 66        |

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

“A água potável segura e o saneamento adequado são fundamentais para a redução da pobreza, para o desenvolvimento sustentável e para a prossecução de todos e cada um dos Objectivos de Desenvolvimento do Milênio.”

Ban Ki-moon, Secretário-Geral da ONU.

O saneamento ambiental engloba várias ações que incluem o abastecimento de água, a coleta e tratamento de esgoto, a limpeza dos espaços públicos, bem como, a gestão de resíduos sólidos. A disponibilidade e a qualidade do saneamento têm relação direta com a saúde pública e são essenciais para manutenção da qualidade de vida, pois refletem significativamente na economia dos países. O acesso aos serviços de saneamento ambiental é fundamental para o controle e prevenção de doenças como a malária, a febre tifóide, a leptospirose, a hepatite A, a diarreia, a cólera e a amebíase. Estima-se que cerca de 6,00% das doenças infecciosas no mundo sejam causadas pela falta de saneamento ambiental.

Ao analisar a situação atual do saneamento ambiental no Brasil, constata-se que a precariedade existente afeta a saúde da população e o equilíbrio do meio ambiente. Com efeito, dados divulgados pelo Instituto Trata Brasil (2018), mostram que cerca de 35 milhões de brasileiros vivem sem acesso a água tratada e mais de 100 milhões não tem acesso à coleta dos esgotos, e somente 44,92% dos esgotos do país são tratados antes de serem lançados na natureza.

Mesmo após ter sido elaborado o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), Lei nº 11.445/2007, que estabelece diretrizes para o saneamento básico no país, e prioriza programas e projetos que visem à implantação dos serviços e ações de saneamento básico, bem como, intenta proporcionar condições de salubridade ambiental em áreas ocupadas por populações rurais e pequenas comunidades (BRASIL, 2007), observou-se na prática, que essas ações não conseguiram alcançar bons resultados, principalmente no que diz respeito ao saneamento no meio rural.

Estima-se que cerca de 8,1 milhões dos domicílios brasileiros são rurais, dos quais a grande maioria tem base na agricultura familiar e, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, uma grande parcela dessas residências descarta os esgotos de forma inadequada no meio ambiente, contaminando a água e o solo (IBGE, 2010a).

Na zona rural do Brasil, além da rede coletora, existe também o uso de fossa séptica, ligada ou não à rede de esgoto, as fossas rudimentares, entre outros (IBGE, 2012). Pode ser observado que o destino mais comum do esgoto rural é a fossa rudimentar (que serve a cerca de 50,00% da população rural do país), a qual, juntamente com outros métodos e com a não coleta/tratamento, corresponde ao percentual da população rural não assistida com coleta adequada do esgoto; e são assim incluídas, porque as fossas rudimentares não funcionam como forma de evitar a contaminação das águas superficiais e subterrâneas.

Na região Nordeste do Brasil, mais precisamente no Estado do Ceará, cerca de 60,00% dos resíduos das residências é destinado de forma inadequada, o que pode gerar inúmeras doenças infecciosas (IBGE, 2012). Este percentual preocupante, associado ao aumento da contaminação da água, especialmente no meio rural, se apresentam como desafios para apropriação e divulgação de alternativas que contribuam para a reversão deste quadro alarmante.

Entre as diferentes propostas que visam a melhoria das condições sanitárias no meio rural, existem aquelas que são pesquisadas nas instituições de ensino técnico e superior, onde se busca a contextualização das tecnologias sustentáveis, com objetivo de oferecer à sociedade, alternativas aos problemas apresentados, que neste caso, seria o tratamento adequado do esgoto das residências rurais.

Na perspectiva de uma educação contextualizada, a utilização dessas tecnologias associadas à teoria tem papel significativo na construção do conhecimento a serviço da sociedade. Assim, é de grande importância que a instituição de ensino esteja em sintonia com o desenvolvimento e as demandas sociais. Essa relação mostra o quanto se torna relevante à renovação e buscas por novas abordagens que venham agregar conhecimento e estimular o interesse do estudante em prol de seu desenvolvimento com reflexos benéficos para a própria sociedade.

Este estudo aborda a questão do saneamento rural, numa visão de avaliação da Educação Agrícola como instrumento de difusão participativa do Tanque de Evapotranspiração (TEvap), como modelo sustentável de tratamento do esgoto domiciliar em áreas rurais da Chapada do Araripe, Ceará. Tem como intuito promover a sustentabilidade, a melhoria das condições de saúde pública e a redução dos impactos ambientais, através do engajamento de estudantes, professores e comunidades rurais, na divulgação dessa tecnologia social, como uma alternativa viável de tratamento de resíduos domésticos rurais.

Nesse sentido, a inserção de tecnologias sociais como um instrumento pedagógico que vise dinamizar o aprendizado na sala de aula, como a construção do modelo de tratamento sustentável de esgotos domiciliares, pode configurar como uma alternativa eficiente no processo educativo, proporcionando ganhos para o aluno, professor, instituição de ensino e sociedade.

Além disso, o modelo difundido pode representar uma opção de integração do conhecimento teórico ao aspecto prático que certamente conduz ao conhecimento crítico. A possibilidade de contato com os materiais utilizados no projeto, a visualização, as soluções e adaptações que são exigidas diante das dificuldades construtivas, tudo isso estimula o desenvolvimento de três agentes: aluno, professor e a instituição de ensino.

Esta pesquisa ainda traz na essência a importância de ampliar no ensino técnico o diálogo entre os conteúdos apresentados em sala de aula e os temas que são de profundo interesse da sociedade, principalmente aqueles relacionados com a melhoria das condições de saúde e do meio ambiente.

O presente trabalho teve como objetivo geral, contribuir para a difusão participativa de um modelo de tratamento sustentável de esgoto domiciliar nas unidades rurais da Chapada do Araripe e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), *campus* Crato, e verificar sua utilização como instrumento de aprendizagem das temáticas abordadas por estudantes da disciplina de Construção e Instalação Rural do Curso Técnico em Agropecuária Integrado ao Ensino Médio.

E como objetivos específicos:

- 1) Analisar o Programa de Unidade Didática (PUD) do biênio 2017-2018 da disciplina de Construção e Instalação Rural, do Curso Técnico em Agropecuária Integrado ao Ensino Médio do IFCE, *campus* Crato, e a inserção de modelos alternativos de tratamento de resíduos ecologicamente corretos;
- 2) Promover através do ensino agrícola a difusão participativa de um modelo alternativo e sustentável de tratamento de resíduos e dejetos em áreas rurais, com a realização de eventos educativos (seminários, palestras, oficinas, etc.), relacionando as questões de contaminação do meio ambiente aos temas abordados na disciplina de Construção e Instalação Rural, do Curso Técnico em Agropecuária Integrado ao Ensino Médio do IFCE, *campus* Crato;

- 3) Avaliar as contribuições da prática participativa do modelo do TEvap, como instrumento pedagógico, na percepção de um grupo de 15 estudantes do Curso Técnico em Agropecuária Integrado ao Ensino Médio, em relação às temáticas abordadas na disciplina de Construção e Instalação Rural, após a participação do grupo em práticas de implantação do TEvap.

Este trabalho possui dois capítulos:

O Capítulo I abordou a aplicação e análise da Educação Agrícola como instrumento de divulgação do modelo participativo do TEvap, como alternativa sustentável de tratamento do esgoto doméstico rural na Chapada do Araripe.

O Capítulo II teve como objetivo fazer a avaliação do desempenho do modelo implantado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), *campus* Crato, a partir da análise dos parâmetros morfométricos, físico-químicos e microbiológicos de amostra do fruto da bananeira componente do sistema e dos efluentes pré e pós-tratamento no TEvap.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Educação Agrícola: o ensino agrícola na divulgação da tecnologia social de tratamento de esgoto domiciliar rural

O ensino agrícola tem o papel de promover a divulgação do conhecimento científico, fortalecendo uma educação comprometida com as múltiplas necessidades sociais e culturais da população brasileira. Todo esse processo estabelece como marco fundamental: formar profissionais tecnicamente preparados para atender as demandas da sociedade.

Neste sentido, a Secretaria de Tecnologia do Ministério da Educação, retrata como o ensino agrícola deve oferecer condições para o educando gerar conhecimento:

“O ensino agrícola deve permitir ao educando o desenvolvimento de sua capacidade de gerar conhecimentos a partir da prática interativa com a realidade de seu meio, e também extrair e problematizar o conhecido e investigar o não conhecido para poder compreendê-lo e influenciar a trajetória dos destinos de seu *locus*” (MEC/SETEC, 2009).

Com a aplicação dessa prática interativa, os discentes podem desenvolver as suas reflexões sobre os problemas vivenciados no meio onde estão inseridos, buscando intervir positivamente na melhoria dessa realidade.

Por outro lado, as instituições de ensino agrícola devem estimular o crescimento econômico, sem se desvencilhar das questões de sustentabilidade socioambiental.

“Nessa perspectiva, as instituições de ensino agrícola devem atentar para os arranjos produtivos e culturais locais, territoriais e regionais, que buscam impulsionar o crescimento econômico com destaque para a elevação das oportunidades e das condições de vida no espaço geográfico, não prescindindo da sustentabilidade sócio-ambiental” (MEC/SETEC, 2009).

Sendo assim, a conservação e preservação ambiental são fundamentais no processo de desenvolvimento territorial, regional e local, estando associados à adaptação e incorporação de tecnologias que não comprometam o meio ambiente e o manejo sustentável dos recursos naturais, garantindo esse patrimônio às gerações futuras (MEC/SETEC, 2009).

De certo, as instituições de ensino agrícola devem possuir como metas: o desenvolvimento humano, a articulação de grupos locais, a equidade na distribuição de renda e a diminuição das diferenças sociais, com participação e organização da comunidade. De igual maneira, as questões de gênero, geração e de etnia, diminuição da pobreza e da exclusão, o respeito aos direitos humanos, a redução dos impactos ambientais da produção de resíduos tóxicos e da poluição, o equilíbrio dos ecossistemas e a conservação e preservação dos recursos naturais devem ser objetivos a serem atingidos.

O discurso acima reforça a opinião de que as instituições de ensino agrícola possuem um papel importante na promoção do conhecimento voltado para o desenvolvimento de práticas sustentáveis. Neste sentido, as tecnologias sociais se apresentam como práticas

sustentáveis que tem relevância nas diretrizes básicas apresentadas para o ensino agrícola na Rede Federal de Ensino.

Neste contexto, cabe também considerar que o aluno é mais que uma parte ativa, é um interativo, porque constrói o conhecimento através das relações intra e interpessoais (VIGOTSKI, 2001). Desta forma, segundo o autor, a construção do conhecimento pelo aluno é influenciada pelas relações pessoais existentes no meio onde vive (familiares, colegas, comunidade); sendo assim, as ações que envolvem grupos de pessoas, sugere aprendizado, como por exemplo, a troca de saberes e experiências entre aluno e outros agentes sobre o tema abordado possibilita uma ação concreta de divulgação e aplicação destes conhecimentos.

## **2.2 A disciplina de Construção e Instalação Rural, na formação do Curso Técnico em Agropecuária Integrado ao Ensino Médio do IFCE, *campus* Crato**

A disciplina de Construção e Instalação Rural é ofertada aos estudantes do terceiro ano do Curso Técnico em Agropecuária, nas modalidades Integrado e Subsequente, do IFCE, *campus* Crato. De acordo com o Programa de Unidade Didática (PUD), ano 2018, a disciplina possui uma carga horária total de 40 horas, sendo dividida em 30 horas de aulas teóricas e 10 horas de aulas práticas. Os temas que fazem parte das aulas da disciplina são: cálculo de perímetros, áreas e volumes de figuras geométricas aplicadas a instalações rurais, estudos de materiais para construções rurais, projeto arquitetônico, orçamento e metodologia de elaboração, desenvolvimento de projetos de instalações e benfeitorias rurais.

Ainda de acordo com PUD, o objetivo principal da disciplina de Construção e Instalação Rural é dar noções básicas aos estudantes do Curso Técnico em Agropecuária sobre tecnologia de construções no meio rural, que permitam os futuros profissionais atuarem dentro do seu campo de atuação, na elaboração e no desenvolvimento de projetos de construções rurais que visem entre outros o bem estar animal.

O programa de conteúdos do ano letivo de 2018 é composto de oito unidades, que abordam desde conceitos básicos de construções rurais, fases da construção: preliminares, execução e acabamento; planejamento das construções rurais (topografia, drenagem, manejo dos dejetos, etc.); partes do projeto de construção rural (gráfica e descritiva); principais materiais de construção usados nas instalações rurais; técnicas de construção das instalações rurais; instalações prediais (hidrosanitárias e elétricas); até, benfeitorias rurais.

A metodologia aplicada no ensino da disciplina de Construção e Instalação Rural é através do desenvolvimento de aulas expositivas, com a participação de alunos e uso de recursos didáticos disponíveis. Para cada unidade estudada, há aulas práticas e resolução dos exercícios, aplicados sobre os conteúdos programáticos.

A forma de avaliação constitui na aplicação de, no mínimo, dois instrumentos avaliativos em cada etapa, incluindo provas escritas, trabalhos orientados em sala de aula e trabalhos práticos em aulas de campo, sobre os conteúdos teóricos e práticos das unidades trabalhadas em cada etapa.

A disciplina da grade curricular do Curso Técnico em Agropecuária traz no seu programa didático a previsão de espaço, para o estudante interagir com os conteúdos estudados, especialmente quando da realização de aulas de campo, pois conhecimentos de outras áreas podem surgir a partir exatamente da compreensão e da discussão sobre o entorno.

É importante salientar que o ensino interdisciplinar no campo ambiental deve focar o “estudo das relações entre processos naturais e sociais, dependendo da capacidade das temáticas serem articuladas, oferecendo uma visão integradora da realidade” (LEFF, 2001). Nessa perspectiva, a interdisciplinaridade “se traduz como um trabalho coletivo que envolve conteúdos, disciplinas e a própria organização da escola” (LOUREIRO, 2004). Assim, se

espera que o estudante sinta-se como parte integrante do próprio aprendizado, buscando refletir os conteúdos a partir de um olhar crítico sobre as condições em que se apresentam no seu entorno. Neste sentido, será possível fazer o estudante perceber os problemas e buscar de alternativas para que possa resolvê-los.

## **2.3 Saneamento rural no Brasil**

### **2.3.1 Breve histórico da política de saneamento rural no Brasil**

A questão do saneamento rural, apesar de bastante antiga, só veio apresentar um conteúdo institucional a partir do final da década de 80, com a entrada em vigor do texto constitucional, uma vez que as propriedades rurais passaram a cumprir requisitos para atender sua função social. O artigo nº 186 da Constituição Federal de 1988, estabelece a função social da propriedade rural, afirmando que ela é cumprida quando a propriedade atende a quatro requisitos: o aproveitamento racional e adequado; a utilização adequada dos recursos naturais disponíveis e a preservação do meio ambiente; a observância das disposições que regulam as relações de trabalho; e a exploração que favoreça o bem-estar dos proprietários e dos trabalhadores (BRASIL, 1988).

As normas e regulamentações da legislação ambiental brasileira aplicam-se de forma idêntica à realidade rural, considerando um espaço homogêneo (NEUMANN e LOCK, 2002). A legislação referente ao saneamento está relacionada a outras políticas setoriais como a do meio ambiente, da saúde, da habitação, dos recursos hídricos, da política agrária, da política urbana, entre outras (REZENDE e HELLER, 2008). Entre as correlações da legislação, é importante mencionar aquelas que representam marcos na política de saneamento rural no Brasil.

Na Lei nº 8.080 de 1990, a saúde reconhece a importância do saneamento, justificando que esse é um dos principais determinantes e condicionantes para expressar os níveis de saúde de um país (BRASIL, 1990). Estes níveis tanto podem ser tratados como indicadores epidemiológicos, quanto de desenvolvimento social, bem como para auxiliar o planejamento, a implementação e a avaliação das ações de saneamento no Brasil.

O Sistema Único de Saúde (SUS), dentro do seu campo de atuação, tem participação na política e ações de saneamento básico, tendo como princípio a integração, em nível executivo, das ações de saúde, meio ambiente e saneamento para a melhoria das condições de saúde da população (BRASIL, 1990).

No início da década de 90, a Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991, dispôs sobre um dos pressupostos da política agrícola, o desenvolvimento agrícola, que deve proporcionar ao homem do campo, acesso aos serviços de saúde, educação, segurança pública, transporte, eletrificação, comunicação, habitação, saneamento, lazer e outros benefícios sociais (BRASIL, 1991).

Em 2001, o Decreto nº 3.991/2001, que trata do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), tinha como objetivo promover o desenvolvimento sustentável do meio rural, ou seja, primando pela defesa do meio ambiente como um dos princípios a ser observado pela agricultura familiar (SIMÕES, 2015). No período de 1997/2002, o PRONAF Infraestrutura e Serviços Municipais, firmou parceria com os governos municipais, apoiando ações ligadas à recuperação dos solos e implantação dos sistemas de abastecimento de água e geração de energia, entre outros. Ocorreram vários problemas para a implementação dessa linha de crédito no período de 1997 a 2000, entre eles,

a pouca experiência de técnicos e agricultores, além do plano atender mais as exigências burocráticas do que as necessidades reais (ABRAMOVAY e VEIGA, 1999).

Em 2003, essa lacuna institucional e a política do setor de saneamento básico passaram a ser enfrentadas pelo o governo federal. Que na tentativa de reestruturar as ações nesse setor delegou essa tarefa ao Ministério das Cidades, ficando na incumbência da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA), coordenar as ações de saneamento básico, atividades que atingiram o ápice com a aprovação da Lei nº 11.445 de 2007 (BRASIL, 2007).

Em 2011, o governo brasileiro instituiu o Plano Brasil Sem Miséria por meio do decreto nº 7.492/2011. Neste sentido, houve a criação do Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Água – “Água Para Todos”. O programa visava proporcionar a universalização do acesso à água em áreas rurais para consumo humano e para a produção agrícola alimentar, buscando garantir o pleno desenvolvimento humano e a segurança alimentar e nutricional de famílias em situação de vulnerabilidade social (FUNASA, 2017a).

Em 2013, de acordo com documento do Ministério do Desenvolvimento Agrário, criou-se o Plano Nacional de Desenvolvimento Rural Sustentável e Solidário, que foi fruto do debate realizado entre as três esferas de governo e a sociedade, e trouxe objetivos, metas e iniciativas de curto, médio e longo prazo, para o desenvolvimento rural brasileiro, representando um instrumento estratégico para a participação rural no desenvolvimento nacional (PNDRSS, 2013). O desenvolvimento rural depende do acesso a políticas públicas, que garantam a participação social a essas políticas e que fortaleçam a ideia de desenvolvimento participativo no setor rural.

Embora as políticas públicas com finalidade de promover o desenvolvimento rural sustentável estabeleçam o uso adequado dos recursos naturais e a preservação do meio ambiente, não existem especificações que gerenciem o saneamento rural.

O Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR) que é de responsabilidade do Ministério da Saúde, por meio da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), em elaboração, terá como objetivo o desenvolvimento de ações em áreas rurais, visando a universalização do acesso por meio de estratégias que garantam a equidade, a integralidade, a intersetorialidade, a sustentabilidade dos serviços implantados, a participação e o controle social (FUNASA, 2017b).

Em 2015, a FUNASA firmou parceria com a Universidade Federal de Minas Gerais, por meio de Termo de Execução Descentralizada (TED), para o desenvolvimento de estudos relacionados ao panorama do saneamento rural no Brasil, visando à formulação do Programa Nacional de Saneamento Rural e sua gestão no nível do Governo Federal (FUNASA, 2017b).

Os trabalhos se iniciaram em setembro de 2015 e compreenderão, até 2018, os seguintes produtos:

1. Análise da situação do Saneamento Rural no Brasil, inclusive conceituação de rural e caracterização de áreas especiais.
2. Propostas de diretrizes para o PNSR nos três eixos: Tecnologia; Gestão e Educação e Participação Social.
3. Proposta de metas de curto, médio e longo prazo para o saneamento rural, considerando as especificidades das diferentes tipologias de áreas rurais.
4. Detalhamento dos investimentos necessários, por região geográfica e Unidades da Federação, para atendimento das metas estabelecidas para o saneamento rural em 20 anos.
5. Proposta de gestão do PNSR - forma de implementação, monitoramento e avaliação das ações (FUNASA, 2017b).

O Programa é apoiado em três eixos estratégicos: tecnologia de saneamento apropriada a cada região; gestão, operação e manutenção dos serviços implantados; educação e mobilização social (ZANCUL e SALATI, 2014).

Segundo Resende et al. (2018), os recursos empenhados pela FUNASA em Saneamento Rural de 2007 e 2014, foram da ordem de 794,5 milhões, em média 99,32 milhões/ano. Esses investimentos alcançaram os maiores valores nos anos de 2009 e 2012 com cerca de 141,00 milhões e 131,00 milhões, respectivamente. Entretanto, nos anos seguintes de 2013 e 2014, houve redução desses valores em relação ao ano de 2012 com valores de 109 milhões e 83 milhões, respectivamente. Esses dados representam uma inflexão, que simboliza uma estagnação das ações de saneamento rural do governo federal, mantendo o país numa posição bastante distante da razoável.

O saneamento rural centralizado no Brasil é uma opção longe de ser adotada, tendo em vista que a baixa concentração de pessoas numa mesma área transforma a construção de redes de coleta e tratamento de esgoto inviável para essa população. A quantidade ainda pequena de pesquisa nessa área dificulta a criação de políticas e tecnologias de baixo custo que atendam as necessidades específicas da população rural. O ideal é capacitar agentes dentro das comunidades rurais ou isoladas, criando futuros gestores de seus próprios sistemas de saneamento.

De qualquer forma, é fundamental a articulação associada e integrada entre as esferas municipal, estadual e federal visando cumprir a metas de saneamento no menor prazo possível e com qualidade nos serviços ofertados. A divulgação dos conhecimentos sobre saneamento como direito constitucional também são importantes para integrar as comunidades na construção participativa para que suas demandas sejam realmente atendidas.

A consciência e a motivação da população rural em assumir o papel de cuidador dos recursos ambientais, a educação ambiental e sanitária, e investimentos efetivos em saúde preventiva são verdadeiros propulsores para o cumprimento dos objetivos desejados no sentido da universalização do saneamento no Brasil, fortalecendo inclusive no homem do campo o sentimento efetivo de cidadania.

### **2.3.2 Saneamento no meio rural e sua importância para saúde**

Vários estudos têm demonstrado que as águas resultantes das atividades humanas constituem um fator muito relevante para a poluição das águas, do ar e do solo. Diante dessa situação existem várias alternativas para se tratar essas águas, mas essa questão no Brasil continua se arrastando ano a ano, e sem previsão de solução no curto prazo.

As populações rurais são compostas de pequenos produtores, que na sua grande maioria não dispõe de recursos financeiros para fazer o tratamento do esgoto doméstico. Além disso, fatores como a dispersão dessa população e a extensão continental do país, dificultam a integração das unidades habitacionais.

Dessa forma, devem ser planejado e executado modelos de tratamentos individuais para cada propriedade, através de uma alternativa social, econômica e ambiental mais viável, devendo ser eficazes na redução de contaminantes, de baixo custo de implantação e operação; e ainda, que sejam ajustáveis aos diferentes tipos de propriedades rurais e, sobretudo, que sejam sustentáveis.

Para a Organização Mundial da Saúde (OMS) o saneamento constitui um importante controle de todos os fatores do meio físico do homem que podem ocasionar efeitos deletérios sobre o estado de bem estar físico, mental ou social que são considerados pela OMS definidores da condição de saúde (BRASIL, 2006).

Nas áreas rurais, onde não há serviços de saneamento público disponíveis, são utilizadas soluções alternativas para o abastecimento de água, bem como, a proteção das fontes de captação de água, o que é muito importante, pois diminuem os riscos de contaminação por agentes causadores de doenças. Da mesma forma, o destino adequado do

esgoto sanitário contribui para evitar a poluição ambiental e interromper a transmissão de doenças (GOMES et al., 2011).

No ciclo hidrológico, as nascentes são constituídas por águas subterrâneas que em determinado ponto do relevo brotam na superfície. Ao se infiltrarem pelo terreno passam por um processo natural de purificação, mas a ausência de tratamento do esgoto, como a disposição de efluentes em fossas negras localizadas nas áreas próximas a estas nascente pode provocar a contaminação dessas águas, fora a contaminação e poluição em que estão sujeitas ao entrarem em contato com as camadas superficiais do solo (MITRAUD, 2003).

Da utilização da água nas atividades humanas surge a necessidade de tratamento do efluente e do lodo (ambos contaminados), cuja destinação incorreta compromete os lençóis freáticos e saúde pública.

A existência de esgotamento sanitário é essencial para avaliação das condições de saúde da população, uma vez que, o acesso ao saneamento básico é fundamental para o controle e redução de doenças. Aliado a outras informações ambientais e sócio-econômicas, o acesso ao serviço de saneamento constitui num importante indicador tanto para determinar a qualidade de vida de população quanto para verificar a situação das políticas públicas de saneamento ambiental (IBGE, 2010b).

Os processos que tratam o esgoto, desde a residência até sua recepção pelos rios, têm a finalidade de devolver água tratada ao meio ambiente em condições de garantir a sua preservação. Além disso, se acrescenta um grande benefício à saúde pública, com a redução de gastos públicos com internações e tratamento de doenças infecciosas que se proliferam no ambiente poluído e promove a diminuição dos índices de mortalidade infantil relacionados à falta de saneamento.

Os sistemas utilizados na coleta e tratamento do esgoto podem ser coletivos ou individuais. Os sistemas coletivos são recomendados e planejados para grandes concentrações populacionais, sendo composto de uma rede coletora das águas residuárias, transportando-as por gravidade ou com auxílio de estações elevatórias até uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE).

Os sistemas estáticos ou individuais são aqueles utilizados no atendimento de unidades habitacionais afastadas, onde o tanque séptico é ligado a um dispositivo destinado à infiltração da água no solo (sumidouro ou vala de infiltração).

No meio rural, as pesquisas sobre alternativas de tratamento de esgoto sanitário ainda precisam avançar de modo a oferecer modelos que permitam beneficiar essa população mais carente.

Os principais métodos de tratamento de águas residuárias são classificados em: métodos físicos, químicos e biológicos (VON SPERLING, 1996). Os processos físicos ocorrem através da atuação de forças físicas com o gradeamento, mistura, floculação, centrifugação. Nos químicos são empregadas substâncias químicas que promovem a precipitação, coagulação e absorção ou desinfecção e os biológicos utilizam as atividades biológicas de microorganismos anaeróbios e aeróbios para promover a remoção da matéria orgânica e desnitrificação.

Conforme dados da Organização das Nações Unidas (ONU) e da Organização Mundial de Saúde (OMS), em 2015, 2,4 bilhões de pessoas, ou uma em cada três foram desprovidas de saneamento básico. No ano de 2012 estimou-se que 748 milhões de pessoas não tinham acesso a uma fonte de água potável. Além disso, havia grandes disparidades entre áreas urbanas e rurais do mundo. Ainda em 2012, aproximadamente 2,5 bilhões de pessoas não possuíam acesso a instalações sanitárias adequadas e 14,00% da população mundial, cerca de 1 bilhão de pessoas não tinham acesso a nenhuma forma de instalação sanitária, desse total cerca de 90,00% viviam em áreas rurais. Tal situação pode resultar em níveis muito altos de contaminação ambiental com a exposição de riscos de infecções microbianas,

doenças diarreicas, tracoma, esquistossomose e hepatite (ONU, 2015; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2015).

A qualidade da água e a higiene do meio são fundamentais para a prevenção e cuidados com doenças causadas pelas condições precárias do saneamento rural. Entre as doenças destacam-se: doenças dermatológicas, Leishmanioses, Malária, Doenças de Chagas, Esquistossomose, Lepra, Febre Tifóide, Febre Paratifóide, Cólera, Hepatite A, Amebíase, Giardíase, Leptospirose, Ancilostomíase (amarelão), Ascaridíase (lombriga), Teníase, Cisticercose, Filariose (Elefantíase), Dengue e mais recentemente Zika e Chicungunya.

Teixeira e Guilhermino (2006) analisaram o saneamento e saúde em todos os estados brasileiros a partir de dados do Banco de Dados Indicadores e Dados Básicos para Saúde referente ao ano de 2003. Os resultados apontaram que tanto a mortalidade infantil por doença diarreica aguda em crianças menores de cinco anos quanto à mortalidade por doenças parasitárias em todas as idades nos estados brasileiros podem ser associadas à precariedade do saneamento.

Sendo um dos mais importantes indicadores para avaliar a situação da saúde e a qualidade de vida de uma área, as estimativas de taxa de mortalidade infantil (TMI) são cruciais. O Brasil apresentou uma redução na taxa de mortalidade infantil no período de 1990 a 2012, passando de 47,1 óbitos infantis por 1.000 nascidos vivos em 1990 para 14,6 por mil nascidos vivos no ano 2012, reduzindo cerca de 70,00% neste período. Mas indicadores e Dados Básicos de 2013 (BRASIL, 2013), apontam os estados brasileiros com valores médios ainda altos de óbitos por doença diarreica aguda em menores de cinco anos, tais estados são: Roraima, Alagoas, Amazonas e Mato Grosso do Sul, com 7,40%, 6,70%, 5,60% e 4,00%, respectivamente.

Considerada um problema de saúde pública, a doença diarreica está diretamente relacionada às altas taxas de morbi-mortalidade no mundo. Segundo Mendes et al. (2013), no Brasil entre 1995 e 2005 foram registradas cerca de 1,5 milhões de internações e quase 40 mil crianças morreram menores de um ano, devido à diarreia e suas complicações. Os dados da pesquisa demonstram que os coeficientes de mortalidade ocasionada pela diarreia refletem a desigualdades sócio-econômico-culturais regionais, bem como as condições difíceis de acesso à saúde e saneamento.

Neste sentido, é fundamental que sejam realizados maiores esforços para promover a redução desses índices de mortalidade por diarreia e de outras doenças através ampliação do acesso ao saneamento, da melhoria na estrutura dos serviços de saúde, de uma educação sanitária com trabalho de informação junto às comunidades mais carentes, priorizando a prevenção e o tratamento como forma alcançar melhores níveis de qualidade de vida da população.

## **2.4 Pesquisa-ação: como processo participativo do modelo difundido**

Considerando as demandas sociais e ambientais que são observados atualmente no meio rural, torna-se necessário pesquisar novos métodos de apropriação e divulgação do conhecimento, através de novas abordagens que permitam fazer uma discussão da realidade socioambiental. A questão ambiental necessita de alternativas para o problema da degradação do meio ambiente associado a uma exclusão social que tem consequências na qualidade de vida da população rural.

Nas Ciências Agrárias, a metodologia de pesquisa-ação vem sendo abordada há muito tempo, muitas vezes são utilizadas em práticas de extensão rural, difusão de tecnologia (THIOLLENT, 1984), bem como na criação de tecnologias apropriadas ou de tecnologias sociais. A metodologia participativa e, em particular a pesquisa-ação estão no centro dos

debates em matéria de educação ambiental (ZART, 2001) de difusão de informação para fortalecer a participação e a sustentabilidade (FURNIVAL et al., 2005), ou seja, existe um potencial para a oferta de estudos vinculados a questão ambiental.

A pesquisa-ação destaca-se entre os métodos participativos. Teve seu início na década de 1940 e está em constante renovação (MORIN, 2004) e sua fundamentação está apoiada em várias concepções psicossociológicas, comunicacionais, educacionais, críticas, etc. (EL ANDALOUSSI, 2004).

De acordo com Liu (1997), a pesquisa-ação não se limita a resolução de problemas práticos dos usuários, e não deve ser confundida com uma simples técnica de consultoria, ou seja, a metodologia vai adiante fazendo progredir os conhecimentos fundamentais e esse processo acontece num ambiente de aprendizagem recíproca entre o pesquisador e usuários. Os conhecimentos produzidos são “validados pela experimentação” (THIOLLENT, 2007).

Os resultados da pesquisa-ação podem ser verificados a partir das possibilidades de solução de problemas identificados durante a realização do projeto e se o pesquisador e os usuários estão devidamente capacitados com suas competências individuais e coletivas para a participação no processo, criam-se as condições para o aparecimento de questionamentos que podem sugerir novos estudos.

Na pesquisa-ação é fundamental a dimensão participação, assim como, em outros métodos que fazem parte as metodologias participativas, ainda que existam divergências quanto às verdadeiras intenções e a efetiva participação dos atores. No entanto, as intenções dos participantes podem ser monitoradas durante a experimentação. Quanto à efetividade, propõe-se em termos práticos, que a participação é mais efetiva quando: possibilita significativo nível de envolvimento; capacita as pessoas para realização de tarefas; dá apoio para as pessoas aprenderem a agir com autonomia; fortalece os planos de atividade em que as pessoas são capazes de realizar sozinhas; lida mais diretamente com as pessoas do que por intermédio de representantes ou agentes (STRINGER, 2007).

Existe um crescimento de projetos realizados com grupos pluridisciplinares parceiros, constituindo-se de um agrupamento de atores para viabilizar o projeto. Nesse contexto, a pesquisa-ação precisa ser adaptada para manter uma interação entre os atores ou parceiros implicados que seja produtiva em termos de conhecimento (EL ANDALOUSSI, 2004).

Dessa forma tem-se a inter-relação entre participantes do processo de pesquisa-ação num espaço de interlocução, que resulta no conhecimento que é fruto da visão cultural, das linguagens, posturas sociais, percepções e interpretações.

Na pesquisa-ação o pesquisador tem o papel de acompanhar, estimular certos aspectos apontados pelo grupo. Porém, se não desencadear as suas ações, caberá ao pesquisador apenas procurar compreender o porquê daquele fato. No geral, não é ético tentar mudar o comportamento dos outros, a menos que haja o consentimento dos atores diretamente implicados.

## **2.5 Tratamento de águas residuárias domésticas**

No momento em que o mundo vive uma crescente crise na oferta de água destinada para o consumo humano é de suma importância avocar a responsabilidade de todos que fazem parte do universo de consumidores desse produto vital, a promover ainda nas unidades residenciais, o tratamento mais adequado do esgoto produzido por seus moradores.

O manejo de excretas humanas tem sofrido alterações tecnológicas ao longo do tempo, porém a gestão das águas residuárias, ainda continua representando um grande desafio aos governos e para a sociedade (OLIVEIRA JÚNIOR, 2013). E nesse contexto, apesar do desenvolvimento das técnicas de engenharia voltadas para a saúde pública, especialmente

após a revolução industrial, ter proporcionado à remoção de matéria orgânica e de patógenos, não se observa grandes avanços nos métodos aplicados na produção de efluentes de qualidade adequada.

A literatura trata de dois modelos de tratamento de águas residuárias: os sistemas centralizados e descentralizados. Os sistemas centralizados ou convencionais compõem um conjunto de equipamentos utilizados para coleta, transporte, reunião, tratamento e disposição no ambiente dos efluentes residenciais, comerciais e industriais. São dotados de maior porte estrutural e operacional e por isso apresentam elevados custos de implantação e manutenção, reduzindo muitas vezes a relação custo-benefício (NUVOLARI et al., 2011).

Os sistemas descentralizados compreendem uma variedade de sistemas processadores de esgotos domésticos e comerciais. Estes se diferenciam pela necessidade de separação dos efluentes industriais. Alguns sistemas prevêm a evaporação em regiões áridas (OLIVEIRA JÚNIOR, 2013).

As tecnologias centralizadas de tratamento de resíduos domésticos não têm conseguido realizar o trabalho completo e isso possivelmente decorre de falhas nesse processo de tratamento, neste sentido o sistema descentralizado se apresentado como uma alternativa intermediária aos sistemas centralizados.

Assim, a partir do final do século XX, o tratamento descentralizado tem se afirmado como alternativa sustentável (PARASKEVAS et al., 2002; OLIVEIRA JÚNIOR, 2013). Este modelo além de possuir uma estrutura mais simples também apresenta maior relação custo-benefício se comparado ao anterior, por isso pode ser considerado mais apropriado para localidades que possuem uma baixa densidade populacional, observando os fatores de escolha de tecnologia mais apropriada de tratamento quanto: economicidade, sustentabilidade ambiental e aceitação social.

Neste cenário, surgem as tecnologias de tratamentos das águas residuárias cinza e negra. No caso da água residuária cinza, que é aquela oriunda de lavatórios, ralos de chuveiros, já existem métodos de tratamento que permite o reuso do produto para diversas finalidades. As águas residuárias negras necessitam de tratamento específico que pode reduzir significativamente a quantidade de matéria orgânica e organismos patógenos dos efluentes a partir dos processos anaeróbios.

Os estudos têm demonstrado que os sistemas de tratamento descentralizado, com a utilização de processos anaeróbios, contribuem fortemente com a sustentabilidade, pelas características da qualidade dos efluentes *versus* custos totais, da recuperação de energia e nutrientes, da baixa produção de lodo, além de tender a plantas de tratamento mais compactas (MASSOUD et al., 2009).

Na zona rural do Brasil, especialmente nas regiões Norte e Nordeste do país, onde são desconhecidas políticas públicas que garantam a implantação e operação de modelos descentralizados para tratamento de esgotos residenciais e comunitários, nas pesquisas têm se difundido modelos sustentáveis com uso de processos anaeróbios, a exemplo dos Tanques de Evapotranspiração, como alternativas viáveis para tratamento dos efluentes domésticos oriundos do vaso sanitário, tendo em vista a busca para solução do problema que se assenta também no meio rural que é da poluição difusa dos cursos d'água.

## **2.6 Tanque de Evapotranspiração**

Destinado para tratamento das águas residuárias negras, o tanque de evapotranspiração utiliza os processos de digestão da matéria orgânica através da ação de bactérias e fungos decompositores que transformam os dejetos humanos em nutrientes para serem aproveitados na produção agrícola.

Em 1950, o sistema foi imaginado pelo permacultor norte-americano Tom Watson, com o nome de *Watson wick* (BODENS e OLIVEIRA, 2009). No Brasil este sistema já recebeu diferentes denominações por outros autores, tais como, Tanque de Evapotranspiração (GALBIATI, 2009), fossa evapotranspiradora (*evaporation bed system*) (MORAES et al., 2008 *apud* PIRES, 2012) e fossa verde (ARAÚJO et al., 2010). Os permacultores têm desenvolvido e divulgado os sistemas, por outro lado pesquisadores de várias partes do mundo tem se encarregado de promover mais estudos que avaliem sua eficácia em diferentes condições climáticas.

Muitos dos tanques de evapotranspiração implantados dentro e fora do Brasil precisam de mais pesquisas científicas (GALBIATI, 2009), tais estudos poderiam apresentar os resultados obtidos na aplicação do sistema e no decorrer do seu funcionamento. Mais recentemente sua implantação se tornou mais evidente no Estado de Minas Gerais, através do trabalho de extensão realizado pela EMATER/MG junto a pequenos produtores rurais e comunidade de produtores de café orgânico. Ainda o INCRA (2012), formou uma parceria com a Universidade Federal do Ceará que resultou na implantação de 65 TEvap, no Projeto de Assentamento São Joaquim na cidade de Madalena, que fica a 187 quilômetros de Fortaleza.

O TEvap é uma caixa impermeabilizada que pode ser parcialmente submersa, onde os dejetos ficam retidos no interior da câmara de pneus velhos e ocorre a digestão anaeróbica e água é drenada para a camada de entulho, passando para processo de tratamento com filtragem, e serve para a reuso dessa água, inclusive para ser utilizada em culturas como banana, mamão, tomate e pimenta.

Segundo o INCRA (2012), o esgoto doméstico é formado por 97,70% de água e 2,30% de outros materiais, demonstrando a importância da reutilização dessa água, sobretudo no semiárido nordestino.

Dados do Instituto de Pesquisa Econômica aplicada (IPEA) (INCRA, 2012) apontam que apenas 7,00% dos domicílios do semiárido cearense possuem esgotos. Isso reforça a importância do sistema como forma de contribuir para a saúde e segurança alimentar das famílias rurais sem prejudicar o meio ambiente.

### **2.6.1 Funcionamento do tanque de evapotranspiração**

O funcionamento do sistema consiste basicamente do escoamento do esgoto, passando por processos biológicos de degradação da matéria orgânica transformando em nutrientes e água. Os nutrientes são absorvidos pelas plantas e a água transpirada pela vegetação, além da evaporação de parte dessa água que acontece no solo (GALBIATI, 2009).

A água residuária negra entra no tanque diretamente numa câmara onde ocorrem fenômenos físicos e bioquímicos. Os processos físicos no interior do tanque estão relacionados com a decantação, percolação, filtragem e os bioquímicos são aqueles que ocorrem na digestão da matéria orgânica e absorção e incorporação dos nutrientes pelas plantas.

Segundo Galbiati (2009), este processo é classificado na categoria de biorremediação, ou seja, trata-se de um processo em que a água e os nutrientes oriundos do esgoto que são aproveitados pela planta no seu desenvolvimento. Sendo que no caso da água é na sua maior parte evapotranspirada e utilizada de forma consultiva pela a planta, evitando também a necessidade de irrigação. Assim o dimensionamento adequado reduz a possibilidade de ter efluente extravasado para um pós-tratamento.

Entre os benefícios relatados na literatura que justificam a aplicação do sistema estão: a ausência ou produção de quantidade muito pequena de resíduos; boa performance na remoção de matéria orgânica, DBO, DQO e sólidos suspensos totais; redução dos custos de

implantação através da construção participativa; boa adaptação da vegetação com possível retorno em relação ao consumo da produção.

### **2.6.2 Detalhes construtivos importantes para implantação do tanque de evapotranspiração**

Para atender aos critérios de planejamento para instalação adequada do TEvap deve-se utilizar a seguinte a sequência de etapas:

Escavação de solo: antes do início da escavação deve-se investigar o tipo de solo do local, recomendando-se a construção em solos argilosos, e antecipando a necessidade de escoramento do mesmo. A construção do tanque de evapotranspiração deve atender às recomendações das normas técnicas: manter distância mínima de 1,5 metros de construções e limites de terreno, valas e ramais de alimentação predial de água; obedecer três metros de distância de árvores e pontos de água utilizados para consumo humano; e, afastar por cerca de 15 metros em relação aos corpos de água e poços freáticos (ABNT, 1993).

As dimensões das escavações são em função da quantidade de usuários dos vasos sanitários. A relação entre o volume de água negra produzido por pessoa e o volume no interior do tanque de evapotranspiração é de dois metros cúbicos (GALBIATI, 2009). Em seus estudos, Costa (2014) orientou cavar uma trincheira com dois metros de largura e 1,5 metro de profundidade, com comprimento correspondente à quantidade de usuários, onde, para quatro usuários, 5,5 metros. Sendo assim, verifica-se que não existe uma rigidez no dimensionamento do tanque ou que necessariamente seja preciso adotar a medida de dois metros cúbicos por pessoa.

Instalações sanitárias: a tubulação que interliga o vaso sanitário ao tanque de evapotranspiração deve ser em tubo e conexões de PVC rígido, com diâmetro de 100 mm, atendendo a declividade mínima de 1,00%, conforme previsto na norma técnica (NBR, 8160). Deve ser previsto também um tubo extravasor com 50 mm de diâmetro, instalado na posição oposta à entrada do tanque e no desnível de 10 cm em relação ao mesmo (PIRES, 2012). O extravasor é importante, pois permite o transbordamento do efluente tratado no interior do tanque ou da ocorrência de chuvas.

Revestimento interno: por se tratar de um sistema fechado, deve-se garantir a estanqueidade do interior do tanque de evapotranspiração, com o emprego de técnica adequada de construção das paredes e laje de fundo. De acordo com Costa (2014), a técnica apropriada é de ferrocimento, com aplicação de argamassa, com traço de uma parte de cimento e três partes de areia lavada, em espessura de 2,5 cm, seguida de tela metálica e outra camada de argamassa. A laje de fundo deve ser nivelada para permitir uniformidade no escoamento do efluente dentro do tanque.

Bordas das paredes do tanque: devem ser previstas bordas sobre as paredes internas do tanque, criando uma barreira para impedir que águas de enxurradas consigam entrar no interior do sistema. Desta forma, deve ser garantido um desnível mínimo de 15 cm acima do nível do terreno na parte externa do tanque.

Montagem da câmara de recepção de efluente: a partir da disposição longitudinal de pneus inservíveis, colocados lateralmente, é formada uma câmara para o início da digestão da matéria orgânica do efluente, que é depositado no seu interior.

Enchimento do tanque: após a montagem da câmara de pneus, deve-se proceder à colocação sequencial das seguintes camadas: entulho, brita, areia e solo, materiais destinados ao complemento do tratamento com a filtração da água, que os atravessam por meio do fenômeno denominado de capilaridade. As espessuras das camadas seguem as indicações de

projeto. Durante o enchimento do tanque é recomendada a colocação de tubos de inspeção, que permitam o acesso para verificar as condições do efluente no interior do tanque.

O plantio do cultivo: A última etapa da construção do tanque é o cultivo de plantas, que possuam um alto consumo de água e crescimento rápido, adaptadas a ambientes úmidos e principalmente de aceitação do usuário (PIRES, 2012).

O reuso da água do efluente ocorre dentro do próprio tanque, onde as plantas absorvem água com nutrientes e estes mineralizados são incorporados à estrutura fisiológica do vegetal.

### **2.6.3 Plantas comumente recomendadas para uso em tanque de evapotranspiração**

Nos tanques de evapotranspiração são recomendados pela literatura o plantio das seguintes culturas: banana (*Musa sp.*), taioba (*Colocasia sp.*), mamoeiro (*Caricacpapaya sp.*), ornamentais como copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica*) e lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium*), além de hortaliças como couve (*Brassica sp.*) e tomate (*Solanum sp.*). Não se deve cultivar plantas em que as raízes sejam consumidas cruas, nem hortaliças rasteiras. Os cultivos sugeridos para utilização no tanque de evapotranspiração são de vegetais que se adaptem bem em locais que possuem muita água no solo (OLIVEIRA JÚNIOR, 2013).

A frequente utilização do cultivo da banana no tanque de evapotranspiração decorre da adaptação da planta à faixa de temperatura registradas na maior parte do Brasil. A temperatura ótima para o seu desenvolvimento é 28°C, sendo a faixa de 15°C a 35°C, os limites para o desenvolvimento adequado da cultura. Dessa forma, o cultivo se adapta bem em regiões do Norte e Nordeste, e parte do Sudeste e Centro-Oeste, onde são encontrados esses níveis de temperaturas típicas de zonas tropicais. Em área de clima subtropical, como os estados da região Sul do país, são utilizados cultivares do tipo Nanica, que são mais adaptadas às baixas temperaturas (EMBRAPA, 2012).

O contínuo e alto consumo de água da bananeira, faz com que a maior produção de banana seja registrada nas regiões com precipitações total anual de 1.900 mm, ou seja, a cultura é bastante sensível à deficiência hídrica ou prolongados períodos de seca (EMBRAPA, 2012). Dessa forma, o cultivo da bananeira também se adequa ao TEvap devido à oferta contínua de água resultante do tratamento contínuo do efluente no interior do tanque, sendo recomendável a cobertura do solo com vegetação morta para conservar a umidade, evitando a necessidade de irrigação suplementar da planta.

## **2.7 Principais doenças causadas pela falta de saneamento ambiental**

O ambiente em que se vive é estabelecido por um conjunto de elementos sociais, econômicos e culturais, que são sobrepostos nesse meio, originando as mais diferentes formas e relações com a natureza. O desenvolvimento dessas atividades tem por vezes atingido espaços impróprios em relação às questões ambientais, que em sua maioria não vem atrelada à infraestrutura necessária, sobretudo de saneamento básico, o que tem como resultado mais danoso, a perda da qualidade de vida da população.

É intensa a relação homem, meio ambiente e saúde, e ela acontece em espaços humanizados, potencialmente sobre áreas com acentuadas concentrações demográficas, configurando-se como o maior processo de desnaturalização (BOEING, 2013). Essa ação do homem no meio natural e equilibrado criam ambientes modificados para atender as suas

necessidades em detrimento da salubridade ambiental, resultando muitas vezes no surgimento de espaços degradados que prejudicam a saúde.

Segundo Gondim (2008), a falta de medidas sanitárias se converte em sérios problemas de saúde pública, através da transmissão de doenças infectocontagiosas. Alguns autores estimam que cerca de 88,00% dessas patologias sejam atribuídas ao abastecimento de água, ao esgotamento sanitário e aos hábitos de higiene inadequados. A maior parte dos registros é observada em crianças de países em desenvolvimento, onde existe uma precariedade de saneamento básico, com reduzidos níveis de salubridade ambiental PRÜSS et al., (2002).

Para Aravéchia Junior (2010), a salubridade ambiental é a relação equilibrada entre a qualidade ambiental e as condições satisfatórias do meio físico, que possa evitar a ocorrência de doenças relacionadas ao meio ambiente e promover um espaço saudável e socialmente justo, através da oferta direta de saneamento básico.

Os autores Cairncross e Feachem (1993) propõem a Classificação Ambiental de Doenças Infecciosas relacionadas à água, excreta e lixo, conforme o Quadro 1. Diferentemente da classificação biológica clássica, por agentes etiológicos, essa se configura como a mais importante classificação ambiental para doenças infecciosas, uma vez que na proposta dos autores toma por base as vias de transmissão, ciclo biológico e as principais estratégias de controle ambiental dessas doenças (CAIRNCROSS e FEACHEM, 1993; HELLER, 1995; NUGEM, 2015).

As doenças citadas no Quadro 1 podem ser controladas através do abastecimento de água (CAIRNCROSS, 1984; NUGEM, 2015), e os riscos de transmissão podem estar associados ao saneamento inadequado por abastecimento deficiente, esgotamento sanitário inadequado, contaminação por resíduos sólidos e pela precariedade das habitações, permitindo a identificação de medidas de controle comuns para cada um dos grupos (NUGEM, 2015).

A FUNASA (2017c) citou exemplos de benefícios das ações de saneamento ambiental para a saúde, entre elas, o fornecimento de água de boa qualidade e de forma contínua, proporcionando a diminuição e o controle de doenças. O esgotamento sanitário, com o tratamento adequado das águas residuárias, é fator que contribui para a eliminação de vetores de patologias que ainda afetam a saúde da população brasileira.

**Quadro 1.** Classificação ambiental de doenças infecciosas relacionadas à água, excreta e lixo (CAIRNCROSS e FEACHEM, 1993; HELLER, 1997; NUGEM, 2015).

| Categoria  | Infecção  |
|--|---|
| 1. Feco-oral:<br>a) Ingestão da água e/ou contato com a água | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diarreias e disenterias               <ul style="list-style-type: none"> <li>. Disenteria amebiana, Enterite campylobacteriana, Cólera</li> <li>. Diarreia por <i>Escherichia coli</i> – Giardíase</li> <li>. Diarreia por rotavírus – Salmonelose</li> </ul> </li> <li>- Febres entéricas:               <ul style="list-style-type: none"> <li>. Febre tifóide</li> <li>. Febre paratifóide</li> </ul> </li> <li>- Poliomielite</li> <li>- Hepatite A</li> <li>- Leptospirose</li> </ul> |
|  |   |

|   |  |
|---|--|
| <p>2. Relacionadas com a higiene</p> <p>a) Infecções da pele e dos olhos</p> <p>b) Outras</p>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Doenças infecciosas da pele e dos olhos</li> <li>- Tifo transmitido por pulgas</li> <li>- Febre recorrente transmitida por pulgas</li> </ul>  |
| <p>3. Baseada na água</p> <p>a) Por penetração na pele</p> <p>b) Por ingestão</p>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Equistossomose</li> <li>- Difilobotríase e outras infecções por helmintos</li> </ul>  |
| <p>4. Transmissão por inseto vetor</p> <p>a) Picadura próxima à água</p> <p>b) Procriam na água</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Doença do sono</li> <li>- Filariose</li> <li>- Malária</li> <li>- Arbovíroses</li> <li>- Febre amarela</li> <li>- Dengue</li> <li>- Chikungunya</li> <li>- Zyka</li> <li>- Lishmaniose</li> </ul> |

### 3 CAPÍTULO I

## EDUCAÇÃO AGRÍCOLA COMO INSTRUMENTO DE DIFUSÃO DE UM MODELO PARTICIPATIVO NO TRATAMENTO DO ESGOTO DOMICILIAR RURAL

### Resumo

Este capítulo apresenta como objetivo uma análise da Educação Agrícola como instrumento pedagógico de difusão participativa do Tanque de Evapotranspiração (TEvap), como um modelo de tratamento de esgoto domiciliar rural, e sua contribuição no aprendizado dos conteúdos da disciplina de Construção e Instalação Rural. Participaram 15 discentes do Curso Técnico em Agropecuária, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), *campus* Crato, Ceará, Brasil. A metodologia utilizada foi a pesquisa-ação. A divulgação e a contribuição do TEvap para a aprendizagem foram avaliadas com um questionário sobre informações sócio-ambientais das moradias dos alunos, as suas práticas participativas e a divulgação dessas experiências. Os resultados demonstraram que 40,00% das residências dos alunos eram abastecidas por concessionária de água, 53,33% utilizavam fossa séptica para tratamento do esgoto e 86,67% tinham o lixo coletado. Quanto às respostas sobre a contribuição do TEvap no aprendizado dos conteúdos da disciplina, 87,00% acenaram positivamente, percentual igual aos que responderam afirmativamente para a validade da realização de eventos que promovam o TEvap como modelo de tratamento de esgoto domiciliar, auxiliando na proteção do meio ambiente e na diminuição de doenças. Concluiu-se que o TEvap pode também contribuir para o aprendizado de outras disciplinas do Ensino Médio, a exemplo de Matemática e Biologia, permitindo novos debates sobre questões ambientais entre docentes, discentes e sociedade, possibilitando o conhecimento e a divulgação dessa tecnologia social que reduz os impactos causados pela falta de saneamento no meio rural.

**Palavras chaves:** Tanque de Evapotranspiração, saneamento, educação.

## **Abstract**

This chapter presents an analysis of Agricultural Education as a pedagogical tool for the participatory diffusion of the Evapotranspiration Tank (TEvap), as a model of rural sewage treatment, and its contribution to learning the contents of the Rural Construction and Installation discipline. Participants were 15 students of the Technical Course in Agriculture, of the Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), *campus* Crato, Ceará, Brazil. The methodology used was action research. The divulgation and contribution of TEvap in the learning process were evaluated by a questionnaire, which dealt with socio-environmental information about students' homes, participatory practices and dissemination of these experiences. Results showed that 40.00% of the students' homes were fueled by the water utility, 53.33% used a septic tank for sewage treatment and 86.67% had the garbage collected. Regarding the answers about the contribution of the TEvap in the learning of the contents of the discipline, 87.00% waved positivity, percentage equal to those who answered affirmatively for the validity of the events that promote the TEvap as a model of treatment of domestic sewage, aiding in the protection the environment and reducing disease. It was concluded that TEvap can also contribute to the learning of other High School disciplines, such as Mathematics and Biology, allowing new debates on environmental issues between teachers, students and society, enabling the knowledge and the dissemination of this social technology that reduces impacts caused by lack of sanitation in rural areas.

**Keywords:** Evapotranspiration tank, sanitation, education.

## Introdução

A Educação Agrícola, no Curso Técnico em Agropecuária, caracteriza-se em parte pelos conhecimentos abordados no ensino agrícola, através das disciplinas que compõem a matriz curricular de sua formação profissional, onde alguns de seus principais objetivos estão voltados para o desenvolvimento de atividades no campo, com ênfase na produção agropecuária e no desenvolvimento econômico local.

Cada vez mais, tem aumentado a preocupação com a produção sustentável, gerando expectativas sobre a aplicação dos conhecimentos científicos na promoção do desenvolvimento, dentro de um ambiente equilibrado. Ou seja, almeja-se que esse crescimento econômico resulte na geração de empregos e renda, porém com a responsabilidade educativa, social e ambiental, que garanta a preservação do meio ambiente como um importante crédito para as futuras gerações.

A percepção dos discentes do Curso Técnico em Agropecuária, sobre a dimensão ambiental de suas ações, pode despertar um pensamento crítico sobre seu entorno. Isso o faz refletir sobre como conhecimentos que visam o desenvolvimento do campo, através das boas práticas na agricultura e na pecuária, se complementam com aqueles que proporcionam melhoria da qualidade de vida daqueles que habitam o meio rural.

Essa interação entre homem e meio ambiente, propõe uma educação pautada no estímulo da consciência ambiental, em que as pessoas possam inserir como meta das suas atividades, um componente de valorização das práticas ambientalmente corretas.

Com base nos desafios para se discutir temáticas socioambientais nos cursos técnicos, especialmente nas Ciências Agrárias, esta pesquisa trouxe como objetivo analisar como a Educação Agrícola através de abordagens pedagógicas no ensino agrícola, pode contribuir para a difusão de um modelo alternativo de tratamento de esgoto sanitário no meio rural.

O modelo alternativo proposto nesta pesquisa é o Tanque de Evapotranspiração (TEvap), idealizado pelo permacultor americano Tom Watson, e que propõe um tratamento para as águas negras domiciliares, associando a reutilização da água dentro de uma sistemática de cultivo de espécies vegetais (GALBIATI, 2009). O fato desse modelo operar de uma forma fechada, sem extravasamento, além de não necessitar de ações de operação, o torna um sistema sustentável (COSTA, 2014).

Dentro do cenário exposto, esta pesquisa procurou ainda despertar nos discentes, pensamentos críticos e reflexivos sobre alternativas de enfrentamento para os problemas ambientais, que fazem parte do dia a dia das comunidades rurais, podendo inclusive assumir o papel de agente transformador dessa realidade.

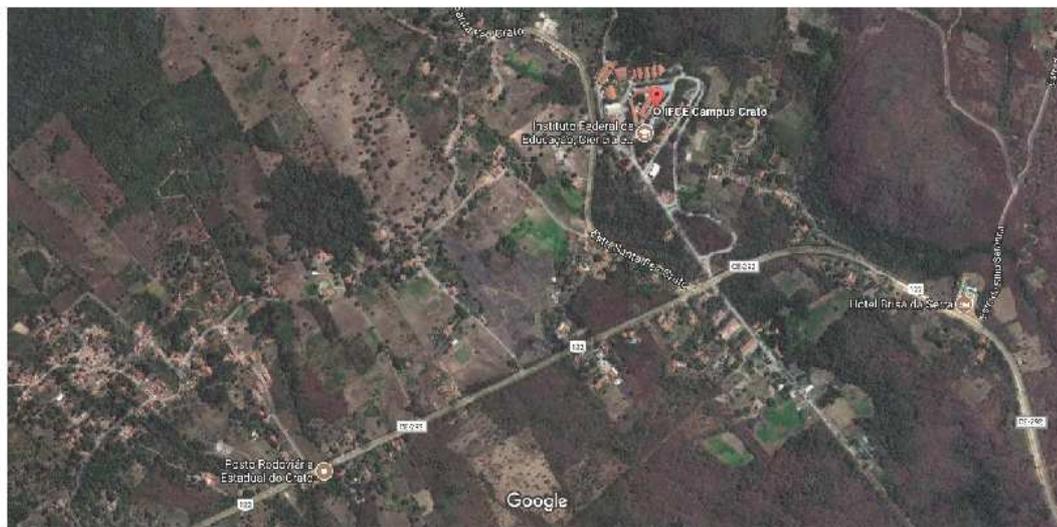
## Material e Métodos

A pesquisa foi realizada nas dependências da antiga Escola Agrotécnica Federal do Crato, Ceará, atual Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), *campus* Crato, durante o período de 2016 a 2018.

A referida instituição foi constituída a partir de terrenos doados, sendo o primeiro por força da Lei nº 328 de 24 de março de 1955, que impôs a Prefeitura Municipal de Crato, através do Prefeito Ossian de Alencar Araripe, a doação de um terreno ao Ministério da Agricultura. O segundo foi doado pelo proprietário rural, o Sr. Francisco Gonçalves Pinheiro e esposa, conforme registro datado em 29 de janeiro de 1969. O terceiro também foi doado pela Prefeitura Municipal de Crato, através do Prefeito Pedro Felício Cavalcante, de acordo com a Lei nº 9.028 de 14 de fevereiro de 1976.

A área total da instituição é de aproximadamente 146,64 ha. Localizada ao sopé da Chapada do Araripe, na BR 122/CE 292, rodovia que liga os municípios de Crato/Exu-

PE/Nova Olinda, mais precisamente no bairro Gisélia Pinheiro no município do Crato, possuindo coordenadas geográficas de 7°14'03'' de latitude Sul e 39°24'34'' de longitude Oeste, com pluviosidade e temperatura média de 1090,9 mm e 26° C, respectivamente (IPECE, 2017) (Figura 1).



**Figura 1.** Imagem de satélite do IFCE *campus* Crato, Ceará. Fonte: Google Maps (2018).

O relevo da instituição é acidentado, com parte pedregosa, areno-argilosa, constituindo-se por podzólico vermelho-amarelo e latossolo vermelho-amarelo. A vegetação do município é constituída por Carrasco, Floresta Caducifólia Espinhosa, Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial, Floresta Subperenifólia Tropical Pluvio Nebular e Floresta Subcaducifólia Tropical Xeromorfa (IPECE, 2017).

O IFCE, *campus* Crato, oferece serviços educacionais em horário integral, como: os cursos técnicos de Informática para Internet e Agropecuária (no Ensino Médio Integrado), Agropecuária (no Ensino Técnico Subsequente), e as graduações de Sistemas de Informação e Zootecnia. Além disso, disponibiliza alojamento interno para jovens do sexo masculino com idades entre quatorze a dezoito anos.

A presente pesquisa teve como sujeitos participantes 15 discentes, sendo 13 do sexo masculino e 2 do sexo feminino, de duas turmas de terceiro ano, do Curso Técnico em Agropecuária Integrado do IFCE, *campus* Crato, que estiveram devidamente matriculados na disciplina de Construção e Instalação Rural, no biênio 2017-2018. Essas turmas foram escolhidas em virtude do seu perfil, pois na maioria eram compostas por filhos de agricultores rurais, com idade entre 14 e 18 anos, que poderiam se tornar agentes divulgadores da tecnologia social do Tanque de Evapotranspiração (TEvap), como alternativa de tratamento de esgoto domiciliar rural.

O método adotado para o desenvolvimento deste estudo foi o da pesquisa-ação. Este método foi o que melhor permitiu fazer o levantamento de observações sobre o caso em estudo. Pode ser o estudo de eventos que ocorrem na interação ensino-aprendizagem de um indivíduo ou de um grupo de indivíduos. A sua característica principal é a análise de um fenômeno singular, observado em situações reais da vida cotidiana do caso em estudo, que permite um diagnóstico de aspectos relacionados, principalmente, com o saneamento básico nas propriedades rurais, propondo um modelo participativo, para a construção de soluções de modo coletivo, assim como, para a formação de multiplicadores das ações de tratamento sustentável do esgoto domiciliar rural (THIOLLENT, 2007).

De acordo com Thiollent (2007), “o papel da pesquisa-ação consiste em produzir os conhecimentos necessários e, ao mesmo tempo, encontrar, escolher e programar as ações eficazes”. Dessa forma, essa metodologia é um instrumento prático de intervenção na realidade de comunidades, para além da pesquisa clássica, em parceria com os sujeitos implicados em determinadas situações precárias; como no caso de saneamento ambiental, conduzida com base na atitude comunitária de valores democráticos para as resoluções dos problemas, no sentido do bem-estar e melhoria da qualidade de vida das pessoas e comunidades (THIOLLENT, 2007).

A primeira etapa da pesquisa foi documental, e dessa investigação resultou a identificação dos conteúdos da disciplina de Construção e Instalação Rural do Curso Técnico em Agropecuária, que se relacionam com esta proposta apresentada aos estudantes de utilização do modelo participativo de construção do TEvap, como um instrumento de aprendizagem destes conteúdos, numa perspectiva de promover à difusão das tecnologias sustentáveis de redução de impactos no meio ambiente e danos à saúde pública, na região da Chapada do Araripe. A partir da análise do Programa de Unidade Didática (PUD), da disciplina de Construção e Instalação Rural, foi possível ao pesquisador relacionar conteúdos da disciplina que foram abordados pelo professor e estudantes durante as visitas de campo.

As atividades desenvolvidas com os discentes ocorreram em três encontros:

O primeiro encontro foi realizado no mês de novembro de 2016. Nele, ocorreu um momento de sensibilização sobre a importância do saneamento rural para a redução dos impactos ambientais e promoção de qualidade de vida das comunidades rurais. Além disso, foram apresentadas informações acerca da construção e operacionalização da tecnologia social do TEvap, dando início a contribuição da Educação Agrícola como meio de fortalecimento da divulgação do tanque. Nessa mesma oportunidade, dúvidas, sugestões e esclarecimentos sobre o desenvolvimento da pesquisa foram discutidos pelos atores da pesquisa, tendo como objetivo a participação dos estudantes.

Na visita a campo (Figura 2), durante a implantação do TEvap no IFCE, *campus* Crato, foram discutidas técnicas sobre construção no meio rural e a importância do reaproveitamento adequado de materiais que poluem o meio ambiente, tais como, pneus velhos e entulhos. A utilização de pneus velhos na montagem da câmara de digestão do TEvap é um diferencial em relação a outros modelos similares encontrados na literatura. Esse modelo permite a destinação adequada desses pneus, que são considerados grandes poluidores do meio ambiente e responsáveis pela proliferação de insetos, como é o caso do mosquito *Aedes aegypti*, veiculador do vírus da Dengue, Zika e Chikungunya, cujas larvas se desenvolvem, entre outros ambientes, nas águas em seu interior, quando armazenados de forma inadequada.



**Figura 2.** Estudantes da disciplina de Construção e Instalação Rural durante a construção do TEvap no IFCE *campus* Crato.

O funcionamento do TEvap foi abordado para estudantes da disciplina, ainda como uma alternativa viável para tratamento sustentável de esgoto domiciliar em pequenas propriedades rurais, incentivando pensamentos críticos e reflexivos sobre a questão da educação ambiental no meio rural. A descrição com maiores detalhes sobre a construção e o funcionamento do TEvap será apresentada no capítulo seguinte.

Neste contexto, surgiram as primeiras interações dos estudantes com a ação proposta, lançando questões relacionadas ao consumo de água de equipamentos sanitários, dimensões do tanque, características do relevo, materiais empregados na construção e, principalmente, custo total para a implantação do modelo de tratamento de esgoto. Em relação ao custo total, foi apresentada a justificativa da solução construtiva adotada, ou seja, de alvenaria com estrutura de concreto armado, bem como, listagem contendo a descrição e quantidade de cada material necessário para a construção do modelo.

No mês de fevereiro de 2017, ocorreu um segundo encontro, onde foi ministrada uma aula no campo aos 15 discentes, pelo professor das disciplinas de Mecanização Agrícola e Forragicultura e Pastagens do IFCE (Figura 3). De início, o professor expôs para os discentes os processos de digestão anaeróbica, do cultivo de bananeiras, bem como, da absorção de nutrientes pelas raízes das plantas e sua incorporação à biomassa da planta. Ficou com o pesquisador a exposição sobre as técnicas de construção do tanque, do preenchimento das camadas e dos benefícios proporcionados ao meio ambiente desde a construção até o funcionamento do sistema modelo (Figura 4).



**Figura 3.** Aula de campo no TEvap aplicada pelo professor das disciplinas de Mecanização Agrícola e Forragicultura e Pastagens do IFCE.



**Figura 4.** Exposição pelo pesquisador sobre técnicas de construção do TEvap aos estudantes da Construção e Instalação Rural.

Após as exposições e discussão dos questionamentos levantados pelos presentes, o grupo passou a realizar as atividades participativas de montagem da câmara, com pneus velhos adquiridos em borracharias da cidade, e o preenchimento das camadas de entulho coletado no IFCE, com brita nº 1, areia média, solo fértil (Figura 5). A tarefa do dia foi concluída com o plantio de duas mudas de bananeiras da variedade Pacovan Ken.



**Figura 5.** Práticas participativas dos estudantes no preenchimento do TEvap.

Após 15 dias do plantio das bananeiras (Figura 6), o sistema foi aberto e, como ele estava instalado dentro da instituição e em local de acesso fácil, permitiu aos discentes fazerem o acompanhamento diário do funcionamento e desenvolvimento das bananeiras.

No mês de março de 2018, realizou-se um terceiro encontro, com participação dos mesmos 15 discentes. Esse encontro foi dividido em dois momentos: no primeiro, ocorrido em sala de aula (Figura 7), houve uma apresentação ainda mais detalhada sobre a construção e funcionamento do TEvap, implantado no IFCE, *campus* Crato; no segundo, partiu-se para o campo, onde os discentes puderam dar continuidade ao conhecimento até então adquirido, observando a viabilidade de utilização dessa tecnologia sustentável no tratamento do esgoto domiciliar rural, buscando fortalecer a divulgação da tecnologia social.



**Figura 6.** Plantio de mudas de bananeira Pacovan Ken no TEvap.



**Figura 7.** Momento em sala de aula de apresentação do TEvap aos estudantes de Construção e Instalação Rural.

Antes do início da apresentação do TEvap, no primeiro momento, os estudantes da disciplina aceitaram um convite para responder um questionário com 14 perguntas, fechadas,

abertas e mistas, sobre questões sócio-ambientais das suas moradias, percepção do tratamento do esgoto domiciliar rural, práticas participativas e divulgação dessas experiências (Anexo A). Dentro dessas perguntas, existiram duas discursivas, que versaram sobre a contribuição do TEvap no aprendizado dos conteúdos da disciplina de Construção e Instalação Rural, bem como no meio rural; e, sobre a validade da realização de palestras, seminários e aulas de campo nas instituições de ensino e nas comunidades rurais, com objetivo de orientar e esclarecer sobre o TEvap, no tratamento do esgoto domiciliar rural (Figura 8).



**Figura 8.** Aplicação do primeiro questionário nos estudantes da disciplina de Construção e Instalação Rural.

No segundo momento, realizado no campo, os estudantes conheceram todas as etapas de implantação do sistema, desde o ponto da caixa de inspeção da residência, onde se observou a separação do esgoto proveniente do vaso sanitário, composto exclusivamente de dejetos humanos de quatro moradores, até o funcionamento do tanque instalado (Figura 9). Verificou-se também a distância e diferença de nível do tanque em relação à residência, bem como, a área destinada para o projeto. Mesmo com o tanque já implantado no IFCE, *campus* Crato, foi possível demonstrar *in loco* quais os materiais utilizados e como foram dispostos na construção do TEvap (Figura 10). Os estudantes observaram também o tanque durante os meses subsequentes, chegando a contemplar as bananeiras vigorosas, em estado de floração do primeiro ciclo de colheita.



**Figura 9.** Visita à caixa de inspeção de separação de águas residuárias da residência do IFCE campus Crato.



**Figura 10.** Visita de campo dos estudantes da disciplina de Construção e Instalação Rural no TEvap.

Após essas atividades, o professor da disciplina deu seguimento ao PUD, com a parte introdutória de aspectos gerais para implantação de instalações rurais, abordando também, condições básicas que no geral as instalações rurais devem obedecer, entre elas, fases da construção, cálculos de perímetros, áreas e volumes; inclusive, dimensões empregadas no modelo, representadas por medidas de terreno, pisos, paredes, entre outros.

Na unidade II, o professor fez a exposição aos estudantes, das etapas do planejamento das construções rurais, tais como: estudo de mercado, escolha do local, topografia do terreno, água, drenagem e manejo dos dejetos com foco no bem estar animal. Esses assuntos se relacionam com um modelo apresentado em sala de aula e nas visitas de campo, uma vez que

toda instalação, independente de ser rural, deve prever estes estudos preliminares que antecedem a sua construção.

Na unidade III, foram expostos os componentes gráficos de um projeto de construção, composto de planta baixa, de situação, localização, além da parte escrita que compõe o orçamento e memorial descritivo.

Na unidade IV, o professor discutiu com os alunos as propriedades que devem ser consideradas quando da escolha dos materiais para uso nas construções rurais. Nesta unidade foram abordados temas com foco na utilização sustentável dos materiais, observando a resistência, a durabilidade, a higiene e saúde e economia.

Na última unidade, antes do recesso escolar de julho de 2018, foram apresentados os principais materiais de construções usados nas instalações rurais. Dentre eles, os materiais aglomerantes: argila, cal, cimento e gesso; os agregados: areia, pedregulhos, pedra britada; materiais não cerâmicos: tijolos de solo, cimento e blocos de concreto; materiais cerâmicos: tijolo maciço, tijolo furado, etc.; além de telhas, ladrilhos, metais sanitários, madeiras e metais em geral.

No dia 27 de junho de 2018, foi aplicado o mesmo questionário utilizado anteriormente, visando observar a alteração da percepção dos alunos em relação às experiências participativas no campo, e suas reflexões/críticas sobre a inserção de questões ambientais nos conteúdos de disciplinas predominantemente técnicas, como no caso da Construção e Instalação Rural (Figura 11).



**Figura 11.** Aplicação pela segunda vez do questionário nos estudantes da disciplina de Construção e Instalação Rural.

A área de implantação do modelo participativo do TEvap no IFCE, *campus* Crato, foi definida a partir de visitas em três residências da instituição onde moram famílias de servidores. Nelas, se buscou identificar qual possuía aparelho de vaso sanitário de onde provêm as águas negras (composto de matéria orgânica) com ramal de esgoto separado da tubulação de outros aparelhos sanitários que despejam água cinza (composto de produtos inorgânicos). Não sendo encontrado nenhum imóvel nestas condições, escolheu-se dentre essas residências pesquisadas a que necessitou de menor intervenção para a separação do esgoto do vaso sanitário e por isso foi escolhido à residência do Diretor do *campus*. Neste

aspecto, os discentes observaram que é muito comum nas pequenas propriedades onde existe banheiro, encontrar essas tubulações separadas, o que facilitaria a implantação do TEvap.

Em virtude das características do solo existente próximo da residência escolhida, que apresentou acentuada declividade e baixa capacidade de resistência a esforços, optou-se pela solução construtiva do tanque de alvenaria de bloco cerâmico, laje de fundo, estrutura de amarração em concreto, em local a céu aberto, em cota à jusante da caixa de inspeção do esgoto do banheiro da residência.

Através de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), foi solicitado a cada sujeito participante, a autorização para utilização dos dados declarados, e os modelos empregados encontram-se dispostos nos Anexos B e C. Também foi solicitado aos progenitores dos alunos menores de 18 anos permissão para participação dos mesmos na pesquisa (Anexo D).

## **Resultados e Discussão**

Na primeira aplicação do questionário, basicamente a totalidade dos alunos não respondeu às questões discursivas, e principalmente a respeito do TEvap; nesse caso, era totalmente esperado, visto que não tinham ainda um entendimento mais profundo a respeito do sistema, logo não tinham como relacionar o conhecimento e divulgação da tecnologia social com a disciplina.

Comentando sobre a questão do abastecimento de água em suas comunidades, as informações obtidas entre os estudantes revelaram que 06 residências eram abastecidas pela concessionária de água, 04 eram abastecidas por poços, três por nascentes, um por outros meios, entre eles o carro pipa e um não respondeu.

Sobre a água utilizada no abastecimento das residências, 06 discentes informaram que a mesma passava por processo de análise, 06 responderam que não eram feitas análises e três não responderam a questão.

Para o tratamento da água em casa, 12 discentes responderam que filtravam, dois indicaram que não faziam nenhum tratamento e um não respondeu a pergunta.

Quando ao tratamento de esgoto nas residências, os estudantes responderam que o tipo de tratamento de esgoto predominante era a fossa séptica, presentes em 08 residências ao todo; também existiam moradias em que esse processo ocorria através de sumidouro e dois não responderam a questão.

Cerca de 13 estudantes responderam que o lixo das residências onde moravam era coletado, dois informaram que ele era queimado e um responderam que enterravam. Nessa questão alguns estudantes assinalaram mais de uma resposta, por isso o total delas ultrapassou o total de alunos das turmas.

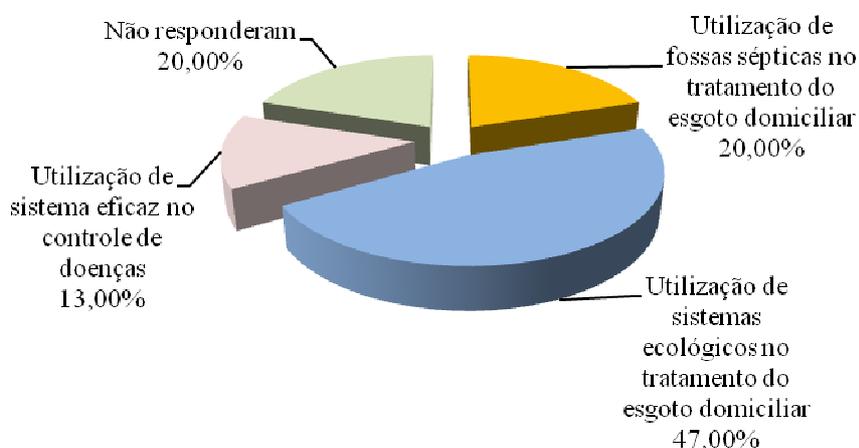
Após a aplicação deste questionário, constatou-se que os discentes conheciam a realidade ambiental do seu entorno, e desse conhecimento surgiu a possibilidade deles refletirem, depois da apresentação do TEvap, sobre as práticas ambientais em suas residências e comunidades, bem como gerar novas questões, tais como: As fontes de abastecimento mencionadas estão livres da contaminação provocada pelo esgoto doméstico? As fossas sépticas de suas casas, dos vizinhos, da comunidade, estão de acordo com o que prevê as normas vigentes, ou são fossas rudimentares que por não conseguirem evitar a contaminação do solo, não são consideradas formas de tratamento? Qual o impacto da ausência ou ineficácia do tratamento de esgoto na qualidade de vida da sua residência ou comunidade? Ou seja, discutir essas questões de abastecimento de água e de tratamento de esgoto domiciliar rural é uma forma de problematizar realidades que eles vivenciam e de criar uma postura interativa indo além do simples ato de observar sem interferir no meio onde vivem. Freire (1979) afirma

que quando o homem compreende sua realidade, pode levantar hipóteses sobre o desafio dessa realidade e procura soluções.

Em junho de 2018, depois de transcorrida toda a apresentação do TEvap, seja em sala de aula ou no campo, e após o professor da disciplina de Construção e Instalação Rural ter finalizado a unidade V do PUD, foi aplicado ao grupo de estudantes, o mesmo questionário.

Na análise das respostas em relação à anterior, verificou-se que os discentes passaram a responder as questões discursivas que envolviam opiniões sobre temas como tratamento de esgoto e práticas participativas na sua divulgação. Além disso, os participantes opinaram sobre a contribuição do Tanque de Evapotranspiração no aprendizado da disciplina de Construção e Instalação Rural, bem como, os desafios e resultados desse projeto para o meio rural. O grupo avaliou as estratégias propostas para a divulgação do modelo de construção participativa de tratamento sustentável de esgoto domiciliar rural.

A primeira questão discursiva estimulou os discentes a responderem qual era o tratamento de esgoto domiciliar rural considerado ambientalmente correto (Figura 12).



**Figura 12.** Qual o tratamento ambientalmente correto do esgoto domiciliar rural?

Cerca de 60,00% dos estudantes respondeu que o tratamento ambientalmente correto são aqueles que utilizam sistemas ecológicos e eficazes no controle de doenças. De acordo com os percentuais apresentados, pode-se observar que o conhecimento do modelo participativo de tratamento sustentável de esgoto no meio rural, permitiu introduzir um espaço de diálogo com os estudantes, sobre a temática preservação do meio ambiente e a redução do risco de doenças causadas pela contaminação do solo; possibilitando aos mesmos, apresentarem as suas percepções do que consideram soluções mais adequadas para o tratamento do esgoto domiciliar rural. Segundo Martinetti (2009), ao comparar as diversas técnicas e tecnologias com os sistemas já utilizados, permite-se realizar uma análise da sustentabilidade dos sistemas, e nesse aspecto, a maioria das opiniões tende a ser favorável aos sistemas que promovam de forma sustentável a salubridade ambiental.

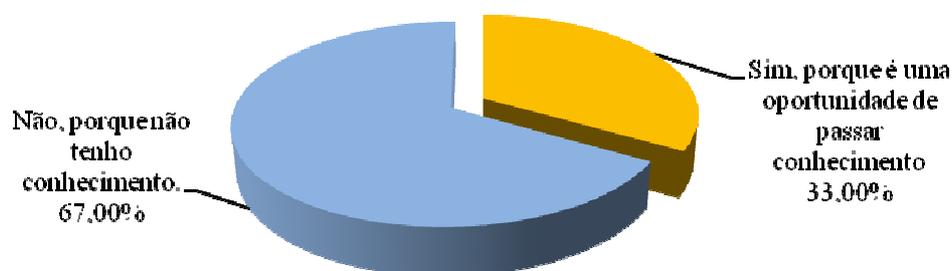
Considerando a participação na discussão das temáticas relacionadas e nas visitas de campo para observar a implantação e funcionamento do modelo do TEvap, construído no IFCE, *campus* Crato, questionou-se sobre as atividades práticas participativas no auxílio do aprendizado. Todos (100,00%) responderam que as atividades auxiliaram no aprendizado, pois permitiram ampliar a visão do assunto abordado.

Nesse sentido, as tecnologias sociais podem ser associadas aos conteúdos de outras disciplinas, como foi feito no caso da disciplina de Construção e Instalação Rural, promovendo a difusão de práticas sustentáveis através de abordagem dos problemas identificados no meio, despertando-os para as possibilidades de intervenção nessa realidade a

partir de atividades desenvolvidas na escola. Segundo Zart (2001) cenários experienciais e demonstrativos de procedimentos de aprendizagem que tenham como base a interdisciplinaridade, as relações múltiplas, as diversidades e as pluralidades presentes nos contextos se constituem como espaços de práticas educativas. Para Thiollent e Silva (2007), as práticas participativas são particularmente adequadas na pesquisa na agropecuária, contribuindo para a aprendizagem com vistas à solução de problemas sociais e econômicos nacionais, reduzindo as diferenças regionais (EMBRAPA, 2005).

A associação da teoria com a prática permite especialmente nas questões que envolvem o meio ambiente, desenvolver habilidades que permitam investigar, propor e agir diante das demandas que se apresentam. Já as competências adquiridas no processo de aprendizagem são fundamentais para adaptar esses conhecimentos científicos às realidades do seu cotidiano.

Os estudantes ao serem questionados sobre o ato deles divulgarem as experiências práticas adquiridas sobre a implantação e funcionamento do TEvap, responderam em maioria que não (67,00%) (Figura 13).

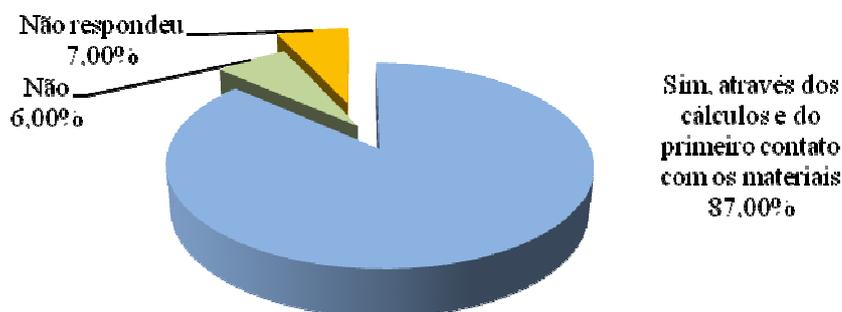


**Figura 13.** Você divulgaria essas experiências práticas? Porquê?

Nessa pergunta, os estudantes mesmo após terem participado do aprendizado sobre a implantação e operacionalização do TEvap, mencionaram que não divulgariam experiências como essas, por julgarem não ter conhecimento suficiente sobre as mesmas. No entanto, existiu uma parcela de 33,00%, que mencionaram divulgar essas experiências, por considerarem uma oportunidade de passar conhecimento para outras pessoas. Nesse sentido, precisa ser observado o nível diferenciado de intenções dos participantes, pois mesmo após convite e sensibilização do grupo, percebeu-se que é natural nos grupos o interesse em divulgar ou não as experiências práticas, o que não significa necessariamente insucesso na divulgação da prática. De acordo com Dias (1994) o desenvolvimento eficaz da educação, requer o aproveitamento de todos os meios que a sociedade dispõe para a educação da população, ou seja, a divulgação das práticas faz parte do próprio processo de educação, fortalecendo a aprendizagem dos discentes.

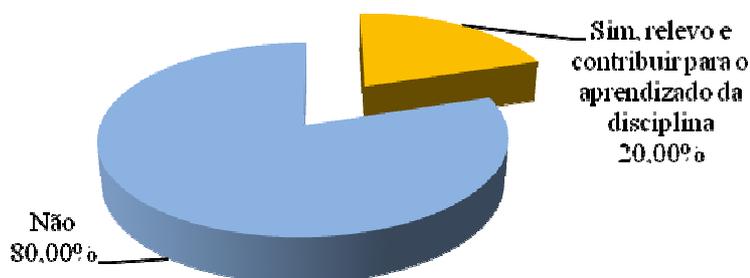
Cerca de 87,00% dos discentes considerou que o TEvap auxiliou no aprendizado na disciplina de Construção e Instalação Rural (Figura 14), através dos cálculos realizados e do primeiro contato com os materiais utilizados na construção do modelo de tratamento de esgoto no IFCE, *campus* Crato. De fato, observou-se que as etapas de estudos preliminares de local, relevo, dimensões (áreas e perímetros), materiais de construção e custo total do Tanque de Evapotranspiração, seguiram as temáticas contidas no PUD e estavam sendo discutidas em sala de aula pelo professor da disciplina. Assim o TEvap conduziu a outros procedimentos como a constituição de atividades, através das quais educandos e educadores em ações participativas despertaram a curiosidade, o questionamento e a busca construtiva do

conhecimento, constituindo-se em “princípio científico e educativo”, conforme Demo (1995) propõe.



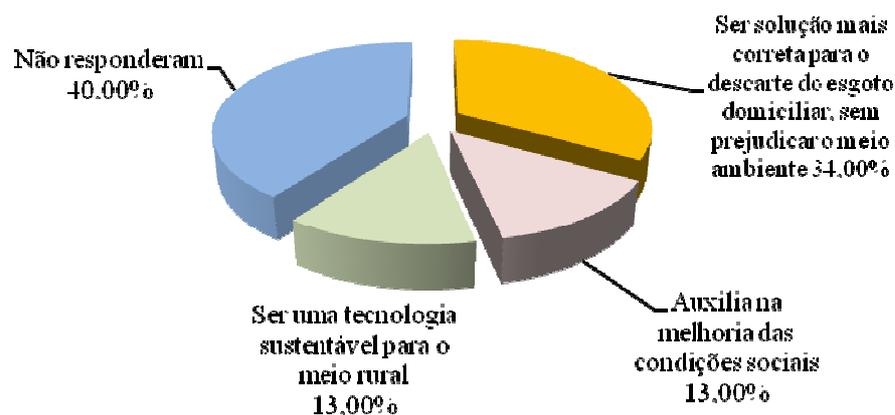
**Figura 14.** O TEvap auxiliou no aprendizado da disciplina Construção e Instalação Rural?

Uma pergunta estimulou os estudantes a apresentarem os obstáculos e desafios verificados na implantação do projeto. Nessa, verificou-se que cerca de 20,00% deles identificaram dois pontos importantes mencionados no projeto (Figura 15). O primeiro ponto foi o tipo de relevo existente na localidade como determinante para a solução construtiva adotada do tanque ser semi-enterrado em alvenaria de tijolos com estrutura de amarração em concreto armado, isso também teve consequências no aumento do custo de construção. O segundo ponto foi um desafio para o projeto em contribuir com o aprendizado dos conteúdos da disciplina de Construção e Instalação Rural, uma vez que na apresentação do modelo foi necessário abordar alguns assuntos como pilares de amarração e instalações hidráulicas, antes mesmo de serem comentados pelo o professor em sala de aula.



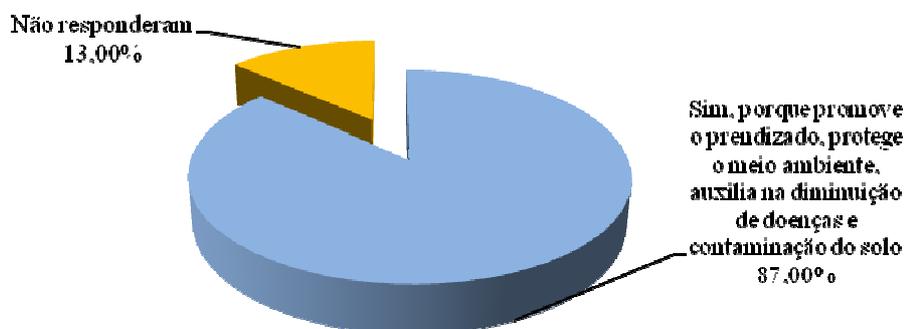
**Figura 15.** Na implantação do projeto foram verificados obstáculos e desafios? Quais?

Do grupo de estudantes, aproximadamente 60,00% responderam qual a principal contribuição do TEvap aplicado no meio rural, e dentro desses, 34,00% afirmaram ser o tanque a solução mais adequada para o “descarte” correto de esgoto domiciliar, sem prejudicar o meio ambiente (Figura 16). Observou-se que a soma dos percentuais foi numericamente igual ao total dos estudantes cujas respostas sobre o tratamento ambientalmente correto do esgoto domiciliar rural, responderam que utilizam sistemas ecológicos e eficazes no controle de doenças. Para Zart (2001), propostas educativas voltadas para a proteção do meio ambiente, alicerçada em bases críticas, podem contribuir para a mudança de atitudes de grupos sociais isolados e promover ações que superem as estruturas sociais, econômicas e culturais excludentes, e ecologicamente imprudentes e desequilibradas.



**Figura 16.** Qual a principal contribuição do TEvap aplicado no meio rural?

Na última pergunta do questionário, os estudantes opinaram se a realização de palestras e seminários com objetivo de orientar sobre o modelo participativo de tratamento sustentável de esgoto domiciliar na zona rural seria válida. Cerca de 87,00% dos participantes afirmaram positivamente e justificaram que tais ações poderiam promover o aprendizado, contribuir para proteção da natureza, auxiliando na diminuição de doenças e na contaminação do solo no meio rural (Figura 17). Nesse sentido, buscou-se trabalhar também essa divulgação junto a pequenos produtores rurais localizados na Chapada do Araripe, região onde fica localizada a Instituição, para realização de uma visita de campo ao Tanque de Evapotranspiração construído no IFCE, *campus* Crato, acompanhado de uma apresentação das etapas de construção e funcionamento desse modelo.



**Figura 17.** Você acha que a realização de palestras e seminários com objetivo de orientar sobre o modelo participativo de tratamento sustentável de esgoto domiciliar na zona rural é válida? Por quê?

Finalizando a pesquisa, em setembro de 2018 realizou-se um encontro no IFCE, *campus* Crato, com um grupo de cerca de 10 produtores da agricultura familiar da Chapada do Araripe. Estes produtores eram integrantes das feiras da agricultura familiar nos bairros da cidade do Crato, com o apoio da Associação Cristã de Base (ACB).

Na oportunidade foram apresentadas todas as etapas de construção e funcionamento do TEvap, implantado no IFCE, *campus* Crato (Figura 18), e feita uma visita *in loco* (Figura 20). No diálogo com os produtores rurais, foram observadas posições favoráveis em relação à utilização do sistema para tratamento dos esgotos domiciliares, principalmente depois que foram demonstrados os riscos de utilização de fossas rudimentares para meio ambiente, pois

este tipo de fossa, segundo relatado pelos produtores, ainda é um dos principais destinos do esgoto domiciliar nas comunidades rurais.



**Figura 18.** Encontro sobre o TEvap no IFCE *campus* Crato com produtores da agricultura familiar da cidade do Crato/CE.



**Figura 19.** Visita *in loco* ao TEvap dos produtores da agricultura familiar da cidade do Crato/CE.

Também foi discutida a importância da construção participativa para implantação das tecnologias sociais nas comunidades. Isso é possível através de oficinas de capacitação. Para os produtores, mesmo o modelo sendo relativamente simples, ainda assim, precisaria de profissionais para realizar os serviços nas tubulações de esgoto e, no caso de fazer a implantação de um modelo semelhante ao instalado no IFCE Crato, seria preciso de mão de obra de profissionais da construção civil, o que resultaria em acréscimos aos custos de construção do TEvap nas propriedades rurais.

Entretanto, houve consenso entre eles, que alguma coisa precisaria ser feita. Nesse sentido, sugeriu-se a busca por articuladores de políticas públicas, que permitissem desenvolver, aprimorar e implantar tecnologias sociais, tais como, o Tanque de

Evapotranspiração, visando promover a melhoria das condições de saúde e meio ambiente das comunidades rurais da Chapada do Araripe, que possui as principais fontes de água subterrâneas abastecedoras das zonas rurais e das maiores cidades da região, que são: Juazeiro do Norte, Crato e Barbalha.

Neste mesmo mês, 15 produtores rurais da cidade de Potengi/CE, município da região denominada Cariri Oeste, através da ONG Flor do Pequi, visitaram o IFCE, e conheceram o TEvap e seu funcionamento (Figura 20). Houve relato por parte dos produtores que essa tecnologia poderia permitir o reuso da água nas comunidades do Cariri Oeste, onde há escassez de água e sobram esgotos descartados a céu aberto, sem nenhum tipo de tratamento.



**Figura 20.** Visita ao TEvap no IFCE *campus* Crato por produtores rurais de Potengi/CE.

### **Conclusão**

A pesquisa-ação participativa propiciou aos participantes o reconhecimento da importância de vivenciar uma experiência interativa entre produtores, estudantes e servidores da instituição, nesse caso, estimulando investigar a problemática inerente ao saneamento, propondo a divulgação de uma alternativa de resolução do saneamento nas áreas rurais na Chapada do Araripe.

É possível associar na Educação Agrícola o conhecimento de tecnologias sociais e temas relacionados ao meio ambiente, como forma de auxiliar o aprendizado de conteúdos, também em outras disciplinas do Curso Técnico em Agropecuária Integrado ao Ensino Médio, tais como: Matemática, Biologia, etc.

Os conhecimentos específicos abordados na disciplina de Construção e Instalação Rural, aliados à relativa simplicidade observada nas técnicas de construção para implantação da tecnologia apresentada, permitem aos participantes a capacitação e um entendimento maior sobre a construção e funcionamento do mesmo.

A declaração dos estudantes de não divulgar as experiências práticas por falta de conhecimento, entrou em contradição, quando 87,00% deles afirmaram que o TEvap auxiliou no aprendizado da disciplina de Construção e Instalação Rural.

## 4 CAPÍTULO II

### AVALIAÇÃO MORFOMÉTRICA, FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA BANANA PACOVAN KEN CULTIVADA EM TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO E DO EFLUENTE

#### Resumo

O objetivo deste capítulo foi realizar análises morfológica, físico-química e microbiológica de bananas Pacovan Ken, cultivadas sobre o solo fértil do Tanque de Evapotranspiração (TEvap), implantado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), município de Crato, Ceará, Brasil, e avaliar a eficácia desse modelo a partir de parâmetros físico-químico e bacteriológico do efluente. A intenção foi comparar a qualidade dessas bananas com cultivares produzidas em áreas agrícolas comerciais, verificando assim a viabilidade dessa espécie ser associada à produção de alimentos pelos pequenos agricultores; e, também observar a qualidade do efluente, com vistas à reinserção no ciclo hidrológico. Os resultados mostraram parâmetros morfológicos das bananas equivalentes aos cultivos comerciais. A análise físico-química demonstrou valores de pH 4,69, sólidos solúveis de 21°Brix e teor de água 78,50%, concordantes aos achados na literatura. Verificou-se o alto valor da acidez titulável (8,00%) quanto ao processo de amadurecimento do fruto. A caracterização microbiológica demonstrou valores de coliformes e *Salmonella sp.* dentro do exigido pela legislação brasileira. O cultivo da banana Pacovan Ken no TEvap, permite a produção de frutos com características equivalentes a outras áreas de cultivo. A análise físico-química do efluente demonstrou valores de pH de 7,50 e 7,60 na entrada e na saída, respectivamente, ausência de metais pesados como alumínio e manganês, redução dos níveis de sólidos totais dissolvidos e DQO, condizentes com os encontrados na literatura. A análise bacteriológica demonstrou valores próximos aos exigido pelo Ministério da Saúde. Esse padrão de resultados indica que o tanque promove a melhoria da qualidade da água, que pode ser reinserida após a filtração no ciclo hidrológico.

**Palavras-chave:** Cultivo, Pacovan Ken, qualidade da água.

## Abstract

The aim of this chapter was to perform a morphometric, physicochemical and microbiological analysis of Pacovan Ken bananas grown on the fertile soil of the Evapotranspiration Tank (TEvap), located at the Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Ceará (IFCE), Ceará, Brazil, and to evaluate the efficacy of this model on physical-chemical and bacteriological parameters of the effluent. The intention was to compare the quality of these bananas with cultivars produced in commercial agricultural areas, thus verifying the viability of this species to be associated with food production by small farmers; and also to observe the quality of the effluent, with a view to reinsertion into the hydrological cycle. The morphometric parameters of the bananas were equivalent to commercial crops. The physico-chemical analysis showed values of pH 4.69, soluble solids of 21°Brix and water content 78.50%, according to the findings in the literature. It was verified the high value of titratable acidity (8.00%) in the process of fruit ripening. Microbiological characterization showed values of coliforms and *Salmonella sp.* required by Brazilian law. The cultivation of the banana Pacovan Ken in TEvap, allows the production of fruits with characteristics equivalent to other areas of cultivation. The physical-chemical analysis of the effluent showed pH values of 7.50 and 7.60 at the inlet and at the outlet, respectively, absence of heavy metals such as aluminum and manganese, reduction of the total dissolved solids and DQO levels, consistent with those found in the literature. The bacteriological analysis showed values close to those required by the Ministry of Health. The tank promotes the improvement of water quality, which can be reinserted after filtration in the hydrological cycle.

**Keywords:** Cultivation, Pacovan Ken, water quality.

## **Introdução**

A bananeira é conhecida como planta de crescimento acelerado, com consumo de água elevado e constante, possuindo sistema radicular superficial e fasciculado, e raízes com baixo poder de penetração, descendo geralmente a uma profundidade de 0,75 m. Apresenta pequena capacidade de absorver água em solos secos, demonstrando baixa resistência e rápida resposta fisiológica ao déficit de água (BORGES et al., 2000; LACERDA FILHO et al., 2004; FREITAS et al., 2008). Duas importantes características tornam essa planta excelente para utilização no Tanque de Evapotranspiração, quando do tratamento do esgoto sanitário domiciliar, que são o elevado consumo de água e a pequena profundidade das suas raízes.

A cultura da banana tem importante papel social e econômico em todo o mundo, servindo como proventos da mão-de-obra rural e também como parte integrante da alimentação das pessoas de baixa renda. Estima-se que a produção dessa fruta empregue, direta e indiretamente, 960 mil pessoas no mundo (GONÇALVES et al., 2008; SILVA et al., 2013; BARROS et al., 2016).

No Brasil, em 2017, a banana ficou em segundo lugar no ranking de produção de frutas, com aproximadamente 7,2 milhões de toneladas colhidas, em uma área plantada de 487 mil hectares. O primeiro lugar entre os estados produtores foi São Paulo, com uma produção de 1,160 milhões de toneladas, seguido pela Bahia com 1,070 milhões. O Ceará ocupou o sexto lugar com um total de 393 mil toneladas. A fruta rendeu ao país R\$ 14 bilhões em 2016 (GORAYEB et al., 2017; IBGE, 2018).

Embora hoje existam produtores de médio e grande porte investindo no cultivo de banana, ainda assim, tem-se uma parcela significativa dessa produção que vem do pequeno agricultor, por reconhecer esse cultivo como uma alternativa para a alimentação familiar, nutrição e renda.

O tratamento sustentável de esgoto domiciliar rural, com a utilização da tecnologia social do Tanque de Evapotranspiração (TEvap), permite o desenvolvimento do cultivo da bananeira, considerando-se que a planta possui uma estrutura fisiológica que se adequa ao funcionamento do sistema, através do consumo de água e nutrientes resultantes do processo de digestão anaeróbica da matéria orgânica do efluente e filtração no interior do tanque. A concepção deste sistema foi conferida ao americano Tom Watson, e após, adaptada a projetos por permacultores brasileiros (PAMPLONA e VENTURI, 2004; MANDAI, 2006).

Diante da necessidade de tornar as propriedades das zonas rurais mais sustentáveis e produtivas, e a fim de diminuir a falta de saneamento ambiental, o que pode causar a contaminação do solo e recursos hídricos, o presente trabalho teve como objetivo realizar análises morfométrica, físico-química e microbiológica de bananas Pacovan Ken, cultivadas no interior do TEvap, implantado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), município de Crato, estado do Ceará, e avaliar a eficácia desse modelo de tratamento de esgoto a partir da análise dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico do efluente, comparados aos achados na literatura.

## **Material e Métodos**

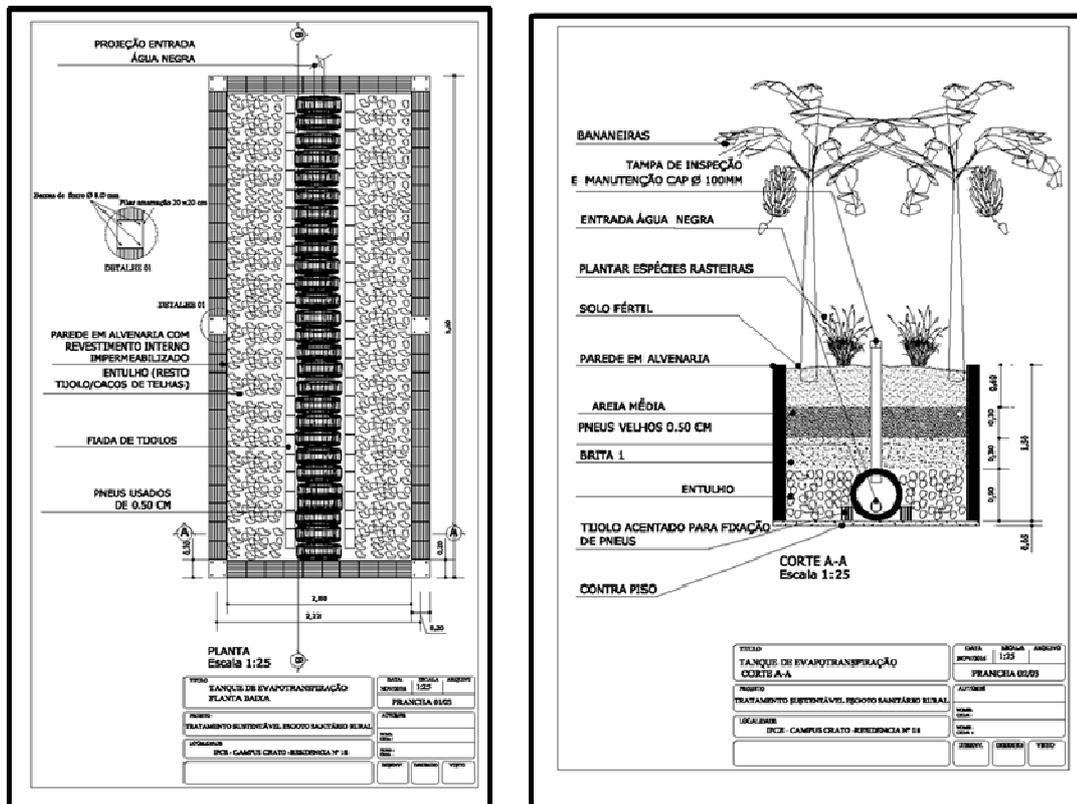
A pesquisa foi conduzida no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), município de Crato, estado do Ceará, Brasil, no período de janeiro de 2017 a julho de 2018. O município possui coordenadas geográficas de 7°14'03" de latitude Sul e 39°24'34" de longitude Oeste, com pluviosidade e temperatura média anual de 1090,9 mm e 26°C, respectivamente (IPECE, 2017).

O sistema de TEvap, para tratamento dos efluentes sanitários, foi implantado na

residência da diretoria do Instituto, onde era maior a facilidade para separar a tubulação do esgoto.

As duas bananeiras utilizadas foram do tipo cultivar Pacovan Ken, plantadas na camada superficial de solo fértil do Tanque de Evapotranspiração.

O tanque foi dimensionado e construído para receber águas negras provenientes de vaso sanitário, como sistema de tratamento de esgoto domiciliar com até quatro moradores. O tanque foi construído com paredes de alvenaria, laje de fundo e estrutura de amarração de concreto armado, em local a céu aberto, semi-enterrado, e em cota à jusante da caixa de inspeção do esgoto do banheiro da residência. Para seu dimensionamento considerou-se 2,55 m<sup>2</sup> de área superficial por pessoa da residência. As dimensões do tanque foram de 2,00 m de largura por 5,10 m de comprimento. A profundidade adotada foi de 1,50 m, para permitir o preenchimento interno das camadas filtrantes de 50 cm de entulho, 30 cm de brita número 1, 30 cm de areia média e 40 cm de solo fértil (Figura 21). Toda a metodologia utilizada para cálculo e construção do tanque, seguiu os critérios descritos por Galbiati (2009) e Costa (2014). Ainda segundo este último autor, o plantio de bananeiras deve respeitar o espaçamento de 2 x 2 m.



**Figura 21.** Desenho esquemático do Tanque de Evapotranspiração. Esquerda: Vista superior. Direita: Corte transversal. Fonte: FUNASA (2018).

O Tanque de Evapotranspiração é uma técnica desenvolvida e difundida por permacultores de diversos países, com potencial para aplicação no tratamento domiciliar de águas negras em zonas urbanas e periurbanas (PAMPLONA e VENTURI, 2004). O estudo utilizou-se da técnica como um modelo alternativo de tratamento de esgoto sanitário de uma residência rural, para observar a viabilidade de sua implantação e dos benefícios do sistema, através da diminuição do risco de contaminação do solo, redução do número de insetos e roedores, e consequentemente da possibilidade de transmissão de doenças relacionadas à falta de saneamento ambiental, e ainda como uma possível estratégia sustentável de produção de

alimento.

A tubulação do banheiro social da residência foi separada para obter o tratamento exclusivo das águas negras oriundas do vaso sanitário. O tubo de esgoto que seguia para o tanque tinha aproximadamente 20 m de comprimento e passava por três caixas de inspeção, sendo uma delas na entrada do tanque. Entrava no tanque com 20 cm acima da laje de fundo, e dentro da câmara formada por pneus usados, adquiridos em borracharias da cidade, dispostos longitudinalmente. As laterais da câmara foram preenchidas com material de entulho coletado no IFCE. Acima do entulho, foram colocadas camadas de brita número 1, areia média, solo argilo-arenoso, e feito o cultivo de duas mudas de bananeira (PAMPLONA e VENTURI, 2004; GALBIATI, 2009; COSTA, 2014).

Os materiais utilizados na implantação do sistema para tratamento de esgoto sanitário encontram-se dispostos na tabela 1.

**Tabela 1.** Lista de materiais utilizados para implantação do Tanque de Evapotranspiração no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará *campus* Crato, no tratamento do esgoto sanitário.

| Descrição                                     | Unidade        | Quantidade |
|---|----------------|------------|
| Curva 90° PVC branco esgoto Ø 100 x 100 mm    | unid.          | 2          |
| Cap PVC branco esgoto linha Predial Ø 100 mm  | unid.          | 1          |
| Cap PVC branco esgoto linha Predial Ø 40 mm   | unid.          | 3          |
| Tampão de madeira 600 x 600 mm                | unid.          | 1          |
| Brita número 1                                | m <sup>3</sup> | 5          |
| Tubo PVC rígido branco esgoto Ø 50 mm         | m              | 1          |
| Tubo PVC rígido branco esgoto Ø 40 mm         | m              | 2,70       |
| Areia média                                   | m <sup>3</sup> | 5          |
| Entulho (tijolos quebrados)                   | m <sup>3</sup> | 5,10       |
| Pneu usado                                    | unid.          | 31         |
| Solo argilo-arenoso                           | m <sup>3</sup> | 6,12       |
| Tijolo cerâmico furado 19 x 19 cm             | m <sup>2</sup> | 781        |
| Cimento CP II-I-32 (50 kg)                    | Kg             | 300        |
| Barras de aço 5,0 a 10,0 mm                   | Kg             | 92,79      |
| Tela soldada de aço galvanizado 2,20 x 2,50 m | unid.          | 2          |
| Impermeabilizante Vedacit                     | Kg             | 18         |
| Mudas de bananeiras Pacovan Ken               | unid.          | 2          |

O custo de implantação do TEvap foi de R\$ 2.223,92, orçado com base na tabela de preços unitários de insumos fornecidos pela Secretaria de Infraestrutura do Estado do Ceará (SEINFRA, 2018). O custo total obtido por Pires (2012) foi de R\$ 2.000,00, com valores locais.

Durante todo o período de desenvolvimento até a colheita dos frutos a planta não foi irrigada e, como se tratava de um tanque impermeabilizado e semi-enterrado, não houve possibilidade de águas provenientes de enxurradas entrarem no sistema. Dessa forma,

observou-se que as plantas se desenvolveram exclusivamente com os produtos resultantes do processo de biorremediação no interior do tanque e das chuvas registradas que incidiram sobre o mesmo no período de inverno. Para evitar qualquer tipo de acumulação de água na superfície interna do tanque, o mesmo foi finalizado com uma camada de, aproximadamente, 20 cm de solo.

Completados 365 dias do plantio das bananeiras, verificou-se o surgimento da flor de cacho em uma delas (cachos 1). A flor de cacho da outra bananeira surgiu transcorridos 392 dias do plantio (cachos 2). O cacho 1 foi colhido 70 dias após o surgimento da flor, isto é, 435 dias do plantio da bananeira. O cacho 2 foi colhido 43 dias após o surgimento da flor, isto é, 435 dias do plantio da bananeira. Ambos os cachos foram colhidos no mesmo dia (4 de maio de 2018). Observou-se um desenvolvimento normal dos frutos desde o seu surgimento até a colheita dos dois cachos, porém os frutos colhidos no cacho 2 tiveram 27 dias a menos de desenvolvimento em relação aos do cacho 1, isso em virtude do surgimento tardio da flor.

Para análise das características físicas da produção, foram mensurados os seguintes indicadores: número de dias do plantio à colheita; número de dias do plantio à floração; número de dias da floração à colheita; massa fresca dos cachos, medida com balança pendular tipo relógio; peso médio das pencas e dos frutos, medidos com balança de precisão; número de pencas e de frutos por cacho; comprimento médio dos frutos, medido entre as duas extremidades com fita métrica; e, diâmetro médio dos frutos, medido na região central com paquímetro; todo o procedimento seguindo o realizado por Silva et al. (2016).

Para análise físico-química do fruto, foi enviada ao laboratório uma amostra com aproximadamente 500 g, que foi analisada de acordo com metodologias estabelecidas pelo Instituto Adolfo Lutz e Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000; IAL, 2008). Outra amostra também de 500 g foi enviada para análise microbiológica, sendo analisada segundo os preceitos da American Public Health Association (APHA, 2001).

Visando detalhar as informações sobre os atributos do solo, foram realizadas três coletas (antes, durante e ao final do experimento), sendo extraídas duas amostras em cada uma: a primeira, na profundidade de zero a 20 cm, e a segunda, na profundidade de 20 a 40 cm. O material utilizado para extrair as amostras foi: balde, sacolas plásticas, luvas, extrator de solos e trena graduada. Cada amostra foi obtida de forma padronizada a partir de três pontos distintos, sendo depois misturadas em balde, até completar um quilo, e enviadas para análise em laboratório, onde foram analisadas segundo metodologias da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária e do Instituto Agrônomo de São Paulo (EMBRAPA, 2006a, 2017; IAC, 2009).

Das amostras enviadas para análises, a camada de zero a 20 cm apresentou os seguintes atributos químicos médios: pH (H<sub>2</sub>O) = 6,6; CaCl<sub>2</sub> = 6,0; P-rem mg/L = 36,19; P-Mellich1 mg/dm<sup>3</sup> = 4,09; K mg/dm<sup>3</sup> = 41,97; S mg/dm<sup>3</sup> = 1,33; SO<sub>4</sub> mg/dm<sup>3</sup> = 4; Na mg/dm<sup>3</sup> = 0,04; Ca = 4,25 cmolc/dm<sup>3</sup>; Mg = 0,54 cmolc.kg<sup>-1</sup>; M.O. % = 1,51; C.O. % = 0,88; B = 0,14 g/dm<sup>3</sup>; Cu = 0,84 g/dm<sup>3</sup>; Fe = 14,93 g/dm<sup>3</sup>; Mn = 44,41 g/dm<sup>3</sup>; Zn = 2,07 g/dm<sup>3</sup>; SB cmolc/dm<sup>3</sup> = 4,94; CTC (t) cmolc/dm<sup>3</sup> = 4,97; CTC (T) cmolc/dm<sup>3</sup> = 5,93; V % = 83,37; m % = 0,55.

A segunda amostra extraída da camada de profundidade entre 20 a 40 cm apresentou os seguintes atributos químicos médios: pH (H<sub>2</sub>O) = 5,63; CaCl<sub>2</sub> = 5,03; P-rem mg/L = 38,12; P-Mellich1 mg/dm<sup>3</sup> = 2,26; K mg/dm<sup>3</sup> = 21,71; S mg/dm<sup>3</sup> = 0,86; SO<sub>4</sub> mg/dm<sup>3</sup> = 2,57; Na mg/dm<sup>3</sup> = 0,06; Ca = 1,17 cmolc/dm<sup>3</sup>; Mg = 0,22 cmolc.kg<sup>-1</sup>; M.O. % = 1,03; C.O. % = 0,47; B = 0,08 g/dm<sup>3</sup>; Cu = 0,64 g/dm<sup>3</sup>; Fe = 45,63 g/dm<sup>3</sup>; Mn = 14,36 g/dm<sup>3</sup>; Zn = 0,86 g/dm<sup>3</sup>; SB cmolc/dm<sup>3</sup> = 1,5; CTC (t) cmolc/dm<sup>3</sup> = 1,52; CTC (T) cmolc/dm<sup>3</sup> = 2,53; V % = 59,22; m % = 1,69.

Em 18 de junho de 2018, com o objetivo de avaliar a eficácia do tratamento do esgoto no TEvap, realizou-se a coleta de quatro amostras do efluente, sendo duas coletas feitas na

caixa de inspeção na entrada e duas coletas na saída do tanque. O material coletado em frasco de plástico de um litro foi encaminhado para o laboratório, onde foi realizada a análise físico-química, seguindo-se procedimentos analíticos do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005) e do Manual de Análises Físico-Químicas de Águas de Abastecimento e Residuárias (OLIVEIRA e SILVA, 2006), para a determinação dos valores de: nitrato, nitrito, alumínio, dureza total, cloretos, ferro total, nitrogênio amoniacal, sólidos totais dissolvidos, manganês, pH, cloro residual e DQO. O material para a análise bacteriológica foi coletado em frasco de 100 ml, pela técnica para a determinação dos valores de coliformes termotolerantes, seguindo metodologia do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005) e Manual de Métodos de Análises Microbiológica de Água (SILVA et al., 2010).

Nos quadros 2, 3 e 4, observa-se os valores de referência das características morfométricas e físico-químicas da banana Pacovan Ken e características físico-químicas do efluente do TEvap, estabelecidos pela literatura citada.

**Quadro 2.** Características morfométricas de referência da banana Pacovan Ken.

| Parâmetro                             | Unidade | Valor ou faixa               | Referência  |
|---------------------------------------|---------|------------------------------|---|
| Número de dias do plantio à colheita  | dias    | 454,1 – 675 <sup>(2)</sup>   | Silva Júnior et al. (2012)                            |
|                                       |         | 546,11                       | Mendonça et al. (2013)                                |
| Número de dias da floração à colheita | dias    | >130                         | Silva Júnior et al. (2012);<br>Mendonça et al. (2013) |
|                                       |         | >120 <sup>(3)</sup>          | Oliveira et al. (2008)                                |
| Massa fresca dos cachos               | kg      | 10,21 <sup>(3)</sup>         | Oliveira et al. (2008)                                |
|                                       |         | 15,67 <sup>(2)</sup>         | Silva Júnior et al. (2012)                            |
|                                       |         | 12,35 <sup>(1)</sup>         | Mendonça et al. (2013)                                |
| Peso médio das pencas                 | kg      | 1,660                        | Ribeiro et al. (2012)                                 |
|                                       |         | 1,484-1,985 <sup>(2)</sup>   | Donato et al. (2006)                                  |
|                                       |         | 2,092                        | Mendonça et al. (2013)                                |
|                                       |         | 2,71 <sup>(2)</sup>          | Silva et al. (2016)                                   |
| Peso médio dos frutos                 | g       | 115,68-136,23 <sup>(3)</sup> | Oliveira et al. (2008)                                |
|                                       |         | 129,24-144,29                | Ribeiro et al. (2012)                                 |
|                                       |         | 179,80 <sup>(2)</sup>        | Donato et al. (2006)                                  |
| Número de pencas por cacho            | Unid.   | 7,3 <sup>(1)</sup>           | Silva et al. (2016)                                   |
|                                       |         | 5,16-5,38 <sup>(2)</sup>     | Oliveira et al. (2008)                                |
| Número de frutos por cacho            | Unid.   | 105                          | Embrapa (2006b)                                       |
| Comprimento médio do fruto            | cm      | 8-19                         | Matsuura et al. (2004)                                |
| Diâmetro médio do fruto               | cm      | 1,5-4,5                      | Matsuura et al. (2004)                                |

<sup>(1)</sup> Um ciclo de colheita; <sup>(2)</sup> Dois ciclos de colheita; <sup>(3)</sup> Três ciclos de colheita.

**Quadro 3.** Características físico-químicas de referência da banana Pacovan Ken.

| Parâmetro              | Unidade | Valor ou faixa | Referência                 |
|------------------------|---------|----------------|----------------------------|
| pH                     | -       | 4,30-4,50      | Matsuura et al. (2002)     |
|                        |         | 4,20-4,80      | Soto Ballesterro (1992)    |
|                        |         | 4,40           | Silva et al. (2016)        |
|                        |         | 4,6-5,1        | Embrapa (2011)             |
| Acidez total titulável | %       | 0,56-0,20%     | Ribeiro et al. (2012)      |
|                        |         | 0,58%          | Silva et al. (2016)        |
|                        |         | 0,56%          | Matsuura et al. (2002)     |
|                        |         | 6,30%          | Ditchfield e Tadini (2002) |
| Sólidos Solúveis       | ° Brix  | 22,31          | Ribeiro et al. (2012)      |
|                        |         | 21,78          | Silva et al. (2016)        |
| Teor de água           | %       | 67,70          | Jesus et al.(2004)         |
|                        |         | 74,61          | Bezerra e Dias (2009)      |

**Quadro 4.** Características físico-químicas de referência do efluente do TEvap.

| Parâmetro                  | Unidade | Valor ou faixa    | Referência           |
|----------------------------|---------|-------------------|----------------------|
| pH                         | -       | 7,30              | Rebouças (2007)      |
|                            |         | 7,81-7,84         | Galbiati (2009)      |
|                            |         | 7,50              | Rebêlo (2011)        |
|                            |         | 7,43-7,92         | Pires (2012)         |
|                            |         | 6,0-9,5           | Portaria Nº2914/2011 |
| Sólidos Totais Dissolvidos | mg/L    | 385,00            | Galbiati (2009)      |
|                            |         | 2.296,00          | Rebouças (2007)      |
|                            |         | 4.096,00-5.283,00 | Pires (2012)         |
|                            |         | 1000              | Portaria Nº2914/2011 |
| DQO                        | mg/L    | 723,00-406,00     | Galbiati (2009)      |

### Resultados e Discussão

Nesta pesquisa o número de dias do plantio à colheita foi de 435 dias para os dois cachos (Tabela 2). Silva Júnior et al. (2012) trabalhando com dois ciclos de produção dessa variedade, contabilizaram um número de 454,1 dias do plantio à colheita para o ciclo 1 e 675 dias para o ciclo 2. Já Mendonça et al. (2013) em sua pesquisa utilizaram um período de 546,11 dias. Há de se citar, que ambos os autores somaram um período acima de 130 dias da floração até a colheita, seja em qualquer ciclo, o que não aconteceu nesta pesquisa, cujos períodos da floração à colheita foram de 70 e 43 dias, respectivamente, para o cacho 1 e cacho 2 (Tabela 2). Talvez aí se explique alguns resultados no que se refere ao desenvolvimento do fruto. Provavelmente seria necessário mais tempo para a colheita, já que se observado criticamente, a floração aconteceu basicamente dentro, ou até mesmo antes, do relatado pelos autores citados. Oliveira et al. (2008) em seu trabalho com três ciclos de produção, utilizaram períodos acima de 120 dias da floração até a colheita.

**Tabela 2.** Características morfológicas da produção das bananas Pacovan Ken, cultivadas em Tanque de Evapotranspiração, observadas na época da colheita, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará *campus* Crato.

| Dados  | Cacho 1 | Cacho 2 |
|--|---------|---------|
| Número de dias do plantio à colheita (dias)  | 435     | 435     |
| Número de dias do plantio à floração (dias)  | 365     | 392     |
| Número de dias da floração à colheita (dias) | 70      | 43      |
| Massa fresca dos cachos (kg)                 | 13,486  | 8,190   |
| Peso médio das pencas (kg)                   | 1,323   | 1,365   |
| Peso médio dos frutos (g)                    | 147     | 114,92  |
| Número de pencas por cacho                   | 8       | 6       |
| Número de frutos por cacho                   | 82      | 74      |
| Comprimento médio do fruto (cm)              | 19,36   | 19,18   |
| Diâmetro médio do fruto (cm)                 | 4,32    | 3,94    |

Os resultados obtidos contabilizaram para a massa fresca dos cachos 1 e 2, os valores de 13,486 e 8,190 kg, respectivamente (Tabela 2). Esses valores estão em consonância com Oliveira et al. (2008), que encontraram massa média de 10,21 kg em três ciclos de produção, e Silva Júnior et al. (2012), que observaram massa média de 15,67 kg em dois ciclos. Igualmente com os de Mendonça et al. (2013), que listaram massa média de 12,35 kg em um ciclo de produção. O baixo valor encontrado no cacho 2 nesta pesquisa, provavelmente se deve ao período da florescência à colheita, aproximadamente 27 dias menor em relação ao cacho 1. Assim, acredita-se que se mantido o mesmo período concedido ao cacho 1, o valor da massa fresca do cacho 2 irá assemelhar-se a esse e aos valores ditados pela literatura.

Com relação ao peso médio das pencas, foi observado 1,323 kg para o cacho 1 e 1,365 kg para o cacho 2 (Tabela 2). O que está de acordo com o citado por Ribeiro et al. (2012), que apresentaram peso médio das pencas de 1,660 kg; e, Donato et al. (2006), que trabalhando em dois ciclos de produção, relataram peso médio das pencas nos valores de 1,484 e 1,985 kg, respectivamente. Mendonça et al. (2013) observaram peso médio de 2,092 kg, e Silva et al. (2016), em dois ciclos de produção, peso médio de 2,71 kg. O período curto da floração até a colheita, não condizente com o observado na maioria dos trabalhos literários, parece ter influenciado para um menor peso das pencas.

O peso médio dos frutos observado neste estudo foi de 147 g para o cacho 1 e 114,92 g para o cacho 2 (Tabela 2), o que corresponde com os achados de Oliveira et al. (2008), que relataram em três ciclos de produção, pesos médios de 135,93, 115,68 e 136,23 g, respectivamente, e com os de Ribeiro et al. (2012), que citaram peso médio dos frutos de 129,24 g em sistema convencional e 144,29 g em sistema orgânico. Donato et al. (2006) trabalhando com dois ciclos de produção encontrou uma média de peso de 179,80 g.

Quanto ao número de pencas por cacho, esta pesquisa contabilizou oito para o cacho um e seis para o cacho dois (Tabela 2). Silva et al. (2016) observaram um número médio de pencas de 7,3 em primeiro ciclo de colheita. Oliveira et al. (2008) avaliando dentre outras variedades a banana Pacovan Ken, verificaram no primeiro e no segundo ciclo de produção, um número médio de pencas de 5,16 e 5,38, respectivamente. Os valores encontrados nesta pesquisa estão em conformidade com os estabelecidos pela Embrapa (2006b), que citou sete como a quantidade característica de pencas para essa variedade.

O número de frutos observados no cacho 1 foi de 82, e no cacho 2 de 74 (Tabela 2). Esses valores ficaram cerca de 14,05 e 22,44%, respectivamente, abaixo dos verificados por Silva et al. (2016). Segundo Lima Neto et al. (2003), esse quantitativo pode sofrer variações, e

dependendo de alguns fatores, entre outros, genótipo e meio ambiente, essa correlação pode ser maior ou menor. O montante encontrado nesta pesquisa também foi abaixo do previsto pela Embrapa (2006b), que correlacionou entre uma das características dessa banana, o número médio de frutos em 105 por cacho. Destaca-se que o cacho 2 provavelmente produziu menos frutos, devido ao menor período da floração à colheita, em relação ao cacho 1; e este mesmo fato ainda frente aos mencionados na literatura (OLIVEIRA et al., 2008; SILVA JÚNIOR et al., 2012; MENDONÇA et al., 2013).

Matsuura *et al.* (2004) em pesquisa de preferências dos consumidores quanto aos atributos de qualidade dos frutos frescos de banana madura, classificaram os mesmos em cinco categorias quanto ao comprimento: muito pequenos (abaixo de oito cm), pequenos (oito a 11 cm), médios (12 a 15 cm), grandes (16 a 19 cm) e muito grandes (acima de 19 cm). De forma semelhante, os autores classificaram os frutos frescos de banana madura em cinco categorias quanto ao diâmetro: muito pequenos (abaixo de 1,5 cm), pequenos (1,5 a 2,5 cm), médios (2,6 a 3,5 cm), grandes (3,6 a 4,5 cm) e muito grandes (acima de 4,5 cm). Classificando os frutos das bananeiras cultivadas nesta pesquisa de acordo com a preferência dos consumidores, pode-se considerá-los como grandes (Tabela 2). Os valores encontrados nesta pesquisa estão de acordo com os relatados por Ribeiro et al. (2012), Silva Júnior et al. (2012) e Mendonça et al. (2013), em seus trabalhos.

Embrapa (2006b) relacionou algumas características físicas consideradas ótimas na produção da banana Pacovan Ken, são elas: ciclo vegetativo - 385 dias; massa fresca do cacho - 23 kg; peso do fruto - 215 g; número de frutos por cacho - 105; número de pencas por cacho - 7; e, comprimento do fruto - 19 cm. Em certos dados desta pesquisa, pudemos encontrar valores dessemelhantes aos citados, mas os autores consideram que essa desigualdade seja proveniente do menor período da floração à colheita, que aqui foram 70 dias para o cacho 1 e 43 dias para o cacho 2, com certeza baixos frente aos valores encontrados em trabalhos dispostos na literatura citada.

Com relação à análise físico-química da banana Pacovan Ken realizada nesta pesquisa, a tabela 3 apresenta os parâmetros observados.

**Tabela 3.** Caracterização físico-química das bananas Pacovan Ken, cultivadas em Tanque de Evapotranspiração, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará *campus* Crato.

| Parâmetros                  | Valor |
|-----------------------------|-------|
| Ph                          | 4,69  |
| Acidez em ácido cítrico (%) | 0,51  |
| Acidez total titulável (%)  | 8,00  |
| Cinzas (%)                  | 0,88  |
| Ratio (SST/ATT)             | 2,69  |
| Sólidos solúveis (°Brix)    | 21    |
| Sólidos totais (%)          | 21,50 |
| Teor de água (%)            | 78,50 |

O valor do pH obtido nos frutos analisados foi de 4,69, bem próximo aos encontrados para esta cultivar e híbridos por Matsuura et al. (2002), que oscilaram entre 4,30 a 4,50; Soto Ballester (1992) observou uma variação de pH para frutos de bananeira entre 4,20 a 4,80. Silva et al. (2016) relataram valores de pH com média de 4,44 em dois ciclos de produção. Embrapa (2011) listou valores de pH para diversas variedades de bananas, e esses ficaram

estabelecidos entre 4,6 a 5,1.

O valor obtido para acidez total titulável foi 8,00%, bem acima dos encontrados por Matias (2009) e Ribeiro et al. (2012) em seus trabalhos, com valores de 0,56 e 0,20%, respectivamente. Silva et al. (2016) em dois ciclos de produção observaram valor médio de 0,58%. Matsuura et al. (2002) relataram valor médio de 0,56% para a cultivar Pacovan e seus híbridos. Ditchfield e Tadini (2002) demonstraram em suas pesquisas, que a acidez titulável apresenta altos valores durante o processo de amadurecimento, iniciando com baixa acidez, que aumenta lentamente à medida que amadurece, para depois, na fase madura, decrescer. Esses autores contabilizaram o valor de até 6,30% durante o processo. Chitarra e Chitarra (2005) afirmaram que durante a maturação a acidez das bananas aumenta, decaindo na fase madura. Acredita-se que o valor encontrado nesta pesquisa sofreu influência do ciclo de amadurecimento, que foi baixo perante aos observados em outras pesquisas.

Verificou-se um valor baixo de ratio de 2,69. Para Silva et al. (2017), tal comportamento é ocasionado devido a acréscimos nas variáveis acidez e sólido solúvel. Ocorre uma concentração de ácidos e açúcares na banana que contribui para apresentação de valores baixos de ratio. Nesta pesquisa o baixo valor de ratio pode estar então relacionado ao alto valor de acidez contabilizado.

O teor de sólido solúvel encontrado (21°Brix) apresentou resultado considerado normal. Ribeiro et al. (2012) observando o teor de sólido solúvel em banana Pacovan Ken, relataram um valor de 22,31°Brix. Já Silva et al. (2016) em seus estudos verificaram valor de 21,78°Brix. Quanto maior o valor deste atributo, menor será a necessidade de inserção de açúcares no beneficiamento do fruto.

Verificou-se ainda um teor de água de 78,50%, próximo aos valores encontrados por Jesus et al. (2004), com 67,70% para a cultivar Pacovan, e 70,60 e 71,70% para seus híbridos PV03-44 e PV03-76, respectivamente. Bezerra e Dias (2009) observaram média de 74,61% para diversas cultivares de bananeira. O crescimento microbiano ocorre com maior frequência em frutos com grande teor de água, fazendo com que eles se estraguem mais facilmente.

Em relação aos resultados da investigação microbiológica realizada nas bananas Pacovan Ken cultivadas nesta pesquisa, sua análise demonstrou valores de  $< 1,0 \times 10$  UFC/g para coliformes (à 45°C) e ausência de *Salmonella sp.* (Tabela 4). Esses resultados estão de acordo com a legislação vigente (BRASIL, 2001).

**Tabela 4.** Caracterização microbiológica da banana Pacovan Ken, cultivada em Tanque de Evapotranspiração, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará *campus* Crato.

| Parâmetros            | Resultados        | Resolução RDC nº 12 <sup>1</sup> |
|-----------------------|-------------------|----------------------------------|
| Coliformes a 45°C     | $< 1,0 \times 10$ | $2 \times 10^3$                  |
| <i>Salmonella sp.</i> | Ausência          | Ausência                         |

<sup>1</sup> Fonte: Brasil (2001).

Os valores de pH obtidos na investigação físico-química do efluente na entrada e saída do tanque foram de 7,50 e 7,60, respectivamente (Tabela 5). Esses valores se assemelham aos de Rebouças (2007), Galbiati (2009) e Rebêlo (2011), que obtiveram pH com médias de 7,30, 7,84 e 7,50, respectivamente. Pires (2012) também obteve médias semelhante de pH, com valores de 7,43, 7,65 e 7,92. Na saída do sistema Galbiati (2009) encontrou pH com valor médio de 7,81. Os valores achados encontram-se dentro do recomendado em sistema de distribuição de água pela Portaria Nº 2914/2011 e indicam também uma pequena alteração do pH no tratamento, sendo essa condição favorável à rápida degradação da matéria orgânica.

**Tabela 5.** Caracterização físico-química de amostras de efluente coletadas diretamente na entrada e na saída do Tanque de Evapotranspiração, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará *campus* Crato.

| Parâmetros                 | Unidade                             | Resultados |          |
|----------------------------|-------------------------------------|------------|----------|
|                            |                                     | Entrada    | Saída    |
| Nitrato                    | mgN-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L | 1,33       | 0,83     |
| Nitrito                    | mgN-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /L | 10,54      | 0,43     |
| Alumínio                   | mgAl/L                              | 0,00       | 0,00     |
| Dureza total               | mgCaCO <sub>3</sub> /L              | 202,00     | 504,00   |
| Cloretos                   | mgCl <sup>-</sup> /L                | 115,46     | 156,95   |
| Ferro total                | mg/L                                | 2,76       | 2,99     |
| Nitrogênio amoniacal       | mgNH <sub>3</sub> /L                | 0,00       | 0,00     |
| Sólidos totais dissolvidos | mg/L                                | 21.226,00  | 3.392,00 |
| Manganês                   | mg/L                                | 0,00       | 0,00     |
| Potencial hidrogeniônico   | pH                                  | 7,50       | 7,60     |
| Cloro residual             | mg/L                                | 0,00       | 0,00     |
| DQO                        | mg/L                                | 478,72     | 101,06   |

Os resultados dos valores de sólidos totais dissolvidos na entrada do sistema foram superiores aos encontrados na literatura. Galbiati (2009) encontrou 385 mg.L<sup>-1</sup> e Rebouças (2007) observou 2.296 mg.L<sup>-1</sup>. Pires (2012) obteve valores de 4.096 mg.L<sup>-1</sup> e 5.283 mg.L<sup>-1</sup>, mais próximos dos valores obtidos neste trabalho, que foram de 21.226,00 mg.L<sup>-1</sup> na entrada do sistema e 3.392,00 mg.L<sup>-1</sup> na saída, numa eficiência de remoção de 84,00%, próximo dos valores de remoção superiores de 90,00%, obtidos por Galbiati (2009), porém ainda acima do valor 1.000,00 mg.L<sup>-1</sup> recomendado pela Portaria N<sup>o</sup> 2914/2011, tornando imprópria a utilização do efluente analisado para fins de consumo humano (BRASIL, 2011).

Os valores obtidos de demanda química de oxigênio (DQO) neste trabalho foram de 478,72 mg/L na entrada do sistema e 101,06 mg/L na saída. Em seus estudos, Galbiati (2009) encontrou valores próximos a 723,00 mg/L no interior do tanque e 406,00 mg/L na saída do sistema. Os resultados aferidos neste estudo apresentam uma maior eficiência de remoção de DQO, em relação às médias obtidas por Galbiati (2009) em seu trabalho.

Em relação à análise bacteriológica, foi encontrado os valores de coliformes termotolerantes de 16 x 10<sup>4</sup> (NMP\*/100 mL) na entrada do TEvap e 10 x 10<sup>2</sup> (NMP\*/100 mL) na saída (Tabela 6). Em seus trabalhos Rebouças (2007) obteve valores elevados, da ordem de 10<sup>9</sup> (NMP\*/100 mL) na saída. A Portaria N<sup>o</sup> 2914/2011 do Ministério da Saúde recomenda a ausência de coliformes totais na saída dos sistemas de tratamento, caracterizando o efluente analisado como impróprio para consumo humano. Já a Resolução COEMA n<sup>o</sup> 2, de 2 de fevereiro de 2017, da Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Ceará, ficou estabelecido a reutilização em irrigação de efluentes de origem doméstica com quantidades de coliformes fecais < 5.000/mL (BRASIL, 2017).

**Tabela 6.** Caracterização microbiológica da amostra de efluente coletado diretamente na entrada e na saída do Tanque de Evapotranspiração, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará *campus* Crato.

| Parâmetros                                  | Resultados       |                  |
|---|------------------|------------------|
|   | Entrada          | Saída            |
| Coliformes termotolerantes<br>(NMP*/100 ml) | $16 \times 10^4$ | $10 \times 10^2$ |

### Conclusão

A banana da variedade Pacovan Ken mostrou-se viável para o cultivo no TEvap, pois suas características morfológica, físico-química e microbiológica se apresentaram preservadas, com valores próximos aos obtidos de cultivos realizados em áreas agrícolas.

A remoção da carga orgânica e a redução da quantidade de coliformes termotolerantes, contribui para o reúso do efluente e salubridade ambiental, diminuindo a intensidade de fatores responsáveis pela degradação do meio ambiente e de patógenos causadores de doenças que ainda acometem milhares de crianças todos os anos.

A instalação do TEvap é um modelo viável e sustentável para o tratamento do esgoto domiciliar rural, em decorrência do reúso de pneus, de pedras e de resíduos de construção ou demolição que, além da realização de tratamento dos efluentes, reutilização da água e reinserção no ciclo hidrológico.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As atividades desenvolvidas no estudo demonstraram que a interação entre o discente e o meio ambiente produziu um conhecimento mais significativo para os alunos, permitindo que os mesmos relacionassem os conteúdos abordados em sala de aula com situações vivenciadas no cotidiano, estimulando à aproximação entre teoria e prática. Essa relação trouxe benefícios para o educando, uma vez que, os inseriu num contexto que permitiu refletir como os problemas ambientais no meio rural influenciam na qualidade de vida e no desenvolvimento socioeconômico de sua comunidade. Esta realidade despertou o interesse pela busca de soluções desses problemas, fortalecendo a construção do conhecimento voltado para uma formação técnica ligada à difusão de práticas sustentáveis, que visem à melhoria da qualidade de vida e a preservação do meio ambiente.

O método participativo sobre o modelo de tratamento de esgoto do TEvap permitiu avaliar as percepções dos discentes sobre a importância do enfrentamento de problema do saneamento rural, bem como, a contribuição da tecnologia social no auxílio do aprendizado de conteúdos da disciplina de Construção e Instalação Rural, do Curso Técnico em Agropecuária, abordados na implantação do projeto. Neste sentido, verificou-se a possibilidade da interdisciplinaridade na utilização do sistema como forma de auxiliar o aprendizado de outras disciplinas, ofertadas pelo ensino técnico integrado ao médio.

A implantação do TEvap no IFCE, *campus* Crato, representou uma ação institucional ambientalmente correta no meio rural, que através da construção de um modelo, ofereceu à comunidade acadêmica e aos produtores rurais a oportunidade de conhecer e questionar a viabilidade técnica, social e econômica dessa alternativa sustentável para tratamento do esgoto domiciliar rural, permitindo estudos sobre o desenvolvimento de espécies vegetais cultivados no interior do TEvap e o desempenho do sistema na melhoria das características físico-químicas e bacteriológicas dos efluentes, que demonstraram uma redução das quantidades de matéria orgânica e de patógenos que contaminam o meio ambiente.

A partir de questionamentos ocorridos durante a pesquisa, sugerem-se estudos que:

- permitam acompanhar o desempenho do TEvap num período maior de tempo, analisando a interferência do clima da região no funcionamento do sistema;
- quantifiquem a produção de lodo no interior do tanque e defina prazos e meios para a realização de manutenção do sistema;
- identifiquem espécies vegetais nativas com características de cultivo e desenvolvimento, que possam também fazer parte desse processo de tratamento sustentável do esgoto rural.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. **NBR 7229: projeto, construção e operação de sistemas de tanque séptico**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1993. 15p.
- ABRAMOVAY, R.; VEIGA, J. E. **Novas instituições para o desenvolvimento rural: o caso do Pronaf**. Brasília: IPEA, 1999; 51p.
- AOAC. **Official Methods of Analysis**. 17 ed. Virginia: Association of Official Analytical Chemists, 2000. 2200p.
- APHA. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4. ed. Washington: American Public Health Association. Committee on Microbiological Methods for Foods, 2001. 676p.
- APHA. **Standard methods for the examination of water and waste water**. 21. ed. Washington: American Public Health Association, 2005.
- ARAÚJO, L. B. C.; WIEGAND, M. C.; ELLERY, A. E. L.; ARAÚJO, J. C. Água limpa, saúde e terra fértil: implantação da tecnologia fossa verde como alternativa de saneamento básico em áreas de reforma agrária. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE SOCIOLOGIA RURAL, VIII., 2010, Porto de Galinhas. **Anais...** Porto de Galinhas: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2010.
- ARAVÉCHIA JÚNIOR, J. C. **Indicador de salubridade ambiental (ISA) para a região Centro-Oeste: um estudo de caso no estado de Goiás**. 2010, 134f. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Gestão Ambiental) - Universidade Católica de Brasília, Brasília.
- BARROS, E. C. S.; INÁCIO, R. A.; PINTO, F. O.; QUINTAS, E. S.; RODRIGUES, M. D. A utilização da banana como fonte de renda para pequenos produtores. **Revista Científica Interdisciplinar**, v. 3, n. 2, p. p. 22-37, 2016.
- BEZERRA, V. S.; DIAS, J. S. A. Avaliação físico-química de frutos de bananeiras. **Acta Amazônica**, v. 39, n. 2, p. 423-428, 2009.
- BODENS, F.; OLIVEIRA, B. **Fossa ecológica – Tanque de evapotranspiração (TEVAP)**. Jul. 2009. Disponível em: <<http://mundogepec.blogspot.com/search?q=tanque+evapotranspira%C3%A7%C3%A3o>>. Acesso em: 04 out. 2018.
- BOEING, F. Saneamento ambiental e saúde pública: uma interface para a qualidade de vida e o desenvolvimento sustentável. **Caçador**, v. 2, n. 1, p. 102-112, 2013.
- BORGES, A. L.; MESQUITA, A. L. M.; MATOS, A. P.; COSTA, D. C.; SILVA, J. R.; CARVALHO, J. E. B.; GASPAROTTO, L.; FANCELLI, M.; MEISSNER FILHO, P. E.; BRIOSO, P. S. T.; CORDEIRO, Z. J. M. **Banana. Fitossanidade**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 121 p.
- BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, seção 191-A, p. 1, 05 out. 1988.
- BRASIL. Lei n.º 8.080, de 19 de setembro de 1990. Dispõe sobre condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, seção 1, p. 18055, 20 set. 1990.
- BRASIL. Lei n.º 8.171, de 17 de janeiro de 1991. Dispõe sobre a política agrícola. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, seção 1, p. 1330, 18 jan. 1991.

BRASIL. Resolução RDC n.º 12, de 2 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, seção 1, 2001.

BRASIL. **Manual de saneamento**. 3. ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 407p.

BRASIL. Lei n.º 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico, altera a Lei n.º 6.766, de 19 de dezembro de 1979, a Lei n.º 8.036, de 11 de maio de 1990, a Lei n.º 8.666, de 21 de junho de 1993, e a Lei n.º 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, e revoga a Lei n.º 6.528, de 11 de maio de 1978. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, seção 1, 08 jan. 2007.

BRASIL. **Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB): mais saúde com qualidade de vida e cidadania**. Brasília: Ministério das Cidades, 2013. 173p.

BRASIL. Portaria Nº 2.914, de 12 de Dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 12 dez. 2011.

BRASIL. Resolução COEMA n.º 2, de 2 de fevereiro de 2017. Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras, revoga as Portarias SEMACE n.º 154, de 22 de julho de 2002 e n.º 111, de 05 de abril de 2011, e altera a Portaria SEMACE n.º 151, de 25 de novembro de 2002. **Diário Oficial do Estado do Ceará**, série 3, ano IX, 21 fev. 2017.

CAIRNCROSS, S. Aspectos de saúde nos sistemas de saneamento básico. **Engenharia Sanitária**, v. 23, n. 4, p. 334-338, 1984.

CAIRNCROSS, S.; FEACHEM, R. **Environmental health engineering in the tropics: an introductory text**. 2. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 1993. 306p.

CHITARRA, M. I.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005. 785p.

COSTA, P. S. A. **Desenvolvimento de uma opção e saneamento rural para pequenos agricultores de Minas Gerais (Itabira)**. 2014, 71f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal Fluminense, Niterói.

DEMO, P. **Cidadania tutelada e cidadania assistida**. 1. ed. Campinas: Autores Associados, 1995. 180p.

DIAS, G. F. **Educação ambiental: princípios e prática**. 3. ed. São Paulo: Gaia, 1994. 400p.

DITCHFIELD, C.; TADINI, C. C. Acompanhamento do processo de amadurecimento da banana nanica (*Musa cavendishii* Lamb.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18., 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2002. v. 1, p. 1-1.

DONATO, S. L. R.; OLIVEIRA E SILVA, S.; LUCCA FILHO, O. A.; LIMA, M. B.; DOMINGUES, H.; ALVES, J. S. Comportamento de variedades e híbridos de bananeira (*Musa* spp.), em dois ciclos de produção no sudoeste da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 1, p. 139-144, 2006.

EL ANDALOUSSI, K. **Pesquisas-ações. Ciência, desenvolvimento, democracia**. São Carlos: Edufscar, 2004, 192p.

EMBRAPA. **Superintendência de Pesquisa e Desenvolvimento. Pronapa 2005. Programa Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento da Agropecuária.** Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2005. v.31, p. 1-146.

EMBRAPA. **Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise da qualidade ambiental: solo, água e sedimentos.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006a. 169p.

EMBRAPA. **A cultura da banana.** 3 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006b. 110p.

EMBRAPA. **Aspectos agronômicos, fitopatológicos e socioeconômicos da sigatoka-negra na cultura da bananeira no Estado do Amapá.** Macapá: Embrapa Amapá, 2011. 95p.

EMBRAPA. **Banana.** Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2012. 214p.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo.** Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2017. 573p.

FREIRE, P. **Educação e mudança.** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979. 79p.

FREITAS, W. S.; RAMOS, M. M.; COSTA, S. L. Demanda de irrigação da cultura da banana na bacia do Rio São Francisco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 4, p. 343–349, 2008.

FUNASA. **Ações de Saneamento Rural.** Jul. 2017a. Disponível em: <<http://www.funasa.gov.br/acoes-de-saneamento-rural-funasa>>. Acesso em: 26 set. 2018.

FUNASA. **Programa Nacional de Saneamento Rural – PNSR.** Jul. 2017b. Disponível em: <<http://www.funasa.gov.br/programa-nacional-de-saneamento-rural-pnsr>>. Acesso em: 14 out. 2018.

FUNASA. **Saneamento para Promoção da Saúde.** Jul. 2017c. Disponível em: <<http://www.funasa.gov.br/web/guest/saneamento-para-promocao-da-saude>>. Acesso em: 26 set. 2018.

FUNASA. **Melhorias sanitárias domiciliares. Projetos tanque de evapotranspiração.** Jul. 2018. Disponível em: <<http://www.funasa.gov.br/melhorias-sanitarias-domiciliares>>. Acesso em: 07 ago. 2018.

FURNIVAL, A.C.; OKI, C. S.; COSTA, L. S. F. Desvelando as práticas culturais na comunicação de informação ambiental para a sustentabilidade. In: FURNIVAL, A.C.; COSTA, L.S.F. (Orgs.). **Informação e conhecimento. Aproximando áreas de saber.** São Carlos: EdUFSCAR, 2005, p. 181-211.

GALBIATI, A. F. **Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração.** 2009, 38f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.

GOMES, M. C. R. L.; SOUZA, J. B.; FUJINAGA, C. Estudo de caso das condições de abastecimento de água e esgotamento sanitário dos moradores da estação ecológica de Fernandes Pinheiro (PR). **Ambiência Guarapuava**, v. 7, n. 1, p. 25-38, 2011.

GONÇALVES, V. D.; NIETSCHKE, S.; PEREIRA, M. C. T.; OLIVEIRA E SILVA, S.; SANTOS, T. M.; OLIVEIRA, J. R.; FRANCO, L. R. L.; RUGGIERO, C. Avaliação das cultivares de bananeira Prata-Anã, Thap Maeo e Caipira em diferentes sistemas de plantio no

norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 2, p. 371-376, 2008.

GONDIM, G. M. M. Espaço e saúde: uma (inter)ação provável nos processos de adoecimento e morte em populações. In: MIRANDA, A. C.; BARCELLOS, C.; GORAYEB, T. C. C.; ROCHA, C. S.; THEODORO, C. D. N.; SIMONATO, A. L. (Orgs.). **Território, ambiente e saúde**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2008. p. 57-75.

GOOGLE MAPS. **Pesquisa**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/>>. Acesso em: 26 set. 2018.

GORAYEB, T. C. C.; ROCHA, C. S.; THEODORO, C. D. N.; SIMONATO, A. L. Avaliação de banana-passa obtida de banana nanica (*Musa cavendishi*) de mercado e de devolução. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA EM AGRONEGÓCIO, 9., 2017, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Faculdade de Tecnologia de Botucatu, 2017. p. 1-5.

HELLER, L. **Associação entre cenários de saneamento e diarreia em Betim-MG: o emprego do delineamento epidemiológico caso-controle na definição de prioridades de intervenção**. 1995, 294f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

IAC. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do instituto agrônomo de Campinas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2009. 77p.

IAL. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p.

IBGE. **Atlas do censo demográfico 2010**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010a. 156p.

IBGE. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2010b. 443p.

IBGE. **Síntese de indicadores sociais: uma análise das condições de vida da população brasileira**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2012. 293p.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola estatística da produção agrícola**. Brasília: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2018. 87p.

INCRA. **"Fossas Verdes" objetivam garantir sustentabilidade no sertão cearense**. Fev. 2012. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/qfossas-verdesq-objetivam-garantir-sustentabilidade-no-sertao-cearense>>. Acesso em: 21 out. 2018.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Saneamento**. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/>>. Acesso em: 21 out. 2018.

IPECE. **Perfil básico municipal 2017 - Crato**. Fortaleza: Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará, 2017. 18p.

JESUS, S. C.; FOLEGATTI, M. I. S.; MATSUURA, F. C. A. U.; CARDOSO, R. L. Caracterização física e química de frutos de diferentes genótipos de bananeira. **Bragantia**, v. 63, n. 3, p. 315-323, 2004.

LACERDA FILHO, R.; SILVA, A. V. C.; MENDONÇA, V.; TAVARES, J. C. Densidade do sistema radicular da bananeira 'Pacovan' sob irrigação por aspersão. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 3, p. 538-539, 2004.

LEFF, E. **Saber Ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder**. Petrópolis: Vozes/PNUMA, 2001. 343p.

- LIMA NETO, F. P.; SILVA, S. O.; FLORES, J. C. O.; JESUS, O. N.; PAIVA, L. E. Relações entre caracteres de rendimento e de desenvolvimento em genótipos de bananeira. **Magistra**, v. 15, p. 275-281, 2003.
- LIU, M. **Fondements et pratiques de la recherche-action**. Paris: L'Harmattan, 1997. 350p.
- LOUREIRO, C. F. B. **Trajectoria e fundamentos da educação ambiental**. São Paulo: Cortez, 2004. 168p.
- MANDAI, P. **Modelo descritivo da implantação do sistema de tratamento de águas negras por evapotranspiração**. Brasília: Associação Novo Encanto de Desenvolvimento Ecológico, 2006.
- MARTINETTI, T.H. **Análise das estratégias, condições e obstáculos para implantação de técnicas mais sustentáveis para tratamento local de efluentes sanitários residenciais. Caso: Assentamento Rural Sepé-Tiaraju, Serra Azul-SP**. 2009, 228f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- MASSOUD, M. A.; TARHINI, A.; NARS, J. A. Decentralized approaches to wastewater treatment and management: applicability in developing countries. **Journal of Environmental Management**, v. 90, n. 1, p. 652-659, 2009.
- MATIAS, M. L. **Desenvolvimento de tecnologia para conservação pós-colheita de bananas resistentes à sigatoka negra**. 2009, 113f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- MATSUURA, F. C. A. U.; CARDOSO, R. L.; RIBEIRO, D. E.; SILVA, S. O. Qualidade sensorial dos frutos de híbridos de bananeira da cultivar Pacovan. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, p. 263-266, 2002.
- MATSUURA, F. C. A. U.; COSTA, J. I. P.; FOLEGATTI, M. I. S. Marketing de banana: preferências do consumidor quanto aos atributos de qualidade dos frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 1, p. 48-52, 2004.
- MEC/SETEC. **(Re)significação do ensino agrícola da rede federal de educação profissional e tecnológica**. Brasília: Ministério da Educação, 2009. 33p.
- MENDES, P. S.; RIBEIRO, J. R. H. C.; MENDES, C. M. Temporal trends of overall mortality and hospital morbidity due to diarrheal disease in Brazilian children younger than 5 years from 2000 to 2010. **Jornal de Pediatria**, v. 89, n. 3, p. 315-325, 2013.
- MENDONÇA, K. H.; DUARTE, D. A. S.; COSTA, V. A. M.; MATOS, G. R.; SELEGUINI, A. Avaliação de genótipos de bananeira em Goiânia, estado de Goiás. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 44, n. 3 p. 652-660, 2013.
- MITRAUD, S. **Manual de ecoturismo de base comunitária: ferramentas para um planejamento responsável**. Brasília: WWF Brasil, 2003. 453p.
- MORIN, A. **Pesquisa-ação integral e sistêmica. Uma antropopedagogia renovada**. Rio de Janeiro: DP&A, 2004. 232p.
- NEUMANN, P. S.; LOCK, C. Legislação Ambiental, desenvolvimento rural e práticas agrícolas. **Ciência Rural**, v. 32, n. 2, p. 243-249, 2002.
- NUGEM, R. C. **Doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (DRSAI) em Porto Alegre - RS**. 2015, 117f. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

NUVOLARI, A.; TELLES, D. D.; RIBEIRO, J. T.; MIYASHITA, N. J.; RODRIGUES, R. B.; ARAUJO, R.; MARTINELLI, A. **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011. 562p.

OLIVEIRA, R.; SILVA, S. A. **Manual de análises físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias**. 1. ed. São Paulo: Abes, 2006. 266p.

OLIVEIRA, T. K.; LESSA, L. S.; OLIVEIRA E SILVA, S.; OLIVEIRA, J. P. Características agronômicas de genótipos de bananeira em três ciclos de produção em Rio Branco-AC. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 8, p. 1003-1010, 2008.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. L. Tratamento descentralizado de águas residuárias domésticas: uma estratégia de inclusão social. In: LIRA, W. S.; CÂNDIDO, G. A. (Orgs.). **Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa**. Campina Grande: EDUEPB, 2013. p. 213-232.

ONU. **Mais de 2 bilhões de pessoas não têm saneamento básico, afirma novo relatório da ONU**. Jul. 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/mais-de-2-bilhoes-de-pessoas-no-planeta-carecem-de-saneamento-basico-onu/>>. Acesso em: 26 set. 2018.

PAMPLONA, S.; VENTURI, M. Esgoto à flor da terra. **Permacultura Brasil. Soluções Ecológicas**, v. 16, p. 18-19, 2004.

PARASKEVAS, P. A.; GIOKAS, D. L.; LEKKAS, T. D. Wastewater management in coastal urban areas: the case of Greece. **Water Science and Technology**, v. 46, n. 8, p. 177-186, 2002.

PIRES, F. J. **Construção participativa de sistemas de tratamento de esgoto doméstico no Assentamento Rural Olga Benário-MG**. 2012, 118f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PNDRSS. **Plano Nacional de Desenvolvimento Rural Sustentável e Solidário**. Brasília: Conselho Nacional de Desenvolvimento Rural Sustentável, 2013. 157p.

PRÜSS, A.; KAY, D.; FEWTRELL, L.; BARTRAM, J. Estimating the burden of disease from water, sanitation and hygiene at a global level. **Environmental Health Perspectives**, v. 110, n. 5, p. 537-542, 2002.

REBÊLO, M. M. P. S. **Caracterização de águas cinzas e negras de origem residencial e análise da eficiência de reator anaeróbio com chicanas**. 2011, 109f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió.

REBOUÇAS, T. C. Características físico-químicas e microbiológicas de diferentes tipos de águas residuárias de origem residencial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.

RESENDE, R. G.; FERREIRA, S.; FERNANDES, L. F. R. O saneamento rural no contexto brasileiro. **Revista Agrogeoambiental**, v. 10, n. 1, p. 131-149, 2018.

REZENDE, S. C.; HELLER, L. **O saneamento no Brasil: políticas e interfaces**. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2008. 387p.

RIBEIRO, L. R.; OLIVEIRA, L. M.; OLIVEIRA E SILVA, S.; BORGES, A. L. Caracterização física e química de bananas produzidas em sistemas de cultivo convencional e orgânico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 3, p. 774-782, 2012.

SEINFRA. **Tabela de custos**. Disponível em: <<http://www.seinfra.ce.gov.br/>>. Acesso em:

22 out. 2018.

SILVA, M. I.; MELO, I. L. F.; ALVES, T. L.; MARTINS, J. N.; RIBEIRO, M. C. M.; SOUSA, F. C. Avaliação físico-química de bananas (*Musa sapientum* cultivar prata) desidratadas. **Revista Semiárido De Visu**, v. 5, n. 2, p. 73-79, 2017.

SILVA, M. J. R.; SANTOS, L. S.; PEREIRA, M. C.; GOMES, I. S.; MACHADO, M.; RIBEIRO, V. G. Produção e qualidade de fruto de bananeiras 'Pacovan Ken' e genótipo PA94-01 por dois ciclos produtivos. **Revista Ceres**, v. 63, n. 6, p. 836-842, 2016.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; SANTOS, R. F. S.; GOMES, R. A. R. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 4. ed. São Paulo: Editora Varela, 2010. 624p.

SILVA, S. O.; AMORIM, E. P.; SEREJO, J. A. S.; FERREIRA, C. F.; RODRIGUEZ, M. A. D. Melhoramento genético da bananeira: Estratégias e tecnologias disponíveis. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 3, p. 919-931, 2013.

SILVA JUNIOR, J. F.; LEDÓ, A. S.; XAVIER, F. R. S.; FERRAZ, L. G. B.; LEDÓ, C. A. S.; MUSSER, R. S. Avaliação agrônômica de genótipos de bananeira no Vale do Rio Siriji, Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 4, p. 620-625, 2012.

SIMÕES, D. **Entenda o Programa de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf)**. Ago. 2015. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2015/08/entenda-o-programa-de-fortalecimento-da-agricultura-familiar-pronaf>>. Acesso em: 15 set. 2018.

SOTO BALLESTERO, M. **Bananas: cultivo y comercialización**. 2 ed. San José: Litografía e Imprensa Lil, 1992. 674p.

STRINGER, E. T. **Action research**. 3. ed. London: Sage Publications, 2007. 279p.

TEIXEIRA, J. C.; GUILHERMINO, R. L. Análise da associação entre saneamento e saúde nos estados brasileiros, empregando dados secundários do banco de dados indicadores e dados básicos para a saúde - IDB 2003. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 277-282, 2006.

THIOLLENT, M. Anotações críticas sobre difusão de tecnologia e ideologia da modernização. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 1, n. 1, p. 43-51, 1984.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 15. ed. São Paulo: Cortez, 2007. 136p.

THIOLLENT, M.; SILVA, G. O. Metodologia de pesquisa-ação na área de gestão de problemas ambientais. **RECIIS**, n. 1, v. 1, p. 93-100, 2007.

VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2001. 496p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 243p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **World health statistics 2015**. Luxembourg: World Health Organization, 2015. 161p.

ZANCUL, J.; SALATI, D. Programa Nacional de Saneamento Rural: atuação da FUNASA e perspectivas. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE SANEAMENTO RURAL, VII., ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE SANEAMENTO RURAL, II., 2014, Brasília: **Anais...** Brasília: Fundação Nacional da Saúde, 2014. 41p.

ZART, L. L. A educação ambiental como proposta de superação da instrumentalização do desenvolvimento. **InformaLista**, n. 9, 2001.

## **7 ANEXOS**

**Anexo A.** Questionário aplicado nos estudantes.

**QUESTIONÁRIO PARA AVALIAR A PERPECÇÃO DO ALUNO SOBRE O USO DO  
TEVAP COMO INSTRUMENTO PEDAGÓGICO**

- Nome: \_\_\_\_\_
- Instituição de Ensino: \_\_\_\_\_
- Curso: \_\_\_\_\_ Série: \_\_\_\_\_ Turno: \_\_\_\_\_
- Idade: \_\_\_\_\_
- Sexo: ( ) M ( ) F
- Estado Civil: ( ) Solteiro ( ) Casado ( ) Outro
- Você mora na zona rural?  
Sim ( ) Não
- Possui filhos? ( ) Sim. Quantos? \_\_\_\_\_ ( ) Não
- Estado das Residências:  
( ) Boa ( ) Regular ( ) Ruim Por quê? \_\_\_\_\_
- Tratamento de esgoto:  
( ) Fossa Séptica ( ) Sumidouro ( ) Se não tem, qual o local de despejo?  
\_\_\_\_\_
- Tipo de abastecimento de água:  
( ) Poço ( ) Nascente ( ) Cagece ( ) Outros: \_\_\_\_\_
- Faz análise da água:  
( ) Sim ( ) Não Por quê? \_\_\_\_\_
- Tratamento da água:  
( ) Ferve ( ) Filtra ( ) Ferve e Filtra ( ) Não faz
- Tem energia Elétrica:  
( ) Sim ( ) Não
- Destino do lixo:  
( ) Queima ( ) Enterra ( ) Coleta de Lixo ( ) Recicla ( ) Outros: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- Qual sua percepção sobre o tratamento ambientalmente correto do esgoto domiciliar rural?

- Atividades práticas participativas auxiliam o aprendizado?  
 Sim ( ) Não ( )  
 Por quê? \_\_\_\_\_
  
- Você divulga essas experiências práticas?  
 Sim ( ) Não ( )  
 Quais? \_\_\_\_\_  
 Por quê? \_\_\_\_\_
  
- O tanque de evapotranspiração auxiliou no aprendizado dos conteúdos da disciplina de Construção e Instalação Rural? Como?
  
- Na implantação do projeto foram verificados obstáculos e desafios?  
 Sim ( ) Não ( )  
 Quais? \_\_\_\_\_
  
- Diante dos resultados do projeto, descreva qual contribuição da tecnologia social do tanque de evapotranspiração aplicada no meio rural?  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
  
- Você acha que a realização de palestras, seminários e aulas de campo nas Instituições Ensino e nas comunidades rurais com o objetivo orientar e esclarecer sobre o modelo de construção participativo de tratamento sustentável de esgoto domiciliar rural é válido? Por quê?  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**Anexo B.** Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) de estudantes maiores de 18 anos.

## **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)**

### **EDUCAÇÃO AGRÍCOLA COMO INSTRUMENTO DE DIFUSÃO PARTICIPATIVA DO TEVAP COMO MODELO SUSTENTÁVEL DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMICILIAR EM ÁREAS RURAIS DA CHAPADA DO ARARIPE, CEARÁ**

**ORESTES BRILHANTE DE SOUSA**

Você está sendo convidado a participar como voluntário de uma pesquisa. Este documento, chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, visa assegurar seus direitos como participante e é elaborado em duas vias, uma que deverá ficar com você e outra com o pesquisador.

Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou mesmo depois de assiná-lo, você poderá esclarecê-las com o pesquisador. Se preferir, pode levar este Termo para casa e consultar seus familiares ou outras pessoas antes de decidir participar. Não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo se você não aceitar participar ou retirar sua autorização em qualquer momento.

#### **Justificativa e objetivos:**

Utilização de modelo sustentável de tratamento de esgoto domiciliar em áreas rurais da Chapada do Araripe a partir da Educação Agrícola como instrumento de divulgação da tecnologia social.

1 - Identificar como os alunos das turmas de 3º ano do biênio 2017-2018 do Curso Técnico Integrado em Agropecuária do IFCE campus Crato percebem no processo de aprendizagem a utilização da tecnologia social como alternativa de tratamento dos esgotos domiciliares rurais;

2 - Analisar o plano de unidade didática da disciplina de Construção e Instalação Rural do Curso Técnico Integrado em Agropecuária do IFCE *campus* Crato e a inserção de modelos alternativos de tratamento de resíduos ecologicamente corretos;

3 - Utilizar o Tanque de Evapotranspiração (TEvap) como objeto de ensino agrícola com a formação de um grupo de 15 estudantes das turmas de 3º ano do biênio 2017-2018 do Curso Técnico Integrado em Agropecuária para realizar a divulgação do sistema de tratamento de esgoto rural

#### **Procedimentos:**

Participando do estudo você está sendo convidado a: responder um questionário com maior sinceridade e clareza.

Observação:

O preenchimento do questionário tem uma previsão de preenchimento de 10 (dez) minutos.

#### **Desconfortos e riscos:**

Você **não** deve participar deste estudo se não conseguir entender as orientações do pesquisador.

Nesta pesquisa o risco existente em grau mínimo é de natureza psicológica, podendo ocorrer algum constrangimento do participante durante a aplicação do questionário, caso isso ocorra o questionário será reformulado. No caso de desconforto ou cansaço durante da aplicação do questionário, este será aplicado num momento que o participante entender mais adequado. Não previsão de riscos físicos.

**Benefícios:**

Surgimento de reflexões importantes sobre a tecnologia social do Tanque de Evapotranspiração como uma ferramenta pedagógica auxiliando no processo de ensino-aprendizagem da disciplina de Instalação e Construção Rural e proteção do meio ambiente.

**Acompanhamento e assistência:**

O acompanhamento de todas as etapas da pesquisa será realizado pelo coordenador da pesquisa Orestes Brilhante de Sousa.

**Sigilo e privacidade:**

Você tem a garantia de que sua identidade será mantida em sigilo e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores. Na divulgação dos resultados desse estudo, seu nome não será citado.

**Ressarcimento e indenização:**

Você tem a garantia de que sua identidade será mantida em sigilo e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores. Na divulgação dos resultados desse estudo, seu nome não será citado.

**Contato:**

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com o pesquisador Orestes Brilhante de Sousa, Setor de Engenharia Civil, IFCE, *campus* Crato, endereço Rod. CE 292, Km 15, Bairro Gisélia Pinheiro, Município Crato/CE, CEP: 63.115-500. E-mail: orestesbrilhante@gmail.com

Em caso de denúncias ou reclamações sobre sua participação e sobre questões éticas do estudo, você poderá entrar em contato com a secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), do IFCE, das 08:00 às 12:00 h e das 13:00 às 17:00 h, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), REITORIA - R. Jorge Dumar, 1703 - Jardim América, Fortaleza - CE, CEP: 60410-426. Fone (85) 34012332. E-mail: cep@ifce.edu.br

**Consentimento livre e esclarecido:**

Após ter recebido esclarecimentos sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que esta possa acarretar, aceito participar e declaro estar recebendo uma via original deste documento assinada pelo pesquisador e por mim, tendo todas as folhas por nós rubricadas:

Nome do(a) participante:

---

Contato telefônico (opcional):

---

E-mail (opcional):

---

---

(Assinatura do participante ou nome e assinatura do seu RESPONSÁVEL LEGAL)

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

**Responsabilidade do Pesquisador:**

Asseguro ter cumprido as exigências da resolução 466/2012 CNS/MS e complementares na elaboração do protocolo e na obtenção deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Asseguro, também, ter explicado e fornecido uma via deste documento ao participante. Informo que o estudo foi aprovado pelo CEP perante o qual o projeto foi apresentado e pela CONEP, quando pertinente. Comprometo-me a utilizar o material e os dados obtidos nesta pesquisa exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento dado pelo participante.

Nome do(a) pesquisador(a):

---

---

(Assinatura do(a) pesquisador(a))

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

**Anexo C.** Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) de estudantes menores de 18 anos.

### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)**

Você está sendo convidado a participar da pesquisa **EDUCAÇÃO AGRÍCOLA COMO INSTRUMENTO DE DIFUSÃO PARTICIPATIVA DO TEVAP COMO MODELO SUSTENTÁVEL DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMICILIAR EM ÁREAS RURAIS DA CHAPADA DO ARARIPE, CEARÁ**, coordenada pelo pesquisador Orestes Brilhante de Sousa, telefone: (88) 99264-1324. Seus pais permitiram que você participe. Queremos saber como ensino agrícola pode contribuir para a divulgação de um modelo de tratamento sustentável de esgoto domiciliar rural.

Você só precisa participar da pesquisa se quiser, é um direito seu e não terá nenhum problema se desistir. Os adolescentes que irão participar desta pesquisa têm de 16 a 18 anos de idade.

A pesquisa será feita no IFCE, *campus* Crato, onde os adolescentes participarão da apresentação do projeto em sala de aula, visita ao TEvap (Tanque de Evapotranspiração), responderão questionários e haverá preparo de folheto(cartilha) informativo. Para isso, serão usados papel, régua, caneta, computador, impressora, eles são considerados seguros, mas é possível ocorrer riscos não previstos no manuseio destes materiais. Caso aconteça algo errado, você pode nos procurar pelos telefones que tem no começo do texto. Mas há coisas boas que podem acontecer como a divulgação de um modelo sustentável de tratamento de esgoto rural, a proteção do meio ambiente e a possibilidade de utilização do TEvap na aprendizagem dos conteúdos da disciplina de construção e instalação rural.

Ninguém saberá que você está participando da pesquisa; não falaremos a outras pessoas, nem daremos a estranhos as informações que você nos der. Os resultados da pesquisa vão ser publicados, mas sem identificar os adolescentes que participaram.

---

---

### **CONSENTIMENTO PÓS INFORMADO**

Eu \_\_\_\_\_ aceito participar da pesquisa (**EDUCAÇÃO AGRÍCOLA COMO INSTRUMENTO DE DIFUSÃO PARTICIPATIVA DO TEVAP COMO MODELO SUSTENTÁVEL DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMICILIAR EM ÁREAS RURAIS DA CHAPADA DO ARARIPE, CEARÁ.**)

Entendi as coisas ruins e as coisas boas que podem acontecer.

Entendi que posso dizer “sim” e participar, mas que, a qualquer momento, posso dizer “não” e desistir e que ninguém vai ficar com raiva de mim.

Os pesquisadores tiraram minhas dúvidas e conversaram com os meus responsáveis.

Recebi uma cópia deste termo de assentimento e li e concordo em participar da pesquisa.

Crato-CE, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

---

Assinatura do menor

---

Assinatura do pesquisador

**Anexo D.** Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) dos pais de estudantes menores de 18 anos.

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)**

**EDUCAÇÃO AGRÍCOLA COMO INSTRUMENTO DE DIFUSÃO PARTICIPATIVA DO TEVAP COMO MODELO SUSTENTÁVEL DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMICILIAR EM ÁREAS RURAIS DA CHAPADA DO ARARIPE, CEARÁ.  
ORESTES BRILHANTE DE SOUSA**

Seu filho(a) está sendo convidado(a) a participar como voluntário(a) de uma pesquisa. Este documento, chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, visa assegurar seus direitos como participante e é elaborado em duas vias, uma que deverá ficar com você e outra com o pesquisador.

Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou mesmo depois de assiná-lo, você poderá esclarecê-las com o pesquisador. Não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo ao seu filho(a) se não aceitar participar ou retirar sua autorização em qualquer momento.

**Justificativa e objetivos:**

Utilização de modelo sustentável de tratamento de esgoto domiciliar em áreas rurais da Chapada do Araripe a partir da Educação Agrícola como instrumento de divulgação da tecnologia social.

1 - Identificar como os alunos das turmas de 3º ano do biênio 2017-2018 do Curso Técnico Integrado em Agropecuária do IFCE campus Crato percebem no processo de aprendizagem a utilização da tecnologia social como alternativa de tratamento dos esgotos domiciliares rurais;

2 - Analisar o plano de unidade didática da disciplina de Construção e Instalação Rural do Curso Técnico Integrado em Agropecuária do IFCE *campus* Crato e a inserção de modelos alternativos de tratamento de resíduos ecologicamente corretos;

3 - Utilizar o tanque de Evapotranspiração (TEvap) como objeto de ensino agrícola com a formação de um grupo de 15 estudantes das turmas de 3º ano do biênio 2017-2018 do Curso Técnico Integrado em Agropecuária para realizar a divulgação do sistema de tratamento de esgoto rural.

**Procedimentos:**

Participando do estudo seu/sua filho(a) está sendo convidado a: responder um questionário com maior sinceridade e clareza.

Observação:

O preenchimento do questionário tem uma previsão de preenchimento de 10 (dez) minutos.

**Desconfortos e riscos:**

Seu filho **não** deve participar deste estudo se não conseguir entender as orientações do pesquisador.

Nesta pesquisa o risco existente em grau mínimo é de natureza psicológica, podendo ocorrer algum constrangimento do participante durante a aplicação do questionário, caso isso ocorra o questionário será reformulado. No caso de desconforto ou cansaço durante da

aplicação do questionário, este será aplicado num momento que o participante entender mais adequado. Não previsão de riscos físicos.

**Benefícios:**

Surgimento de reflexões importantes sobre a tecnologia social do Tanque de Evapotranspiração como uma ferramenta pedagógica auxiliando no processo de ensino-aprendizagem da disciplina de Instalação e Construção Rural e proteção do meio ambiente.

**Acompanhamento e assistência:**

O acompanhamento de todas as etapas da pesquisa será realizado pelo coordenador da pesquisa Orestes Brilhante de Sousa.

**Sigilo e privacidade:**

Você tem a garantia de que sua identidade e a do seu/sua filho(a) serão mantidas em sigilo e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores. Na divulgação dos resultados desse estudo, seu nome e do seu/sua filho (a) não será citado.

**Ressarcimento e indenização:**

Não haverá na pesquisa ressarcimento de despesas (por exemplo, transporte, alimentação, diárias etc.), Não previsão de riscos. Você terá a garantia ao direito à indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa.

**Contato:**

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com o pesquisador Orestes Brilhante de Sousa, Setor de Engenharia Civil, IFCE, *campus* Crato, endereço Rod. CE 292, Km 15 Bairro Gisélia Pinheiro, Município Crato/CE, CEP: 63.115-500. E-mail: orestesbrilhante@gmail.com

Em caso de denúncias ou reclamações sobre sua participação e sobre questões éticas do estudo, você poderá entrar em contato com a secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), IFCE, das 08:00 às 12:00 h e das 13:00 às 17:00 h, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) REITORIA - R. Jorge Dumar, 1703 - Jardim América, Fortaleza - CE, CEP: 60410-426. Fone (85) 34012332. E-mail: cep@ifce.edu.br

**Consentimento livre e esclarecido:**

Após ter recebido esclarecimentos sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que esta possa acarretar, aceito participar e declaro estar recebendo uma via original deste documento assinada pelo pesquisador e por mim, tendo todas as folhas por nós rubricadas:

Nome do(a) participante:

---

Contato telefônico (opcional):

---

E-mail (opcional):

---

---

Assinatura do pai do RESPONSÁVEL LEGAL

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

**Responsabilidade do Pesquisador:**

Asseguro ter cumprido as exigências da resolução 466/2012 CNS/MS e complementares na elaboração do protocolo e na obtenção deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Asseguro, também, ter explicado e fornecido uma via deste documento ao participante. Informo que o estudo foi aprovado pelo CEP perante o qual o projeto foi apresentado e pela CONEP, quando pertinente. Comprometo-me a utilizar o material e os dados obtidos nesta pesquisa exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento dado pelo participante.

Nome do(a) pesquisador(a):

---

---

Assinatura do(a) pesquisador(a)

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.