



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO ATRAVÉS DE CÍRCULO  
DE BANANEIRAS E TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO**

**JOSEFA CAMILA ARAÚJO DA SILVA**

João Pessoa - PB

Junho de 2017

**JOSEFA CAMILA ARAÚJO DA SILVA**

**TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO ATRAVÉS DE CÍRCULO  
DE BANANEIRAS E TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO**

Trabalho de conclusão de Curso apresentado à coordenação do curso de Engenharia Ambiental, da Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, como pré-requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Cristina Basílio Crispim da Silva

João Pessoa - PB

Junho de 2017

S586t Silva, Josefa Camila Araújo da

Tratamento de esgoto doméstico através de círculo de bananeiras e tanque de evapotranspiração./ Josefa Camila Araújo da Silva. – João Pessoa, 2017.

53f. il.:

Orientadora: Profa. Dra. Maria Cristina Basílio Crispim da Silva

Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Ambiental) Campus I  
- UFPB / Universidade Federal da Paraíba.

1. Águas cinzas 2. Águas negras 3. Rio do cabelo 4. Saneamento básico 5. Tratamento de efluentes I. Título.

**JOSEFA CAMILA ARAÚJO DA SILVA**

**IMPLEMENTAÇÃO DE CÍRCULO DE BANANEIRAS E TANQUE DE  
EVAPOTRANSPIRAÇÃO COMO PROPOSTA DE SANEAMENTO ECOLÓGICO**

Trabalho de conclusão de Curso apresentado à coordenação do curso de Engenharia Ambiental, da Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, como pré-requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

João Pessoa, 05 de Junho de 2017

Banca Examinadora

---

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Carmem Lúcia Moreira Gadelha  
Universidade Federal da Paraíba

---

Prof.<sup>a</sup>. Msc. Cyntya Eustáquio de Sousa  
Membro Externo

---

Orientadora: Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Maria Cristina Basílio Crispim da Silva  
Universidade Federal da Paraíba

*Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor da minha felicidade, meu guia, socorro presente nas horas de angústia. À minha mãe Maria do Socorro e ao meu pai Pedro Prudêncio pelo amor e carinho incondicionais, e aos meus irmãos, Marta Samara e Antônio Márcio.*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus pela vida, pela oportunidade de poder cursar Engenharia Ambiental e por ter me dado força e saúde para superar as dificuldades e pelas tantas graças recebidas.

Agradeço aos meus pais, Pedro e Socorro, pela paciência, carinho e compreensão, por terem me proporcionado cursar Engenharia Ambiental e por sempre confiarem em mim. É para eles que dedico esta conquista.

Aos meus familiares, em especial irmãos Marta e Marcio; as minhas avós Maria Nogueira e Joana Maria; minha tia Antônia Nogueira e prima/madrinha Edna Oliveira. Todos sempre me apoiaram nas horas difíceis, de desânimo e cansaço e souberam compreender os momentos de ausência.

A professora orientadora Cristina Crispim, a quem dedico minha admiração e meu respeito pela pessoa e profissional que esta se mostra.

Agradeço todos os meus amigos que sempre estiveram do meu lado e torceram por mim, em especial minhas melhores amigas: Samanta, Edna e Karol pela amizade e parceria; aos meus companheiros de graduação pelo conhecimento compartilhado, agradeço especialmente aos amigos e colegas: Lenine, Mariana, Tereza, Manuela, Jessika, Matheus e Noilda.

A toda equipe do LABEA (em especial a Doutoranda Flávia Martins, por todo apoio e empenho dados para concretização deste trabalho) e ao Instituto ECCUS pela colaboração e suporte necessário.

Meus sinceros agradecimentos a todos vocês.

*“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível”.*

*Charles Chaplin*

## RESUMO

Os serviços de saneamento básico são considerados essenciais para a saúde das pessoas e para a manutenção da qualidade ambiental. O Saneamento ecológico tem como enfoque a proteção dos recursos hídricos pelo não lançamento de esgoto nos cursos d'água, além de reutilizar os nutrientes presentes nas excretas, na produção de alimentos, sendo assim uma nova tendência para o saneamento. Como nas áreas rurais e periurbanas há menos investimento que nas áreas urbanas, é muito importante a existência de ações que diminuam os impactos dos resíduos, no sentido de eliminar as fontes de poluição difusa, como os esgotos domésticos. O presente trabalho tem como objetivo implantar sistemas de tratamento de efluentes domésticos como proposta de saneamento ecológico em uma propriedade periurbana em Mangabeira, João Pessoa/PB, visando compreender a percepção ambiental dos moradores com relação a falta de saneamento local, dimensionar e construir os sistemas, compostos por um círculo de bananeiras e um tanque de evapotranspiração. Após a apresentação do projeto à família residente na margem do rio do Cabelo, esta mostrou-se preocupada com as questões ambientais e interessada em contribuir com a conservação do rio, permitindo a construção das fossas ecológicas, contribuindo com a sua instalação. Após construção dos sistemas tivemos resultados satisfatórios em sua implantação, concluindo que eles são de baixo custo para construção, operação e manutenção, tendo como propósito auxiliar no reaproveitamento dos dejetos humanos (como auxílio na produção de alimentos), a reutilização das águas cinza, permitindo a recuperação completa dos nutrientes, contribuindo com a fertilidade do solo, eliminando os esgotos a céu aberto, minimizando doenças, a manutenção da qualidade hídrica, evitando a poluição orgânica no rio do Cabelo, desta maneira contribuindo com a conservação deste rio urbano. É de extrema importância às intervenções contínuas em todo curso do rio, inclusive no trecho próximo ao Complexo Penitenciário de Mangabeira - João Pessoa/PB, sendo que a responsabilidade de preservação também compete a instituições públicas do município.

**Palavras-Chave:** águas cinzas, águas negras, rio do cabelo, saneamento ecológico, tratamento de efluentes domésticos.

## **ABSTRACT**

Basic sanitation services are considered essential for the health of people and for environmental quality maintenance. The ecological sanitation focuses on the protection of water resources by not releasing sewage in water courses, as well as reusing the nutrients present in the excreta, in the production of food, and thus a new trend for sanitation. As in rural and peri-urban areas there is less investment than in urban areas, it is very important to have actions that reduce the impacts of waste, in order to eliminate sources of diffuse pollution, such as domestic sewage. The objective of this work is to establish systems for the treatment of domestic effluents as a proposal for ecological sanitation in a periurban property in Mangabeira, João Pessoa / PB, aiming to understand the environmental perception of the residents regarding the lack of local sanitation, size and construction of the systems, composed by a circle of banana trees and an evapotranspiration tank. After the presentation of the project to the resident family on the banks of the Cabelo River, they were concerned with environmental issues and interested in contributing to the conservation of the river, allowing the construction of ecological pits, contributing to its installation. After the construction of the systems we have had satisfactory results in their implementation, concluding that they are of low cost for construction, operation and maintenance, aiming at the reuse of human waste (as an aid in food production), reuse of gray water, allowing the complete recovery of nutrients, contributing to soil fertility, eliminating open drainage, minimizing disease, maintaining water quality, avoiding organic pollution in the Cabelo River, thus contributing to the conservation of this urban river. It is of utmost importance to the continuous interventions in every course of the river, including in the stretch near the Penitentiary Complex of Mangabeira - João Pessoa / PB, and the responsibility of preservation is also incumbent to public institutions of the municipality.

**Key-Words:** gray water, black water, Cabelo river, ecological sanitation, treatment of domestic effluents.

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 - Desenho esquemático de contaminação de lençol freático.....	20
Figura 2 - Desenho esquemático do sistema de tratamento de águas residuárias cinzas do Círculo de Bananeiras.....	26
Figura 3 - Corte em perspectiva do TEvap.....	29
Figura 4 – Localização da propriedade onde foi implantado o Círculo de Bananeiras e TEvap.....	30
Figura 5 - Entrevista e exposição do projeto para os moradores da propriedade.....	34
Figura 6 - Etapas da construção do círculo de bananeiras (A, B, C, D), o direcionamento das águas cinzas (E) e a finalização do processo (F).....	35
Figura 7 - Etapas da construção do TEVAP (A, B, C, D), dimensão do tanque (E) até o processo de cimentação (F) e a inserção da tela e dos grampos (G).....	39
Figura 8 - Processo de preenchimento do tanque de Evapotranspiração com os pneus e camadas filtrantes (A, B, C, D).....	40
Figura 9 - Construção da borda do tanque com utilização de garrafas PET.....	41
Figura 10 - Etapa de plantação de duas mudas de bananeira, um pé de mamoeiro (A), vegetais e resultado final da montagem da tela ao redor do tanque (B).....	42
Figura 11 - Crescimento dos vegetais e mamoeiro em 20/05/2017.....	43

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Doenças relacionadas com o abastecimento de água.....	17
Tabela 2 – Doenças relacionadas com a ausência de rede de esgoto.....	18
Tabela 3 – Ações propostas do Programa de Universalização da Cobertura de Atendimento Periurbano e Rural com metas para até 2037.....	22
Tabela 4 – Caracterização das águas negras para os parâmetros de turbidez, <i>E Coli</i> , coliformes termotolerantes, DBO, NKT, fósforo total, com respectivas unidades, de acordo com diferentes pesquisadores.....	23
Tabela 5 – Caracterização internacional de águas cinzas para os parâmetros de turbidez, nitrogênio total, fósforo total, DBO, coliformes termotolerantes e <i>Streptococcus faecalis</i> , de acordo com a fonte de geração e o país, para diferentes pesquisadores.....	37
Tabela 6 – Caracterização nacional de águas cinzas para os parâmetros de turbidez, NTK, fósforo total, DBO, coliformes termotolerantes e <i>E Coli</i> , de acordo com a fonte de geração e a cidade, para diferentes pesquisadores.....	38

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba
CAGEPA	Companhia de Água e Esgoto da Paraíba
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ECCUS	Educação Cultura Cidadania e Sustentabilidade
EMLUR	Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana
LABEA	Laboratório de Ecologia Aquática
PMJP	Prefeitura Municipal de João Pessoa
PMSBJP	Plano Municipal de Saneamento de João Pessoa
PRODEMA	Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente
SEMAM	Secretaria do Meio Ambiente
SNIS	Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento
SUDEMA	Superintendência de Administração do Meio Ambiente
TEvap	Tanque de Evapotranspiração
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
UNICEF	The United Nations Children's Fund
WHO	World Health Organization

## SÚMARIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	12
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	14
2.1 Objetivo Geral.....	14
2.2 Objetivos Específicos.....	14
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	15
3.1 Saneamento.....	15
3.1.1 Plano Municipal De Saneamento De João Pessoa.....	20
3.2 Esgoto.....	22
3.3 Saneamento Ecológico.....	24
3.3.1 Círculo De Bananeiras.....	25
3.3.2 Tanque De Evapotranspiração.....	26
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	30
4.1 Área De Estudo.....	30
4.2 Diagnóstico Da Propriedade.....	31
4.3 Círculo De Bananeiras.....	32
4.4 Tanque De Evapotranspiração.....	32
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	34
5.1 Entrevista com os Proprietários.....	34
5.2 Círculo De Bananeiras.....	35
5.3 Tanque De Evapotranspiração.....	38
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	45
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	46
<b>ANEXO A – Questionário de percepção ambiental.....</b>	50

## 1. INTRODUÇÃO

A falta de saneamento é uma das problemáticas sociais e ambientais mais alarmantes do mundo, causando milhares de mortes por dia e um grande impacto ambiental em todas as comunidades de vida. De acordo com informações da The United Nations Children's Fund / World Health Organization (UNICEF/WHO) e do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS), em 2015 foi registrado que cerca de 2,4 bilhões de pessoas no mundo não têm acesso à rede de saneamento básico e mais de 100 milhões dos brasileiros (49,7%) ainda não dispõe de uma coleta adequada de esgoto, um sistema eficiente.

A maioria dos municípios brasileiros não dispõe dos recursos necessários para suprir as atuais demandas de coleta e tratamento do esgoto, tais como, recursos financeiros, técnicos e sanitários. Isso ocorre porque muitas vezes o setor de saneamento requer grandes investimentos na área de infraestrutura, além do crescimento periférico das cidades de forma não planejada.

Os sistemas convencionais de tratamento de esgoto, além de provocarem impactos no meio ambiente, também provocam efeitos negativos na saúde da população. Muitas vezes a destinação final dos efluentes não obedece aos padrões de emissão tecnicamente aplicados no lançamento de águas residuais, seguindo a Resolução CONAMA 430/2011 que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes.

A qualidade da água é um fator fundamental para vida e está ligada diretamente à saúde da população. A falta de uma rede de coleta de esgoto e sua disposição inadequada, juntamente com a utilização de fossas negras acarretam na contaminação do lençol freático e das águas superficiais, fazendo com que haja um aumento nas doenças infectoparasitárias, sendo transmitidas através do contato direto das pessoas com as águas contaminadas/poluídas. Segundo relatório da UNICEF/WHO (2009) a morte de crianças devido doenças transmitidas por água contaminada é considerada a 2º maior causa de morte no mundo.

A Região Nordeste é a terceira maior região do país, e apenas 32,11% do seu esgoto é tratado (BRASIL, 2015). Em João Pessoa, capital do estado da Paraíba, de acordo com a Companhia de Água e Esgoto da Paraíba (CAGEPA), em 2015 menos de 50% da população é coberta com rede de coleta de esgoto, e as áreas com menor renda as de maior déficit, e as áreas isoladas ou de baixa densidade demográfica não possuem nenhum tipo de disposição final dos dejetos (JOÃO PESSOA, 2015).

Dessa forma, percebe-se a necessidade de buscar tecnologias socioambientais que possam amenizar os efeitos causados pela falta de saneamento básico ao meio ambiente e à

população não assistida, que geralmente encontra-se nas comunidades rurais e periurbanas. O Saneamento Ecológico vem como uma alternativa para a melhoria da qualidade de vida e ambiental, trazendo em si uma nova concepção de saneamento que se enquadra nas diversas áreas da sustentabilidade.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo Geral

Implantar sistemas de tratamento de efluentes domésticos como proposta de saneamento ecológico em uma propriedade periurbana em Mangabeira, João Pessoa/PB.

### 2.2. Objetivos Específicos

- Compreender a percepção ambiental dos moradores com relação a questões ambientais e sociais devido a falta de saneamento básico local;
- Dimensionar o tamanho dos sistemas de acordo com a necessidade da propriedade;
- Construir os sistemas de tratamento de esgoto doméstico, composto por 1 Círculo de Bananeiras e 1 Tanque de Evapotranspiração.

### **3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

#### **3.1. Saneamento**

O saneamento básico é fundamental para o desenvolvimento sustentável. Seu papel é garantir o equilíbrio do bem-estar da sociedade com as questões de preservação ambiental. Surge então o conceito de Saneamento ambiental, com sentido mais amplo (FUNASA, 2006):

*“Saneamento ambiental é o conjunto de ações socioeconômicas que tem por objetivo alcançar a Salubridade Ambiental, por meio de abastecimento de água potável, coleta e disposição correta dos resíduos sólidos, líquidos e gasosos, promoção da disciplina sanitária de uso do solo, drenagem urbana, controle de doenças transmissíveis e demais serviços e obras especializadas, com a finalidade de proteger e melhorar as condições de vida urbana e rural. ”*

Tem-se como conceito de salubridade ambiental:

*“É o estado de higidez em que vive a população urbana e rural, tanto no que se refere a sua capacidade de inibir, prevenir ou impedir a ocorrência de endemias ou epidemias veiculadas pelo meio ambiente, como no tocante ao seu potencial de promover o aperfeiçoamento de condições mesológicas favoráveis ao pleno gozo de saúde e bem-estar. ”* (FUNASA, 2006).

Em se tratando de qualidade de vida, Pinheiro (2008, *apud* PAES et al., 2014), relatou que o saneamento básico é um dos principais indicadores da qualidade de vida e do desenvolvimento econômico e social de um município, sendo todas as esferas públicas responsáveis por ele, já que são ações essenciais para o bem-estar da população e têm forte impacto sobre a vida dos seres humanos e sobre o ambiente.

De acordo com a Política Nacional de Saneamento Básico (Lei Federal 11.445/2007), os serviços públicos de saneamento básico são: abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais (BRASIL, 2007). A Constituição Brasileira de 1988 estabelece que “*Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida*” (BRASIL, 1988). Portanto, o saneamento básico deve ser entendido como um conjunto de medidas que visam promover a saúde e a qualidade de vida da população,

devendo o poder público tomar medidas cabíveis para a sua universalização em todos os segmentos sociais e regiões do Brasil.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2013 *apud* ARSEGO; FAUST, 2014) a cobertura de saneamento em 2011 foi de 64% e de acordo com os compromissos dos objetivos do milênio (ODM), cada país deve reduzir em 50% o déficit na coleta de esgoto até 2015. Até o final de 2011, havia 2,5 bilhões de pessoas que ainda não haviam tido acesso a instalações sanitárias melhoradas. A porcentagem de pessoas que defecam ao ar livre representa 15% da população global, a maioria (71%) vive na zona rural, a qual não é atendida pelos serviços de saneamento.

Através de informações fornecidas pelo SNIS no seu Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto (BRASIL, 2015), no Brasil apenas 83,3% da população são atendidos com serviço de abastecimento de água tratada, são mais de 35 milhões de brasileiros que não têm esse serviço. Com relação à coleta de esgoto, apenas 50,3% da população tem acesso a coleta de esgoto, tendo mais de 100 milhões de brasileiros sem esse serviço.

Historicamente, no Brasil, os investimentos na área de saneamento básico estiveram concentrados em políticas voltadas para os grandes centros, com menor atenção às zonas rurais e pequenos municípios, o que trouxe como consequência, impactos ambientais e problemas de saúde pública à população que não é contemplada a esses serviços (PIRES, 2012).

Segundo Oliveira (2004), o déficit maior na questão do saneamento básico é a falta de esgotamento sanitário, que acaba comprometendo a qualidade das águas dos rios e mares, pois, a disposição, em geral, dá-se de forma inadequada. Além disso, a saúde pública, fator diretamente ligado ao nível de cobertura e qualidade dos serviços de saneamento básico, fica afetada negativamente nos gastos para atender a população que contrai doenças relacionadas às condições precárias de saneamento básico, não se tratando apenas de um problema social, mas também econômico.

Diversos problemas ambientais estão associados à falta ou precariedade do saneamento, tais como: poluição ou contaminação das fontes de captação de água para o abastecimento humano, dos rios, lagos, lagoas, aquíferos; doenças; erosão acelerada; assoreamento; inundações frequentes, com as consequentes perdas humanas e materiais (IBGE, 2011). O lançamento de quantidades excessivas de substâncias orgânicas na água (esgotos domésticos, detergentes, fertilizantes ou adubos) que contém grande carga de nutrientes como o nitrogênio (N) e fósforo (P) provocam o aumento de minerais e, consequentemente, a proliferação de algas microscópicas que localizam-se na superfície dos

corpos d'água, causando a destruição da fauna e da flora de muitos ecossistemas aquáticos, pelo conhecido fenômeno da eutrofização.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) relatou que para cada R\$ 1,00 investido em saneamento há uma economia de R\$ 4,00 em saúde. Estudos da Organização das Nações Unidas (ONU) estimam que uma criança morra no mundo a cada 2,5 minutos em consequência de água não potável, saneamento e higiene deficientes. A água é um recurso natural renovável, essencial à sobrevivência dos seres vivos e ao desenvolvimento humano, porém, é um bem finito e de uso comum, e, portanto, deve ser considerada como um recurso de valor social.

A maioria dos problemas sanitários que afetam a população mundial estão intrinsecamente relacionados com o meio ambiente. No Brasil as doenças resultantes da falta ou inadequação de saneamento, especialmente em áreas pobres, têm agravado o quadro epidemiológico (FUNASA, 2006). A falta de saneamento, seja por não tratamento de água ou pela inexistência de coleta de esgoto, de uma forma geral causa grandes problemas para a saúde da população não assistida. As tabelas 1 e 2 mostram as diversas formas de doenças ocasionadas pela falta de abastecimento de água e a ausência de rede coletora de esgotos.

**Tabela 1 –** Doenças relacionadas com o abastecimento de água.

Grupos de Doenças	Formas de Transmissão	Principais Doenças Relacionadas	Formas de Prevenção
<b>Transmitidas pela via feco-oral (alimentos contaminados por fezes)</b>	O organismo patogênico (agente causador da doença) é ingerido.	Leptospirose Amebíase Hepatite infecciosa Diarreias e disenterias, como cólera e a giardíase	<b>Proteger e tratar as águas de abastecimento e evitar o uso de fontes contaminadas. Fornecer água em quantidade adequada e promover a higiene pessoal, doméstica e dos alimentos.</b>
<b>Controladas pela limpeza com água</b>	A falta de água e a higiene pessoal insuficiente criam condições favoráveis para sua disseminação.	Infecções na pele e nos olhos, como o tracoma e o tifo relacionado com piolhos, e a escabiose	<b>Fornecer água em quantidade adequada e promover a higiene pessoal e doméstica.</b>
<b>Associadas à água (uma parte do ciclo de vida do agente infeccioso ocorre em um animal aquático.)</b>	O patogênico penetra pela pele ou é ingerido.	Esquistossomose	<b>Adotar medidas adequadas para a disposição de esgotos. Evitar o contato de pessoas com águas infectadas. Proteger mananciais. Combater o hospedeiro intermediário.</b>
<b>Transmitidas por vetores que se relacionam com a água</b>	As doenças são propagadas por insetos que nascem na água ou picam perto dela.	Malária Febre Amarela Dengue Elefantíase	<b>Eliminar condições que possam favorecer criadouros. Combater os insetos transmissores. Evitar o contato com criadouros. Utilizar meios de proteção individual.</b>

Fonte: João Pessoa, 2015.

**Tabela** – Doenças relacionadas com a ausência de rede de esgoto.

Grupos de Doenças	Formas de Transmissão	Principais Doenças Relacionadas	Formas de Prevenção
<b>Feco - orais (não bacterianas)</b>	Contato de pessoa para pessoa, quando não se tem higiene pessoal e doméstica adequada.	Poliomielite Hepatite tipo A Giardíase Disenteria amebiana Diarreia por vírus	Melhorar as moradias e as instalações sanitárias. Implantar sistema de abastecimento de água. Promover a educação sanitária.
<b>Feco - orais (bacterianas)</b>	Contato de pessoa para pessoa, ingestão e contato com alimentos contaminados e contato com fontes de águas contaminadas pelas fezes.	Febre tifoide Febre Paratifioide Diarreias e disenterias bacterianas, como a cólera	Implantar sistema adequado de disposição de esgotos. Melhorar as moradias e as instalações sanitárias. Implantar sistema de abastecimento de água. Promover a educação sanitária.
<b>Helmintos transmitidos pelo solo</b>	Ingestão de alimentos contaminados e contato da pele com o solo.	Ascaridíase (lombriga) Tricúrfase Ancilostomíase (amarelão)	Construir e manter limpas as instalações sanitárias. Tratar os esgotos antes da disposição no solo. Evitar contato direto da pele com o solo (usar calçado).
<b>Têniás (solitárias) na carne de boi e de porco</b>	Ingestão de carne mal cozida de animais infectados	Teníase Cisticercose	Construir instalações sanitárias adequadas. Tratar os esgotos antes da disposição no solo. Inspecionar a carne e ter cuidados na sua preparação.
<b>Helmintos associados à água</b>	Contato da pele com água contaminada	Esquistosomose	Construir instalações sanitárias adequadas. Tratar os esgotos antes do lançamento em curso d'água. Controlar os caramujos. Evitar o contato com a água contaminada.
<b>Insetos vetores relacionados com as fezes</b>	Procriação de insetos em locais contaminados pelas fezes	Filariose (elefantíase)	Combater os insetos transmissores. Eliminar condições que possam favorecer criadouros. Evitar o contato com criadouros e utilizar meios de proteção individual.

Fonte: João Pessoa, 2015.

O aumento populacional e a concentração urbana tem se mostrado um fator de grande impacto no meio ambiente, em especial nos ambientes aquáticos, mesmo em lugares cujos níveis pluviométricos sejam altos, evidenciando a necessidade de planejamento para ações de direcionamento dos esgotos dos centros urbanos, para que o impacto ambiental possa ser menor, garantindo assim, condições para que o meio ambiente possa seguir adiante em suas mudanças e adaptações para manter-se vivo frente a todas as situações (PEREIRA, 2013).

A cidade é o clímax das mudanças visto que, quando uma cidade se constrói, em função da escala e da velocidade do processo de ocupação do solo, a interferência abrupta que provoca no processo natural, reduz as condições de renovação e impede que a natureza consiga absorver tais modificações (MELLO, 1996).

O ambiente natural está desaparecendo das cidades, todas as formas de ocupação de território sem o devido planejamento, rios canalizados, vegetação derrubada, solo impermeabilizado, descarte de resíduos, gera um custo social, muito grande, além de impactar

de forma negativa o meio ambiente. No Brasil vê-se um crescimento urbano acentuado durante as últimas décadas, privilegiando os espaços urbanos. As grandes regiões metropolitanas estão de certa forma gerando cidades de médio e pequeno porte, que passam a ser agentes multiplicadores da degradação ambiental (PEREIRA, 2013).

Segundo Dieese (2016), a evolução dos serviços de água e esgotamento sanitário no Brasil apresentou diferentes configurações ao longo do último século, acompanhando as transformações políticas, econômicas e sociais do País. Sendo possível destacar seis importantes momentos:

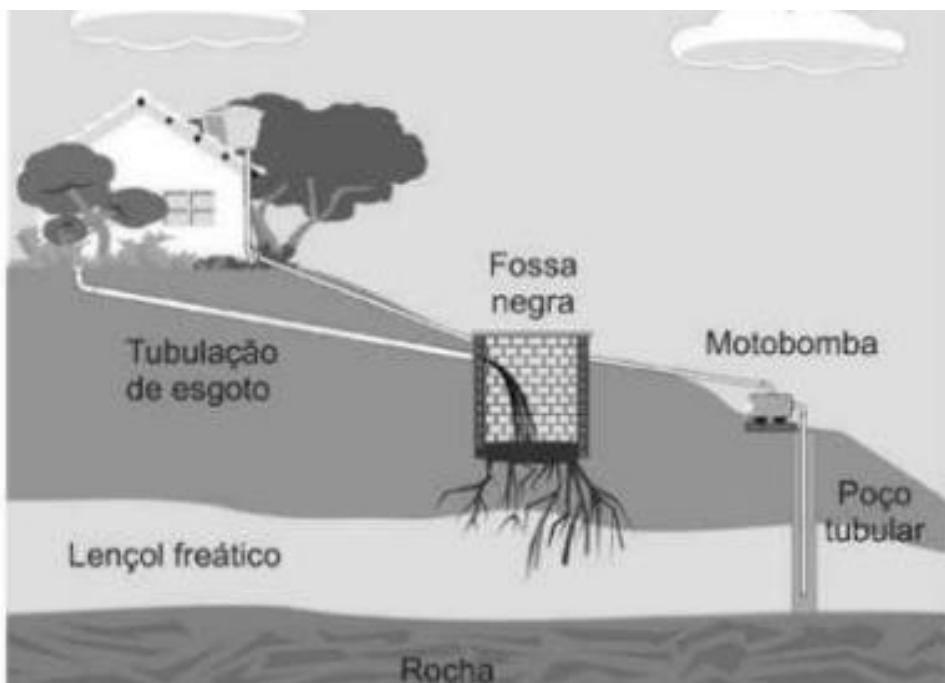
- (a) o uso privado e descontrolado da água até meados da década de 1930;
- (b) maior regulação e participação do Estado, com a prestação do serviço público durante o processo de industrialização que seguiu durante as décadas de 1940 a 1970;
- (c) maior centralização das políticas setoriais e transferência de grande parte da prestação dos serviços municipais para as Companhias Estaduais de Saneamento Básico (Cesbs) durante o regime militar;
- (d) descentralização e maior participação social com o processo de redemocratização;
- (e) tentativa de privatização dos serviços públicos durante o período neoliberal nos anos 1990;
- (f) retomada do planejamento setorial descentralizado com o recente Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab).

Diante das condições gerais do saneamento ambiental no Brasil é importante frisar a necessidade de buscar a universalização dos serviços de saneamento básico e de aumentar a qualidade dos mesmos, de modo a contribuir para melhorar a saúde e o bem-estar da população e tornar o meio ambiente mais saudável. As ações de saneamento reduzem a ocorrência de doenças e evitam danos ao ambiente, especialmente aos solos e corpos hídricos (IBGE, 2011).

A qualidade da água é definida por suas composições físicas, químicas, biológicas e pelo conhecimento dos efeitos que podem causar os seus constituintes. O conjunto destes constituintes permite que se estabeleçam padrões de qualidade, classificando-os, de acordo com seus usos (consumo humano, dessedentação animal, irrigação, industrial, piscicultura, aquicultura, recreação e urbano). A falta de saneamento básico pode também contaminar os recursos hídricos subterrâneos. A disponibilidade dos recursos subterrâneos para determinado tipo de uso depende, fundamentalmente, da qualidade físico-química e bacteriológica da água (FREITAS et al., 2013).

A utilização de poços particulares, cuja qualidade da água não seja confiável é um grande problema que pode gerar doenças. Essa situação é verificada no momento em que o poço seja alimentado por águas subterrâneas provenientes do lençol freático e que estejam comprometidas por alguma contaminação existente, podendo ser de origem industrial ou mesmo domiciliar, como por exemplo, fossas negras, que são "buracos" feitos no solo com o intuito de receber esgoto sem nenhuma forma de proteção, como no caso das fossas sépticas. Desta forma, o efluente infiltra no solo contaminando as águas subterrâneas, caso a fossa seja profunda ou o lençol freático raso (JOÃO PESSOA, 2015). A figura 1 mostra um desenho esquemático do processo de contaminação de um lençol freático.

**Figura 1:** Desenho esquemático de contaminação de lençol freático.



Fonte: João Pessoa, 2015.

### 3.1.1. Plano Municipal de Saneamento de João Pessoa

O Plano Municipal de Saneamento de João Pessoa - PB (PMSBJP), de dezembro de 2015, é composto por três volumes, um apresentando o diagnóstico da situação atual do abastecimento de água, do esgotamento sanitário e da drenagem urbana, o segundo, apresenta um prognóstico e alternativas para a universalização, com as diretrizes, metas, ações, programas, projetos e custos e o terceiro ações de emergência e contingência. Sendo assim, trata-se de um instrumento para atingir os objetivos da Lei Nacional de Saneamento Nº

11.445 de 5 de janeiro de 2007, que tem como principal objetivo a universalização do saneamento básico (JOÃO PESSOA, 2015).

A Política Municipal de Saneamento Básico tem por finalidade assegurar a promoção e proteção da saúde da população e a salubridade do meio ambiente urbano e rural, além de disciplinar o planejamento e a execução das ações, obras e serviços de saneamento básico, estabelecer diretrizes e definir os instrumentos para a regulação e fiscalização da prestação dos serviços de saneamento básico do município de João Pessoa. O Plano contempla, numa perspectiva integrada, a avaliação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos, considerando, além da sustentabilidade ambiental, a sustentabilidade administrativa, financeira e operacional dos serviços e a utilização de tecnologias apropriadas (JOÃO PESSOA, 2015).

O acesso universal aos benefícios gerados pelos serviços de esgotamento sanitário ainda é um desafio a ser alcançado pela sociedade brasileira e a realidade do município de João Pessoa está longe do ideal. Segundo dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2011), se forem considerados os 10 bairros de maior renda domiciliar, o déficit médio dos serviços de esgotamento sanitário é de 2,3 % (porcentagem de habitações que não estejam ligadas à rede coletora pública ou possuam fossa séptica normatizada); enquanto que nos 10 bairros de menor renda domiciliar, esse déficit médio aumentará para 53 %, chegando a 95 % em algumas localidades. Logo, as ações voltadas para a universalização terão, entre os seus objetivos, este de corrigir tal desigualdade social, passando a fazer sentido, assim, o conceito de equidade (JOÃO PESSOA, 2015).

De acordo com o plano e informações fornecidas pela CAGEPA, o município de João Pessoa - PB, em 2015 tem 95 % da população atendida com o sistema de abastecimento de águas e 48,1 % com o esgotamento sanitário, sendo que 78 % dos domicílios que se encontram na zona rural e periurbana do município de João Pessoa, possuem disposição final dos dejetos de forma inadequada, constituindo-se basicamente de fossas rudimentares e de lançamento direto nos cursos d'água. Essa realidade tem reflexo direto na qualidade de vida dessas pessoas, quando passam a observar altos índices de doenças de veiculação hídrica, principalmente, casos de diarreia aguda, além da depreciação da qualidade dos corpos d'água (JOÃO PESSOA, 2015).

Existem ações propostas a serem atendidas de acordo com o Plano Municipal de Saneamento de João Pessoa para a universalização do esgotamento sanitário nas regiões rurais e periurbanas do município até 2037, como se pode ver na tabela 3.

**Tabela 3 – Ações propostas do Programa de Universalização da Cobertura de Atendimento Periurbano e Rural com metas para até 2037.**

PRODUTOS	OBJETIVOS	AÇÕES
Identificações das comunidades de interesse social.	Realizar caracterização socioeconômica das comunidades em estudo.	Identificar e levantar condições socioeconômicas das comunidades. Instruir a formação de uma comissão de moradores eleita pela comunidade, para acompanhar, junto à PMJP, a execução dos programas de assistência. Levantar as instituições governamentais que já possuem trabalhos sendo desenvolvidos na comunidade. Georreferenciar as áreas levantadas. Capacitação dos pesquisadores. Elaborar diagnóstico situacional (uso de questionários).
Elaboração de Projetos básicos e executivos.	Elaborar projetos técnicos de engenharia para esgotamento sanitário de comunidades rurais.	Estudar alternativas de melhorias sanitárias mais adequadas de acordo com as peculiaridades locais. Elaborar projetos de engenharia para cada situação, prevendo a viabilidade técnica, econômica e ambiental. Propor soluções coletivas (ligações domiciliares, rede coletora, elevatórias de esgoto e estações de tratamento) e individualizadas (fossas sépticas, filtro biológico e biodigestores). Levantar os custos para execução de obras. Garantir participação popular em todo processo.
Execução de obras de esgotamento sanitário em meio rural e periurbano.	Melhorar condições sanitárias das comunidades respeitando as peculiaridades locais.	Viabilizar, a partir de projetos, os recursos para execução de obras de melhoria sanitária. Garantir a participação popular durante a execução das obras. Implantar rede coletora de esgotos. Construir estações de tratamento de esgoto coletivas e disposição individualizada quando necessária.

Fonte: João Pessoa, 2015.

### 3.2. Esgoto

Pode-se definir esgoto como o líquido residual de diversas origens e diferentes usos como o doméstico, industrial, utilidades públicas, áreas agrícolas, de superfície, infiltração, pluvial e outros efluentes sanitários (JORDÃO; PESSÔA, 2005).

Os esgotos podem ser classificados em dois grupos: esgoto sanitário e industrial. O esgoto sanitário é originado principalmente de residências, estabelecimentos comerciais, instituições, ou seja, qualquer ambiente o qual possui instalações de banheiros ou uso da água para finalidades pessoais, como cozinhar e lavar roupas. O esgoto industrial pode ser definido como despejo líquido proveniente dos processos industriais (ABNT, 1986).

O esgoto doméstico é composto essencialmente por água de banho, excretas, papel higiênico, restos de comida, sabão, detergentes e águas de lavagem, oriundos das águas servidas de residências, instituições, estabelecimentos comerciais ou quaisquer edificações que disponham de instalações de banheiros, lavanderias e cozinhas (Ministério da Saúde, 1999). O esgoto doméstico possui cerca de 99,9% de água e 0,1% de sólidos. Estes sólidos são compostos por material orgânico, como as proteínas, carboidratos e lipídeos; por material

inorgânico como a amônia, nitrato, ortofosfatos; microorganismos como bactérias, fungos, protozoários, vírus, helmintos, etc. (VON SPERLING, 1996).

Os efluentes que compõem o esgoto doméstico podem ser classificados basicamente em dois tipos: águas negras e águas cinzas. As águas cinzas, provenientes das pias, chuveiros, banheiras e lavanderia, somam o maior volume do esgoto doméstico (RIDDERSTOLPE, 2004).

As águas negras são provenientes exclusivamente do vaso sanitário, contendo basicamente fezes, urina e papel higiênico ou proveniente de dispositivos separadores de fezes e urina, tendo em sua composição grandes quantidades de matéria fecal e papel higiênico. A maior parte da matéria orgânica e nutriente particulados é constituída por sólidos (provenientes de águas marrons, associadas às fezes), e praticamente todos os nutrientes (nitrogênio, fósforo e potássio) são provenientes da urina (OTTERPOHL, 2001).

Na tabela 4 é possível verificar algumas das principais características físico – químicas e microbiológicas das águas negras, segundo diferentes autores (LOTFI, 2016).

**Tabela 4** - Caracterização das águas negras para os parâmetros de turbidez, *E Coli*, coliformes termotolerantes, DBO, Nitrogênio total Kjeldahl (NTK), fósforo total, com respectivas unidades, de acordo com diferentes pesquisadores.

Parâmetro	Unidade	Média	Referência
Turbidez	NTU	481	Bernardes, 2014
		247	Rabêlo, 2011
<i>E. Coli</i>	NMP/100mL	$5,15 \times 10^6$	Bernardes, 2014
Coliformes totais	UFC/100mL	$28,7 \times 10^5$	Rabêlo, 2011
Coliformes termotolerantes		$14,4 \times 10^5$	
DBO5,20	mgO2/L	2000 a 3000	Panikkar, 2003
NTK	Gramas/pessoa/dia	11	Panikkar, 2003
Fósforo total	Gramas/pessoa/dia	1,6	Panikkar, 2003

Fonte: LOTFI, 2016.

A destinação adequada dos dejetos humanos torna-se indispensável para o controle e a prevenção de doenças a eles relacionadas, como a febre tifoide, paratifioide, diarreias infecciosas, amebíase, ancilostomíase, esquistossomose, teníase, ascaridíase, etc. Para isto, as soluções a serem tomadas devem ter os seguintes objetivos (FUNASA, 2006):

- Evitar a poluição do solo e dos corpos hídricos, principalmente os que são utilizados para o abastecimento de água;
- Evitar o contato de vetores com as fezes;

- Propiciar a promoção de novos hábitos de higiene a população;
- Promover o conforto e atender ao senso estético.

### **3.3. Saneamento Ecológico**

Segundo Fonseca (2008), os sistemas denominados de Saneamento Ecológico ou *Ecological Sanitation*, tratam os efluentes domésticos por meio de vários métodos de aplicação, que usam processos físicos, químicos e biológicos, sendo empregados com sucesso no tratamento de esgotos domésticos em países da Europa, África e Ásia. Esse conceito de saneamento ecológico é baseado nas seguintes estratégias:

- Abordagem holística;
- Integração de soluções tecnológicas e de sua gestão;
- Redução da poluição como um processo de longo prazo.

Portanto, integram as contribuições da Economia/Ecologia, da Engenharia/Ecologia e das Tecnologias Sociais.

Visando à simplificação do tratamento do esgoto doméstico, a segregação na fonte é um passo que possibilita a reutilização da água cinza e o tratamento das águas negras em sistemas mais compactos e descentralizados. O conceito de ciclagem de água e nutrientes, envolvendo sistemas com plantas para o tratamento de esgotos é uma ideia comum ao Saneamento Ecológico e à Permacultura (GALBIATI, 2009).

O saneamento ecológico é uma abordagem sistêmica, que representa uma mudança na forma de pensamento e de atuação das pessoas em relação aos esgotos domésticos, reconhecendo a necessidade e os benefícios da promoção da saúde e o bem-estar humano e ambiental, com a proteção e conservação das águas e solos, ao mesmo tempo em que promove o fluxo circular, com a recuperação e reciclagem de nutrientes para a produção de alimentos e ornamentação local (ESREY; ANDERSSON, 2001).

A partir de estudos realizados, pode-se inferir sobre o potencial de utilização das águas negras para dar suporte ao crescimento de plantas, com diversos fins. A reciclagem de nutrientes, através do reaproveitamento das excretas, previne a contaminação direta causada pela descarga de águas negras nos mananciais e demais ecossistemas. Um benefício secundário é que se devolvem os nutrientes ao solo e às plantas, reduzindo-se com isso a necessidade de fertilizantes industriais (Esrey et al., 1998 *apud* GALBIATI, 2009).

De acordo com Siwi (2005), o saneamento ecológico também representa uma das soluções para a queda nas emissões de carbono, além de estar diretamente ligado a três dos oito objetivos de desenvolvimento incluídos nas Metas do Milênio das Nações Unidas, que deveriam ser cumpridas até 2015, que eram: erradicar a extrema pobreza e a fome, reduzir a mortalidade infantil e garantir a sustentabilidade ambiental. Por outro lado atua diretamente na saúde das famílias, por evitar o lançamento a céu aberto das águas cinzas e negras que liberam mau cheiro e acabam sendo habitat de bactérias, fungos, baratas e outros vetores de doenças.

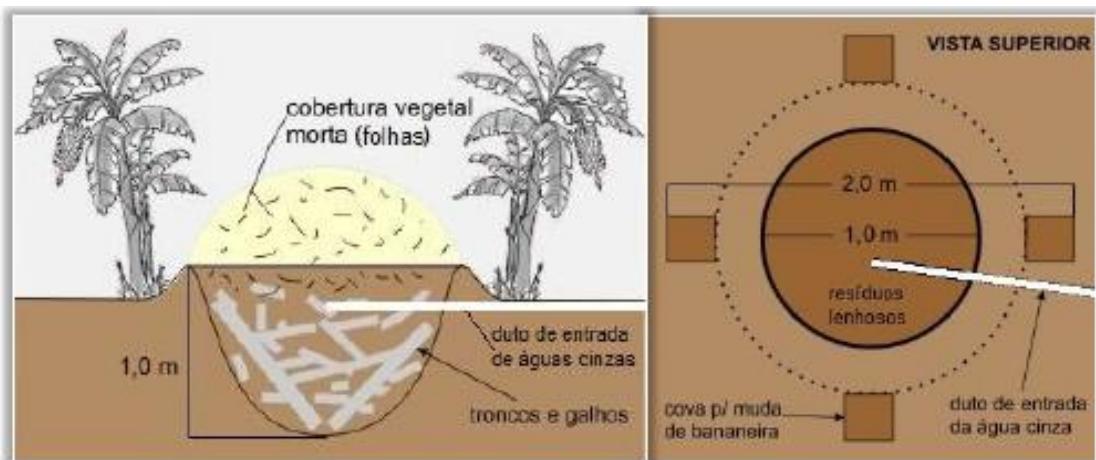
### **3.3.1. Círculo de Bananeiras**

O Círculo de Bananeiras é uma tecnologia permacultural usada para o tratamento e aproveitamento das águas cinzas das residências, utilizando um consórcio de plantas com folhas largas, como bananeiras e mamoeiros, que consomem e evaporam grandes quantidades de água, beneficiando a produção de alimentos. Segundo Vieira (2006 *apud* PAES, 2014):

*“Essa técnica originou-se da observação dos efeitos dos fortes ventos sobre a cultura dos cocos. Em uma clareira os coqueiros caídos davam origem a círculos de coqueiros que nasciam, desenvolviam-se e produziam melhor do que quando sós. O padrão natural observado foi que no centro do círculo se depositavam folhas, ramos, frutos e etc, que retinham a umidade e concentravam nutrientes, beneficiando a cultura dos coqueiros. Dessa observação, passou-se em seguida às experiências com outras culturas, como a da banana”.*

A técnica, apresentada na Figura 2, consiste na escavação de um buraco circular com um metro de circunferência por um metro de profundidade. Este vazio é preenchido com materiais naturais de lenta decomposição, como troncos, galhos, resíduos de coqueiro, entre outros. Direciona-se através de uma tubulação de PVC todas as águas cinzas da residência para dentro do círculo, enchendo a cova até formar uma cúpula, com cerca de trinta centímetros de altura acima do nível do solo, podendo - se utilizar folhas ou palhas para fazer essa cobertura, pois com o passar do tempo o material vai decompor e vai diminuir bastante o volume. Utiliza-se a terra retirada da fossa, preparando-a com adubo natural, para fazer um canteiro ao redor desta. Planta-se as mudas de bananeira a cada 60 cm, no meio do canteiro, alternando com mamoeiros e pode-se preencher os espaços do canteiro com outros tipos de espécies vegetais (PAES, 2014).

**Figura 2:** Desenhos esquemáticos do sistema de tratamento de águas residuárias cinzas do Círculo de Bananeiras.



Fonte: Adaptado de Vieira (2006) *apud* PAES (2014).

### 3.3.2. Tanque de Evapotranspiração (TEvap)

O tanque de evapotranspiração é uma tecnologia proposta por permacultores para tratamento e reuso de águas negras. Consiste em um sistema plantado, no qual os nutrientes do esgoto se incorporam à biomassa da planta e a água é eliminada por evapotranspiração (MANDAI, 2006). A ideia de utilizar o tanque de evapotranspiração chegou ao Brasil através de uma série de cursos ministrados por Scott Pittman no ano de 1992. Após sua aplicação e utilização por permacultores, a técnica passou a ser divulgada e aplicada por diversas pessoas e grupos ambientalistas, sendo aprimorada e inovada ao longo do tempo (IPB, 2010).

O funcionamento do TEvap pode ser assim descrito (Mandai, 2006; Pamplona & Venturi, 2004 *apud* GALBIATI, 2009): o efluente entra pela câmara de recepção, localizada na parte inferior do tanque, permeando, em seguida, as camadas de material cerâmico e pedras. Na câmara de recepção e na camada de material cerâmico, ocorre a digestão anaeróbia do efluente. A camada de material cerâmico poroso é naturalmente colonizada por bactérias que complementam a digestão. Com o aumento do volume de esgoto no tanque, o conteúdo preenche também as camadas superiores, de brita e areia, até atingir a camada de solo acima, através da qual se move por ascensão capilar até a superfície, onde a água e nutrientes alcançam as raízes das plantas, liberando-a por evapotranspiração e absorvem os nutrientes incorporando-os na sua biomassa. Durante esse trajeto, o efluente é mineralizado e filtrado, através de processos anaeróbios de decomposição microbiana.

A manutenção do sistema consiste na colheita de frutos, retirada do excesso de mudas, podas e retirada de partes secas de plantas. Os principais processos físicos, químicos e biológicos envolvidos no funcionamento do TEvap são precipitação e sedimentação de sólidos, degradação microbiana anaeróbia, decomposição aeróbia, movimentação da água por capilaridade e absorção de água e nutrientes pelas plantas. A evapotranspiração elimina a água de dentro do sistema através da transpiração realizada pelas plantas e evaporação natural da água contida no tanque sendo que os nutrientes são absorvidos pelas raízes das plantas (PAULO E BERNARDES, 2008).

A instalação do TEvap de acordo com Rodoni (2011), tem adequações para a construção do tanque, tais como:

a) Orientação em relação ao sol – como a evapotranspiração depende em grande parte da incidência do sol, o tanque deve ser orientado para o Norte (no hemisfério Sul) e sem obstáculos, como árvores altas próximas ao tanque, tanto para não fazer sombra, como para permitir ventilação.

b) Dimensionamento – pela prática, observa-se que 2m<sup>3</sup> de tanque para cada morador é o suficiente para que o sistema funcione sem extravasamentos. A forma de dimensionamento da bacia é largura de 2m e profundidade de até no máximo 1,5m. O comprimento, então, é igual ao número de moradores na casa.

c) Tanque – pode-se construir o tanque de diversas maneiras, mas visando à economia. O método mais indicado de construção das paredes e do fundo é o ferro-cimento. Isso permite que as paredes fiquem mais leves, levando menor quantidade de material. O ferrocimento é uma técnica de construção com grade de ferro e tela de “viveiro” – diâmetro de 15 mm – coberta com argamassa. A argamassa da parede deve ser de duas (2) partes de areia, por uma (1) parte de cimento; e a argamassa do piso deve ser três (3) partes de areia por uma (1) parte de cimento, com espessura de 2 cm. Pode-se usar uma camada de concreto sob (embaixo) o piso, caso o solo não seja muito firme.

d) Câmara Anaeróbica – depois de pronto o tanque e assegurada a sua impermeabilidade vem a construção da câmara, fazendo o uso de pneus usados e entulho de obra. A câmara é composta do duto de pneus e de tijolos inteiros alinhados ou cacos de tijolos, telhas e pedras, colocados até a altura dos pneus. Isto cria um ambiente com espaço livre para a água e beneficia a proliferação de bactérias que quebrarão os sólidos em moléculas de nutrientes. Como o pneu pode liberar metais, quem tiver condições poderá construir a câmara de alvenaria, desde que na parte superior os tijolos estejam com os orifícios abertos para a parte de metralha lateral à câmara, para que a água possa sair.

e) Tubo de inspeção e camadas porosas de materiais – deve-se afixar o tubo de inspeção (100 mm de diâmetro), penetrando a câmara de pneus. São colocadas também as camadas de brita (10 cm), areia (10 cm) e solo (35 cm) até o limite superior do tanque. Procura-se utilizar um solo rico em matéria orgânica e de aspecto mais arenoso que argiloso.

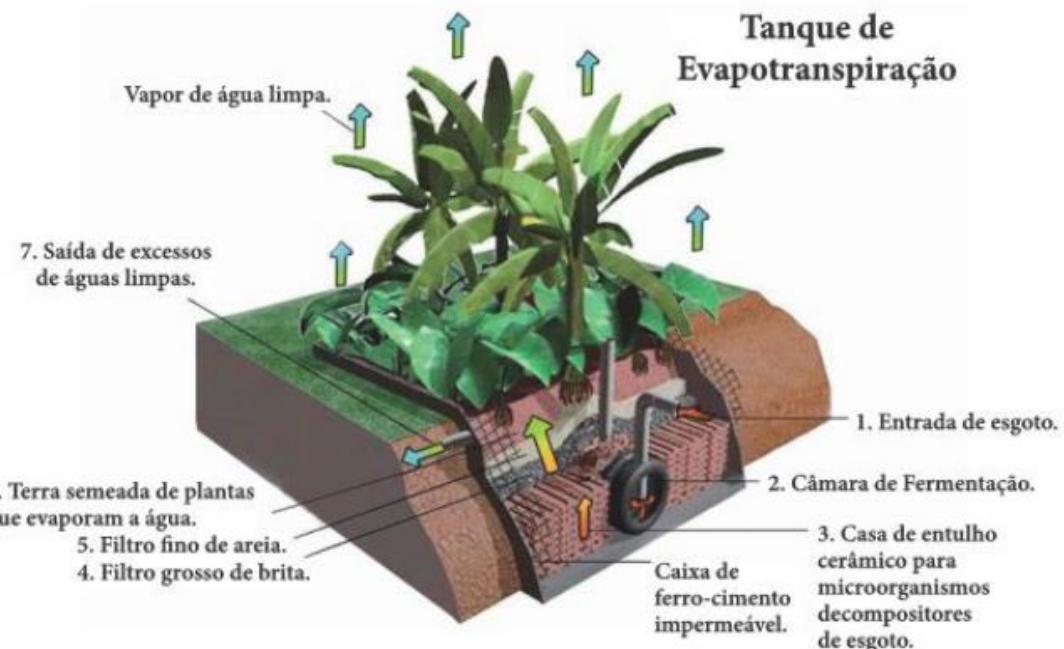
f) Proteção e tubo extravasamento – como o tanque não tem tampa, para evitar alagamento pela chuva, a superfície do solo do tanque tem que ser abaulada, mais alta no centro, acima do nível da borda, coberto com palhas; todas as folhas que caem das plantas e as aparas de gramas e podas são colocadas sobre o tanque para formar um colchão por onde a água da chuva escorre para fora do sistema. Para evitar escoamento superficial da água da chuva para dentro do sistema, é aberta uma vala ao redor do tanque, com 25 cm de profundidade ou é colocada uma borda (cerca de 10 cm de altura) de tijolos ou blocos de concreto ao redor do TEvap para que esta fique mais alta que o nível do terreno; impedindo que a água proveniente do terreno escorra para o interior do tanque. O tubo deve ser posicionado 10 cm abaixo da superfície do solo do tanque.

g) Plantio – algumas espécies recomendadas para introdução do TEvap são: ornamentais como copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica*); maria-sem-vergonha (*Impatiens walleriana*); lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium*); caeté banana (*Heliconia* spp.) e junco (*Zizanopsis bonariensis*) e alimentares, como a bananeira (*Musa* spp.). Outras plantas, com hortaliças poderão ser plantadas sobre o TEvap.

h) Disposição de deflúvio – o tubo de drenagem, de 50mm de diâmetro será conectado a um canteiro de infiltração e de evapotranspiração ou a uma vela de infiltração para disposição final do efluente extravasado, em caso disso se verificar.

A Figura 3 mostra um corte transversal do tanque de evapotranspiração com seus respectivos materiais utilizados, bem como funcionamento de seu sistema.

**Figura 3:** Corte em perspectiva do TEvap



Fonte: Adaptado de GABIATI, 2009.

Os frutos e folhas comestíveis produzidos no TEvap podem ser consumidos por humanos, após sua correta higienização. O TEvap pode ser utilizado para compor o paisagismo dos quintais, escolhendo-se espécies de plantas com potencial ornamental (GALBIATI, 2009).

Dessa forma, as águas residuárias sofrem um tratamento biológico, seja no círculo de bananeiras, seja no tanque de evapotranspiração, os microorganismos presentes (bactérias e fungos) decompõem a matéria orgânica, liberando nutrientes, que são absorvidos pelas raízes das plantas e o excesso de água evapotranspirado para a atmosfera, na forma de água pura. Assim, este tipo de tratamento transforma águas residuárias altamente impactantes negativamente, quando descartadas no ambiente, em nutrientes utilizáveis pelas plantas produzidas (bananeiras e outras) e liberando para a atmosfera a água tratada (PAES et al, 2014).

Segundo COSTA (2014), o volume de entrada da chuva no tanque de evapotranspiração é estimado a partir da multiplicação dos valores pluviométricos pela área do tanque, considerando-se que toda a chuva incidente sobre o tanque penetrou no sistema.

## 4. METODOLOGIA

Este trabalho trata-se de uma proposta aplicada. Foi composta pelas seguintes etapas:

- Revisão bibliográfica;
- Visitas de campo e entrevista com os proprietários;
- Dimensionamento e construção dos sistemas de tratamento de esgoto em escala real.

### 4.1. Área de Estudo

O estudo foi realizado em uma propriedade periurbana no município de João Pessoa – PB, no bairro de Mangabeira, a 1,2 Km do Campus V da Universidade Federal da Paraíba, e as margens do Rio Cabelo, coordenadas geográficas 7°09'46.9"S 34°48'33.6"W. O local foi escolhido devido à inexistência de rede de esgotamento sanitário e utilização inapropriada de fossas com construção em alvenaria mais não impermeáveis, que contribuem para contaminação do solo, águas superficiais e subterrâneas (Figura 4).

**Figura 4:** Localização da propriedade onde foi implantado o Círculo de Bananeiras e TEvap.



Fonte: Google Earth, 2017.

Para a realização do presente estudo, foi construído no local um sistema de tratamento para águas cinzas e águas negras, composto por um círculo de bananeiras e um TEvap, como parte do projeto de doutorado “Biorremediação de Rios Urbanos”, vinculado ao PRODEMA (Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente) da Universidade

Federal da Paraíba (UFPB), apoiado pelo LABEA (Laboratório de Ecologia Aquática) e Instituto ECCUS (Educação Cidadania Cultura da Sustentabilidade). Cerca de 10 pessoas ajudam quinzenalmente na construção de fossas ecológicas, que faz parte de uma das etapas da revitalização do rio do Cabelo entre as comunidades ribeirinhas. Outra razão que motivou a execução do presente estudo foi o fato dos proprietários serem bastante interessados e envolvidos em questões ambientais, o que fez com que participassem da construção dos sistemas ecológicos.

#### **4.2. Diagnóstico da Propriedade**

Por meio de visitas ao local e conversas com os proprietários foi possível identificar as condições de saneamento no local, bem como a disposição dos resíduos líquidos. Na propriedade moram duas pessoas, o casal, que tem dois filhos que vão com frequência lá. O senhor trabalha como pedreiro, enquanto sua esposa cuida da propriedade. Na propriedade eles têm criação de animais (galinha, pato, gado, cachorro, entre outros) e plantam para consumo próprio.

O abastecimento de água é feito através de dois poços artesianos, sendo um para consumo e o outro para fins de utilização doméstica, e os efluentes domésticos provenientes de pia, chuveiro e lavanderia eram destinados a céu aberto, direcionados para as plantas, porém quando chovia, os nutrientes armazenados no solo escorriam para o rio do Cabelo. As águas do vaso sanitário eram destinadas para uma fossa construída em alvenaria sem nenhum tipo de impermeabilizante, o que compromete a qualidade da água dos poços. O primeiro poço construído era mais raso e tornou-se impróprio, pelo que foi escavado o segundo poço mais profundo, para abastecimento da casa. Provavelmente a fossa vazada, foi o motivo da contaminação do lençol freático e da inutilização do primeiro poço. A propriedade fica nas margens do rio do Cabelo, que se enquadra de acordo com a resolução CONAMA 357/2005 como um rio de Classe 2 de qualidade (águas destinadas a: a) abastecimento doméstico, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho); d) à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas; e) criação natural e a intensiva e/ou aquicultura de espécies destinadas à alimentação humana), porém eles não utilizam a água do rio para nenhum fim, alegando que o mesmo é contaminado, por receber esgoto do presídio de Mangabeira, assim como esporadicamente água de esgoto lançada pela CAGEPA, quando a bomba de Mangabeira VI não funciona.

Nesses períodos em que ocorre o lançamento excessivo de esgoto no rio, os moradores relatam mau cheiro na água e mortalidade de peixes em grande quantidade.

#### **4.3. Círculo de Bananeiras**

O círculo de bananeiras é uma das alternativas apresentadas pelo saneamento básico ecológico, sendo uma alternativa simples e de baixo custo, é utilizado para o tratamento de águas cinzas, oriundos de pias, chuveiros e lavanderia. Tem como tamanho padrão suficiente de 1 metro cúbico ( $m^3$ ) para uma família de 3 a 5 pessoas, preenchido com camadas de madeira, cascas de coco, folhas secas, etc. Ao redor são plantados espécies de alto consumo de água, como as bananeiras.

Para a construção desse sistema na propriedade, utilizou-se: chibanca, enxada, pá, facão, tubos de PVC, cavou-se um buraco com dimensões recomendadas de 1 metro cúbico ( $m^3$ ). Não são indicados sistemas com dimensões maiores. Após esse procedimento, são adicionadas madeiras velhas, materiais lenhosos, cascas de coco, palhas de coqueiro e folhas dos quintais, entre outros materiais, com o objetivo de criar condições favoráveis para o recebimento dos efluentes domésticos e para a atividade de decomposição dos microorganismos.

As águas cinzas são conduzidas para o círculo de bananeiras por meio de uma tubulação de PVC. Ao redor do círculo, são plantadas algumas espécies de bananeiras formando um círculo, essas plantas possuem elevado consumo de água e alta taxa de evapotranspiração, para a absorção dos efluentes e retorno de água pura para a atmosfera na forma de vapor.

Para a manutenção do sistema é necessário sempre colocar aparas de poda (grama, capim, galhos, palhas de coqueiro) no centro para alimentar o círculo e evitar que o buraco seja inundado com a água da chuva.

#### **4.4. Tanque de Evapotranspiração (TEvap)**

Para a construção do tanque de evapotranspiração foram utilizados chibanca, enxada, pá, carro de mão, cimento, impermeabilizante, areia, tela plástica, brita, colher de pedreiro, tubos de PVC de 100 mm e conexões e de 50 mm e tampões, além de pneus velhos, entulhos da construção civil e garrafas de vidro e plásticas tipo Pet de 2 litros, entre outros materiais. A

referida estrutura é utilizada apenas para o tratamento de águas negras (efluentes de vasos sanitários).

Para o cálculo da vazão de entrada no sistema leva-se em consideração o esgoto do vaso sanitário e a parcela de água pluvial (precipitação direta sobre o TEvap). Essa vazão é calculada levando em conta a quantidade de pessoas que moram na casa, a quantidade de vezes (média) que as pessoas utilizam o vaso sanitário por dia e a capacidade da caixa de descarga utilizada no banheiro. Os valores referentes aos dados pluviométricos podem ser obtidos através dos dados fornecidos pela AESA de acordo com posto pluviométrico João Pessoa/Mangabeira que é o mais próximo da propriedade.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Entrevista com os Proprietários

A entrevista fez parte da fase inicial do projeto para a construção dos sistemas de tratamento de efluentes domésticos, quando foi explicado aos moradores como seria a construção, funcionamento, manutenção e os benefícios que os mesmos trariam (Figura 5). Através de conversas, aplicação de questionário e visitas ao local foi possível identificar os problemas existentes na propriedade devido à falta de saneamento básico, bem como a percepção dos moradores com relação a problemática existente.

**Figura 5:** Entrevista e exposição do projeto para os moradores da propriedade.



Foto: Oliveira, 2016.

No que se refere às informações sobre os serviços de saneamento básico, a propriedade possui uma fossa construída em alvenaria, mas sem nenhum tipo de impermeabilizante que recebe os efluentes provenientes do vaso sanitário, causando poluição das águas subterrâneas, já as águas cinzas geralmente são utilizadas para regar plantas e/ou lançadas no solo. O abastecimento é feito através de poços artesianos, um de 19 metros de profundidade utilizado para consumo e um de 6 metros para fins domésticos. A água do Rio do Cabelo não é utilizada, porém, há cerca de 15 anos, eles a utilizavam para pesca, banho, irrigação e até mesmo para o consumo, eles também relataram alguns casos de doenças que foram contraídas por meio do rio, por outras pessoas no passado, como esquistossomose e paludismo (malária). Com relação aos resíduos sólidos, existe coleta no local três vezes por

semana realizada pela EMLUR, já os resíduos orgânicos são reutilizados para adubar as plantas, para a alimentação dos animais e também ocorre a queima das folhas e podas.

## 5.2. Círculo de Bananeiras

O círculo de bananeiras foi cavado manualmente e construído na propriedade com as dimensões de 1 metro (m) de diâmetro por 1 metro (m) de profundidade (Figura 6 A, B). A vala foi preenchida com material orgânico, uma camada de 25 cm de cascas de coco seco, uma camada de 25 cm de pedaços de madeira, galhos secos de árvores, mais uma camada de 25 cm de cascas de coco seco, mais uma camada de 25 cm de pedaços de madeira, galhos secos de árvores (Figura 6 C, D). Após essa etapa, foi instalada uma tubulação de PVC abaixo da superfície do solo para o direcionamento do esgoto proveniente do chuveiro e pias (banheiro e cozinha) até o centro do buraco (Figura 6 E). Por fim, em sua superfície colocou-se uma camada densa de folhas secas e palhas de coqueiro e foram colocadas garrafas de vidro na borda do círculo com o objetivo de prevenir a entrada de água e terra em períodos de grandes eventos de chuva (Figura 6 F). O local escolhido para a construção do círculo de bananeiras já dispunha de mudas de bananeiras, sendo a vala construída no meio delas, desta forma não foi necessário a plantação de novas mudas.

**Figura 6:** Etapas da construção do círculo de bananeiras (A, B, C, D), o direcionamento das águas cinzas (E) e a finalização do processo (F).





Fotos: Moura; Oliveira; Silva, 2016.

Após a ligação da tubulação que leva as águas cinzas da casa até o círculo de bananeiras, ficou sendo feita a manutenção do sistema a cada quinze (15) dias, devido às chuvas que ocorreram no período um certo volume de terra acabava ficando amotoado em cima do sistema, tornando-o pouco eficiente, então foi necessário a retirada da terra e camada superior e recolocação de cascas secas de coco, folhas e palhas de coqueiro.

Durante o processo de construção, os moradores receberam orientações a respeito da correta manutenção desses tipos de fossas, como a constante reposição de folhas na parte superior do círculo.

A bananeira é uma planta de crescimento rápido e requer, para seu desenvolvimento e produção, quantidades adequadas de nutrientes disponíveis no solo. Embora parte das necessidades nutricionais possa ser suprida pelo próprio solo e pelos resíduos das colheitas, na

maioria das vezes é necessário aplicar calcário e fertilizantes para a obtenção de produções economicamente rentáveis (BORGES; SOUZA, 2004).

Como todo o sistema vivo, é importante levar em conta que a maioria absoluta dos detergentes, sabões em pó e sabonetes de banho, e produtos de limpeza doméstico contém uma infinidade de contaminantes químicos que prejudicam o crescimento, e de fato a vida de espécies vegetais e animais (MARTINETTI et al., 2009). De acordo com May (2008) a composição das águas cinza está intimamente ligada com o comportamento dos usuários das águas, sendo que as características físicas, químicas e biológicas desses efluentes apresentam peculiaridades para diferentes localidades, estilos de vida, costumes e utilizações de produtos químicos. As tabelas 5 e 6 sintetizam uma série de variáveis encontradas na caracterização de águas cinza em estudos internacionais e nacionais.

**Tabela 5** – Caracterização internacional de águas cinzas para os parâmetros de turbidez, nitrogênio total, fósforo total, DBO, coliformes termotolerantes e *Streptococcus faecalis*, de acordo com a fonte de geração e o país, para diferentes pesquisadores.

VARIÁVEL	Fonte de Geração	Valor ou faixa de valor	País	Referência
<b>Turbidez (uT)</b>	Banheiro	60 a 240	Austrália	Christova-Boal et al. (1996)
	Lavanderia	50 a 210		
<b>Nitrogênio total (mg/L)</b>	Chuveiro/Banheira	17	EUA	Butleret al, (2005)
	Lava roupas	21		
	Enxague de roupa	6		
	Pia de Cozinha	74		
	Lava louças	40		
<b>Fósforo Total (mg/L)</b>	Chuveiro/Banheira	2	EUA	Butleret al, (2005)
	Lava roupas	57		
	Enxague de roupa	21		
	Pia de Cozinha	74		
	Lava louças	68		
<b>DBO<sub>5,20</sub> (mg O<sub>2</sub>/L)</b>	Chuveiro/Banheira	170	EUA	Siegrist et al (1976) apud Eriksson et al. (2002)
	Lava roupas	380		
	Enxague de roupa	150		
	Pia de Cozinha	1460		
	Lava louças	1040		
<b>Coliformes termotolerantes (UFC/100 mL)</b>	Pia de Cozinha	$1,3 \times 10^5$ a $2,5 \times 10^8$	-	Eriksson et al. (2002)
	Lavagem de roupa	$1,6 \times 10^4$ a $9 \times 10^4$		
	Chuveiro/Banheira	$3 \times 10^3$		
<b>Streptococcus faecalis (UFC/100 mL)</b>	Pia de Cozinha	$5,15 \times 10^8$	-	Eriksson et al. (2002)
	Lavagem de roupa	$10^6$ a $1,3 \times 10^6$		
	Chuveiro/Banheira	$1 \times 7 \times 10^4$		

Fonte: LOTFI, 2016.

**Tabela 6** – Caracterização nacional de águas cinzas para os parâmetros de turbidez, NTK, fósforo total, DBO, coliformes termotolerantes e *E. Coli*, de acordo com a fonte de geração e a cidade, para diferentes pesquisadores.

VARIÁVEL	FONTE DE GERAÇÃO	VALOR OU FAIXA DE VALOR	CIDADE	REFERÊNCIA
Turbidez (uT)	Banheiro	2 a 189	Curitiba (PR)	Borges (2003)
NTK (mg/L)	Lavatório	5,6	Vitória (ES)	Bazzarella (2005)
	Chuveiro	3,4		
	Tanque	10,3		
	Máquina de lavar	3,6		
	Cozinha	13,7		
	Misturada	6,6		
	Lavatório	0,6		
Fósforo Total (mg/L)	Chuveiro	0,2	Vitória (ES)	Bazzarella (2005)
	Tanque	17,7		
	Máquina de lavar	14,4		
	Cozinha	9,1		
	Misturada	9		
	Lavatório	265		
DBO <sub>5,20</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	Chuveiro	165	Vitória (ES)	Bazzarella (2005)
	Tanque	570		
	Máquina de lavar	184		
	Cozinha	633		
	Misturada	571		
	Lavatório	1,35x10 <sup>2</sup>		
Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	Chuveiro	3,95x10 <sup>4</sup>	Vitória (ES)	Bazzarella (2005)
	Tanque	2,06x10 <sup>2</sup>		
	Máquina de lavar	5,37x10 <sup>0</sup>		
	Cozinha	1,47x10 <sup>3</sup>		
	Misturada	6,14x10 <sup>4</sup>		
	Lavatório	1,01x10 <sup>1</sup>		
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL)	Chuveiro	2,63x10 <sup>4</sup>	Vitória (ES)	Bazzarella (2005)
	Tanque	2,87x10 <sup>1</sup>		
	Máquina de lavar	2,73x10 <sup>1</sup>		
	Cozinha	6,47x10 <sup>2</sup>		
	Misturada	3,25x10 <sup>4</sup>		

Fonte: LOTFI, 2016.

Essa caracterização, não inclui alguns tóxicos que possam estar presentes nos produtos de limpeza. Como o sistema do círculo de bananeiras é um sistema vivo, é importante que as pessoas sejam orientadas ao não uso de produtos químicos fortes, o que poderia causar mortalidade das bactérias que fazem a decomposição da matéria orgânica, comprometendo o sistema de biotratamento.

### 5.3. Tanque de Evapotranspiração

Como a propriedade tem duas pessoas fixas, mas quase sempre tem outras pessoa frequentando a casa, então o TEvap foi dimensionado para 3 pessoas, sendo construído com uma área de 6 m<sup>2</sup> e profundidade de 1,4 m. O tanque foi cavado manualmente nas dimensões de 3m x 2m x 1,4m, respectivamente a comprimento, largura e profundidade. Em seguida foi revestido com cimento, impermeabilizante, tela de estuque e grampos. (Figura 7 A, B, C, D, E, F, G).

Dessa forma, tem-se que o volume útil do tanque é  $2 \times 3 \times 1,4 = 8,4 \text{ m}^3$ .

**Figura 7:** Etapas da construção do TEVAP (A, B, C, D), dimensão do tanque (E) até o processo de cimentação (F) e a inserção da tela e dos grampos (G).



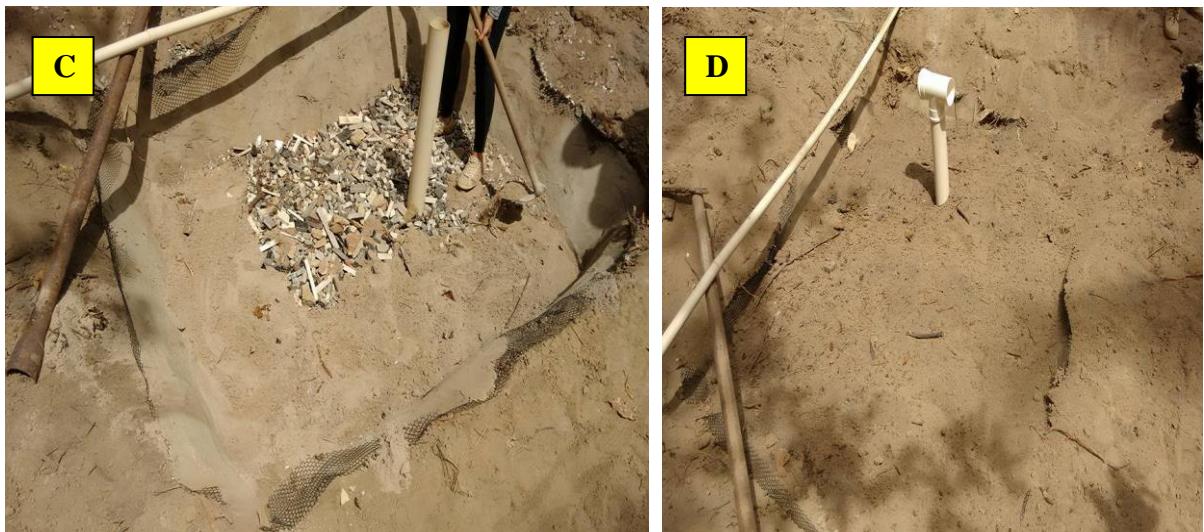


Fotos: Moura; Oliveira, 2016.

Após a impermeabilização, foi colocada uma fileira alinhada de pneus posicionados longitudinalmente no fundo do tanque formando um tubo, sem nenhum tipo de rejunte, de forma que pudesse receber o efluente bruto do sanitário da residência, para que o mesmo passe pelos pneus. A tubulação de entrada foi posicionada para dentro do tubo. Foram utilizados 8 pneus velhos que seriam descartados inadequadamente no meio ambiente. Posteriormente, iniciou-se a construção das camadas filtrantes, foram colocadas camadas de entulho (70 cm) cobrindo todo o fundo do tanque, depois foram colocadas as camadas de brita (30 cm), areia (25 cm) e solo (25 cm) (Figura 8 (A, B, C, D)).

**Figura 8:** Processo de preenchimento do tanque de Evapotranspiração com os pneus e camadas filtrantes (A, B, C, D).





Fotos: Oliveira; Silva, 2016.

Em seguida, foi inserido um tubo de visita de 50 mm de diâmetro que é responsável pela saída dos gases da decomposição anaeróbia no sistema. No final foi construída uma borda voltada para fora do tanque com o objetivo de prevenir a entrada de água e terra em períodos de grandes eventos de chuva, utilizando garrafas PET de 2 litros (cheias de água para garantir uma maior resistência e durabilidade) e garrafas de vidro (Figura 9). A ligação do esgoto do vaso sanitário da casa até o TEvap foi feita no dia 02/02/2017.

**Figura 9:** Construção da borda do tanque de evapotranspiração com utilização de garrafas PET.



**Foto:** Silva, 2017.

Finalizando a implantação do TEvap, iniciou-se a plantação de espécies vegetais de crescimento rápido e alta demanda hídrica na superfície do tanque, com duas mudas de

bananeiras e um mamoeiro (foram plantados no sistema no dia 06/04/2017) (Figura 10 A). Os outros tipos de vegetais consumidos pelos moradores, tais como coentro, alface, repolho, couve e cebolinha foram plantados em 20/04/2017, onde também foi colocada uma tela ao redor do tanque devido às interferências dos animais existentes na propriedade (Figura 10 B).

**Figura 10:** Etapa de plantação de duas mudas de bananeira, um pé de mamoeiro (A), vegetais e resultado final da montagem da tela ao redor do tanque (B).



Fotos: Silva, 2017.

O cultivo de alimentos ainda está em fase inicial, sendo que em um mês após a plantação dos vegetais, obteve-se êxito nas plantações de coentro, alface, repolho e couve, o único que não teve resultados satisfatórios foi à cebolinha, talvez devido às interferências de grandes chuvas que ocorreram durante o período de germinação das sementes ou porque o solo do local não é adequado a essa espécie ou pela inviabilidade das sementes (Figura 11).

**Figura 11:** Crescimento dos vegetais e mamoeiro em 20/05/2017.



Foto: Silva, 2017.

De acordo com uma pesquisa elaborada por BENJAMIN (2013), em análises realizadas no solo, nas folhas e nos frutos das bananeiras produzidas neste sistema de saneamento, não foram detectados coliformes totais, termotolerantes nem *Salmonella* spp.

Estudos feitos por diversos autores comprovam a eficiência na remoção em termos de microorganismos nas folhas e frutos dos alimentos produzidos no TEvap, porém ainda é necessário novos estudos com relação aos metais pesados, emergentes, e outros poluentes que possam estar presentes nas folhas e frutos.

Segundo Sperling (2005), a passagem do esgoto pelas camadas de areia e solo permite uma boa remoção da turbidez e dos sólidos totais, isso pode ocorrer também por apresentar fluxo ascendente, neste contexto pode-se afirmar o mesmo em relação aos níveis de DBO e DQO, portanto a eficácia do tanque é comprovada a partir do momento em que o esgoto analisado no solo está isento de patogenicidades e ainda que o extravasamento do mesmo é quase inexistente. SANTOS (2013) afirma que esse tipo de sistema possui vida útil de 15 anos e pode ser drenado retirando - se o lodo do interior do tanque.

A vazão de entrada do tanque foi calculada para uma casa com 3 pessoas. A caixa de descarga da casa tem capacidade de 6 litros, e foi considerado que as pessoas utilizam em média o vaso sanitário 5 vezes ao dia. Sendo assim o consumo *per capita* de 30 L/hab.dia.

$$Q = 30 \text{ (L/hab.dia)} \times 3 \text{ (hab.)} = 90 \text{ L/dia} = 0,09 \text{ m}^3/\text{dia} \text{ de esgoto sanitário}$$

Ou seja, entrará no sistema uma média de 90 L/dia de esgoto sanitário.

Para saber a vazão referente às interferencias pluviométricas no sistema, foi considerado os dados referentes ao periodo chuvoso do municipio de João Pessoa, que é entre março e junho, então foi escolhido o mês com maior volume de chuva do ano de 2016 para um comparativo, já que os dados necessários para o ano de 2017 ainda não foram disponibilizados pela AESA. Será feita uma estimativa de quanto de vazão entrará no sistema para o dia mais chuvoso do ano, de que forma se comportara o tanque.

$$Q_{\text{Pluviosidade}} = \sum_{\text{pluviosidade}} \text{mês de maio 2016 (mm)} / 31 \text{ dias} \times 6 \text{ m}^2 = 66,6 \text{ L/dia.}$$

Portanto, a vazão média total de entrada no sistema no dia mais chuvoso do ano será de:

$$Q_{\text{total de entrada}} = 90 \text{ L/dia} + 66,6 \text{ L/dia} = 156,6 \text{ L/dia.}$$

Castagna (s/d *apud* PAES, 2014) elucidou que bananeiras evapotranspiram uma grande quantidade de águas, de 15 (quinze) até 80 (oitenta) litros diariamente, de acordo com a estação do ano, variedade, clima e local, etc.

Desta forma, pode-se constatar que o TEvap é um sistema eficiente para o tratamento de águas negras e provavelmente ele não encherá, pois parcela da água que entra, sairá em forma de vapor do sistema, voltando para a atmosfera na forma de água pura, tanto pelas 2 mudas de bananeiras, como pelo mamoeiro e outros vegetais que foram plantados em sua superfície.

## 6. CONCLUSÕES

Os serviços de saneamento básico são considerados essenciais para a saúde das pessoas e para a manutenção da qualidade ambiental, em João Pessoa ainda há um considerável déficit nessa questão, principalmente nas áreas rurais e periurbanas de seu município.

Portanto, os sistemas de tratamento ecológico mostraram-se bastantes eficientes e viáveis para locais que não dispõem de redes coletoras de esgoto. Eles têm baixo custo em sua construção, e são de fácil manutenção, diminuindo a poluição difusa originada por esgotos domésticos e consequentemente contribuindo com a melhoria da qualidade da água do rio, auxiliando na redução de doenças ocasionadas por falta de saneamento, na produção de alimentos e no reaproveitamento de entulhos e pneus que são materiais de difícil decomposição e seriam descartados de forma inadequada no meio ambiente, sendo desta forma é uma tecnologia de baixo impacto e fácil disseminação.

Sendo uma ação integrada entre a comunidade e o meio ambiente, ressalta-se o interesse e participação dos moradores da propriedade, tanto em relação à recuperação do rio como no processo de implantação do círculo de bananeiras e tanque de evapotranspiração, sendo fundamentais, pois, possibilita a redução da carga poluidora que seria direcionada para o rio do Cabelo contribuindo para a reabilitação de seus antigos usos, além de proporcionar melhorias ao bem estar dos moradores e de toda comunidade ribeirinha.

É de extrema importância às intervenções contínuas em todo curso do rio, inclusive no trecho próximo ao Complexo Penitenciário de Mangabeira - João Pessoa/PB, sendo que a responsabilidade de preservação também compete a instituições públicas do município.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. . **NBR 9648:** Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.
- ARSEGO, N. R; FAUST, D. **Avaliação da eficiência do tratamento de esgoto por estação de zonas de raízes.** 2014. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2014.
- BENJAMIN, A.M. **Bacia de evapotranspiração tratamento de efluentes domésticos e de produção de alimentos.** 2013. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Lavras. 50 p.
- BORGES, A.; SOUZA, L. da S. **O cultivo da bananeira.** Cruz das Almas: EMBRAPA, 2004. 279 p.
- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília, DF: Senado, 1988.
- BRASIL. **LEI 11.445**, de 5 de Janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm)>. Acessado em: 16/04/2017
- BRASIL. SNIS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto - 2015.** Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos>>. Acessado em: 16/04/2017.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **CONAMA 430:** Resolução CONAMA N° 430. Brasília: Conama, 2011.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **CONAMA 357:** Resolução CONAMA N° 357. Brasília: Conama, 2005.
- COSTA, A.P. **Estudo de tecnologias sociais visando o tratamento do esgoto doméstico de unidade familiar – Assentamento Nova São Carlos – São Carlos/SP.** 71 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2014.
- DIEESE. Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos. **Visão Geral dos serviços de água e esgotamento sanitário no Brasil.** 2016. Disponível em: <<https://www.dieese.org.br/estudosepesquisas/2016/estPesq82Saneamento.pdf>>. Acessado em: 08/05/2017.
- ESREY, S. A.; ANDERSSON, I.. **Ecological Sanitation-Closing the loop.** *RUAF, Resource Centre on Urban Agriculture and Forestry* 3: 1-3, 2001.
- FONSECA, A. R.. **Tecnologias Sociais e ecológicas aplicadas ao tratamento de esgoto no Brasil,** 2008. 192 f. Dissertação (Mestrado de saúde Pública) – Escola Nacional de Saúde

Pública Sergio Arouca da Fundação Oswaldo Cruz – ENSP/ FIOCRUZ, 2008. Disponível em: <<http://bvssp.icict.fiocruz.br/pdf/Fonsecaarm.pdf>>. Acessado em: 28/04/2017.

FREITAS, H. B.; SILVA, C. T. S. da, SILVA, F. J. F. da, SILVA, K. de F. N. L.; FERREIRA, L. C. C.; NOGUEIRA, J. L. S.; SANTOS, F. S. S. dos. **Avaliação do Monitoramento das Águas Subterrâneas Usadas para Abastecimento Humano na Comunidade de Morrinhos, Aracati–Ceará**. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Rio Grande do Sul, 2013. Disponível em: <<http://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/e2aa5f493922955ee6ea4fc58173>>. Acessado em: 08/05/2017.

**FUNASA. Manual de Saneamento.** 4<sup>a</sup>Ed. Brasília: Fundação Nacional da Saúde, 2006.

GALBIATI, A. F. **Tecnologias em Tratamento de Esgotos Domésticos**. 2009. 38 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Centro de Ciências Exatas e Tecnologia. Campo Grande, 2009. Disponível em: <<https://sistemas.ufms.br/sigpos/portal/trabalhos/download/319/cursoId:33>>. Acessado em: 26/04/2016.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Atlas de Saneamento 2011**. Rio de Janeiro, 2011.

IPB. Instituto de Permacultura da Bahia. **Permacultura - Da Agricultura Permanente À Sociedade Sustentável**. 2010. Disponível em: <<http://www.permacultura-bahia.org.br>>. Acessado em: 28/04/2017.

JOÃO PESSOA. **Plano Municipal de Saneamento Básico de João Pessoa (PMSJP) – JP**. 2015. Disponível em: <[http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2016/01/2015\\_1509\\_Esp-01-100.pdf?479a4c&x92016](http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2016/01/2015_1509_Esp-01-100.pdf?479a4c&x92016)>. Acessado em: 08/05/2017.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 4 ed. Rio de Janeiro:ABES, 2005.

LOTFI, P. C. S. **Avaliação preliminar da eficiência de fossas biodigestoras no tratamento de esgoto unidomiciliar – Assentamento Nova São Carlos e Santa Helena – São Carlos/SP**. 79 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2016.

MANDAI, P (2006). **Modelo descritivo da implantação do sistema de tratamento de águas negras por evapotranspiração**. Associação Novo Encanto de Desenvolvimento Ecológico - ANEDE. Monitoria Canário Verde, Brasília. Relatório técnico.

MARTINETTI, Thaís; SHIMBO, Ioshiaqui; TEIXEIRA, Bernardo AN. **Análise de alternativas mais sustentáveis para tratamento local de efluentes sanitários residenciais**. IV Encontro Nacional E II Encontro Latino-Americano Sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 2007.

**MAY, S. Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações.** 2008. 222f. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Universidade de São Paulo, 2009.

**MELLO, N. A. de. “Crescimento urbano e comprometimento ambiental”.** *Geosul*, Florianópolis, 2º semestre, 1996.

**MINISTÉRIO DA SAÚDE (1999). Manual de Saneamento.** Fundação Nacional da Saúde, Brasília.

**OLIVEIRA, A. L. S. de, Saneamento básico no Brasil: limites e possibilidades de atuação do setor privado.** 97 p. UFBA -2004.

**OTTERPOHL, Ralf.** Black, brown, yellow, grey - the new colors of sanitation. **Magazine Of The Interneton Water Association.** Londres, 2001.

**PAES, W. M.; CRISPIM, M. C.; FURTADO, G. D.** **Uso de tecnologias ecológicas de saneamento básico para solução de conflitos socioambientais.** *Gaia Scientia*, João Pessoa, Vol. 8, pag. 226 – 247, 2014.

**PAES, W. M.** **Técnicas de permacultura como tecnologias socioambientais para a melhoria na qualidade da vida em comunidades da Paraíba.** 2014. 173 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.

**PAULO, P. L.; BERNARDES, F. S.; Estudo de Tanque de Evapotranspiração para o Tratamento Domiciliar de Águas Negras.** 2008. Coordenadoria de Pesquisa – PROPP Campo Grande (MS), Disponível em: <<http://www.propp.ufms.br/gestor/titan.php?target=openFile&fileId=461>> Acessado em: 28/04/2017.

**PEREIRA, A. C. O Saneamento em comunidades isoladas no Município de Itapetininga (SP).** 60f. Monografia (Especialização em Gestão Pública) – Universidade Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2013.

**PIRES, F. J. Construção Participativa de Sistemas de Tratamento de Esgoto Doméstico no Assentamento Rural Olga Benário – MG.** 133f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Viçosa, 2012.

**RIBEIRO, J. W.; ROOKE, J. M. S. Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública.** Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Análise Ambiental) – Universidade Federal de Juiz de Fora, 2010.

**RIDDERSTOLPE, P. Introduction to greywater management.** Stockholm: Environment Institute - SEI, 2004, 25p.

**RODONI, A.. Bacias de Evapotranspiração,** 2011. Disponível em: <<http://andrerodoni.blogspot.com.br/2011/08/bacias-de-evapotranspiracao.html>>.Acessado em: 05/05/2017.

SANTOS, M. **Fossa de Evapotranspiração – Tevap**, 2013. Disponível em: <<https://prezi.com/wotkvf651oog/fossa-de-evapotranspiracao-tevap/>>. Acessado em: 15/05/2017.

SIWI. UN Millennium Project Task Force on Water and Sanitation. **Health, Dignity, and Development: What Will It Take? Key Recommendations**. Final report. Swedish International Water Institute (SIWI). 2005.

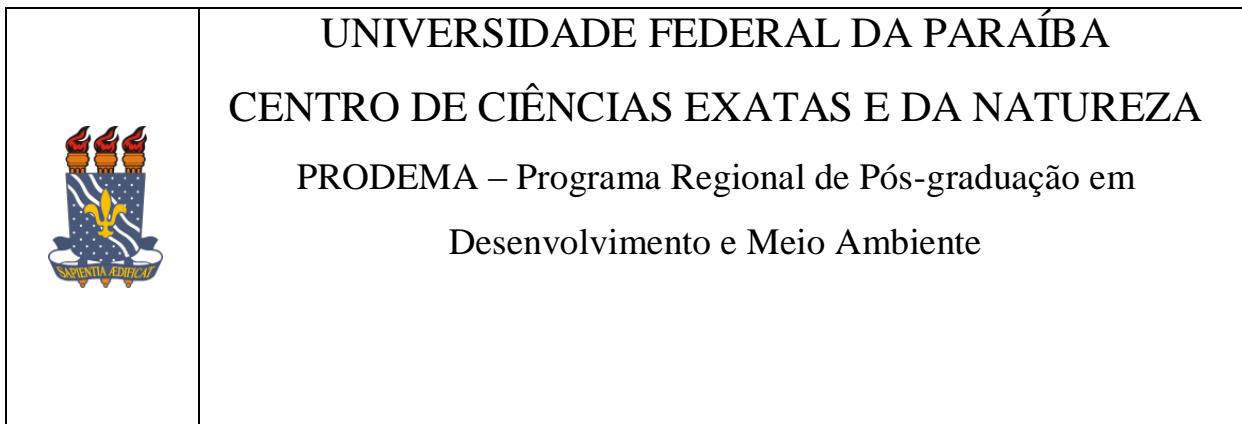
UNICEF/WHO. **Diarrhoea: Why children are still dying and what can be done**, 2009. Disponível em: <[https://www.unicef.org/media/files/Final\\_Diarrhoea\\_Report\\_October\\_2009\\_final.pdf](https://www.unicef.org/media/files/Final_Diarrhoea_Report_October_2009_final.pdf)> Acessado em: 26/04/2017.

UNICEF/WHO. **Progress on Sanitation and Drinking Water.**, 2015. Disponível em: <[http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/177752/1/9789241509145\\_eng.pdf?ua=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/177752/1/9789241509145_eng.pdf?ua=1)> Acessado em: 26/04/2017.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e o tratamento de esgotos**. 2<sup>a</sup> ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

---

**Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos:  
Princípios do Tratamento Biológico de Águas Resíduárias**. UFMG, 2005.

**ANEXO A**

LABORATÓRIO DE ECOLOGIA AQUÁTICA

Set/Out - 2016

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Cristina Basílio Crispim da Silva

Doutoranda Flávia Martins Franco de Oliveira

**QUESTIONÁRIO DE PERCEPÇÃO AMBIENTAL**

(RIO DO CABELO)

**→ CARACTERIZAÇÃO SOCIAL**

1. Idade: \_\_\_\_\_ Sexo: ( ) Masculino ( ) Feminino

2. Identificação: \_\_\_\_\_

3. Quantas pessoas moram com você ? \_\_\_\_\_

4. Com quem você mora ?  
\_\_\_\_\_

5. Quantos anos residem neste local ? \_\_\_\_\_

6. Quantas pessoas trabalham : \_\_\_\_\_ Quantas pessoas estudam: \_\_\_\_\_

7. Ocupação:  
\_\_\_\_\_

8. Escolaridade dos membros

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Sem escolaridade               | <input type="checkbox"/> Ensino fundamental I incompleto  |
| <input type="checkbox"/> Ensino fundamental I completo  | <input type="checkbox"/> Ensino fundamental II incompleto |
| <input type="checkbox"/> Ensino fundamental II completo | <input type="checkbox"/> Ensino médio incompleto          |
| <input type="checkbox"/> Ensino médio completo          | <input type="checkbox"/> Superior incompleto              |
| <input type="checkbox"/> Superior completo              |   |

9. Renda mensal familiar:

- Até 1 salário mínimo (até 880,00 reais)
- De 1 a 3 salários mínimos (de 881,00 a 2.640,00 reais)
- De 3 a 5 salários mínimos (de 2.641,00 a 4.400,00 reais)
- Acima de 5 salários mínimos (acima de 4.400,00 reais)

➡ SANEAMENTO

10. Como é o seu saneamento básico?

- Coleta de esgoto
- Fossa séptica
- Fossa séptica (apenas para águas negras)

11. Qual o destino das águas de lavagem (roupas, pratos, etc) ?

---

12. Qual a destinação dos resíduos sólidos gerados em sua propriedade?

- Coletados
- Queima
- Reciclagem
- Reuso
- Enterra
- Lançados no rio

13. Você utiliza a água do rio em sua casa ?  Sim  Não

Como ? \_\_\_\_\_

14. Você utiliza o rio?  Sim  Não

Como ? \_\_\_\_\_

15. Ter ou não o rio faria diferença para você?  Sim  Não

De que forma ? \_\_\_\_\_

16. O rio mudou ao longo do tempo?  Sim  Não

Como? \_\_\_\_\_

17. Você utilizava o rio antes (uns 15 anos atrás) ?  Sim  Não

Como ? \_\_\_\_\_

18. Você consegue ver/perceber quando a qualidade do rio está ruim?  Sim  Não

Como ? \_\_\_\_\_

19. Quais ações levam a degradação do rio?

---

20. Na sua opinião, Você interfere no rio?  Sim  Não

Como? \_\_\_\_\_

21. Você já contraiu alguma doença relacionada com o rio? ou conhece alguém que contraiu?

Qual ?  Sim  Não

---

22. Há criação de animais na sua propriedade?  Sim  Não

Quais? \_\_\_\_\_

Qual o destino das fezes desses animais? \_\_\_\_\_

23. Há algum tipo de plantação em sua propriedade? Qual (is) ?  Sim  Não

Você utiliza adubo ou agrotóxico ? \_\_\_\_\_

24. Você sabe o que é Compostagem?  Sim  Não

25. Você utiliza a Compostagem em sua propriedade?  Sim  Não

Porque ? \_\_\_\_\_

26. Gostaria de aprender a fazer compostos orgânicos?  Sim  Não

Porque ? \_\_\_\_\_

27. Gostaria de ver o rio recuperado?  Sim  Não

Porque ? \_\_\_\_\_

28. Você sabe o que é uma fossa ecológica?  Sim  Não

29. Gostaria de ter uma fossa ecológica em casa?  Sim  Não

Porque ? \_\_\_\_\_

30. Você conseguiria construir uma fossa ecológica ?  Sim  Não

31. Você já recebeu alguma visita com propostas de recuperação do rio do cabelo?

Sim  Não \_\_\_\_\_

32. De quem você acha que é a responsabilidade de preservação/recuperação do rio? Porque ?

33. Você acha que pode contribuir para a recuperação do rio?  Sim  Não

De que forma? \_\_\_\_\_

OBS: \_\_\_\_\_