



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
CAMPUS UFRJ-MACAÉ  
Professor Aloísio Teixeira



---

SOLUÇÕES DE SANEAMENTO ECOLÓGICO PARA AS INSTALAÇÕES DO PARQUE  
NATURAL MUNICIPAL DO ATALAIA, MACAÉ/RJ.

ALICIA ANDREA ALEXANDRE GUTIERREZ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio de Janeiro – Campus Macaé, como requisito parcial para aquisição do título de Engenheira Civil.

Orientadora: Beatriz Rohden Becker

Macaé  
Novembro de 2018

SOLUÇÕES DE SANEAMENTO ECOLÓGICO PARA AS INSTALAÇÕES DO PARQUE  
NATURAL MUNICIPAL DO ATALAIA, MACAÉ/RJ.

ALICIA ANDREA ALEXANDRE GUTIERREZ

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO APRESENTADO AO CURSO DE  
ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – CAMPUS  
MACAÉ, COMO REQUISITO PARCIAL PARA AQUISIÇÃO DO GRAU DE  
ENGENHEIRA CIVIL

Examinado por:

---

Profa. MSc. Beatriz Rohden Becker  
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Campus Macaé

---

Prof. Dr. Rafael Malheiro da Silva do Amaral Ferreira  
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Campus Macaé

---

Profa. Dra. Andreia Boechat Delatorre  
Universidade Estácio de Sá, Macaé

---

Biol. MSc. Amanda Soares Miranda  
Universidade Federal do Rio de Janeiro, NUPEM

MACAÉ, RJ - BRASIL  
NOVEMBRO DE 2018

Gutierrez, Alicia Andrea Alexandre

Soluções de Saneamento Ecológico para as Instalações do Parque Natural Municipal do Atalaia, Macaé/RJ. / Alicia Andrea Alexandre Gutierrez - M a c a é : UFRJ/Macaé, 2018. IX p.: il.; 29,7 cm.

Orientadora: Beatriz Rohden Becker

Projeto de Graduação – UFRJ/ Macaé/ Curso de Engenharia Civil, 2018.

Referências Bibliográficas: p. 77 – 79.

1. Saneamento Ecológico; 2. Tanque de Evapotranspiração, Banheiro Seco; 3. Unidade de Conservação; 4. Parque Natural Municipal do Atalaia

I. Becker, Beatriz Rohden, II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Campus Macaé, Curso de Engenharia Civil III. Soluções de Saneamento Ecológico para as Instalações do Parque Natural Municipal do Atalaia, Macaé/RJ.

*Dedico este projeto à minha mãe, Selma,  
meu pai, Luis e ao meu irmão, Lucas.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me sustentado e ter me trazido até aqui, por meio do seu amor. Por ter enviado muitas pessoas que colaboraram desde o início dos meus estudos, de modo que posso ver sua misericórdia e bondade até o término desta fase.

Agradeço à minha mãe, Selma. Pelos princípios que construiu em mim, direta ou indiretamente, com correções ou por exemplo de vida. Pela assistência para manter-me na faculdade e colaboração todos os dias.

Agradeço ao meu pai, Luis. Por sempre incentivar a minha formação acadêmica e confiar na minha capacidade como pessoa e como profissional, e ainda incentivar meu crescimento.

Agradeço ao meu irmão, Lucas. Por ser um grande exemplo de que somos únicos em um exemplo de coração sem maldade.

Agradeço à minha orientadora e professora Beatriz, que com gentileza e zelo, me cativou a admiração e contribuiu para tornar o aprendizado do conteúdo das matérias lecionadas por ela mais leve e interessante. Pela paciência e compreensão em todo encontro e por compartilhar de seus conhecimentos.

Agradeço ao pessoal do Parque, Marcelo, Vicente, André, Alexandre e Elisângela. Pela assistência ao projeto, pelas inúmeras caronas fornecidas e por todo conhecimento que obtive ao passar tempo com vocês. O amor de cada um de vocês pela natureza me contagiou e hoje faz parte de mim.

Agradeço às minhas amigas de estudo. Vanessa, por andar junto desde o início e compartilhar de aprendizados que contribuíram dentro e fora da faculdade para uma melhor versão de mim. Malu, por estar comigo nesses últimos períodos e por não me deixar desanimar e por mais redundante que pareça, por me animar.

E também agradeço aos que considero amigos, Daniel e Anna Caroline, por bons tempos de estudos, agradáveis momentos de risada e memoráveis participações na minha caminhada.

A todos que cooperaram, meu mais sincero Obrigada.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Universidade Federal do Rio de Janeiro/ Campus Macaé como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenharia Civil.

SOLUÇÕES DE SANEAMENTO ECOLÓGICO PARA AS INSTALAÇÕES DO PARQUE  
NATURAL MUNICIPAL DO ATALAIA, MACAÉ/RJ.

Alicia Andrea Alexandre Gutierrez

Novembro/2018

Orientadora: Beatriz Rohden Becker

Curso: Engenharia Civil

**RESUMO:** O tratamento de esgotos é de interesse mundial por questões sociais, ambientais e econômicas. Dentro de áreas ambientalmente protegidas, como as Unidades de Conservação, o tema tem igual importância e exigências específicas. Sendo assim, os projetos de implantação de Tanques de Evapotranspiração, *Wetlands* e Banheiros Secos como sistemas de tratamento ecológico de esgoto tornam-se uma alternativa sustentável que proporciona experimentação e educação ambiental aos visitantes da unidade, além da melhoria da qualidade ambiental. Neste trabalho, tais sistemas foram dimensionados para o Parque Natural Municipal do Atalaia, localizado na região de Macaé/RJ e, para tal, foram utilizados dados internos de número de visitantes, plantas das edificações, visitas técnicas e comunicação com funcionários. Os projetos e a orçamentação foram feitos a partir dos dados obtidos, com o auxílio de trabalhos já publicados e de normas ABNT. As soluções particulares às instalações do Parque se mostraram economicamente viáveis e em conformidade com o Plano de Manejo da Unidade de Conservação, colaborando também com seus propósitos e suas normas internas.

*Palavras-chave:* Saneamento Ecológico, Tanque de Evapotranspiração, Banheiro Seco, Unidade de Conservação, Parque Natural Municipal do Atalaia.

Abstract of Undergraduate Project presented to the Federal University of Rio de Janeiro/ Macaé Campus as part of the requisites required to obtain the degree of Civil Engineer.

ECOLOGICAL SANITATION SOLUTIONS FOR THE FACILITIES OF ATALAIA  
MUNICIPAL NATURAL PARK, MACAÉ/RJ.

Alicia Andrea Alexandre Gutierrez

November/2018

Advisor: Beatriz Rohden Becker

Course: Civil Engineering

**ABSTRACT:** Sewage treatment is of global concern because of its social, environmental and economic issues. Within the environmentally protected areas, the so-called “Conservation Units” in Brazil, the subject has the same importance and specific requirements. The implementation of solutions such as Evapotranspiration Tanks, *Wetlands* and Dry Toilets as ecological sewage treatment systems become a sustainable alternative that provides experimentation and environmental education to the visitors inside the Unit, as well as environmental improvement. In this work, these ecological sewage treatments are proposed to be implemented in the Parque Natura Municipal do Atalaia, located in the region of Macaé/RJ. To dimension the system, internal data such as the number of visitors, building projects, technical visits and communication with employees were used. The projects and the budgeting were performed with the data collected and using published works and technical standards. The private solutions to the Park were economically feasible and in agreement with the Management Plan of the Conservation Unit, also collaborating with its internal purposes and rules.

*Key-words: Ecological Sanitation, Evapotranspiration Tanks, Dry toilet, Conservation Unit, Atalaia Municipal Natural Park*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema ilustrativo do termo Desenvolvimento Sustentável (Adaptado de O ECO, 2014).....	6
Figura 2: TEvap com câmara de em cimento perfurado (FUNASA, 2018).....	22
Figura 3: Representativo do Bacia de Evapotranspiração, câmara em pneu (VIEIRA, 2010).....	23
Figura 4: Plantas ornamentais para TEvap (A) (SILVA e SANTOS, 2017) e Bananeiras e Taiobas para TEvap (B) (GALBIATI, 2009). ....	24
Figura 5: Zonas de raízes de fluxo vertical (A), fluxo superficial (B) e fluxo subsuperficial (C) (FUNASA, 2018). ....	26
Figura 6: Representativo do sistema wetland (Retirado de: <a href="https://www.wetlands.com.br/tecnologia-wetlands0">https://www.wetlands.com.br/tecnologia-wetlands0</a> .....	27
Figura 7: (A) Capim vetiver em wetland construído (SIQUEIRA, 2014) e (A) <i>Eleocharis sp.</i> , <i>Scirpus sp.</i> e <i>Typha sp.</i> em wetland construído (VALENTIM, 2003). ....	28
Figura 8: Sanitário sem descarga com separação de urina, modelo da direita para uso na posição de cócoras (FUNASA, 2018) .....	29
Figura 9: Esquema de disposição do banheiro seco (JENKINS, 2005) .....	30
Figura 10: Sistema com recipientes móveis (JENKINS, 2005) .....	31
Figura 11: Sistema carrossel (JENKINS, 2005) .....	31
Figura 12: Sistema com duas câmaras (VIEIRA, 2006).....	32
Figura 13: Esquema do modelo <i>Bason</i> (VAN LENGEN, 2004 <i>apud</i> AMATUZI <i>e.al.</i> , 2013).....	32
Figura 14: Placas que constituem o <i>Bason</i> - unidade em metros (ALENCAR, 2009).....	33
Figura 15: Gabaritos montados (A); Corte da tela mosqueteira (B) (ALENCAR, 2009). ....	34
Figura 16: Disposição dos moldes sobre superfície impermeabilizada com plástico (esquerda superior); primeira membrana na parte interna do molde (direita superior); Colocação de tela no molde com argamassa (esquerda inferior); Placas argamassadas e desmoldadas (direita inferior). ....	34
Figura 17: (A) Início da montagem das placas; (B) montagem das placas com colocação da manivela para aeração; (C) <i>Bason</i> com placas de plastocimento encaixadas; (D) montagem da câmara de compostagem. ....	35
Figura 18: <i>Bason</i> construído não instalado (ALENCAR, 2009). ....	35

Figura 19: Delimitação da área do Parque Natural Municipal do Atalaia (endereço eletrônico da Prefeitura de Macaé).....	36
Figura 20: Estruturas de interesse numeradas: Refeitório (1), Centro de Educação Ambiental (2), Sede Administrativa (3), Alojamento (4), Centro de Reabilitação da Fauna (5) (Google Earth, 2007). ....	37
Figura 21: Refeitório (Arquivo Secom, tripadvisor e Autora). ....	40
Figura 22: Parte da planta baixa, equipamentos hidráulico-sanitários do refeitório (Departamento de Licitações da Prefeitura de Macaé).....	40
Figura 23: Localização do sistema fossa-filtro-sumidouro que atualmente realizar o tratamento de esgoto do refeitório (Autora). ....	41
Figura 24: Centro de educação ambiental (Autora e Arquivo Secom).....	41
Figura 25: Câmara na proximidade do Auditório (Autora).....	42
Figura 26: Sede administrativa, alojamento e centro de reabilitação da fauna (Autora).....	42
Figura 27:Parte da planta baixa, equipamentos hidráulico-sanitários da Sede Administrativa (Departamento de Licitações da Prefeitura de Macaé).....	43
Figura 28: Parte da planta baixa, equipamentos hidráulico-sanitários do alojamento (Departamento de Licitações da Prefeitura de Macaé).....	43
Figura 29: Parte da planta baixa, equipamentos hidráulico-sanitários do viveiro (Departamento de Licitações da Prefeitura de Macaé).....	43
Figura 30: Câmara na ponta, ao lado, do centro de reabilitação (Autora).....	44
Figura 31: Câmara na ponta, parte de trás, da sede administrativa, lado direito da figura (Autora).....	44
Figura 32: Processos referentes às camadas na bacia de evapotranspiração (VIEIRA, 2010 modificado).....	45
Figura 33: Corte esquemático de um <i>Bason</i> - unidade em metros (ALENCAR, 2009).....	54
Figura 34: Ilustração do refeitório, situação atual (Autora). ....	59
Figura 35: Corte das camadas do sistema Tanque de evapotranspiração (Autora). ....	59
Figura 36: Camadas de preenchimento da Tanque de Evapotranspiração (elaborado pela autora). ....	59
Figura 37: Primeira(A), segunda(B) e terceira(C) sugestão de locação do Tanque de Evapotranspiração (elaborado pela autora). ....	60
Figura 38: Ilustração do refeitório, situação futura I (Autora). ....	60

Figura 39: Ilustração do refeitório, situação futura II (Autora).....	61
Figura 40: Ilustração do refeitório, situação futura III (Autora).....	61
Figura 41: Ilustração do <i>Wetland</i> para o refeitório (Autora).....	65
Figura 42: Vista lateral do <i>Bason</i> (Autora).....	66
Figura 43: Modelo representativo do <i>Bason</i> (elaborado pela autora).....	68
Figura 44: Planta baixa do abrigo ao <i>Bason</i> (Autora).....	69
Figura 45: Corte da Ilustração do Banheiro seco (elaborado pela autora).....	70
Figura 46: Vistas da entrada e reservatório atrás do Banheiro seco (elaborado pela autora).....	70
Figura 47: Área de Escavação e Parede de ferro cimento da Tanque de Evapotranspiração (elaborado pela autora).....	78
Figura 48: Profundidade da Parede de Ferro Cimento e Fiada de Tijolos do Tanque de Evapotranspiração (elaborado pela autora).....	78
Figura 49: Corte esquemático com medidas de camadas e locação de canos (elaborado pela autora).....	79

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Categorias, objetivo e uso permitido em unidades de Proteção Integral.....	11
Tabela 2: Categorias, objetivo e uso permitido em unidades de uso sustentável.....	12
Tabela 3: Programas e Subprogramas de Manejo do Parque Natural Municipal Fazenda Atalaia.....	15
Tabela 4: Característica dos esgotos domésticos (AMATUZI <i>et al.</i> 2013).....	17
Tabela 5: Parâmetros da composição da água cinza (FIORI, 2006; SANTOS e ZABROCKI, 2003; NIRENBERG e REIS, 2010 <i>apud</i> REBÊLO, 2011).....	18
Tabela 6: Parâmetros da composição da água negra (REBOUÇAS, 2007; PANIKKAR, 2003; GALBIATI, 2009 <i>apud</i> REBÊLO, 2011).....	19
Tabela 7: Dados de Radiação, insolação e umidade relativa (Atlas Solarimétrico do Brasil, 2000), temperaturas médias mensal cidade de Macaé (INMET), e precipitação Acumulada cidade de Macaé (INMET). ....	38
Tabela 8: Registros de visitantes às instalações do Parque (Assinaturas do livro de visitação). ....	39
Tabela 9: Contribuição diária de esgoto (C) por tipo de prédio e ocupante (ABNT NBR 7229/1993).....	46
Tabela 10: Período de detenção dos despejos, por faixa de contribuição diária (ABNT NBR 7229/1993).....	46
Tabela 11: Contribuição diária de lodo fresco (Lf) por tipo de prédio e ocupante (ABNT NBR 7229/1993).....	47
Tabela 12: Taxa de acumulação total de lodo (K), em dias, por intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio (ABNT NBR 7229/1993).....	47
Tabela 13: Tempo de detenção hidráulica de esgotos (T), por faixa de vazão e temperatura do esgoto (em dias) (ABNT NBR 13969/1997).....	48
Tabela 14: Dados de Tanques de Evapotranspiração construídas (GALBIATI,2009; BENJAMIN,2013; PAULO,2014; WASILEWSKI, 2016; SILVA,2017).....	49
Tabela 15: Porosidade típica de alguns materiais mais usados (TOMAZ, p.1, 2010) .....	52
Tabela 16: Critérios para construção de wetlands construídas, em climas frios (KLETECKE, 2011 <i>apud</i> POÇAS, 2014). ....	53
Tabela 17: Resumo do dimensionamento dos Tanques de evapotranspiração.....	58

Tabela 18: Atividades, insumos e orçamento do Tanque de evapotranspiração do refeitório, levantados a partir do Sistema de Custo de Obras – SCO RIO.....	62
Tabela 19: Orçamento por insumo. ....	63
Tabela 20: Atividade, insumo e orçamento para o Wetland do refeitório.....	66
Tabela 21: Materiais para confecção do <i>Bason</i> . ....	68
Tabela 22: Orçamento por etapa da construção.....	70
Tabela 23: Composição de Custos Unitários do Tanque de Evapotranspiração e Wetland – Escavação, Parede e Piso (SCO RIO adaptado). ....	80
Tabela 24: Composição de Custos Unitários do Tanque de Evapotranspiração e Wetland – Impermeabilização e Delimitação de área (SCO RIO adaptado). ....	81
Tabela 25: Composição de Custos Unitários do Tanque de Evapotranspiração e Wetland – Enchimento e Tubulações (SCO RIO adaptado). ....	82
Tabela 26: Composição de Custos Unitários para o Banheiro Seco – Escavação e Preparação (SCO RIO adaptado). ....	82
Tabela 27: Composição de Custos Unitários para o Banheiro Seco – Fundação (leito), Alvenaria de fundação e Preparação para baldrame (SCO RIO adaptado). ....	83
Tabela 28: Composição de Custos Unitários para o Banheiro Seco – Viga Baldrame e compactação, Pilares, Pisos e Paredes (SCO RIO adaptado). ....	84
Tabela 29: Composição de Custos Unitários para o Banheiro Seco – Telhado, Esquadrias, Formas e Materiais e Tubos e afins (SCO RIO adaptado). ....	85

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>3</b>
2.1 Objetivo Geral .....	3
2.2 Objetivos Específicos .....	3
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>4</b>
3.1 Crescimento Econômico e Desenvolvimento Sustentável .....	4
3.2 Histórico da Preservação do Meio Ambiente no Brasil .....	8
3.3 Espaços Territoriais Ambientalmente Protegidos .....	9
3.3.1 Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC – Lei nº 9985/2000) .	10
3.4 Parque Natural Municipal do Atalaia .....	12
3.4.1 História do Parque .....	13
3.4.2 Plano de Manejo .....	14
3.5 Esgoto Doméstico.....	16
3.5.1 Águas Cinzas e Negras.....	17
3.5.2 Parâmetros de Qualidade.....	19
3.6 Saneamento Ecológico .....	20
3.6.1 Tanque de Evapotranspiração .....	22
3.6.2 <i>Wetland</i> .....	25
3.6.3 Banheiro Seco.....	28
<b>4. ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>36</b>
4.1 Caracterização do Local de Estudo .....	36
4.2 Método de Cálculo para Tratamento das Águas Servidas.....	45
4.2.1 Tanque de Evapotranspiração .....	45
4.2.2 <i>Wetland</i> .....	50
4.2.3 Banheiro Seco.....	53
4.3 Orçamentação dos Sistemas de Tratamento dos Sistemas Propostos .....	55
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>56</b>
5.1 Tanque de Evapotranspiração.....	56
5.2 <i>Wetland</i> .....	64
5.3 Banheiro Seco.....	66

<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>71</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>73</b>
<b>APÊNDICE A – DETALHES TÉCNICOS.....</b>	<b>78</b>
<b>ANEXO A - TABELAS DE INSUMOS E ITENS DE SERVIÇO .....</b>	<b>80</b>

# 1. INTRODUÇÃO

Os processos contínuos, por meio de seus efeitos negativos persistentes e acumulativos no ambiente, são tão devastadores quanto os acidentes ambientais. É comum que a preocupação das populações seja despertada quando um grande impacto ambiental negativo é percebido. Porém, muitos efeitos são permitidos e acumulados até se tornar por fim alarmante e insustentável ao meio. Como exemplo, temos o caso do Desastre de Minamata, que surgiu com o envenenamento silencioso das águas na cidade de Minamata, Japão, por décadas e, quando percebido, em 1956, acometeu seus moradores e, somente então, o desastre foi reconhecido (POTT e ESTRELA, 2017).

Os países do mundo entraram em acordo que, em consequência da industrialização, ações e projetos devem ser avaliados em todos os aspectos possíveis a fim de mitigar ou evitar seus efeitos negativos no ambiente e na sociedade. O desenvolvimento se faz necessário, tornando-se difícil evita-lo. Mas, diante de lições aprendidas por meio dos históricos da humanidade, é preciso buscar a sustentabilidade.

No Brasil, a questão ambiental entra em foco, com relativo atraso, porém a partir de importantes passos por meio de sua legislação, como a Lei 6.938/1981 que institui o SISNAMA (Sistema Nacional de Meio Ambiente). E, em especial para o tema deste trabalho, a criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, pela lei 9.985/2000, que estabeleceu a criação, implantação e gestão de áreas ambientalmente protegidas. Uma Unidade de Conservação (UC), além de assegurar a permanência do ambiente físico dos ecossistemas e toda a sustentação de vida que provém disso, é um ambiente que oportuniza a educação ambiental dos níveis de cotidiano, como o contato, conhecimento, aprendizado providos numa visita, até níveis acadêmicos por meio de pesquisas e descobertas. A passagem e permanência de pessoas num local de proteção ambiental pode ser visto como um exemplo de que é possível estarem em harmonia, o homem e a natureza.

O Parque Natural Municipal do Atalaia, localizado no município de Macaé/RJ, é uma Unidade de Conservação criada em 1995, através da Lei Municipal nº 1596, com os objetivos de ser um centro de estudos e pesquisas ambientais, um viveiro de reprodução de plantas nativas da mata atlântica, um local de reabilitação e reintrodução de animais

silvestres ao seu habitat natural e que execute programas que visem a conscientização e a educação ambiental a toda população.

Cada UC possui o seu respectivo Plano de Manejo, um documento elaborado a partir de estudos, incluindo diagnósticos do meio físico, biológico e social e estabelecendo normas, restrições para o uso, ações a serem desenvolvidas e manejo dos recursos naturais da UC e seu entorno. O Plano de Manejo do Parque Atalaia visa educação ambiental, fiscalização e pesquisa através de programas de conhecimento, uso público, manejo do meio ambiente, interceptação com a área de entorno e gestão operacional.

Em relação ao manejo do meio ambiente, o Parque possui instalações de apoio aos visitantes e pesquisadores, acarretando a geração de efluentes sanitários. Essa geração se dá pelos hábitos e atividades diárias e se apresentam como um potencial poluidor se descartado *in natura* no meio ambiente. Algumas técnicas de tratamento de esgoto atuam de forma sustentável recuperando e reutilizando os recursos contidos no esgoto, tais como tanque de evapotranspiração, *wetlands* e banheiro secos, que são capazes de recuperar e reutilizar os recursos contido no esgoto e podem ser consideradas adequadas para locais como as Unidades de Conservação. Dado o exposto, este trabalho tem por objetivo apresentar propostas de implementação conjunta de técnicas em saneamento ecológico que permitam, além de um tratamento de esgoto eficiente nas instalações, proporcionar demonstrativos ecológicos e alternativos aos visitantes, contribuindo para os planos de educação ambiental do Parque Natural Municipal do Atalaia.

## **2. OBJETIVOS**

### ***2.1 Objetivo Geral***

Propor um tratamento alternativo de esgoto, a partir do conceito de Saneamento Ecológico, como solução econômica, social e ambientalmente favorável ao Parque Natural Municipal do Atalaia, uma Unidade de Conservação localizada em Macaé/RJ.

### ***2.2 Objetivos Específicos***

- Levantar características locais, demandas dos usuários, necessidades dos funcionários que ficarão encarregados de administrar o sistema durante o seu funcionamento;
- Dimensionar, segundo referências publicadas e normas ABNT, alguns dos sistemas de tratamento que compõem o saneamento ecológico, como Tanque de Evapotranspiração, *Wetlands* e Banheiro Seco;
- Desenvolver e esboçar os projetos, adaptado às especificidades locais e
- Fazer levantamento quantitativo e orçamento dos insumos de cada sistema de tratamento proposto.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### *3.1 Crescimento Econômico e Desenvolvimento Sustentável*

A Revolução Industrial, que se iniciou entre 1820 e 1840 com a criação da máquina à vapor, a ascensão política da burguesia e a acumulação de capital, levou a determinação de uma nova era econômica, social e ambiental numa escala mundial. Neste período, a concentração de fumaça das máquinas e poluição não só era diretamente associado ao desenvolvimento econômico das cidades, mas também ao modelo almejado.

Após inúmeros desastres ambientais decorrentes deste modelo, alguns movimentos ambientalistas começaram a surgir. Dentre eles, o Clube de Roma, fundado em 1968, onde cientistas, economistas e industriais europeus se encontraram a fim de discutir problemas ambientais globais e, apesar de esta tentativa não ter tido tanto sucesso, os integrantes do Clube continuaram a aprimorar a técnica e a estrutura da reunião. Tal esforço teve um memorável resultado em 1972, com a publicação intitulada “Os limites do Crescimento”, que tratava de assuntos cruciais para o futuro desenvolvimento da humanidade. O Relatório concluía que o crescimento populacional levaria a uma pressão sobre os recursos naturais e energéticos e, conseqüentemente à poluição ambiental e, mesmo tendo em conta o avanço tecnológico, o planeta não seria capaz de suportar. Esse relatório foi um dos impulsionadores da primeira Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano em 1972 em Estocolmo (Suécia), para discutir de maneira global as questões ambientais (POTT e ESTRELA, 2017).

Durante a Conferência, foi elaborada uma Declaração com 26 princípios que orientariam a comunidade internacional nas suas futuras ações no âmbito ambiental. Segundo De Passos (2009), os objetivos principais desses princípios eram: i) o “Homem” fica com o dever solene de proteger e melhorar o meio ambiente para as gerações presentes e futuras; ii) os recursos naturais devem ser preservados para esta e para as futuras gerações; iii) deve ser mantida a capacidade de reprodução dos recursos renováveis para o futuro; iv) a flora e a fauna devem ser preservadas por serem patrimônio da humanidade.

Vale ressaltar a confusão e a dificuldade da época e, possivelmente, até o presente tempo, entre crescimento econômico e desenvolvimento. Como dito por Scatolin (1989, *apud* DE OLIVEIRA e DE SOUZA LIMA, 2002):

Poucos são os outros conceitos nas Ciências Sociais que se têm prestado a tanta controvérsia. Conceitos como progresso, crescimento, industrialização, transformação, modernização, têm sido usados frequentemente como sinônimos de desenvolvimento. Em verdade, eles carregam dentro de si toda uma compreensão específica dos fenômenos e constituem verdadeiros diagnósticos da realidade, pois o conceito prejudica, indicando em que se deverá atuar para alcançar o desenvolvimento.

Sendo assim, De Oliveira e De Souza e Lima (2002) concluíram que “desenvolvimento nada mais é que o crescimento (...) transformado para satisfazer (...) saúde, educação, habitação, transporte, alimentação, lazer, dentre outras” Ainda, seguindo a mesma linha de raciocínio, a preservação ambiental foi acrescentada a essas necessidades, com o objetivo da perpetuação das condições e recursos naturais às próximas gerações. O autor Sachs (1993 *apud* DE OLIVEIRA e DE SOUZA LIMA, 2002) ainda traz que:

Discutindo a questão do desenvolvimento sustentável, aponta cinco dimensões de sustentabilidade dos sistemas econômicos que devem ser observadas para se planejar o desenvolvimento: social, econômica, ecológica, espacial e cultural. O objetivo da sustentabilidade social é melhorar os níveis de distribuição de renda, com a finalidade de diminuir a exclusão social e a distância (econômica) que separa as classes sociais. A sustentabilidade econômica diz respeito a aumentos na eficiência do sistema, seja na alocação de recursos ou na sua gestão. Sustentabilidade ecológica concerne à preservação do meio ambiente, sem, contudo, comprometer a oferta dos recursos naturais necessários à sobrevivência do ser humano. A sustentabilidade espacial refere-se ao tratamento equilibrado da ocupação rural e urbana, assim como de uma melhor distribuição territorial das atividades econômicas e assentamentos humanos. Já a sustentabilidade cultural diz respeito à alteração nos modos de pensar e agir da sociedade de maneira a despertar uma consciência ambiental que provoque redução no consumo de produtos causadores de impactos ambientais.

Sendo assim o termo desenvolvimento sustentável é um conceito sistêmico que incorpora os componentes Ecológico, Social e Econômico, como mostrado na Figura 1.

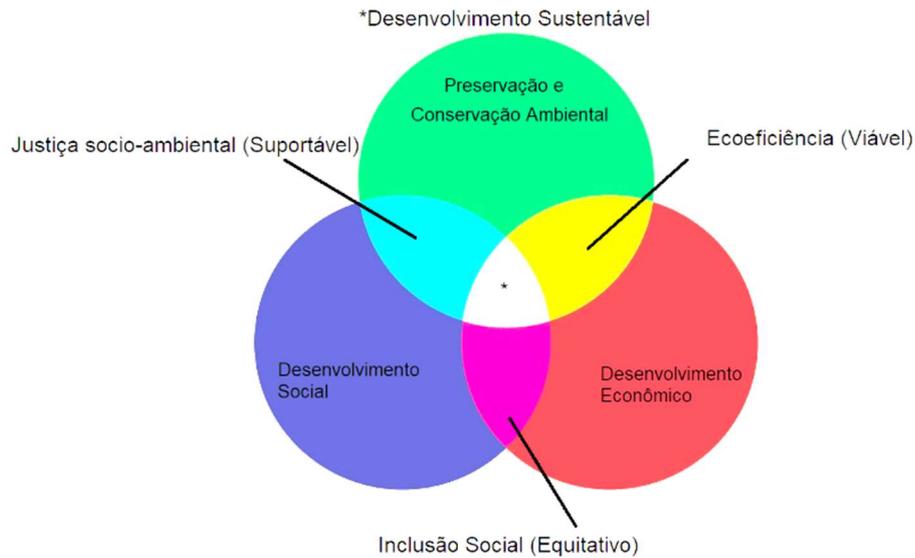


Figura 1: Esquema ilustrativo do termo Desenvolvimento Sustentável (Adaptado de O ECO, 2014).

Apesar do entendimento e das preocupações de algumas dessas sobreposições ao longo dos anos, o termo desenvolvimento sustentável se consolidou e se difundiu a partir da publicação do Relatório intitulado “Nosso Futuro Comum”, em 1988, pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas, onde desenvolvimento sustentável é “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem as suas próprias necessidades” (ONU, 1987).

Primeiramente, aos governos, a ordem foi de se adequar progressivamente, limitando o crescimento populacional, garantindo alimentação a longo prazo, preservando a biodiversidade e os ecossistemas, diminuindo o consumo de energia e promovendo o desenvolvimento de tecnologias que admitem o uso de fontes energéticas renováveis, aumentando a produção industrial nos países não-industrializados à base de tecnologias ecologicamente adaptadas e controlando a urbanização selvagem e integração entre campo e cidades menores. E, no âmbito internacional, a Comissão indica que as organizações de desenvolvimento devem se adaptar a uma estratégia de desenvolvimento sustentável, a comunidade internacional deve proteger os ecossistemas supranacionais como a Antártica, os oceanos, o espaço e as guerras devem ser banidas e que a Organização das Nações Unidas (ONU) deve implantar um programa de desenvolvimento sustentável.

Para isso, segundo Ipiranga (2011):

Implica olhar a sustentabilidade além da gestão ambiental, foco comumente privilegiado nas pesquisas na área e considerado pelas políticas organizacionais. Parece ser necessário incorporar, nas discussões sobre sustentabilidade, também a questão da gestão social nas organizações, o que implica analisar e refletir acerca de temas como: diversidade, responsabilidade social interna, direitos humanos, direito dos trabalhadores, transparência, postura ética, promoção e participação em projetos de cunho social, entre outros.

Um importante tópico acrescido no assunto é a parcela da importância de políticas públicas para exigência de postura por parte dos maiores responsáveis por transformações no ambiente e a importância da educação ambiental e, principalmente, a participação das universidades nesse desenvolvimento, de transformação através de estudos inovadores, publicações e participação social (DE PASSOS, 2009).

A Segunda Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), conhecida como Rio 92, em referência à cidade que a abrigou. Neste os participantes, dentre eles os Chefes de Estado de 179 países, acordaram e assinaram a Agenda 21 Global, um programa de ação baseado num documento de 40 capítulos, que constitui a mais abrangente tentativa já realizada de promover, em escala planetária, um novo padrão de desenvolvimento, denominado “desenvolvimento sustentável”. O termo “Agenda 21” foi usado no sentido de intenções, desejo de mudança para esse novo modelo de desenvolvimento para o século XXI (POTT e ESTRELA, 2017).

A Agenda 21 pode ser definida como um instrumento de planejamento para a construção de sociedades sustentáveis, em diferentes bases geográficas, que concilia métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica (ONU, 1993).

E, apesar do questionamento sobre efetividade de transformação, o evento abriu caminho para o Protocolo de Kyoto em 1997, tratado internacional com compromissos mais rígidos para a redução da emissão dos gases que agravam o efeito estufa, considerados, de acordo com a maioria das investigações científicas, como causa antropogênicas do aquecimento global e, também, para o protocolo de Annapolis, carta que compromete os países membros da ONU no que diz respeito ao lançamento de esgotos sanitários ao mar. Portanto, tem a ver com os projetos de emissários submarinos.

Em 2002, em Johannesburgo, através do Plano de Implementação, a Agenda 21 tornou-se mais sólida, no Rio+10 foram assinados e aprovados a Declaração Política da

Cúpula Mundial de Desenvolvimento Sustentável. E em 2012 no Rio de Janeiro, o encontro Rio +20 contou com a participação de chefes de Estado de 193 nações em reunião com objetivo de discutir sobre a renovação do compromisso político com o desenvolvimento sustentável, propondo mudanças no modo como estão sendo usados os recursos naturais do planeta e dos aspectos relacionados a questões sociais como a falta de moradia e outros.

### ***3.2 Histórico da Preservação do Meio Ambiente no Brasil***

A primeira menção de algum princípio ou imposição direta ao Brasil a respeito do ambiente natural e seus recursos acontece, após 100 anos de registro de descoberta deste país e exploração da árvore que levou a nomear este território, motivado pelo controle do recurso e da saída da mercadoria Dom Filipe III da Espanha, em 1605, estabelece o Regimento do Pau-Brasil (NAZO e MUKAI, 2001).

Passados quase 200 anos do acontecimento, mercados clandestinos se instalam, motivados pelo preço da madeira na Europa, e é dedutível que essas atividades provocaram perturbações nos interesses das autoridades estas, que, como resposta, emitiram cartas régias declarando como propriedade da Coroa todas as matas e arvoredos da costa ou das próximas a rios que desembocassem no mar. Nesse período deduz-se que a intenção de conservação era voltada para exploração particular e controlada de recursos (SILVA, 2003).

Somente a partir da primeira república (1889 - 1934), a intenção de conservação apresenta pequeno avanço e, estimulada pelos efeitos do desmatamento, é criada a reserva florestal do Acre através do decreto nº 8.843. Seguida pelos decretos conhecidos como Código de Águas e Código Florestal na Era Vargas, impelido pela necessidade de gerir o aproveitamento industrial e hidro energético das águas e restringir o avanço das plantações que deixavam mais distantes as florestas das cidades e assim encarecendo o preço da lenha (VIEIRA, 2014).

A esta altura é pertinente lembrar da constituição de 1967, durante a 5ª República ou Ditadura Militar (1964-1985). Nesta constituição, apenas havia a menção relacionada ao meio ambiente no Artigo 8º, dando competência à união tomar as devidas providências a fim de evitar calamidades públicas, especialmente a seca e as inundações

e explorar, diretamente ou mediante autorização ou concessão os serviços e instalações de energia elétrica de qualquer origem ou natureza. Bem pertinente ao momento que o país passava: o período de milagre econômico com o desenvolvimento de suas indústrias e exploração de recursos para geração de energia (BRASIL, 1967).

Conforme todo o contexto dentro do Brasil, o posicionamento do governo do Brasil na conferência de Estocolmo foi de manter suas indústrias como estavam e desenvolver sua economia como prioridade e amenizar impactos (das indústrias a serem construídas) apenas com planejamento em projetos menos poluidores (como escolha do local de instalação), além de defender que o modo de uso e exploração de recursos naturais deve ser decisão da União que os detêm. Um pensamento defendido por parte dos países de terceiro mundo, de que todos os países tinham direito ao crescimento econômico, mesmo sendo às custas de grandes degradações ambientais (SENADO FEDERAL, 1996).

A situação que procede é o de desgaste do regime autoritário e de redemocratização do país que, com efeito, foi à frente o projeto de Lei 6.938 e estabelecido em 1981 o Política Nacional do Meio Ambiente. Um início para a prevenção, repressão e reparação do dano ambiental. Deste momento em diante o país começa a ser regulamentado em favor da preservação ambiental com a Lei 9.605/1998, a primeira legislação específica para crimes ambientais, a Lei 9.985/2000, sistematizando critérios para a criação, implantação e gestão de Unidades de Conservação, e a Lei 10.257/2001, do Estatuto da Cidade, sobre diretrizes gerais da política urbana. No mesmo sentido são criadas a Lei 11.445/2007, da Política Nacional do Saneamento Básico (PNSB) e a Lei 12.305/2010, da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a fim de controlar os principais efeitos da população em seu estabelecimento no ambiente. Além de outras como a Lei 12.633/2012 da Educação Ambiental e a Lei 12.651/2012, que instituiu o novo Código Florestal.

### ***3.3 Espaços Territoriais Ambientalmente Protegidos***

Somente com a nova e atual constituição de 1988, o meio ambiente foi incorporado ao contexto constitucional virando assim um marco e redirecionando o Brasil ao desenvolvimento sustentável. É possível desta vez identificar a relação entre qualidade

de vida e preservação ambiental, assunto levantado na Conferência de Estocolmo (1972) e no relatório de Brundtland (1987). Do artigo 225, da Constituição Federal (BRASIL, 1988):

*Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.*

Na mesma constituição justifica-se e ordena a criação de Unidades de Conservação através dos trechos:

§ 1º Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao poder público:

I - preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas;

II - preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do País e fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de material genético;

III - definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção;

(...)

VI - promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente;

VII - proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais a crueldade.

(...)

§ 4º A Floresta Amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato-Grossense e a Zona Costeira são patrimônio nacional, e sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais.

Regulamentando o artigo 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal é criada a Lei Nº 9.985, de 18 de julho de 2000 que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC).

### ***3.3.1 Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC – Lei nº 9985/2000)***

No artigo 2º, onde definem-se os conceitos deste tema, é salvo ressaltar:

I - unidade de conservação: espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção;

XVII - plano de manejo: documento técnico mediante o qual, com fundamento nos objetivos gerais de uma unidade de conservação, se estabelece o seu zoneamento e as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais, inclusive a implantação das estruturas físicas necessárias à gestão da unidade;

A mesma lei define que o SNUC tem como objetivo, dentre outros, promover o desenvolvimento sustentável a partir dos recursos naturais, tendo como estruturação o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), como órgão consultivo e deliberativo, atribuído de acompanhar a implementação do Sistema, o Ministério do Meio Ambiente, como órgão central, com a finalidade de coordenar o Sistema e os Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), como órgãos executores, e em caráter supletivo, os órgãos estaduais e municipais, com a função de implementar o SNUC, subsidiar as propostas de criação e administrar as unidades de conservação federais, estaduais e municipais, nas respectivas esferas de atuação. Usa-se classificação através de dois grupos e categorias de unidade de conservação dispostos em Tabela 1 e Tabela 2:

Tabela 1: Categorias, objetivo e uso permitido em unidades de Proteção Integral.

Grupo I	Categorias		Objetivo e uso permitido
Unidades de Proteção Integral, no qual é permitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais	I	Estação Ecológica	Preservação da natureza e a realização de pesquisas científicas.
	II	Reserva Biológica	Preservação integral da biota e demais atributos naturais existentes em seus limites, sem interferência humana direta ou modificações ambientais, excetuando-se as medidas de recuperação de seus ecossistemas alterados e as ações de manejo necessárias para recuperar e preservar o equilíbrio natural, a diversidade biológica e os processos ecológicos naturais.
	III	Parque Nacional	Preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico.
	IV	Monumento Natural	Preservar sítios naturais raros, singulares ou de grande beleza cênica
	V	Refúgio de Vida Silvestre	Proteger ambientes naturais onde se asseguram condições para a existência ou reprodução de espécies ou comunidades da flora local e da fauna residente ou migratória.

Faz-se necessário esclarecer também que as unidades da categoria III, quando criadas pelo Estado ou Município, serão denominadas, respectivamente, Parque Estadual e Parque Natural Municipal (Art. 17, § 6º)

Tabela 2: Categorias, objetivo e uso permitido em unidades de uso sustentável.

Grupo II	Categorias		Definição, uso permitido e objetivo
Unidades de Uso Sustentável no qual tem-se o objetivo compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais	I	Área de Proteção Ambiental	Área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais
	II	Área de Relevante Interesse Ecológico	Área em geral de pequena extensão, com pouca ou nenhuma ocupação humana, com características naturais extraordinárias ou que abriga exemplares raros da biota regional, e tem como objetivo manter os ecossistemas naturais de importância regional ou local e regular o uso admissível dessas áreas, de modo a compatibilizá-lo com os objetivos de conservação da natureza.
	III	Floresta Nacional	Área com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas e tem como objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas
	IV	Reserva Extrativista	A Reserva Extrativista é uma área utilizada por populações extrativistas tradicionais, cuja subsistência baseia-se no extrativismo e, complementarmente, na agricultura de subsistência e na criação de animais de pequeno porte, e tem como objetivos básicos proteger os meios de vida e a cultura dessas populações, e assegurar o uso sustentável dos recursos naturais da unidade
	V	Reserva de Fauna	Área natural com populações animais de espécies nativas, terrestres ou aquáticas, residentes ou migratórias, adequadas para estudos técnico-científicos sobre o manejo econômico sustentável de recursos faunísticos.
	VI	Reserva de Desenvolvimento Sustentável	Área natural que abriga populações tradicionais, cuja existência baseia-se em sistemas sustentáveis de exploração dos recursos naturais, desenvolvidos ao longo de gerações e adaptados às condições ecológicas locais e que desempenham um papel fundamental na proteção da natureza e na manutenção da diversidade biológica.
	VII	Reserva Particular do Patrimônio Natural.	Área privada, gravada com perpetuidade, com o objetivo de conservar a diversidade biológica.

### 3.4 Parque Natural Municipal do Atalaia

A exploração dos recursos naturais, de onde atualmente se chama Parque Natural Municipal do Atalaia, foi o motivador da ocupação local, inicialmente pela produção agrícola e, posteriormente, a captação de água. Após a área ter atendido a esses interesses

e, mesmo assim, preservando características da Mata Atlântica, foi transformado em uma Unidade de Conservação Municipal.

### ***3.4.1 História do Parque***

Em 1798, a Fazenda do Atalaia, área do atual Parque Natural Municipal do Atalaia, era um local, principalmente, de plantação de café com produção a partir da mão de obra de cativos e trabalho escravo. Em 1868, a Fazenda chegou a ter 183 escravos, sendo a maior produtora de café da região.

Os recursos hídricos da Fazenda foram, também, utilizados como fonte para o abastecimento da cidade de Macaé. E em 1913, foi aberto o edital para obras de abastecimento de água, com o plano de construir, interligar e abastecer o então reservatório no alto do morro de Sant'Anna com a Fazenda, e que funcionou somente até 1950: “A Fonte da Saudade localizada na Fazenda Atalaia, cumpriu honrosamente o seu dever e cobre de orgulho o engenheiro que captou suas águas cristalinas, estimando o volume do seu líquido para um período de 30 a 20 anos” (O REBATE, 1954 *apud* CAMPOS, 2011).

Nos anos 90, a equipe técnica da Secretaria de Ambiente de Macaé (SEMA) elaborou o projeto de criação do Parque Ecológico Municipal Fazenda Atalaia, sendo o mesmo sancionado pelo Prefeito Carlos Emir Mussi, na Lei nº 1596, em 27 de abril de 1995.

O Parque tornar-se-ia, após a aprovação da Lei, um centro de estudos e pesquisas ambientais, viveiro de reprodução de plantas nativas da mata atlântica, local de reabilitação e reintrodução de animais silvestres ao seu habitat natural e programas que visem a conscientização e a educação ambiental a toda população.

Segundo Hermeto Ricardo Didonet (*apud* CAMPOS, 2011), que foi Secretário Municipal do Meio ambiente de Macaé na gestão 2000-2004, a partir do aporte de recursos advindo de medidas compensatórias ambientais originadas da implantação da usina Termoelétrica Norte Fluminense e de recursos financeiros e operacionais próprios do município, foi possível sua implementação, que contou com a redefinição de seu perímetro, a construção de estrutura física, a elaboração de estudos ambientais que prospectaram sua biodiversidade e plano de manejo.

Em 2004, o Parque Ecológico Municipal Fazenda Atalaia, por meio da Lei municipal nº 2.564, para adequar-se à Lei nº 9985/2000 (Lei do SNUC), transforma-se em Parque Natural, passando a denominar-se Parque Natural Municipal Atalaia Gualter Corrêa de Faria.

### **3.4.2 Plano de Manejo**

Como definido pela Lei nº 9.985 (Art. 2º), Plano de manejo é:

*um documento técnico mediante o qual, com fundamento nos objetivos gerais de uma unidade de conservação, se estabelece o seu zoneamento e as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais, inclusive a implantação das estruturas físicas necessárias à gestão da unidade.*

O plano de manejo trata-se de um documento consistente, elaborado a partir de diversos estudos, incluindo diagnósticos do meio físico, biológico e social. No seu conteúdo, são estabelecidas normas, restrições para o uso, ações a serem desenvolvidas e manejo dos recursos naturais da Unidade de Conservação (UC), seu entorno e, quando for o caso, os corredores ecológicos a ela associados, podendo também incluir a implantação de estruturas físicas dentro da UC, visando minimizar os impactos negativos sobre a UC, garantir a manutenção dos processos ecológicos e prevenir a simplificação dos sistemas naturais (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2018).

Segundo a Lei do SNUC (BRASIL, 2000), todas as unidades de conservação devem dispor de um Plano de Manejo, que deve abranger a área da Unidade de Conservação, sua zona de amortecimento e os corredores ecológicos, incluindo medidas com o fim de promover sua integração à vida econômica social das comunidades vizinhas (Art. 27, §1º).

A elaboração de Planos de Manejo, não se resume apenas à produção do documento técnico. O processo de planejamento e o produto Plano de Manejo são ferramentas fundamentais, reconhecidas internacionalmente para a gestão da Unidade de Conservação (ICMBIO, 2018)

O Plano de Manejo do Parque Natural Municipal Atalaia foi elaborado em 2000 pela empresa Ecologus Engenharia Consultiva, com recursos da UTE Norte Fluminense

advindo de compensações ambientais. Apenas o Volume II, referente ao Planejamento da Implantação do Parque, encontra-se disponível para consulta on-line<sup>1</sup>.

A estrutura do Plano de Manejo se dá em forma de programas com enfoque em temas principais e subprogramas que desmembram o ponto principal em linhas de atuação mais específicas. A Tabela 3 apresenta tal estrutura.

Tabela 3: Programas e Subprogramas de Manejo do Parque Natural Municipal Fazenda Atalaia.

1. Programa de conhecimento técnico-científico	2. Programa de uso público	3. Programa de manejo do meio ambiente	4. Programa de integração com a área de entorno	5. Programa de gestão operacional
1.1. Subprograma de pesquisa. 1.2. Subprograma de monitoramento	2.1. Subprograma de recreação e ecoturismo 2.2. Subprograma de interpretação e informação ambiental	3.1. Subprograma de manejo de recursos 3.2. Subprograma de proteção	4.1. Subprograma de educação ambiental 4.2. Subprograma de controle ambiental do entorno 4.3. Subprograma de incentivo a alternativas de desenvolvimento 4.4. Subprograma de relações públicas	5.1. Subprograma de regularização fundiária 5.2. Subprograma de administração e manutenção 5.3. Subprograma de infraestrutura e equipamentos 5.4. Subprograma de cooperação institucional

As atividades dentro do parque devem se adequar e favorecer estes programas, sendo assim pertinente citar dentro do Programa de Conhecimento Técnico-científico, o Subprograma de Monitoramento, que tem como um de seus objetivos acompanhar as mudanças que ocorram nos ecossistemas e recursos naturais do Parque como consequência de atividades antrópicas, tanto dentro dos seus limites como nas suas proximidades. O Programa de Uso Público, com seu Subprograma de Recreação e Ecoturismo, tem como objetivo promover a divulgação dos pontos notáveis do Parque, buscando envolver pessoas das comunidades vizinhas, conhecedoras da região na descoberta de novas atrações ecológicas que possam integrar roteiros de ecoturismo.

No Programa de Manejo do Meio Ambiente está inserido o subprograma de Manejo dos Recursos, cujo fim é o de conservar e recuperar as condições primárias da Unidade de Conservação, e de proteção, que objetiva garantir a dinâmica dos ecossistemas, a manutenção da biodiversidade e a proteção do patrimônio cultural da UC.

<sup>1</sup> <http://www.macaec.rj.gov.br/midia/conteudo/arquivos/1355254970.pdf>

Os subprograma de Educação Ambiental, que pertence ao Programa de Integração com a Área do Entorno, , tem como objetivo a implantação de programa de educação ambiental nas escolas da região do entorno visando criar atitudes de respeito e proteção aos recursos naturais e culturais do Parque e da região como um todo, realizar ações de educação e informação.

A proposta deste trabalho vem a atender alguns desses Programas, principalmente os de número 3 (Manejo do Meio Ambiente) e o 4 (Integração com a Área do entorno), pois a partir de medidas sustentáveis de tratamento dos esgotos gerados no Parque, é possível conservar e recuperar as condições primárias da Unidade de Conservação, além da manutenção da biodiversidade. Dentro do Programa 4, o Subprograma de Educação Ambiental será atendido, visto que, caso as propostas aqui apresentadas sejam instaladas, os frequentadores do Parque terão a oportunidade de conhecer novas técnicas sustentáveis de tratamento de esgoto doméstico.

### ***3.5 Esgoto Doméstico***

A NBR 9648 (1986) define esgoto doméstico como despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas. Este, é constituído de resíduos gerados pelo organismo humano, papel, comida, sabão e águas de lavagem, com parcelas em sólidos flutuantes (fezes, plásticos, pedaços de pano, pedaços de madeira), pequenos (papeis, grãos, etc.) e microscópicos (material coloidal). Em volume é constituído em 99,9% de água e 0,1 % de sólidos. Este último são 70% sólidos orgânicos (proteínas, carboidratos, gorduras) e 30% sólidos inorgânicos (areia, sais e metais) (JORDÃO e PESSOA, 1995 apud AMATUZI, BOTEGA e CELANTE, 2013).

Há casos em que a quantidade de carga orgânica, nitrogênio e ferro do esgoto doméstico são recebidos e decompostos por ambientes sem conferir a ele poluição, problemas ou alterações prejudiciais. A natureza tem condições de promover tratamento dos esgotos, desde que não haja sobrecarga e que haja boas condições ambientais para o processo (DE ÁVILA, 2005).

São importantes para a caracterização do esgoto os seguintes parâmetros: sólidos, indicadores de matéria orgânica (DBO, DQO), nitrogênio, fósforo e indicadores de contaminação fecal (coliformes e *estrepococos*) (VON SPERLING, 1996, p. 87). Na

Tabela 4 são apresentados indicadores da maioria desses parâmetros, resultado de pesquisa dos autores Kiely (1998), Bertolino (2008) e Von Sperling (2005), reunidos por Amatuzy, Botega e Celante (2013).

Tabela 4: Característica dos esgotos domésticos (AMATUZI *et al.* 2013).

Parâmetros	Concentração ( $mg/L^{-1}$ ) KIELY (1998)	Concentração ( $mg/L^{-1}$ ) BERTOLINO (2008)	Concentração ( $mg/L^{-1}$ ) VON SPERLING (2005)
Demanda Bioquímica de Oxigênio - $DBO_5$	150-400	55-300	250-400
Demanda Química de Oxigênio - $DQO$	500	94-670	450-800
Sólidos Suspensos Totais	150-400	121-296	450-800
Fósforo Total	5-15	1,1-5,8	4-15
Nitrogênio Total	40-80	25,7-56,2	35-60
Amoniacal	25	16,6-32,6	20-30

### 3.5.1 Águas Cinzas e Negras

Em vista de projetos de reaproveitamento e de tratamento eficiente dos efluentes domésticos, usa-se a nomenclatura águas cinzas e águas negras. Intuitivamente há a percepção da cor da água que permite reconhecer o uso que foi dado a ela, mas a nomenclatura vai um pouco além, pois revela sobre a concentração de matéria orgânica, nutrientes, patógenos e volume de água.

As águas cinzas são aquelas provenientes do chuveiro, da máquina de lavar, da cozinha (se não conter óleos e alta concentração de matéria orgânica) e do tanque. Estas, somam de 50 a 80% do volume do esgoto residencial e, segundo Ridderstolpe (2004 *apud* GALBIATI, 2009), o tratamento é relativamente simples, dependendo do objetivo do reuso (irrigação, reuso, aplicação direta no solo) na própria residência e dos critérios de ordem sanitária.

A composição da água cinza é matéria orgânica em baixa concentração e volume (resíduos de lavagem de pia), nitrogênio (produtos químicos de lavagem), óleos e graxas. Por outro lado, Gonçalves (2006, *apud* REBÊLO, 2011) cita que alguns autores não consideram como água cinza, mas sim água negra, a água residuária de cozinha quando as concentrações de matéria orgânica, óleos e gorduras são elevadas.

A presença de agentes patógenos na água cinza é possível mesmo que não possua a contribuição dos vasos sanitários, de onde provém a maior parte dos microrganismos. Isto pois esta contaminação provém da limpeza das mãos após o uso da toalete, lavagem de roupas ou do próprio banho (GONÇALVES, 2006 *apud* REBÊLO, 2011). Também podem ser introduzidos por efluentes do banho de bebês e crianças pequenas com troca e lavagem de fraldas (ALMEIDA, 2007 *apud* REBÊLO, 2011) e também a presença de animais na residência (ZABROCKI; SANTOS, 2005 *apud* REBÊLO, 2011). Na Tabela 5 são apresentados os principais parâmetros da composição das águas cinzas.

Tabela 5: Parâmetros da composição da água cinza (FIORI, 2006; SANTOS e ZABROCKI, 2003; NIRENBERG e REIS, 2010 *apud* REBÊLO, 2011).

Parâmetros	Medida	Unidade de Medida
Turbidez	37-328	Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT)
Demanda Química de Oxigênio ( <i>DQO</i> )	352-673	mg/L
Demanda Bioquímica de Oxigênio no dia 5 ( <i>DBO<sub>5</sub></i> )	96-324	mg/L

As águas negras são oriundas do esgoto da bacia sanitária e da pia de cozinha (se conter óleos e alta concentração de matéria orgânica) e, também, papel higiênico. Se caracterizam pelo volume muito menor e presença da maior parte dos nutrientes e patógenos do esgoto doméstico (GALBIATI, 2009).

Segundo Otterpohl (2002 *apud* GALBIATI, 2009) a composição do esgoto doméstico é de 500 litros de urina e apenas 50 litros de fezes produzidos por pessoa, numa faixa de 25.000 a 100.000 litros por ano por pessoa. E, de acordo com Esresy (1998 *apud* GALBIATI, 2009), a quantidade total de fezes excretada por um ser humano em um ano é de 25 a 50 kg, contendo 550g de nitrogênio, 180g de fósforo e 370g de potássio para casa quilograma. Em relação à urina, considerando a produção de cerca de 400 litros de urina por ano, essa contém 4 kg de nitrogênio, 400g de fósforo e 900g de potássio. Na Tabela 6 são apresentados os principais parâmetros da composição das águas negras.

Tabela 6: Parâmetros da composição da água negra (REBOUÇAS, 2007; PANIKKAR, 2003; GALBIATI, 2009 *apud* REBÊLO, 2011).

Parâmetros	Medida	Unidade de Medida
Turbidez	<300	Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT)
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	2000 - 6700	mg/L
Demanda Bioquímica de Oxigênio no dia 5 (DBO <sub>5</sub> )	1900 - 3000	mg/L

O tratamento das águas negras e cinzas é indicado que seja feito de forma separada devido a suas constituições e ao volume produzido. Considerando que quando tirado o percentual de águas cinzas, o tratamento das águas negras demanda uma área menor de implantação e manutenção e, também, a alta concentração de matéria orgânica acelera os processos químicos envolvidos no tratamento do efluente. A categorização dos efluentes é uma percepção que facilita a compreensão sobre composição e destinação mais adequada, visto que o tratamento das águas negras e cinzas pode ser diferenciado.

Em outra vertente, o saneamento pode contribuir para amenizar problemas mundiais atuais como a crise de alimentos, a escassez de água além da própria ausência de saneamento, principalmente se este for direcionado ao reuso dos nutrientes que são descartados com as excretas humanas. Assim é promovido o controle da poluição de corpos hídricos, a saúde, o aumento da produção de alimentos (pela disponibilização dos nutrientes presentes nos esgotos (GUEST, 2009; WERNER, 2009; KARAK e BHATTACHARYA, 2011 *apud* MAGRI, 2013).

### 3.5.2 Parâmetros de Qualidade

Devido às propriedades de solvente e a capacidade de transportar partículas, a água incorpora diversas impurezas, que definem sua qualidade e é função das condições naturais e do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica em que se encontra (VON SPERLING, 1996, p.15).

Sendo assim, por meio de diversos parâmetros, como cor, turbidez, pH, cloretos nitrogênio, fósforo, oxigênio dissolvido (OD) e matéria orgânica (DQO e DBO) é que são traduzidas as principais características físicas e químicas de uma determinada água. Dentre os parâmetros biológicos, há microrganismos de interesse, que desempenham

funções relacionadas com a transformação da matéria dentro dos ciclos biogeoquímicos. E no tratamento biológico dos esgotos, os microrganismos são os responsáveis pelas reações de conversão da matéria orgânica e inorgânica. Mas, por outro lado, em termos de qualidade biológica da água há o aspecto relativo à possibilidade de transmissão de doenças, esta determinação pode ser efetuada através dos organismos indicadores de contaminação fecal, pertencentes principalmente ao grupo de coliformes. (VON SPERLING, 1996). Os parâmetros biológicos caracterizam-se pela presença (ou ausência) e concentração de vírus, bactérias (*Enterococcus*, *Coliformes totais*, *Coliformes termotolerantes* e *Escherichia coli*), protozoários e helmintos.

Tais parâmetros (físicos, químicos e biológicos) são utilizados, de forma geral, para caracterizar águas de abastecimento, águas residuárias, mananciais e corpos receptores, para os quais dependendo da função e uso, definem-se padrões.

Os intervalos de impurezas permitidos na água são estabelecidos em função dos seus usos. Estes constituem os padrões de qualidade, são fixados por entidades públicas, com o objetivo de garantir a qualidade de água a ser utilizada para um determinado fim e que não contenha impurezas que venham a inviabilizar o uso. Os documentos de referência são:

- Padrão de potabilidade: Portaria 2914 (2011), do Ministério da Saúde
- Padrão de corpos d'água: Resolução CONAMA 357 (2005), do Ministério do Meio Ambiente, e eventuais legislações estaduais
- Padrão de lançamento: Resolução CONAMA 430 (2011), do Ministério do Meio Ambiente, e eventuais legislações estaduais

### **3.6 Saneamento Ecológico**

O saneamento em si tem o objetivo de manter o ambiente saudável para a natureza e pessoas. Enquanto o saneamento ecológico agrega ao processo sistemas naturais para neutralizar o potencial contaminante e poluidor, processo tal que poupa e recupera recursos naturais tais como a água e nutrientes (FUNASA, 2018).

O uso das águas residuárias ou, até mesmo, das fezes e urinas brutas é praticado atualmente em várias regiões do mundo. A escassez de água e o contínuo crescimento da

população, impulsionou o desenvolvimento em relação à utilização da água e dos recursos para fertilização do solo. Uma maior utilização futura de excreta é motivada pelo reconhecimento de seu valioso conteúdo de nutrientes para as plantas (SCHÖNNING E STENSTRÖM, 2004).

De acordo com a FUNASA (2018), alguns métodos de tratamento que integram o saneamento ecológico estão brevemente descritos a seguir:

- Fossa séptica biodigestora: sistema proposto pela Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), constituídos de três caixas coletoras ou caixas d'água enterradas no solo e interligadas entre si por tubos e conexões de PVC. Com diferencial de adição na primeira caixa, 10 litros de esterco fresco (de bovinos, cabras ou ovelhas) diluídos em 10 litros de água. Esta solução demanda mão de obra qualificada e custo médio para a construção, monitoramento periódico, espaço superficial suficiente e uma fonte de esterco de animais.
- Biodigestor: reator para produção de biogás e biofertilizante construído em alvenaria e, sobre este, uma abóboda para acúmulo do gás, que sai por uma tubulação de regulada por um registro. Para início da digestão, deve-se adicionar esterco de vaca ou lodo de fossas sépticas. É necessário mão de obra qualificada e investimento alto para a construção, além de limpeza periódica da válvula e dos condutos de biogás para evitar corrosão e vazamentos.
- Círculo de bananeiras: escavação no solo em forma de bacia, preenchida com matéria orgânica ao redor da qual se cultivam plantas com alta demanda por água, principalmente bananeiras. O efluente entra no centro do círculo e a água e os nutrientes são absorvidos pelas raízes das plantas ao redor. O custo na construção é baixo e a mão de obra necessária é simples e a manutenção se trata da colheita de frutas e podas das plantas, adição de material orgânico (resíduos de podas); retirada de húmus.
- Tanque de evapotranspiração: câmara de recepção e digestão, filtro anaeróbio e zona de raízes de fluxo subsuperficial em um único sistema impermeabilizado. É necessária mão de obra qualificada e custo de médio a alto na construção e é preciso manter o jardim, colher os frutos, não sendo necessária a retirada de lodo.
- Wetland: reprodução de processos naturais (como pântanos e várzeas). É um tanque impermeabilizado preenchido com um leito de material filtrante, que serve

de suporte para plantas aquáticas. É necessária a manutenção das plantas e a troca do meio filtrante se ocorrer entupimento.

- **Banheiro seco:** conjunto de bacia sanitária sem descarga e câmara para armazenamento, desidratação e compostagem das fezes, urina e material secante. São construídos de alvenaria, com inclinação e cobertura acoplado a um sistema de ventilação e cabine onde se encontra a bacia sanitária. O custo pode ser médio ou alto e a mão de obra é qualificada e ainda para manutenção usa-se material secante (serragem) e retirada do material uma vez ao ano.

Serão apresentados nesta seção com maior detalhamento os métodos escolhidos para este trabalho, são eles o tanque de evapotranspiração, *wetland* e banheiro seco.

### 3.6.1 Tanque de Evapotranspiração

O catálogo de soluções sustentáveis da FUNASA (2018) apresenta o Tanque de Evapotranspiração (TEvap), como um sistema completo, por armazenar, promover digestão de matéria orgânica, usar nutrientes, reduzir patógenos e ainda reutilizar e dar destino final ao efluente da bacia sanitária (Figura 2).

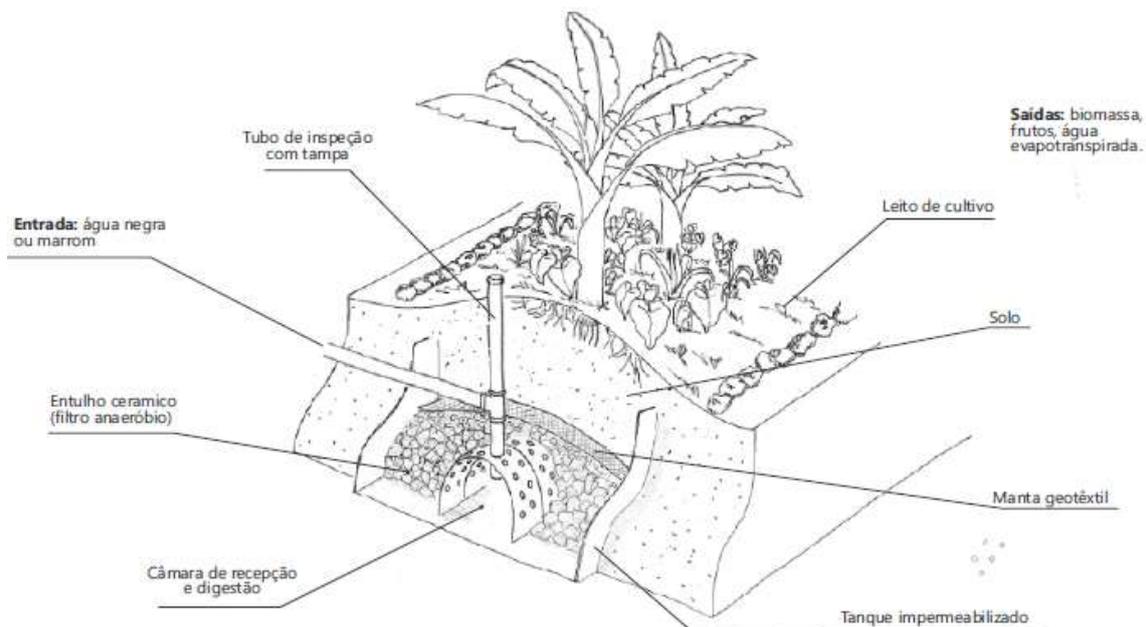


Figura 2: TEvap com câmara de em cimento perfurado (FUNASA, 2018).

É uma alternativa de tratamento de esgotos domésticos, indicada principalmente para localidades dispersas no meio rural. Tem como diferencial o isolamento dos resíduos do tratamento com relação ao meio (evitando contaminação) e, também, a destinação das

águas para a atmosfera através da evapotranspiração. Ainda, há a possibilidade de reaproveitamento de materiais descartados da construção como entulhos, pneus e até mesmo garrafas PET (Figura 3).

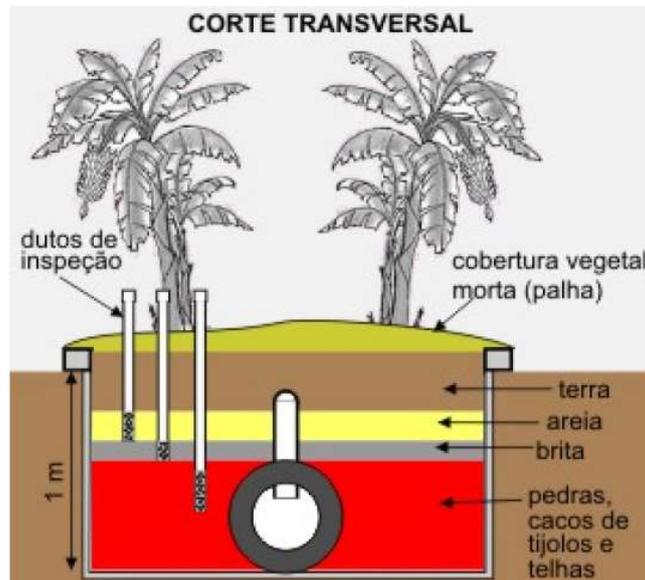


Figura 3: Representativo do Bacia de Evapotranspiração, câmara em pneu (VIEIRA, 2010).

No modelo mostrado por Pamplona e Venturi (2004), o sistema trata-se de uma trincheira impermeável na base e paredes, tendo a entrada na câmara inferior de pneus localizada na base centralizada. O preenchimento do tanque aberto, de baixo para cima, se dá por meio de camadas de pedras, cacos de tijolos, telhas entre outros, de brita, de areia, de terra e de cobertura vegetal morta e palha seca.

Para o dimensionamento do TEvap faz-se uma analogia ao sistema fossa-filtro-sumidouro, cujas normas ABNT NBR 7229/1992 e 13969/1997 tratam de aspectos referentes a esse sistema.

Segundo Viera (2010), que nomeou o sistema como bacia de evapotranspiração, este deve apenas receber águas negras, sugerindo que as águas cinzas devam ir para outro sistema de tratamento. Ele explica que o funcionamento e princípios se traduzem em fermentação, segurança, percolação, evapotranspiração e manejo.

O processo de fermentação (digestão anaeróbia) é realizado dentro da câmara de pneus (ou meias calhas de cimento pré-moldado perfurado) e nos espaços da primeira camada (pedras, cacos de tijolos e telhas). A segurança é garantida porque os patógenos são enclausurados no sistema, pelo fato da bacia ser fechada. A água percola de baixo

para cima, sendo separada dos resíduos humanos (pela atuação do biofilme no entulho e brita), chegando à zona de raízes com nível alto de limpeza. Na última fase de tratamento, a água sai do sistema na forma de vapor, sem nenhum contaminante. A transpiração é realizada pelas plantas de folhas largas que consomem os nutrientes em seu crescimento (VIEIRA, 2010). E ainda é obrigatória a cobertura vegetal morta, com as próprias folhas ou de outras origens, para evitar que chuva entre verticalmente no tanque. O emprego de dutos de inspeção pode ser utilizado, para coletar amostras de água para análise e verificar a eficiência de tratamento em cada camada, por exemplo. Além disso, pode ser instalada uma caixa após a bacia, pois caso haja falha no sistema o efluente pode ser direcionado à rede de drenagem ou de esgoto (em caso de áreas urbanas) ou a um outro reservatório, evitando contaminação. Caso não haja entrada de material inorgânico (areia, terra ou plástico) ou de produtos químicos como detergentes, desinfetantes e bactericidas, todo material orgânico e água que entra no sistema será degradado, com mínima ou nenhuma formação de lodo (PAMPLONA e VENTURI, 2004).

Os autores Galbiati (2009), Benjamin (2013), Vieira (2010), Paulo (2014), Fernandes (2015) e Silva e Santos (2017) recomendam que as plantas sejam de espécies de folhas largas a fim de dispor da área para a evapotranspiração. As plantas mais comuns que aparecem nas referências são lírio-do-brejo, copo-de-leite, bananeiras em generalização, helicônia (bananeira ornamental), bananeira (*Musa cavendishii*), maria-sem-vergonha, mamoeiro, taiobas, caetés e beri (diversas espécies do gênero *Canna*) (Figura 4A e Figura 4B).



Figura 4: Plantas ornamentais para TEvap (A) (SILVA e SANTOS, 2017) e Bananeiras e Taiobas para TEvap (B) (GALBIATI, 2009).

Segundo Vieira (2010), a evapotranspiração depende em grande parte da incidência do sol. Sendo assim, ele aconselha que o tanque deve ser orientado, quando possível, no sentido nascente/poente e sem obstáculos, como árvores altas próximas, tanto para não fazer sombra, como para permitir ventilação.

Também é necessário evitar outras possíveis fontes de problemas como alagamento pela chuva, infiltrações, vazamentos, dias sem sol e passagem de pessoas acima da instalação. Para este fim é interessante que o tanque não se localize em caminhos de pessoas e de escoamentos superficiais e, caso isso não seja possível, que tenha uma proteção física para evitar a passagem (VIEIRA, 2010).

No Catálogo de Soluções Sustentáveis de Saneamento (FUNASA, 2018), é recomendado evitar o uso excessivo de produtos à base de cloro, porque eles atrasam os processos de decomposição e podem inclusive aumentar o acúmulo de lodo nas fossas.

### **3.6.2 *Wetland***

*Wetland* é uma denominação para qualquer ecossistema alagado, comumente conhecido como brejo, pântano, área inundada entre outros. Os sistemas de *wetlands* naturais tem a função de deter as águas de inundação, proteger margens de lagos e costas erosivas da ação de ondas e promover a qualidade da água, transformando o excesso de nutrientes, os sólidos suspensos e metais pesados. Os processos biogeoquímicos que ocorrem naturalmente nas áreas alagadas possuem natureza físico-química e biológica influenciados por populações microbianas aeróbias, anaeróbias e facultativas. (WELSCH, 1995 apud MONTEIRO, 2009).

Como elucidado por Monteiro (2009), o sistema horizontal necessita de um modo de distribuição e coleta do afluyente superior e inferiormente. O líquido percorre o sistema formando ou não uma lâmina aparente. Ele pode dispor tanto de sistema superficial, onde percorre o caminho da água onde as macrófitas estão plantadas quanto de um sistema subsuperficial, com material de enchimento e raízes das macrófitas, conforme ilustra a Figura 5, onde a água percorre o caminho em subsuperfície.

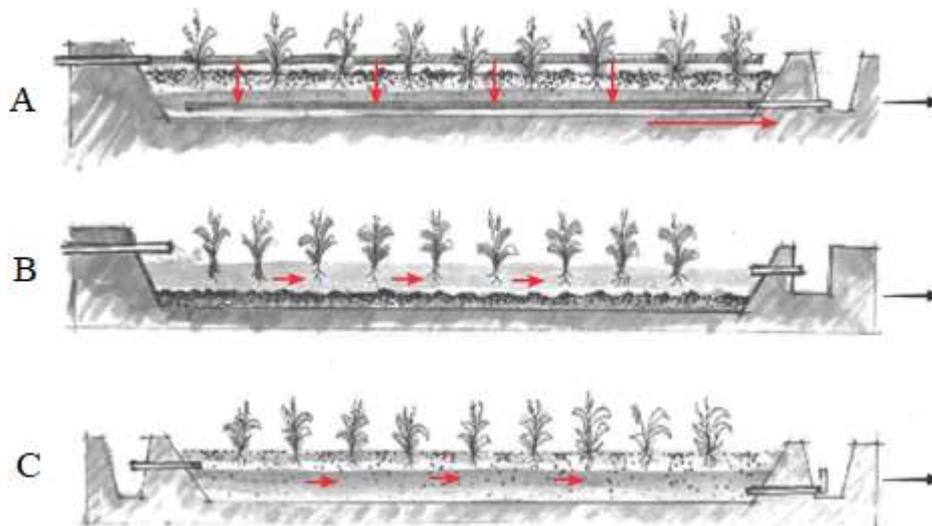


Figura 5: Zonas de raízes de fluxo vertical (A), fluxo superficial (B) e fluxo subsuperficial (C) (FUNASA, 2018).

No tratamento por zona de raízes de fluxo vertical, o efluente é distribuído ao longo da superfície do leito (com meio filtrante), infiltrando verticalmente através da zona de raízes das plantas e escoando pela parte inferior. Em zona de raízes de fluxo superficial, a água fica exposta à atmosfera. Já na zona de raízes de fluxo subsuperficial o leito permanece alagado até um nível abaixo da superfície do material filtrante (FUNASA, 2018)

Essa disposição apresenta uma grande área superficial para formação de biofilme e também a introdução de gás para a oxigenação pelas macrófitas, mas o metabolismo é apenas parcialmente aeróbio, fato importante para a remoção de nitrogênio (por meio de ação anaeróbia). Ainda, as zonas de raízes de fluxo subsuperficial não oferecem condições para o desenvolvimento e proliferação de mosquitos. Mas, por outro lado, possui limitada capacidade de transferência de oxigênio prejudicando a realização do processo de nitrificação do leito (Figura 6).



Figura 6: Representativo do sistema wetland (Retirado de: <https://www.wetlands.com.br/tecnologia-wetlands0>)

Ocorrem múltiplos processos de tratamento de sólidos suspensos, matéria orgânica, nutrientes e patógenos, proporcionados pelo conjunto planta e leito drenante. A remoção de sólidos suspensos é possibilitada pela sedimentação e filtração. Neste grupo também está incluso metais que são removidos através da complexação, precipitação e utilização pela planta, oxidação e redução (bioquímica), sedimentação e filtração. Os patógenos são contidos pela predação, morte natural, irradiação de UV e excreção de antibiótico proveniente das raízes das macrófitas. O fósforo é processado pela adsorção, utilização pela planta e adsorção e troca de cátions, enquanto o nitrogênio é utilizado pela planta e volatilizado em amônia. E o material orgânico solúvel é removido pela degradação aeróbia e anaeróbia, amonificação, nitrificação e desnitrificação (biológico) (POÇAS, 2005).

Um sistema do tipo *wetland* pode ser aplicado sozinho ou como complemento de outros tipos de tratamentos de água e/ou de efluentes, por se tratar de um sistema que

consegue remover eficientemente nutrientes, outros poluentes e patógenos presentes na água (SHUTES, 2001 apud MONTEIRO, 2009).

Nos acervos buscados foi encontrado o emprego de macrófitas flutuantes e emergentes e espécies diversificadas. Dentre elas estão, lírio do brejo (*Headychium cororium*), helicônia papagaio (*Heliconia psittacorum*), sombrinha chinesa (*Cyperus alternifolius*), inhame (*Colocasia esculenta var.aquatilis*), capim vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) (Figura 7A), taboa (*Typha domingensis*), cobertura vegetal diversificada, espécies de gramíneas, fragmentos de florestas, *Typha latifolia* L., alface d'água (*Pistia stratiotes* Link ), Ninfeia (*Nynphaea*), navalha de mico (*Scirpus sp.*) e as *Isoetaceaes* (Figura 7B).



Figura 7: (A) Capim vetiver em wetland construído (SIQUEIRA, 2014) e (A) *Eleocharis sp.*, *Scirpus sp.* e *Typha sp.* em wetland construído (VALENTIM, 2003).

### 3.6.3 Banheiro Seco

O banheiro seco, também chamado de banheiro sustentável, biológico, ecológico e sanitário compostável, faz uso de câmara(s) para armazenar e utiliza o processo de compostagem para tratar e sanitizar os dejetos humanos, além de reduzir consideravelmente ou totalmente o uso de água para o transporte, armazenamento e tratamento destes resíduos. O princípio também é o tratamento, a partir da promoção de elevação de temperatura gerado por algum tipo de energia (solar, elétrica, térmica ou outra) acessível capaz de gerar aquecimento, colaborar para os organismos termófilos responsáveis pela decomposição e inativação de agentes patógenos. E, ainda, ocorre o aproveitamento local dos resíduos ao invés de serem despejados nos solos, nos rios ou mar (ALVES, 2009).

Sendo assim, esta alternativa de tratamento, ao mesmo tempo que evita a contaminação e o desperdício de água (como em alternativas comuns), também permite a reincorporação dos nutrientes ao seu ciclo natural (caracterizando-a como alternativa sustentável) sem causar poluição ambiental ou desperdício dos nutrientes presentes no esgoto.

O também chamado banheiro sustentável se divide em dois tipos, aquele que separa a urina dos excrementos (Figura 8) e aquele que não separa. O primeiro consiste em assento ou vaso especial que permite a separação e direcionamento a coletores distintos. Essa separação é motivada pela urina ser considerada praticamente estéril e, quando diluída, é usada como fertilizante ou levada a um poço de infiltração direta ao solo (CASTILLO CASTILLO, 2002).

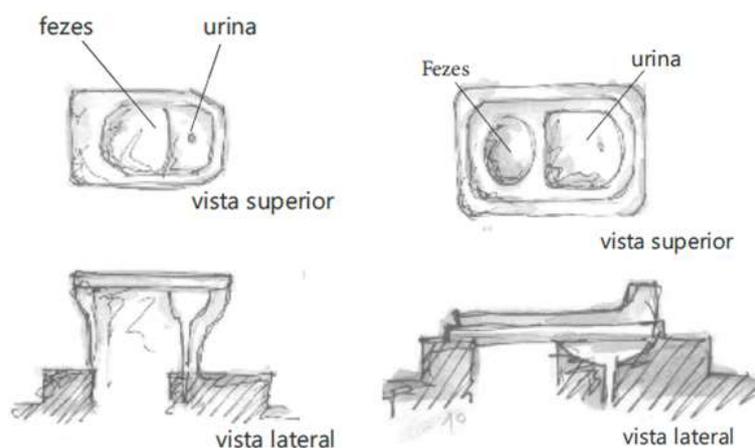


Figura 8: Sanitário sem descarga com separação de urina, modelo da direita para uso na posição de cócoras (FUNASA, 2018)

A medida de separação decorre da alta quantidade de nitrogênio existente na urina, o que dificulta o processo de compostagem por adicionar uma quantidade extra de líquido à mistura, além de potencializar o odor naturalmente verificado nas fezes humanas (Figura 9). Mas, a alternativa para não segregação entre fezes e urina é a adição de matéria orgânica como folhas secas, papel higiênico, serragem ou grama cortada, estes absorvem o líquido extra, reduz consideravelmente o odor e ainda favorece a compostagem termofílica e o balanço entre os elementos carbono e nitrogênio (JENKINS, 2005).

A decomposição por meio da compostagem é uma biooxidação aeróbia exotérmica de um substrato orgânico heterogêneo, no estado sólido, produzindo, durante o processo, dióxido de carbono, água, liberação de substâncias minerais e matéria orgânica estável

(FERNANDES, 1998 *apud* ALENCAR, 2009). A compostagem aeróbia necessita de constante aeração do dispositivo para suprir a demanda dos microrganismos (principalmente bactérias). Logo, deve dispor de sistema de aeração (Figura 9) que simplificada é obtido por meio de uma rede de ventilação, se encarregando da exaustão dos gases e da umidade liberados pelo processo de compostagem (VAN LINGEN, 2008).

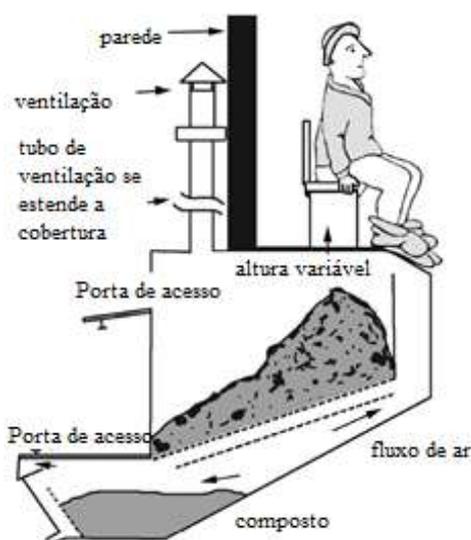


Figura 9: Esquema de disposição do banheiro seco (JENKINS, 2005)

Com a garantia de hermeticidade da câmara de compostagem é impossibilitada a disseminação de organismos patogênicos de veiculação hídrica, acarretando na eliminação da contaminação do ambiente (ALENCAR, 2009).

Ainda segundo o autor, há quatro categorias possíveis de sanitário seco compostável, são elas: sistema com recipientes móveis, sistema carrossel, sistema com duas câmaras e sistema com câmara única bicompartimentada.

O sistema com recipientes móveis, cujos recipientes permanecem estacionados sob o assento sanitário, permite a mobilidade na retirada do recipiente para o local de utilização. Este sistema demanda uma construção com desnível grande entre o vaso e o recipiente, implicando em um custo de construção e, além disso, é existente a presença de mau cheiro em função da ascensão do ar devido a perpendicularidade do recipiente e assento sanitário (Figura 10).



Figura 10: Sistema com recipientes móveis (JENKINS, 2005)

Outro é o sistema carrossel, este possui vários compartimentos que, após o uso, são rotados deixando posicionado outro compartimento sob o sanitário. Esta modalidade otimiza o espaço, apesar de poder também gerar problemas com odores em função do alinhamento vertical. E ainda necessita de elementos pré-fabricados e disponibilidade de pessoal habilitado em produzir e transportar estes componentes até o local de sua instalação (Figura 11).

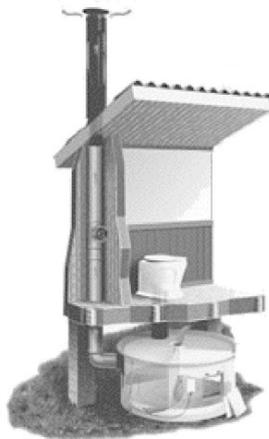


Figura 11: Sistema carrossel (JENKINS, 2005)

Alternativamente, o sistema com duas câmaras de compostagem é aquele com câmaras dispostas uma ao lado da outra. A construção é executada acima do nível do solo com os dois níveis interligados através de rampa por onde deslizam os resíduos humanos e se acumulam na porção inferior da câmara. Tem operação simplificada, pois o resíduo fica acumulado por um período mínimo e depois removido para seu destino final. Há a possibilidade da utilização de materiais alternativos e mão de obra não especializada levando a redução de custo de implantação. As câmaras são usadas em alternância de um

ano aproximadamente, enquanto uma atende à demanda recebendo e acumulando as fezes e urina, a outra permanece fechada para o processo de compostagem se completar e ficar disponível para uso (Figura 12).

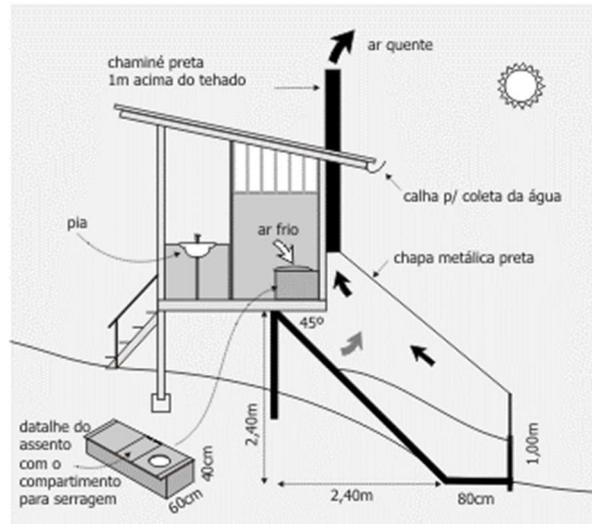


Figura 12: Sistema com duas câmaras (VIEIRA, 2006)

E, ainda, o sistema com câmara única bicompartimentada, também conhecida como modelo *Bason*, pode ser construída de fibra de vidro, alvenaria ou concreto armado. Apresenta as vantagens de pequena demanda por área, facilidade na execução ou baixo custo (na escolha por materiais alternativos). É comumente uma alternativa de instalação ao longo de uma construção de residência nova, pré-existente ou unidade isolada (Figura 13).

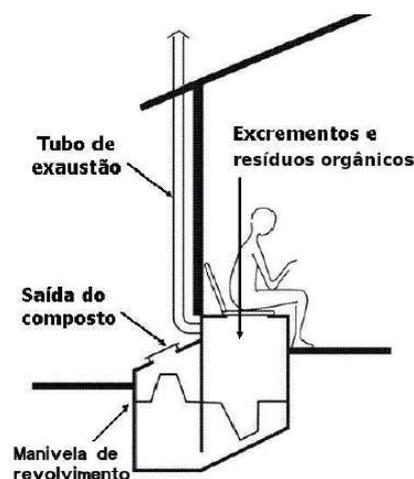


Figura 13: Esquema do modelo *Bason* (VAN LENGEN, 2004 *apud* AMATUZI *e.al.*, 2013)

A fim de facilitar a decomposição inicial é recomendado colocar no piso, antes de selar as tampas dos recipientes, uma camada de 30 cm de folhas secas, cinzas ou

serragem. Todas as entradas e saídas de ar devem ter uma tela de mosquiteiro e quando não estiverem em uso, as tampas da câmara de adubo e do sanitário devem estar sempre fechadas (VAN LENGEN, 2004).

Van Lengen (2008) descreve o processo de pré-fabricação por moldes. Para montar o *Bason* é preciso fazer nove placas, porém duas do tipo (a) e duas do tipo (c). E, ainda, nas peças do tipo (c) deve-se colocar um tubo de meia polegada de espessura pequena para marcar o local que receberá a manivela. Na peça b uma placa de compensado de tamanho adequado para o assento, na peça d a marcação de um tubo de 10 cm de diâmetro e uma fenda de 1x15 cm e na peça f uma abertura de 30x40 e aumento de borda em 2 cm (Figura 14).

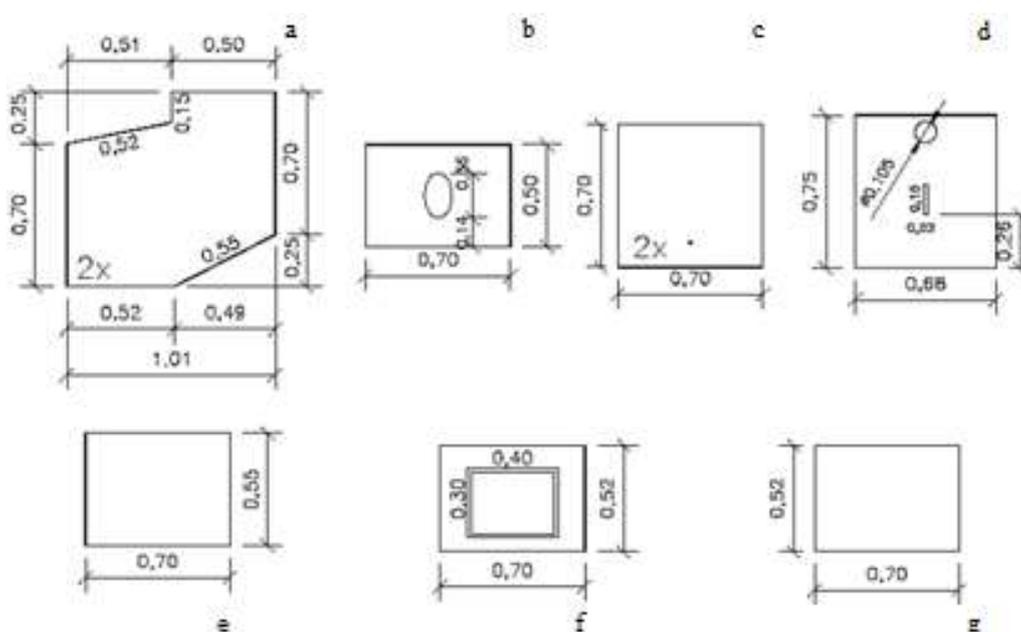


Figura 14: Placas que constituem o *Bason* - unidade em metros (ALENCAR, 2009).

Os materiais necessários são cimento, areia fina peneirada, água, arame, lona ou jornal, malha plástica ou tela mosquiteira, joelho de PVC, forma de papelão. E como ferramentas pesos (que podem ser tijolos) e ripas (espessura de 5 a 6 mm) de madeira (ou plástico rígido, papelão ou alumínio).

Alencar (2009) exhibe sua experiência na construção do *Bason* através de registros fotográficos. Ele optou por fazer um molde por tipo de peça, então preparou 7 moldes (com duas camadas de ripas) confeccionados por marceneiro, a fim de assegurar a padronização e precisão de medidas, essas ripas foram fixadas em forma de gabarito (Figura 15).



Figura 15: Gabaritos montados (A); Corte da tela mosqueteira (B) (ALENCAR, 2009).

Van Lengen (2008) aconselha que uma superfície lisa deve ser limpa e coberta pela lona esticada e segura através de pesos, as ripas são posicionadas com as medidas corretas e fixadas com pesos ou estacas. A massa (consistência de pasta) de cimento e areia na proporção 1:2 é colocada na forma com auxílio da colher de pedreiro até a altura da espessura da ripa, em seguida a malha é colocada cobrindo e deixando sobra de 5 cm além das ripas horizontalmente, arames são posicionados nos cantos em forma de “U”. Na mesma posição do primeiro molde, porém logo acima da malha é posicionada outra forma de mesmo tamanho, são recolocados os pesos e a forma preenchida com a massa. Após deixar nivelado e passados 10 minutos, os pesos e ripas são retirados com cuidado. Deixa-se curar protegido do sol por 5 dias, umedecendo com água nos primeiros dias (Figura 16).

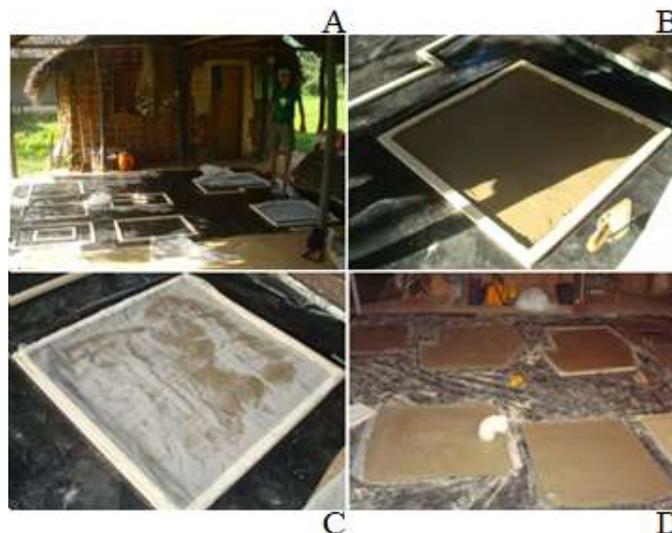


Figura 16: Disposição dos moldes sobre superfície impermeabilizada com plástico (esquerda superior); primeira membrana na parte interna do molde (direita superior); Colocação de tela no molde com argamassa (esquerda inferior); Placas argamassadas e desmoldadas (direita inferior).

Van Lengen (2008) acrescenta que, após a espera do processo de cura, a montagem se inicia com a placa do tipo (a) posicionada no chão e, a partir desta se fixam

as outras placas, partindo da placa (d), também com o auxílio da amarração dos arames. As abas de plástico são dobradas para a parte interna e aplicada massa nas juntas, formando nestes lugares uma espécie de nervura. A posição das aberturas das placas do tipo (c) devem ser observadas, pois uma ficara para cima e outra para baixo. Em seguida a outra placa (a) pode ser posicionada e unida às outras com a massa por dentro e por fora. Sem ser tirada dessa posição o *Bason* deve ser deixado secar por pelo menos uma semana, para ser colocado de pé e ser colocada massa nas outras juntas (Figura 17).



Figura 17: (A) Início da montagem das placas; (B) montagem das placas com colocação da manivela para aeração; (C) *Bason* com placas de plastocimento encaixadas; (D) montagem da câmara de compostagem.

Uma manivela feita de vergalhão é o meio de revolver o conteúdo, uma vez por semana, para promover células de ar no meio da massa. Ela fica posicionada na fresta da placa (d) com as extremidades encostadas nas placas do tipo (c) e, em caso de desgaste, pode ser substituída. A Figura 18 mostra o produto final após o tempo de secagem, erguido na posição de uso e com aparelhos de ventilação e vedação instalados.



Figura 18: *Bason* construído não instalado (ALENCAR, 2009).

## 4. ESTUDO DE CASO

### 4.1 Caracterização do Local de Estudo

Os projetos e estudos propostos foram destinados às características, atributos e particularidades do Parque Natural Municipal do Atalaia. As informações mais determinantes foram levantadas por meio de visitas às instalações, conversas e documentos obtidos com os funcionários.

O Parque está localizado em Córrego do Ouro, distrito de Macaé. O acesso principal à sede se encontra após o trevo da saída de Macaé, seguindo pela RJ-168 e passando para a RJ-162. Em 2011, foi realizado o georreferenciamento de instalação de marcos e sinalização no Parque, disponível no site<sup>2</sup> oficial da Prefeitura. Ao total, são vinte marcos instalados fisicamente com a finalidade de sinalizar e um marco comemorativo logo em frente à sede administrativa, com as coordenadas geodésicas de latitude 20° 18'32,90985" S e longitude 41° 59'5,87441" W (Figura 19).

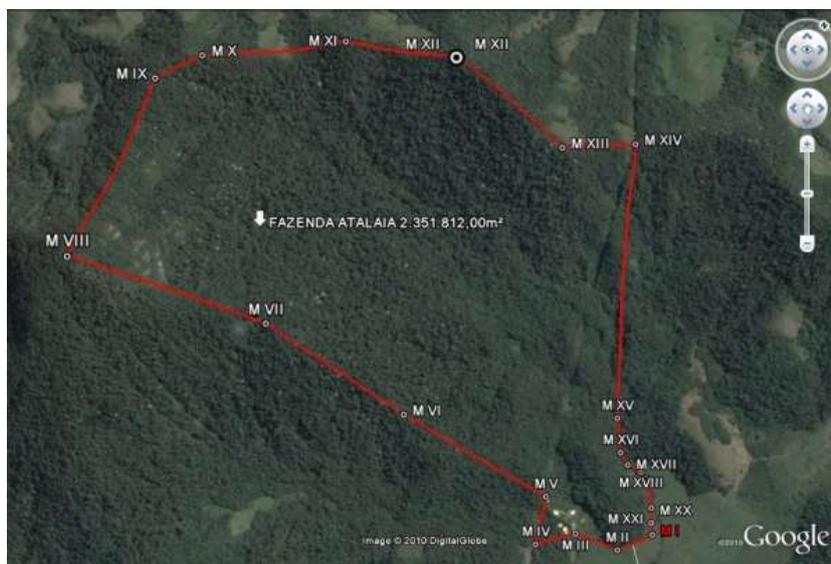


Figura 19: Delimitação da área do Parque Natural Municipal do Atalaia (endereço eletrônico<sup>3</sup> da Prefeitura de Macaé).

São 235 hectares de área das quais 75% são de mata fechada com características intactas de Mata Atlântica. Há ainda planos de ampliação da unidade e criação de

<sup>2</sup> <http://www.macaee.rj.gov.br/midia/conteudo/arquivos/1355237238.pdf>

<sup>3</sup> <http://www.macaee.rj.gov.br/midia/conteudo/arquivos/1355237238.pdf>

corredores ecológicos com outras unidades na proximidade para diminuir os efeitos da fragmentação dessas áreas, assim como permitir o fluxo genético das espécies nativas. Na área correspondente aos outros 25%, encontram-se as instalações e áreas de recreação e, apesar não ter as características originais, está em sua maioria reflorestada e com árvores já estabelecidas a partir do ano da construção das estruturas (Figura 20).



Figura 20: Estruturas de interesse numeradas: Refeitório (1), Centro de Educação Ambiental (2), Sede Administrativa (3), Alojamento (4), Centro de Reabilitação da Fauna (5) (Google Earth, 2007).

Em relação ao relevo das áreas abertas ao público e ao entorno das edificações, os desníveis são predominantes com morros e inclinações variadas, poucas são as planícies e ainda possuem características de alteração humana, ou seja, não naturais.

Quanto ao clima, na região, é classificado como tropical úmido, procedendo em altas temperaturas e chuvas e, ainda, devido à proximidade da vegetação e relevo, são proporcionados umidade e frio nas áreas de sombra (FREITAS *et. al.*, 2015). As informações climatológicas relevantes sobre o local de estudo são dispostas na Tabela 7.

Tabela 7: Dados de Radiação, insolação e umidade relativa (Atlas Solarimétrico do Brasil, 2000), temperaturas médias mensal cidade de Macaé (INMET), e precipitação Acumulada cidade de Macaé (INMET).

	Radiação solar global	Insolação	Umidade relativa	Temperatura mínima	Temperatura média	Temperatura máxima	Precipitação Acumulada
	MJ/m <sup>2</sup> .dia	horas	%	°C	°C	°C	mm
Janeiro	18	7	83,1	21,3	25,2	29,5	131,5
Fevereiro	20	8	83,7	21,4	25,2	29,7	105,5
Março	18	7	83,6	21	24,8	29,2	100,5
Abril	14	5	83,1	19,3	23,3	28	100,3
Mai	12	6	83,1	17,3	21,7	26,7	77,1
Junho	10	6	82,9	15,8	20,4	25,9	40,6
Julho	12	6	82,2	15,2	20	25,4	51,3
Agosto	12	6	81,7	15,8	20,3	25,3	49,5
Setembro	12	5	82,6	17,3	20,9	25,3	70,6
Outubro	16	5	82,6	18,7	22,1	26,1	103,7
Novembro	18	5	83,6	19,4	22,9	27	144,5
Dezembro	18	6	83,8	20,5	24,1	28,2	188,7
Anual	16	6	83	18,6	22,6	27,2	97,0

As áreas do parque abertas ao público são, na maioria, cobertas pelas copas das árvores provenientes dos projetos de reflorestamento. Nesses locais, a temperatura geralmente é abaixo das áreas não cobertas e em boa parte do ano é sentida a insolação forte desde as primeiras horas do dia. As altas de insolação são a partir de novembro seguindo até março do ano seguinte, coincidindo com as altas de temperatura ao longo do ano, enquanto as altas de precipitação acumulada se iniciam um mês antes e terminam um mês depois.

O Parque é aberto à visita de quarta a domingo das 9 às 16 horas. Além disso, oferece visita técnica (10-20 estudantes) de quarta a sexta, sendo necessário o agendamento prévio para grupos maiores. Alguns eventos e visita para grupos (a partir de 15 pessoas) são realizados nos finais de semana, dias em que o Parque recebe um maior número de visitantes.

O caderno de registros das visitas foi usado como parâmetro para estimativa do número de visitantes/mês. Esse levantamento foi utilizado como uma aproximação dos valores reais, levando em consideração que alguns visitantes se esquecem de assinar o livro. Os dados obtidos estão mostrados na Tabela 8, desde o início de janeiro de 2016 até maio de 2018, quando a última visita para coleta de dados deste trabalho foi feita.

Tabela 8: Registros de visitantes às instalações do Parque (Assinaturas do livro de visitação).

Mês\Ano	2016	2017	2018
Janeiro	66	162	150
Fevereiro	14	252	242
Março	180	141	179
Abril	599	34	171
Maiο	354	83	-
Junho	843	293	-
Julho	513	183	-
Agosto	298	362	-
Setembro	608	445	-
Outubro	503	1009	-
Novembro	706	358	-
Dezembro	440	415	-
Média	437	311	186

A partir da Tabela 8, é possível observar valores muito elevados de visitantes, porém que nem sempre correspondem aos usuários das instalações do refeitório, visto que muitos desses utilizam o Centro de educação ambiental ou o alojamento.

Ao total, o Parque possui oito prédios sendo que desses, cinco possuem instalações hidráulicas e sanitárias e três dessas instalações são mais próximas entre si do que as demais. As estruturas de interesse deste trabalho foram numeradas e apresentadas na Figura 20.

Devido aos padrões de uso dos prédios serem distintos, a contribuição diária de esgotos é baseada em parâmetros diferentes. Para o refeitório, a contribuição teve como base de dados o livro de visitantes, tendo em vista que o uso dos sanitários está relacionado aos usuários que permanecem nas instalações internas e, também, aqueles que fazem atividades ao ar livre, estão em grupos de trilha, escoteiros, eventos, entre outros. Sendo assim, foi considerado 60% da média dos visitantes de 2016 (Tabela 8) como usuários efetivos das instalações do refeitório. O auditório, devido ao seu uso para palestras e atividades limitadas à estrutura interna, quantidade de cadeiras e período curto de tempo, foi atribuído o padrão local de curta permanência. E aos três prédios, devido ao possível uso contínuo do alojamento, foi atribuído o uso permanente de duas pessoas.

Sobre o refeitório pode-se dizer que as instalações desse prédio são as principais responsáveis por atender a demanda de uso do sanitário, podendo chegar a cem pessoas por dia no final de semana como ocorreu, por exemplo, em outubro de 2017 (Tabela 8).



Figura 21: Refeitório (Arquivo Secom<sup>4</sup>, tripadvisor<sup>5</sup> e Autora).

O refeitório possui cozinha com quatro pias, instalação hidráulica para bebedouro, duas bacias sanitárias, chuveiro e duas pias externas aos banheiros (Figura 22). A concentração de pessoas é geralmente nas mesas do refeitório, nas áreas abertas de parque para crianças, lago e varanda.

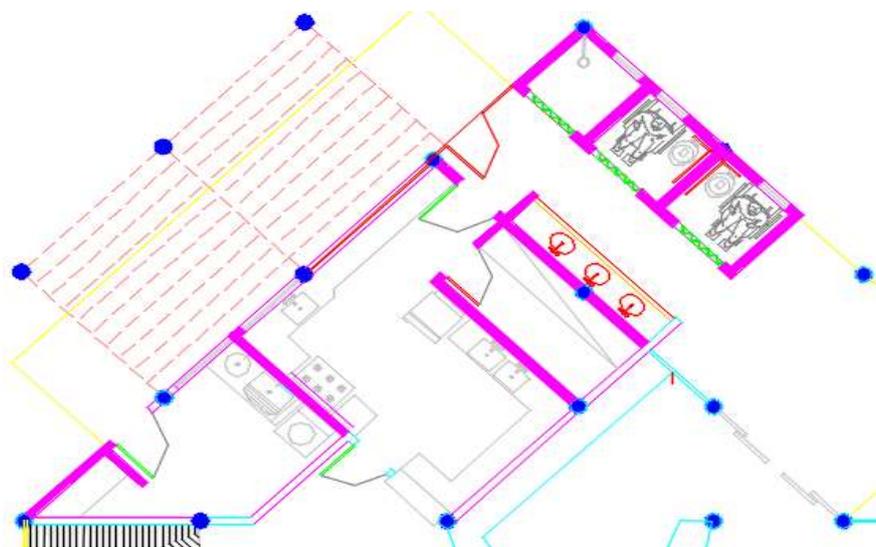


Figura 22: Parte da planta baixa, equipamentos hidráulico-sanitários do refeitório (Departamento de Licitações da Prefeitura de Macaé).

<sup>4</sup><http://www.macaee.rj.gov.br/buscagoogle?cx=009924012788200551023%3Aakc5b65jaqq&cof=FORID%3A9&ie=UTF-8&q=Parque>

<sup>5</sup>[https://www.tripadvisor.com.br/LocationPhotoDirectLink-g609133-d2424065-i220517352-Atalaia\\_Municipal\\_Park-Macaee\\_State\\_of\\_Rio\\_de\\_Janeiro.html](https://www.tripadvisor.com.br/LocationPhotoDirectLink-g609133-d2424065-i220517352-Atalaia_Municipal_Park-Macaee_State_of_Rio_de_Janeiro.html)

Atualmente, o esgoto é direcionado ao tratamento de fossa-filtro-sumidouro e, como o sistema está enterrado, vasos de plantas foram colocados para evitar a passagem de pessoas acima do sistema (Figura 23). O sumidouro fica a alguns metros de distância onde a circulação é muito menor.



Figura 23: Localização do sistema fossa-filtro-sumidouro que atualmente realizar o tratamento de esgoto do refeitório (Autora).

O centro de educação ambiental é parcialmente aberto ao público, suas instalações internas recebem pessoas principalmente para palestras e cursos para os grupos agendados (Figura 24).



Figura 24: Centro de educação ambiental (Autora e Arquivo Secom).

Nessas dependências, o esgoto é tratado por meio de fossa, segundo os funcionários. Na pesquisa realizada *in loco* só foi possível encontrar uma câmara (Figura 25). Devido a densidade da vegetação, não foi possível explorar o local ou visualizar outras possíveis instalações sanitárias.



Figura 25: Câmara na proximidade do Auditório (Autora).

A sede administrativa, o alojamento e o centro de reabilitação não são abertos ao público, apesar das estruturas serem apresentadas aos visitantes, pois atendem a equipe de funcionários fixos do parque, pesquisadores e seguranças da guarda ambiental, além dos espécimes em recuperação, quando há. (Figura 26).



Figura 26: Sede administrativa, alojamento e centro de reabilitação da fauna (Autora).

Na sede administrativa há uma cozinha pequena de pouco uso e dois lavabos com uso frequente de dois funcionários. No alojamento há uma cozinha com pouquíssimo uso e dois banheiros completos, que são utilizados nos finais de semana, por, no máximo, quatro pessoas. Já no centro de reabilitação da fauna ocorre o uso fixo de um banheiro por um funcionário, além da saída de efluentes dos dois viveiros. A Figura 27, Figura 28, Figura 29 ilustram a planta baixa da Sede Administrativa, do Alojamento e do Viveiro, respectivamente.

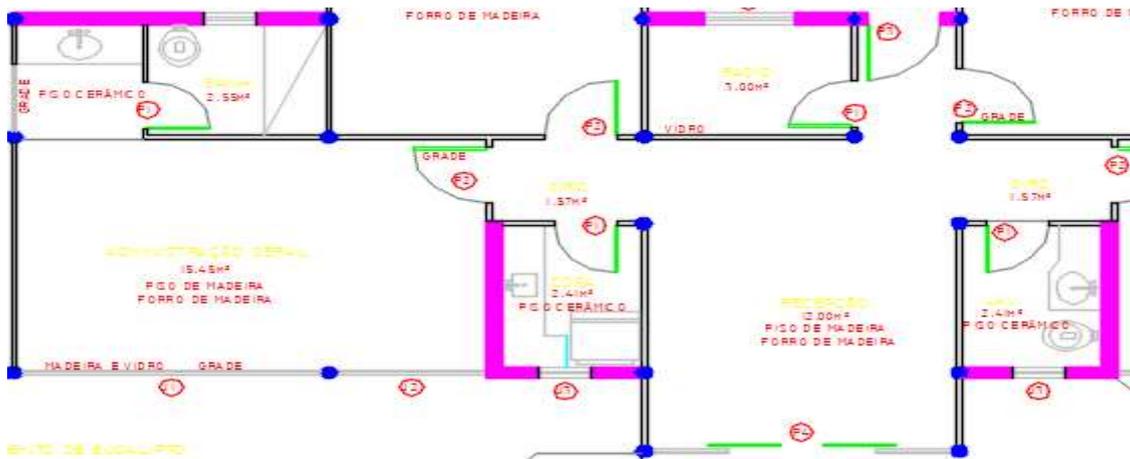


Figura 27: Parte da planta baixa, equipamentos hidráulico-sanitários da Sede Administrativa (Departamento de Licitações da Prefeitura de Macaé).

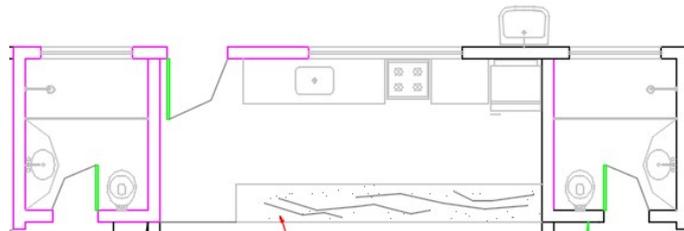


Figura 28: Parte da planta baixa, equipamentos hidráulico-sanitários do alojamento (Departamento de Licitações da Prefeitura de Macaé).

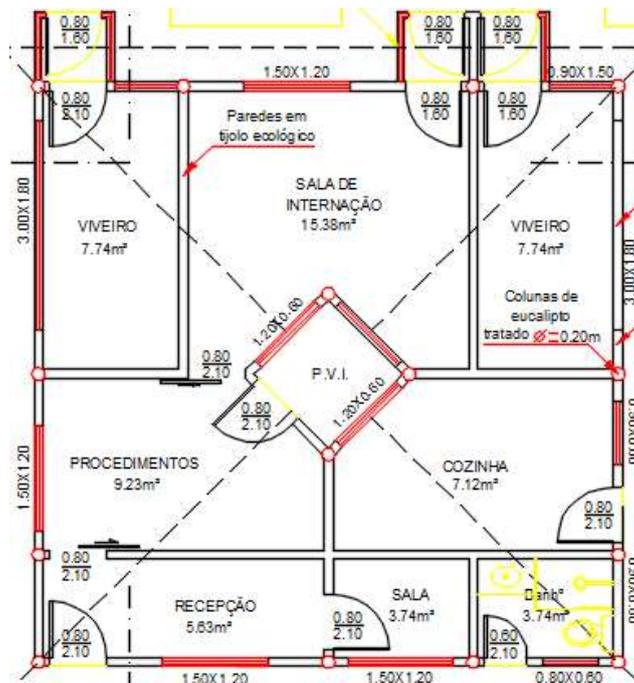


Figura 29: Parte da planta baixa, equipamentos hidráulico-sanitários do viveiro (Departamento de Licitações da Prefeitura de Macaé).

Na proximidade de cada construção (Sede administrativa, Alojamento e Centro de reabilitação) há uma tampa de concreto no chão, correspondente a uma câmara. Não se pode afirmar se essas câmaras constituem um tratamento completo (do tipo fossa-filtro-sumidouro) e nem se as câmaras estão conectadas em sequência. A Figura 30 e a Figura 31 ilustram a localização das tampas das câmaras.



Figura 30: Câmara na ponta, ao lado, do centro de reabilitação (Autora).



Figura 31: Câmara na ponta, parte de trás, da sede administrativa, lado direito da figura (Autora).

No refeitório, em decorrência de repetidos episódios de refluxo, inundação do sanitário e mau cheiro nas proximidades do banheiro e da fossa localizados na edificação, além de mau cheiro no banheiro da sede administrativa do Parque, os funcionários solicitaram uma escavação do sistema de tratamento e das tubulações para averiguar as causas. Foi descoberto que, além de existirem tubulações que não levavam a lugar nenhum, o sistema fossa-filtro-sumidouro não estava instalado corretamente, pois não haviam tubulações que interligassem os módulos e nem foi colocada brita no filtro anaeróbico. Sendo assim, quando a fossa séptica chegava no seu volume limite ela transbordava no solo.

Apesar do uso deste sistema (fossa-filtro-sumidouro) ser aceito para moradias rurais e em locais afastados de sistemas públicos de esgotamento sanitário, surgiu a oportunidade de se cogitar outras alternativas de tratamento do esgoto sanitário que pudessem proporcionar múltiplos benefícios como o de educação ambiental, economia, diminuição do trabalho de manutenção do sistema e sustentabilidade ambiental.

## 4.2 Método de Cálculo para Tratamento das Águas Servidas

### 4.2.1 Tanque de Evapotranspiração

Neste trabalho, as normas ABNT NBR 7229/92 e ABNT NBR 13969/97 serão utilizadas para o dimensionamento da Tanque de Evapotranspiração (Tevap), pois é feita uma analogia do Tevap ao sistema fossa-filtro, onde a parte inferior da bacia (preenchida por entulhos e pneus) relaciona-se a uma fossa séptica e a parte superior (preenchida por brita) a um filtro anaeróbio, conforme ilustra a Figura 32.

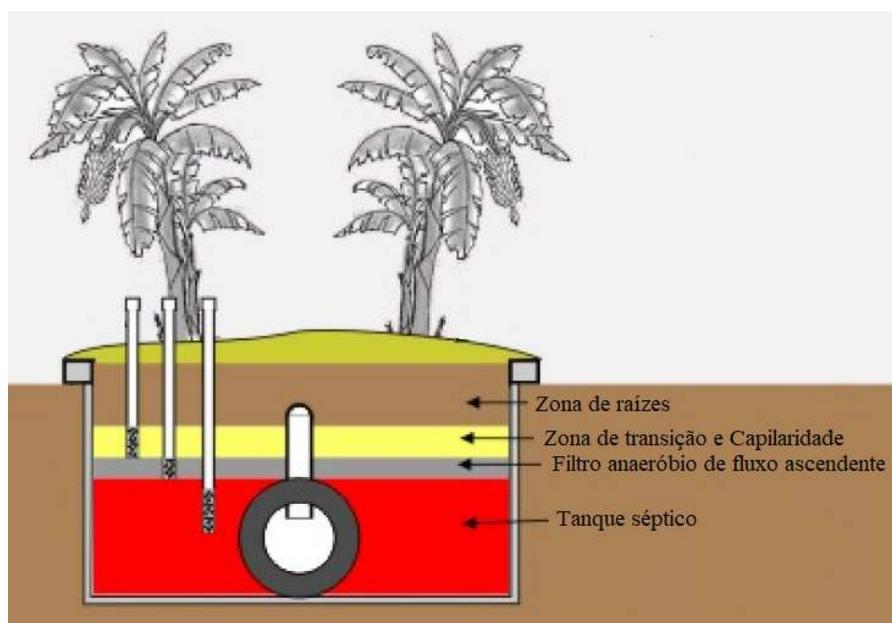


Figura 32: Processos referentes às camadas na bacia de evapotranspiração (VIEIRA, 2010 modificado).

Na norma ABNT NBR 7229/92 encontram-se as recomendações e parâmetros para dimensionamento de um tanque séptico, como a contribuição diária de esgoto (Tabela 9), o período de detenção desse esgoto no tanque, a contribuição diária de lodo fresco e a acumulação de lodo (em anos).

Para este, deve-se considerar um número de pessoas a serem atendidas, um volume de esgoto correspondente a 80% do consumo de água (no caso da Tanque de Evapotranspiração, está determinado apenas contribuição de águas negras) e, caso haja ocupantes permanentes e temporários, a vazão total de contribuição resulta da soma de vazões correspondentes a cada tipo de ocupante.

Tabela 9: Contribuição diária de esgoto (C) por tipo de prédio e ocupante (ABNT NBR 7229/1993).

Prédio	Unidade	Contribuição de esgotos (C)
Residência padrão baixo	pessoa	100
Hotel (exceto lavanderia e cozinha)	pessoa	100
Alojamento provisório	pessoa	80
Fábrica em geral	pessoa	70
Escritório	pessoa	50
Edifícios públicos ou comerciais	pessoa	50
Escolas (externatos) e locais de longa permanência	pessoa	50
Bares	pessoa	6
Restaurantes e similares	refeição	25
Cinemas, teatros e locais de curta permanência	lugar	2
Sanitários públicos	bacia sanitária	480

O período de detenção dos despejos é um dos parâmetros para projeto, devendo-se projetar para períodos mínimos de detenção, a fim garantir o nível mínimo de atuação dos processos nesta fase (Tabela 10).

Tabela 10: Período de detenção dos despejos, por faixa de contribuição diária (ABNT NBR 7229/1993).

Contribuição diária (L)	Tempo de detenção	
	Dias	Horas
Até 1500	1,00	24
De 1501 a 3000	0,92	22
De 3001 a 4500	0,85	20
De 4501 a 6000	0,75	18
De 6001 a 7500	0,67	16
De 7501 a 9000	0,58	14
Mais que 9000	0,5	12

A contribuição de lodo fresco diário é outro parâmetro a ser considerado para determinação do volume mínimo para obter compatibilidade com o tempo de detenção necessário (Tabela 11).

Tabela 11: Contribuição diária de lodo fresco ( $L_f$ ) por tipo de prédio e ocupante (ABNT NBR 7229/1993).

Prédio (Ocupantes temporários)	Unidade	Contribuição de lodo fresco ( $L_f$ )
Fábrica em geral	pessoa	0,30
Escritório	pessoa	0,20
Edifícios públicos ou comerciais	pessoa	0,20
Escolas (externatos) e locais de longa permanência	pessoa	0,20
Bares	pessoa	0,10
Restaurantes e similares	refeição	0,10
Cinemas, teatros e locais de curta permanência	lugar	0,02
Sanitários públicos	bacia sanitária	4,0

A taxa de acumulação de lodo em dias ( $K$ ) é obtida em função de volumes de lodo digerido e em digestão produzidos por cada usuário (em litros), faixas de temperatura ambiente (média do mês mais frio (em graus Celsius) e intervalo entre limpeza (em anos) (Tabela 12). E, para o caso de período superior a cinco anos, devem ser estudadas as condições particulares de contribuição, acumulação e adensamento do lodo.

Tabela 12: Taxa de acumulação total de lodo ( $K$ ), em dias, por intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio (ABNT NBR 7229/1993)

Intervalo entre limpezas (anos)	Valores de $K$ por faixa de temperatura ambiente ( $t$ ), em °C		
	$t \leq 10$	$10 \leq t \leq 20$	$t > 20$
1	9	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

O volume útil total do tanque séptico deve ser calculado pela fórmula:

$$V = 1000 + N \cdot (C \cdot T_d + K \cdot L_f) \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

$V$  = Volume útil (l);

$N$  = Número de pessoas ou unidades de contribuição;

$C$  = Contribuição de despejos (l/pessoa x dia ou l/unidade x dia) (Tabela 9);

$T_d$  = Período de detenção (dias) (Tabela 10);

$K$  = Taxa de acumulação total de lodo(dias) (Tabela 12);

$L_f$  = Contribuição de lodo fresco (l/pessoa x dia) (Tabela 11).

Na ABNT NBR 13969/97, encontram-se recomendações para unidades de tratamento complementar ao tanque séptico e disposição final dos efluentes líquidos, com

informações para projeto, construção e operação desta segunda fase do tratamento e, sendo assim, a camada superior aos pneus e entulhos, com a disposição de brita e fluxo ascendente, é dimensionada segundo as recomendações para filtro anaeróbio de fluxo ascendente.

Para a fase de tratamento seguinte, o filtro anaeróbio, tem-se como base a mesma tabela de contribuição de despejos e carga orgânica por tipo de prédio e de ocupantes que a utilizada para tanque séptico, porém o tempo de detenção hidráulica requerido é outro (Tabela 13), já que os processos em cada fase possuem características diferentes.

Tabela 13: Tempo de detenção hidráulica de esgotos (T), por faixa de vazão e temperatura do esgoto (em dias) (ABNT NBR 13969/1997).

Vazão L/dia	Temperatura média do mês mais frio		
	Abaixo de 15°C	Entre 15°C e 25°C	Maior que 25°C
Até 1500	1,17	1,0	0,92
De 1501 a 3000	1,08	0,92	0,83
De 3001 a 4500	1,00	0,83	0,75
De 4501 a 6000	0,92	0,75	0,60
De 6001 a 7500	0,83	0,67	0,58
De 7501 a 9000	0,75	0,58	0,50
Acima de 9000	0,75	0,50	0,50

A norma também determina um volume útil do leito filtrante pela equação:

$$V_u = 1,6 \cdot N \cdot C \cdot T \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

$V_u$  = Volume útil do leito filtrante (L);

$N$  = número de contribuintes;

$C$  = contribuição de despejos (L.usuários/dia);

$T$  = tempo de detenção hidráulica (dias).

No Tanque de Evapotranspiração, há a necessidade de que a área superficial seja suficiente para permitir a evapotranspiração pela vegetação do volume captado. O método para o cálculo é o proposto por Hargreaves e Samani (1985), uso sugerido por Galbiati (2009):

$$ET_0 = 0,0023 \cdot R_{0mm/dia} \cdot (t_{m\acute{a}x} - t_{m\acute{i}n})^{0,5} \cdot (t + 17,8) \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

$ET_0$  = evapotranspiração de referência (mm/dia);

$R_{0mm/dia}$  = radiação extraterrestre (mm/dia);

$t_{m\acute{a}x}$  = temperatura maxima (C);  
 $t_{m\acute{i}n}$  = temperatura mınima (C);  
 $t$  = temperatura mensal (C).

E a equação para a determinação da área necessária, levando em conta a ocorrência de chuva no sistema:

$$A = \frac{n \cdot Q_d}{ET_0 \cdot k_{evap} - P \cdot k_i} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

A = rea superficial do tanque (m<sup>2</sup>);  
n = número médio de usuários do sistema;  
 $Q_d$  = vazão diária por pessoa (L/dia) de acordo com o tipo de descarga e o número de utilizações por pessoa;  
 $ET_0$  = evapotranspiração de referência média do local (mm/dia);  
 $k_{evap}$  = coeficiente de evapotranspiração do tanque;  
P = pluviosidade média do local (mm/dia);  
 $k_i$  = coeficiente de infiltração, varia de 0 a 1.

Devido a não especificação em normas de todos os detalhes de dimensionamento de um Tanque de Evapotranspiração, fez-se um levantamento de experiências e recomendações sobre as dimensões dos tanques relacionada ao número de usuários, apresentado na Tabela 14.

Tabela 14: Dados de Tanques de Evapotranspiração construídas (GALBIATI,2009; BENJAMIN,2013; PAULO,2014; WASILEWSKI, 2016; SILVA,2017).

Sistema	Identificação	rea x prof. (m)	N de usuários
1	Canário Verde	12,5 x 1,0	3
2	Junior e Marina	9,0 x 1,0	4
3	Sérgio Pamplona	16,0 x 1,0	Eventual
4	Isabel e Alan	4,0 x 1,0	2
5	Sítio Geranium	17,5 x 1,2	Uso sazonal
6	Paula e Fernando	4,0 x 1,0	2
7	Gabriel Wasilewski	10,89 x 2,55	5
8	Richer da Silva	7,0 x 1,5	2
9	Amboko Benjamin	6,0 x 1,0	4
10	Nayana e Luiz	7,5 x 1,0	5
11	Adriana Galbiati	4,0 x 1,0	2

O sistema do Sítio Geranium (sistema 5) atende a uma estrutura onde são ministrados cursos sazonais, com número variável de alunos. Como não foram observados extravasamentos, pode-se concluir que o sistema absorve uma grande quantidade de esgoto de forma concentrada no tempo, desde que esse fluxo não se prolongue por muitos dias. Já o sistema 6 (Paula e Fernando) apesar de ter sido dimensionado para 2 usuários recebeu um número variável acima, a avaliação de

diminuição de volume apontou registros menores que o esperado. Segundo Paula e Fernando (2008), conclui-se que as dimensões adotadas para o tanque estudado não foram adequadas ao volume de consumo registrado para esse grupo de usuários. O sistema 11 foi dimensionado para 2 usuários, porém recebeu um número variável acima e, com isso, houve frequentes extravasamentos.

Outro ponto importante foi a ocorrência de extravasamento em períodos de chuva, nos tanques que não receberam a fileira de tijolos delimitando a área da bacia, além dos detalhes construtivos de abaulamento da superfície de terra e manutenção com a colocação de folhas secas protegendo a infiltração da chuva pelo solo.

As aplicações e experiências documentadas do TEvap, em maioria, mostram que quando corretamente dimensionados (dimensões proporcionais à vazão) e construídos, obtiveram sucesso. No caso de uso sazonal documentado, com vazão alta em um período de tempo pequeno, devido às dimensões, o sistema suportou. O caso do Parque se assemelha ao uso sazonal, porém com frequência de uso semanal e com usos mais elevados no final de semana.

Sendo assim, neste trabalho, o TEvap será dimensionado para uso contínuo de quarta a domingo. E em caso de sobrecarga de vazão em algum dia, o sistema de armazenamento é acionado, interrompendo temporariamente a entrada de vazão ao TEvap. Nesse caso a entrada de vazão no TEvap é retornada preferencialmente nas segundas e terças seguintes, quando não há visitação. Tudo isso com o objetivo de manter o nível de tratamento e a entrada de nutrientes e água contínuos e suficientes para o desenvolvimento das culturas.

#### ***4.2.2 Wetland***

No Brasil, mesmo com muitas pesquisas sobre o assunto, ainda não há um consenso de qual seria a relação vazão, área utilizada, meio suporte e expectativa de tratamento para diferentes tipos de efluente usando-se *wetland*. Ainda são poucos os sistemas avaliados continuamente e por um longo período de tempo, e nem sempre os parâmetros de análise e a metodologia de condução adotada pelos pesquisadores coincidem (VALENTIM, 2003). As formas de cálculo empregadas para dimensionar um *wetland* de fluxo horizontal são através da área *per capita*, carregamento orgânico

superficial, taxa hidráulica e modelo oriundo da cinética de primeira ordem aplicada a reatores pistão. O modelo de cálculo escolhido para este trabalho foi o modelo oriundo da cinética de primeira ordem.

A matéria a ser transformada durante o tratamento tem a reação definida segundo a cinética de reações como de primeira ordem. A relação entre taxa de reação, a concentração do reagente e a ordem da reação é dada pela expressão:

$$r = k \cdot C^n \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

$r$  = taxa de reação ( $M/L^3 \cdot T$ );

$k$  = constante de reação ( $1/T$ );

$C$  = concentração do reagente ( $M/L^3$ );

$n$  = ordem da reação,  $n=1$  reação de primeira ordem.

Sabendo que a taxa de reação é proporcional à concentração do reagente num dado instante, integrando da concentração inicial à atual obtém-se:

$$\frac{C_e}{C_o} = e^{-K \cdot t} \quad (\text{Equação 6})$$

$C_e$  = concentração efluente em termos de  $DBO_5$  ( $mg/L$ );

$C_o$  = concentração afluyente em termos de  $DBO_5$  ( $mg/L$ );

$K$  = constante de reação da cinética de primeira ordem, depende da temperatura  $T$  ( $d^{-1}$ );

$t$  = tempo de retenção hidráulico ( $d$ ).

A relação entre volume do pistão, tempo de detenção hidráulica, vazão e porosidade do meio é dado por:

$$V = \frac{t \cdot Q}{\eta} \quad (\text{Equação 7})$$

$V$  = Volume total do *Wetland* construído ( $L$ );

$t$  = Tempo de detenção hidráulico (dias);

$Q$  = Vazão média de entrada de efluente na *wetland* ( $L/dia$ );

$\eta$  = Porosidade equivalente do meio.

A porosidade, grandeza adimensional, característica intrínseca do solo é dada na Tabela 15.

Tabela 15: Porosidade típica de alguns materiais mais usados (TOMAZ, p.1, 2010)

Material	Porosidade (%)
Pedras britadas	30
Pedras britadas uniformemente graduadas	40
Pedras graduadas maiores que 19 mm	30
Areia	25
Pedregulho	15 a 25

A constante de reação K pode ser corrigida em relação à temperatura de 20°C ( $K_{20}$ ) com a equação modificada de van Holf-Arrhenius:

$$K_T = K_{20} \cdot (1,06)^{T-20} \quad (\text{Equação 7})$$

Onde:

$K_T$ = constante de reação cinética de primeira ordem, dependente da temperatura T (1/d);

$K_{20}$ = constante de reação a 20°C (1/d);

T= temperatura crítica (°C).

De acordo com experiências brasileiras com *wetlands* construídos documentado por Sezerino *et al.* (2014), os valores para  $K_{20}$  variam de 0,36 a 1,08 d<sup>-1</sup>. E reforçado pela experiência em zona rural no município de Campos Novos, Santa Catarina, por Rodrigues *et al.* (2015), em que se adotou o valor de 0,8 0,7 d<sup>-1</sup> para  $K_{20}$ . Por assim foi adotado para caso do parque o valor de 0,7 d<sup>-1</sup> para  $K_{20}$ .

Reunindo a (Equação 5), a (Equação 6) e a (Equação 7):

$$A = \frac{Q \cdot (\ln C_0 - \ln C_e)}{K_T \cdot p \cdot n} \quad (\text{Equação 8})$$

Onde:

A= área superficial requerida (m<sup>2</sup>);

Q= vazão afluente (m<sup>3</sup>/d);

$C_0$ = concentração afluente em termos de DBO<sub>5</sub> (mg/L = g/m<sup>3</sup>);

$C_e$ = concentração efluente em termos de DBO<sub>5</sub> (mg/L = g/m<sup>3</sup>);

$K_T$ = constante de reação cinética;

p= porosidade do material filtrante (m<sup>3</sup>vazios/m<sup>3</sup> material);

n= profundidade média do filtro (m).

Como fonte de referência há o levantamento de experienciais, apanhado de similaridades e recomendações (Tabela 16):

Tabela 16: Critérios para construção de wetlands construídas, em climas frios (KLETECKE, 2011 apud POÇAS, 2014).

Parâmetros	Fluxo superficial	Fluxo subsuperficial
Tempo de detenção hidráulica (dias)	5 a 14	2 a 7
Taxa máxima de carregamento (kgDBO/ha.dia)	80	75
Profundidade substrato (cm)	10 a 50	10 a 100
Taxa de carregamento hidráulico (mm/dia)	7 a 60	2 a 30
Controle de mosquito	Necessário	Não é necessário
Relação comprimento: largura	2:1 10:1	0,25:1 a 5:1
Área requerida (ha/m <sup>3</sup> .dia)	0,002 a 0,0014	0,001 a 0,007

A utilização do solo local é comum nos *Wetlands* de fluxo superficial, justificado pelo melhor enraizamento das macrófitas e por ser economicamente viável para grandes áreas superficiais que caracterizam este tipo de sistema. Dependendo da constituição, o solo pode remover diferentes poluentes, porém, esta capacidade de remoção é temporária (menor que 1 ano) devido à saturação do meio suporte. E, apesar de ser um dos itens de maior custo na implantação, a utilização da brita ou da areia como meio suporte é justificada pelo fluxo regular e, no caso da brita, de evitar entupimentos por um longo período de tempo (USEPA, 1999 *apud* VALENTIM, 2003).

Nagamati *et al.* (2018) ressaltam que o tempo de detenção hidráulico (TDH) depende do meio filtrante, do volume do filtro e da vazão que é solicitada, variando de 0,5 a 12,3 dias. E, segundo Poças (2015), o tempo de detenção hidráulico tem contribuição significativa no processo de remoção de nutrientes no sistema, apresentando melhores resultados para sistemas que usaram TDH maiores.

#### 4.2.3 Banheiro Seco

Dentre os modelos de banheiro seco, o de sistema com recipientes móveis e sistema carrossel tem seus reservatórios dimensionados nas mais variadas proporções, sendo os de menor volume compensados pela remoção mais frequente do seu conteúdo e os de maior volume têm remoção reduzida. Mas, em todos os casos, os resíduos são removidos e passam pelo processo de compostagem em outro local.

Por outro lado, o sistema com duas câmaras de compostagem deve ter seu reservatório dimensionado para acomodar e acumular o volume de resíduos de um ano de uso da quantidade de usuários residentes. O *Bason*, por outro lado, tem a característica de

ser limitado ao uso temporário, para ao fim de um tempo de uso e esgotamento do reservatório ter seus resíduos estabilizados após um período de um ano, ele também pode ter suas dimensões modificadas para aumento do reservatório.

O modelo escolhido para este trabalho é o *Bason* (Figura 33), porém com uma variação, pois serão empregados dois do mesmo modelo com uso alternado de um ano, similar ao sistema com duas câmaras de compostagem. Neste trabalho, o modelo não será dimensionado para uma demanda específica e, sim, será calculada a capacidade do modelo original estimado o número de usos por ano.

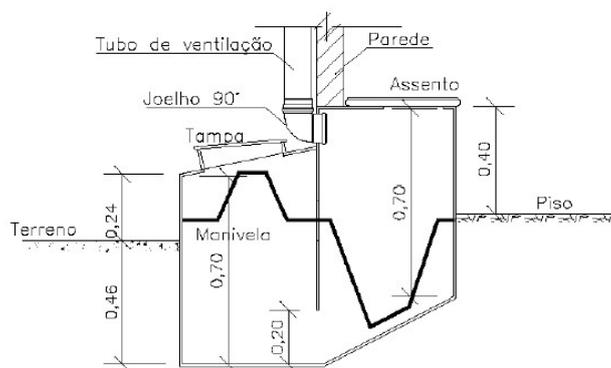


Figura 33: Corte esquemático de um *Bason* - unidade em metros (ALENCAR, 2009).

Por meio das dimensões dadas por Van Lengen (2008), deve ser calculada a capacidade máxima do *Bason*. E, ainda, com dados de autores sobre a caracterização da eliminação de urina e fezes por usuário e características físicas da serragem para a compostagem encontra-se o volume equivalente.

Otterpohl (2002 *apud* GALBIATI, 2009) indica a produção de 500 litros de urina e 50 litros de fezes por pessoa por ano e, segundo Zancheta (2007), uma pessoa gera 1,23 L de urina por dia.

Em relação ao uso da serragem, Ribeiro (2008) diz que é recomendado acrescentar serragem no reservatório na mesma proporção de urina depositada e que sua densidade é de  $0,11 \text{ g/cm}^3$ . Ainda, de acordo com Van Lengen (2004) e Winblad & Simpson-Hebert (2004), ao final do processo de compostagem o volume do material é reduzido para 10% do original.

### ***4.3 Orçamentação dos Sistemas de Tratamento dos Sistemas Propostos***

Nesta seção serão utilizadas as técnicas orçamentárias para os sistemas tanque de evapotranspiração, *Wetland* e banheiro seco.

A técnica orçamentária envolve a identificação, descrição, quantificação, análise e valorização. Os itens neste estudo estão embutidos em mão de obra e material, sem encargos, impostos, perdas, equipamentos e custos indiretos.

A composição de custos será através da identificação dos serviços, levantamento de quantitativos e através das tabelas disponibilizadas pelo Sistema de Custo de Obra – SCO RIO se chega ao o orçamento.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como sugerido por diversos autores, o tratamento de águas servidas proposto ao Parque será separado (por tubulações) em águas cinzas e negras e, em seguida, as águas negras serão conduzidas para a tanque de evapotranspiração. As águas cinzas seguem para o *wetland* construído. Neste trabalho, o conjunto de um Tanque de Evapotranspiração e um *wetland* construído é determinado como estação. Sendo assim, serão propostas três estações, a primeira para o refeitório, a segunda para o centro de educação ambiental e a terceira para os três prédios restantes: a sede administrativa, o alojamento e o centro de reabilitação da fauna.

As três estações ficam atribuídas de suprir a vazão para o tratamento dos efluentes dos respectivos prédios. E, ainda, a fim de oferecer um modelo para proporcionar interação, experimentação e educação ambiental, é proposta a construção de um banheiro seco, sendo possível de ser utilizado, também, em momentos de alta demanda do tratamento principal, evitando assim extravasamento e tratamento incompleto pelo Tanque de Evapotranspiração.

### 5.1 Tanque de Evapotranspiração

De modo a determinar a contribuição diária de esgotos (C) para o tanque de evapotranspiração do refeitório, utilizou-se os valores da Tabela 9, onde foi somada a contribuição do funcionário permanente (que trabalha no Parque) com a contribuição gerada pelos visitantes. Tendo em vista que nem todos os frequentadores do Parque utilizam os sanitários, para fins de dimensionamento, foi utilizado 60 % da média de visitantes de 2016 (Tabela 8). O valor de contribuição de esgotos (C) considerado para o funcionário permanente foi de 50 L/dia (edifício público) e o referente aos visitantes foi de 6 L/dia (bares). Assim, a soma das contribuições dos visitantes foi de aproximadamente 53 L/dia, praticamente o que é gerado por um funcionário permanente. Assim, ao todo, são gerados cerca de 103 L/dia de esgotos o que, pela norma (Tabela 9), equivale à contribuição de dois funcionários de edifícios públicos.

Para o tanque séptico, a partir do período de detenção de um dia (vazão até 1500 L) (Tabela 13) e da taxa de acumulação de lodo em 5 anos (temperatura entre  $10 \leq t \leq 20$  °C, (Tabela 12), calcula-se o volume útil de 1195 litros (Equação 1). Para o filtro

biológico, o tempo de detenção hidráulica sugerido pela Tabela 10 é de 1 dia (temperatura esperada entre 15 °C e 25 °C e vazão até 1500 L) e, através da equação 2, obteve-se o volume útil de 165 litros.

Para o cálculo da área de evapotranspiração é necessário encontrar a evapotranspiração de referência, tendo como base os dados de 20 MJ/m<sup>2</sup>.dia de radiação extraterrestre, 28 °C, 15,2 °C e 29,5 °C de temperaturas mensal, mínima e máxima, respectivamente que, através da equação 3, é encontrado um valor de 3,25 mm/dia. Com a escolha de 3 bananeiras (Bananeira Tropical), com coeficiente de cultura 0,75 e 4 taiobas, representadas pelo coeficiente de cultura do repolho de 0,5 apresentado por Doorenbos (1994) e Carvalho (2012), é obtido o coeficiente do tanque, de 4,5. E, por fim, com 3,47 mm/dia de pluviosidade média do local, taxa infiltração de 0,3 no tanque, é calculada a área superficial do tanque em 8,0 m<sup>2</sup> (Equação 4).

Em resposta, fazendo a escolha de 0,6 metros de altura de tanque séptico (pneu e entulho), o volume interno aos pneus, considerando o raio e a largura do pneu de 0,3 m, e 0,205 m, respectivamente, e comprimento do tanque em 4 metros, tem resultado um volume de 1131 L. Ao considerar que o volume de vazios nos entulhos é 0,5 do total e a largura do tanque é de 2 metros, o volume entre entulhos é de 840 L. Ao se optar por uma camada de brita com 10 cm e, ainda, como resultante das escolhas de dimensões do tanque, é achado um volume de 800 L apenas nessa camada de brita. E, ainda, a área superficial para evapotranspiração dimensionada fica em 8m<sup>2</sup>.

Para o auditório foi considerado 50 lugares e, sabendo que nem todos fazem uso das instalações sanitárias, estimou-se a utilização por metade desses visitantes. O tipo de prédio que se aproxima dado pela norma é cinemas, teatros e locais de curta permanência (Tabela 9), com contribuição diária de 2 L/dia, totalizando 50 L/dia, o que equivale a um usuário permanente de prédio público. A partir disso, encontrou-se um volume de tanque séptico útil de 1095 L e volume de filtro biológico de 80 L. Utilizando o mesmo procedimento já descrito acima para o cálculo da área do tanque de evapotranspiração, foi estimada a quantidade suficiente de 2 bananeiras e 7 taiobas, resultando numa área necessária de 3,3 m<sup>2</sup>. Adotando as dimensões de 1 m de largura e 4 m de comprimento para o tanque séptico e o filtro biológico, o volume total de tanque séptico ficou em 1371 L, do filtro biológico em 400 L e área de evapotranspiração em 4 m<sup>2</sup>, atendendo aos valores encontrados no dimensionamento, garantindo a eficiência do tratamento.

No caso dos três prédios é esperado o uso de duas pessoas no padrão de edifício público ou comercial, em conformidade com a rotina diurna da administração e centro de reabilitação da fauna e possível rotina noturna. Sendo assim, a contribuição esperada é de 100 L/dia de efluentes. Com parâmetros iguais ao do refeitório, é calculado 1190 L de volume útil de tanque séptico, 160 L de filtro biológico e 7,8 m<sup>2</sup> de área de evapotranspiração.

Na Tabela 17, a partir dos dados adotados ou obtidos, característicos do tipo de uso de cada construção, foram obtidos os valores de volume e área necessários. Por outro lado, as dimensões do tanque (largura, comprimento, profundidade e área superficial), possíveis de serem construídas resultam em volumes e áreas dimensionadas. Os valores dimensionados devem atender aos valores necessários, conforme mostra a Tabela 17.

Tabela 17: Resumo do dimensionamento dos Tanques de evapotranspiração.

	Refeitório		Centro de E.A.		3 Prédios	
	Necessário	Dimen.	Necessário	Dimen.	Necessário	Dimen.
Tanque séptico	1195 L	1971 L	1095 L	1371 L	1190 L	1971 L
Filtro biológico	165 L	800 L	80 L	400 L	160 L	800 L
Evapotranspiração	8 m <sup>2</sup>	8 m <sup>2</sup>	3,3 m <sup>2</sup>	4 m <sup>2</sup>	7,8 m <sup>2</sup>	8 m <sup>2</sup>

Tendo em vista que a cultura aplicada no tanque de evapotranspiração deve ser de espécies nativas da Mata Atlântica, sob conduta do Plano de Manejo do Parque, ambas culturas podem ser substituídas. No entanto, deve-se substituir o número da cultura nova que equivale a demanda hídrica (evapotranspiração) da cultura de projeto, ou seja, a troca pode não ser necessariamente de uma muda nova por uma muda de projeto.

Neste trabalho, devido a maior possibilidade de execução do projeto para o refeitório tornar-se realidade, pois apresenta mais necessidade de mudança ou melhora do seu sistema de tratamento atual, somente o tanque de evapotranspiração do refeitório será detalhado a seguir, com a elaboração de uma planilha orçamentária e desenho ilustrativo do sistema proposto.

A situação atual foi projetada no software Revit, versão 2016 da Autodesk, com a licença para estudante. Na Figura 34, é possível visualizar o sistema atual (Fossa-filtro-sumidouro) no lado direito da imagem.



Figura 34: Ilustração do refeitório, situação atual (Autora).

A partir dos cálculos, ficou estabelecido que as camadas de enchimento terão 65 cm de entulho (para cobrir o pneu), 10 cm de brita, aplicação da manta geotêxtil, 15 cm de areia e 35 cm de terra, com superfície abaulada, conforme o modelo da Figura 35 e especificado na Figura 36.



Figura 35: Corte das camadas do sistema Tanque de evapotranspiração (Autora).

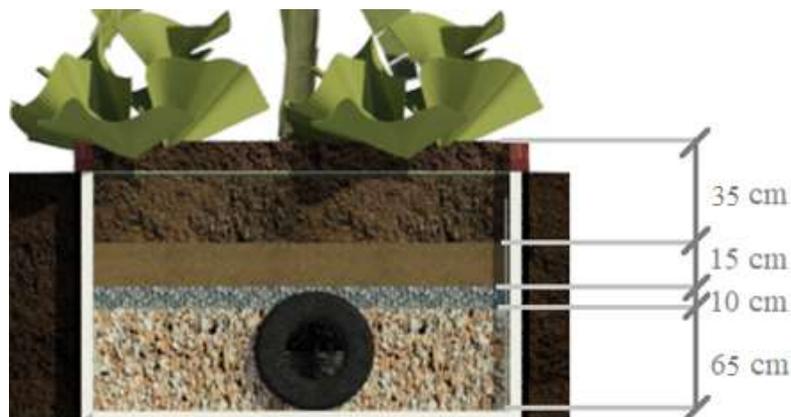


Figura 36: Camadas de preenchimento da Tanque de Evapotranspiração (elaborado pela autora).

São sugeridas três opções de locação do tanque devido ao percurso do sol, ocorrência de maior corrente de vento e as árvores de grande porte já estabelecidas no

entorno. A primeira (Figura 37A) tem como característica adicional a proximidade aos sanitários, a segunda (Figura 37B) tem a possibilidade de aproveitar a saída de tubulação atual e aproveitamento do local já escavado da fossa, e, a terceira (Figura 37C) permite o emprego de um ou mais tanques já utilizados atualmente como reservatório.

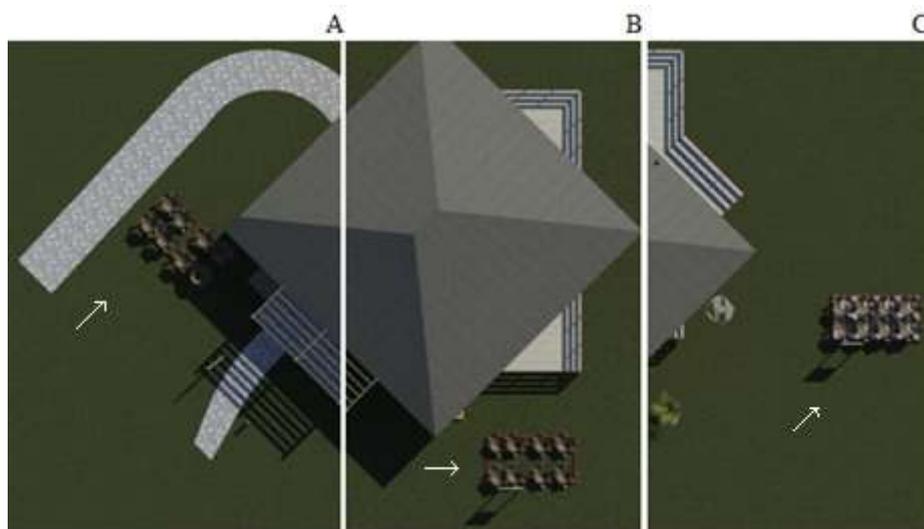


Figura 37: Primeira(A), segunda(B) e terceira(C) sugestão de localização do Tanque de Evapotranspiração (elaborado pela autora).

A primeira sugestão é apresentada de forma mais detalhada na Figura 38, a ser situada no local onde atualmente há plantas de pequeno porte.



Figura 38: Ilustração do refeitório, situação futura I (Autora).

A segunda sugestão seria ao lado do deck de madeira do refeitório, como representado pela Figura 39.



Figura 39: Ilustração do refeitório, situação futura II (Autora).

A terceira opção (Figura 40) tem em vista uma solução para o sistema suportar a flutuação de número de usuários e ocorrência de vazões de pico em dias seguidos. Neste, a caixa de passagem é substituída por um dos tanques atuais do sistema de fossa-filtro-sumidouro e logo antes do tanque de evapotranspiração é instalada uma válvula reguladora. Assim, o tanque já existente é reaproveitado e quando é fechada a válvula, em dias de maior visitação, o reservatório é enchido para que nos dias subsequentes seja aberta a válvula para o tratamento completo.



Figura 40: Ilustração do refeitório, situação futura III (Autora).

Devido à ausência de dados topográficos na área do Parque, não fica definida para a terceira opção a quantidade de tubos necessário entre o reservatório e o tanque de evapotranspiração. Mas é estabelecido que a tubulação deve sair do fundo do reservatório e seguir a declividade de 2% até a entrada superior ao tanque.

Para melhor controle é sugerida a colocação de medidores de vazão (hidrômetros) na saída dos reservatórios de água potável, a fim de acompanhar o uso real de água nos banheiros. E ainda é vantajosa a troca das bacias sanitárias por modelos mais econômicos em relação ao uso de água.

É válido ressaltar que o terreno é irregular, então deve-se priorizar manter a declividade da tubulação de esgoto em 2% segundo a NBR 8160 (1999) e, também, manter a fiada de tijolos na altura mínima de 10 cm acima de todo o entorno ao tanque, se for necessário, fazer uma fiada a mais acima desta.

Com base nas tabelas de serviços e itens elementares do Sistema de Custo de Obras – SCO RIO, foi feita aproximação dos insumos e serviços necessários para implantar o Tanque de Evapotranspiração, conforme apresentado na Tabela 18.

Tabela 18: Atividades, insumos e orçamento do Tanque de evapotranspiração do refeitório, levantados a partir do Sistema de Custo de Obras – SCO RIO.

Atividade	Insumo	Quantidade	Custo (R\$)
Escavação	Servente	19,2 horas	241,73
	Servente II	19,2 horas	241,73
Paredes e piso em ferro cimento	Areia	1,36 m <sup>3</sup>	87,36
	Cimento	649,6 kg	220,86
	Tela tipo Q-61	22,4 m <sup>2</sup>	109,76
	Servente	12,32 horas	155,11
	Pedreiro	12,32 horas	254,28
Impermeabilização	Impermeabilizante	0,71 Kg	7,42
	Servente	1,01 hora	155,11
	Pedreiro	1,01 hora	254,28
Fiada de Tijolos	Tijolo	39,96 unidades	31,57
	Areia	0,18 m <sup>3</sup>	11,42
	Cimento	83,52 kg <sup>3</sup>	28,4
	Servente	3,6 horas	50,04
	Pedreiro	3,6 horas	74,30
Preenchimento da Bacia	Brita	0,8 m <sup>3</sup>	70,96
	Areia	1,2 m <sup>3</sup>	77,04
	Manta Geotêxtil	24 m <sup>2</sup>	76,8
Tubulações	Caixa de inspeção	1 unidade	24,89
	Tubo de PVC (3m)	1 unidade	13,27
	Joelho de PVC	1 unidade	1,29
	Cap de PVC	3 unidades	13,47

Na Tabela 18 estão as quantidades exatas suficientes para reproduzir o projeto. Na Tabela 19 estão as quantidades e custo por insumo. A tabela indica a quantidade de 36,13 horas da mão de obra de um servente, mas devido à difícil dinamização durante os serviços de apenas um profissional, é recomendada a contratação de dois serventes, para auxílio de movimentação de terra (enquanto escava) e mistura dos materiais (enquanto constrói o tanque). Esta medida pode não diminuir a quantidade de horas proporcionalmente, e também pode aumentar o custo final da contratação. Na escolha do tipo de tela, foi escolhida a tela tipo Q-61, para conferir maior resistência das paredes e evitar a intrusão de raízes, mas para facilitar o trabalho de aderir a argamassa pode-se colocar juntamente a tela octogonal do tipo usada em galinheiro. Em tubulações, o CAP de PVC e parte do tubo de PVC são destinados ao tubo de inspeção.

Tabela 19: Orçamento por insumo.

Insumo	Quantidade	Custo (R\$)
Servente	36,13 horas	843,72
Pedreiro	16,93 horas	582,87
Areia	2,74 m <sup>3</sup>	175,82
Cimento	733,12 kg	249,26
Tela tipo Q-61	22,4 m <sup>2</sup>	109,76
Impermeabilizante	0,71 kg	7,42
Tijolo	39,96 unidades	31,57
Brita	0,8 m <sup>3</sup>	70,96
Manta Geotextil	24 m <sup>2</sup>	76,8
Caixa de inspeção	1 unidade	24,89
Tubo de PVC (3m)	1 unidade	13,27
Joelho de PVC	1 unidade	1,29
Cap de PVC	1 unidade	13,47
TOTAL		2201,10

O custo estimado fica em R\$ 2201,10, podendo aumentar por conta das opções de embalagens (quantidades comerciais) de parte dos insumos. Considerando que as plantas e terra serão conseguidas sem custo e ainda que não terá custo de transporte dos materiais, além do descarte do material da escavação que será feito no próprio local. Nos cálculos foi considerado, e ainda é recomendado, a alocação de tubos de inspeção em cada camada.

É válido lembrar que a superfície deve ser abaulada, priorizando a escolha do local com maior corrente de vento e ressaltar que a terra da camada superior deve ter boa

qualidade, aconselhando assim o emprego de matéria orgânica para a adaptação inicial do cultivo.

## 5.2 *Wetland*

Para o cálculo de contribuição de águas cinzas, estima-se o uso de 1500L por dia pelas torneiras e chuveiro das instalações, que equivale ao uso de 60 min do chuveiro (vazão 9 L/min) e 160 min da torneira (vazão 6 L/min). Para o volume necessário são feitas as considerações de  $0,7 \text{ dia}^{-1}$  de constante de reação ( $k_1$ ) a  $20^\circ\text{C}$ ,  $18,6^\circ\text{C}$  de temperatura crítica, concentração do efluente de 25mg/L (padrão para lançamento em corpos d'água) e concentração afluyente 200mg/L (dado da Tabela 5), conferindo através da equação 8 a constante de reação cinética de primeira ordem de  $0,644 \text{ dia}^{-1}$ .

Para o dimensionamento são escolhidas pedras britadas uniformemente graduadas e, por meio da Tabela 15, têm-se a porosidade  $40 \text{ m}^3/\text{m}^3$ , escolhendo a profundidade de 0,3 m. Com isso, é necessária uma área superficial de  $0,4 \text{ m}^2$ , obtida em 1 metro de comprimento e 0,4 de largura da superfície, o que representa um tempo de detenção de 3,2 dias e relação comprimento: largura 0,25:1, dentro do recomendado na tabela.

Para o auditório foi estimado o uso da torneira por 30 min diariamente. Ao utilizarmos os mesmos dados de entrada do refeitório (constante de reação, temperatura crítica, concentração de efluente e afluyente), resultou na necessidade de 0,1 m de profundidade e área superficial de  $0,1 \text{ m}^2$ . Escolhendo a largura de 0,15 e comprimento de 0,8 para a superfície o tempo detenção se encontra em 2 dias satisfazendo os requisitos da Tabela 16.

Para a demanda dos três prédios, o cálculo de contribuição de águas cinzas, estima-se 2040 L por dia nos usos das torneiras e chuveiros das instalações, que equivale ao uso de 120 min do chuveiro (vazão 9 L/min) e 120 min da torneira (vazão 6 L/min). Para o volume necessário, são feitas as considerações de  $0,7 \text{ dia}^{-1}$  de constante de reação a  $20^\circ\text{C}$ ,  $18,6^\circ\text{C}$  de temperatura crítica, concentração efluente 25mg/L (padrão para lançamento em corpos d'água) e concentração afluyente 200mg/L (dado da Tabela 5) conferindo, através da equação 8, a constante de reação cinética de primeira ordem  $0,59 \text{ dia}^{-1}$ .

No dimensionamento também são escolhidas pedras britadas uniformemente graduadas e, através da Tabela 15, têm-se a porosidade  $40 \text{ m}^3/\text{m}^3$ . A partir de uma profundidade de 0,3 m é necessária uma área superficial de  $0,4 \text{ m}^2$ , obtida por 1,2 metros de comprimento e 0,4 m de largura da superfície. O tempo de detenção obtido com essas dimensões é de 2,82 dias e a relação comprimento: largura 0,33:1, dentro do recomendado na Tabela 16: Critérios para construção de wetlands construídas, em climas frios (KLETECKE, 2011 apud POÇAS, 2014)..

Neste trabalho, devido à maior possibilidade de execução do projeto para o refeitório tornar-se realidade, pois apresenta mais necessidade de mudança ou melhora do seu sistema de tratamento atual, somente o *wetland* do refeitório será detalhado a seguir, com a elaboração de uma planilha orçamentária e desenhos ilustrativos. A representação do *wetland* é exibida na Figura 41. No detalhe construtivo é necessário atentar-se à altura do cano na saída do *wetland*, após o joelho, pois deve ser um ou dois centímetros abaixo do nível do cano de entrada, para assegurar o movimento horizontal e subsuperficial do efluente no *wetland*.



Figura 41: Ilustração do *Wetland* para o refeitório (Autora).

Por meio dos dados do SCO RIO, as atividades e insumos foram orçados e mostrados Tabela 20, sendo possível notar que os serviços e insumos se assemelham aos do Tanque de Evapotranspiração, reforçando a viabilidade de construí-los juntos.

Tabela 20: Atividade, insumo e orçamento para o Wetland do refeitório.

Atividade	Insumo	Quantidade	Custo (R\$)
Escavação	Servente	0,24 horas	3,02
Paredes e piso em ferro cimento	Areia	0,08 m <sup>3</sup>	4,84
	Cimento	35,96 Kg	12,23
	Tela tipo Q-61	1,24 m <sup>2</sup>	6,08
	Servente	0,68 horas	8,56
Impermeabilização	Impermeabilizante	0,04 Kg	0,41
	Servente	0,06 horas	0,70
Fiada de Tijolos	Tijolo	9,32 unidades	7,37
	Areia	0,04 m <sup>3</sup>	6,63
	Cimento	19,49 Kg	6,63
	Servente	0,84 horas	11,68
Preenchimento do <i>Wetland</i>	Brita	0,12 m <sup>3</sup>	10,65
Tubulações	Caixa de gordura	1 unidade	150,94
	Joelho de PVC	1 unidade	1,29
TOTAL			231,03

O custo total fica em R\$ 231,03, retirando o valor da caixa de gordura, que pode ser construída *in loco* com argamassa, o custo fica em R\$ 80,09. A quantidade de horas do trabalho de servente é 1,76 horas e a quantidade de cimento total necessária no *Wetland* é de 55,45 Kg.

### 5.3 Banheiro Seco

Observando o modelo *Bason* e as dimensões dadas por Van Lengen (2004), deduz-se que o volume máximo de reservatório será logo abaixo da abertura externa, para posterior retirada do material, remetendo ao volume de 0,4 m<sup>3</sup> ou 409 litros (Figura 42).

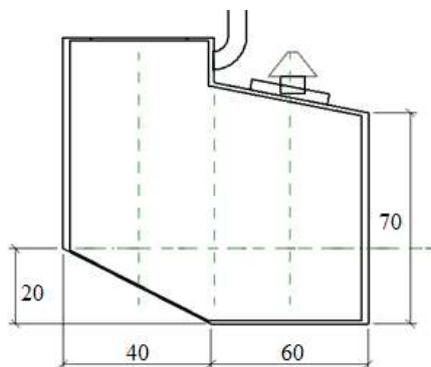


Figura 42: Vista lateral do *Bason* (Autora).

O modelo do banheiro seco é desenvolvido para receber fezes e urina, porém não se sabe, em que proporção os usuários contribuirão. Independentemente disso, foi decidido seguir a proporção de produção por pessoa ao ano dada por Otterpohl (2002 apud GALBIATI, 2009).

O volume de urina é coberto pelo volume de serragem, tendo em mente que ao final do processo o que permanecerá é apenas a serragem, por efeito da desidratação, o volume representante nos cálculos é de apenas da serragem. A recomendação de uso da serragem é a mesma proporção volumétrica da urina, porém já prevendo usos exagerados de serragem, os cálculos foram feitos multiplicando 1,5 do volume de urina para corresponder ao volume de serragem.

A partir da produção diária dada por Zancheta (2007) e estimando-se quatro idas ao banheiro por dia, obtém-se o valor de 0,3075 L por ida ao banheiro. O volume de serragem para cada uso será então de 0,4613 L por uso. E, seguindo a proporção para fezes como 10% do volume de urina, tem-se 0,0308 L por uso. Fica aferido 0,492 L a soma destes como o volume contribuinte por ida ao banheiro. Como elucidado por Van Lengen (2004) e Winblad & Simpson-Hebert (2004), o volume que tende a permanecer é de 10% do original, ao final 0,0492 de cada uso contribuirá para preenchimento do reservatório.

Dividindo o volume máximo do reservatório pelo volume equivalente de cada uso, obtém-se 8316 usos por ano ou 32 usos por dia (quarta a domingo) de funcionamento do parque.

Também embasados no sistema de custo de obras do SCO Rio foi feito o levantamento e o orçamento do *Bason* (Figura 43). Para a fabricação das peças do *Bason* são necessárias aproximadamente 60 m de madeira, 9 m<sup>2</sup> de malha e 0,32 m<sup>3</sup> de argamassa pronta (Tabela 21). O custo representativo da madeira escolhido foi o de sarrafo de madeira (2 x 5) cm ao custo de 1,53 o metro, da tela foi a de nylon Sombrit ao custo de 7,83 o metro quadrado e a Argamassa no traço 1:3 ao custo de 363,25 o metro cúbico.

Tabela 21: Materiais para confecção do *Bason*.

Materiais	Quantidade	Custo (R\$)
Madeira (5 x 20) mm	60 m	91,80
Tela de Nylon	6,2 m <sup>2</sup>	48,20
Argamassa	0,32 m <sup>2</sup>	116,24



Figura 43: Modelo representativo do *Bason* (elaborado pela autora).

Também se faz necessário 2 CAPs de PVC para as saídas de ar (necessário trabalho manual para aperfeiçoar e cobrir com tela mosquiteira), 3 metros de tubo PVC e um joelho de PVC ambos em diâmetro de 50mm. A madeira para fechamento externo, tinta fosca para pintura do cano externo e assento sanitário não foram adicionados ao cálculo.

Dessa forma o custo de um *Bason* fica em R\$ 289,201 e, considerando dois do modelo para implantação no Parque, o custo total é de R\$ 578,40.

O *Bason* precisa de abrigo para seu uso e, neste trabalho, o projeto do abrigo prevê a área interna para uso e circulação, e externa para posicionamento do *Bason* (Figura 44).

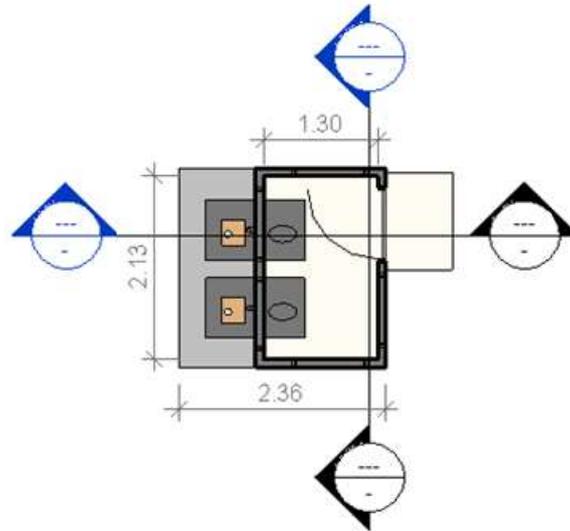


Figura 44: Planta baixa do abrigo ao *Bason* (Autora).

O projeto do abrigo tem a arquitetura semelhante às outras estruturas do Parque (Figura 45). A construção proposta inclui escavação, fundação, pilar em concreto armado, paredes em madeira e telhado.

A fundação é estruturada em vigas de fundação para as quais faz-se necessário a escavação de valetas, assentamento de leito das valetas com brita e uma camada de argamassa leve no perímetro. Em seguida a colocação de forma (madeira) nas valas com alocação de 2 aços de 10 mm no comprimento (amarrados a aços de 5 mm a cada 20 cm) e concretagem com 10 cm de altura.

Seguindo o processo faz-se a compactação da área interna (área delimitada pelas valetas), colocação e compactação de 3 cm de pedra britada nº 2, em seguida colocação de 4 aços de 5mm nas vigas do baldrame (amarrado a cada 20 cm).

Finalizando a fundação posicionam-se os 6 pilares com 4 aços cada de 10 mm (e de 5 mm a cada 20 cm) para posterior forma e concretagem. A colocação do *Bason* é prevista para antes da concretagem da área interna.



Figura 45: Corte da Ilustração do Banheiro seco (elaborado pela autora).

É indicada a colocação de piso na área interna, sem impermeabilizante e a instalação de pilares de madeira (2 metros de altura deixando vão acima) ao lado de cada viga para auxílio no fechamento das paredes em tábuas que cobrir (Figura 46).



Figura 46: Vistas da entrada e reservatório atrás do Banheiro seco (elaborado pela autora).

A mão de obra considerada para o orçamento são a dos serviços de escavação e de compactação do baldrame (Tabela 22). Nos outros serviços foram considerados os itens de material, alguns representativos, apresentados no anexo A. Em suma, resultam nos custos do abrigo (R\$ 3313,76) e as duas unidades de *Bason* (R\$ 289,2 cada), o custo total fica em R\$ 3892,17.

Tabela 22: Orçamento por etapa da construção.

Etapa	Custo estimado (R\$)
Fundação	743,83
Pilares	144,50
Piso	52,69
Parede	916,80
Esquadrias e Soleira	419,49

## 6. CONCLUSÕES

Os recorrentes eventos de falha no tratamento de esgoto existente atualmente no Parque Natural Municipal do Atalaia (fossa-filtro-sumidouro) têm causado desconfortos, além dos riscos de contaminação ambiental inerentes a tal sistema. Estas ocorrências, quando confrontadas aos princípios de uma Unidade de Conservação, chamam a atenção para a busca de alternativas ecológicas, que cumpram a mesma função. Sendo assim, foram propostos o tratamento de águas negras pela bacia de evapotranspiração, tratamento de águas cinzas pelo *wetland* e, ainda, o banheiro seco para tratamento complementar em momentos de alta demanda.

Para o tratamento das águas negras, a bacia de evapotranspiração se mostrou uma solução ambientalmente benéfica por reincorporar os nutrientes presentes no esgoto doméstico, evitando a poluição do solo ou da água. No caso do Parque Atalaia, por se tratar de uma área afastada dos sistemas de coleta de esgoto doméstico e, também, de uma Unidade de Conservação, as técnicas desenvolvidas neste trabalho, denominadas de saneamento ecológico, são altamente recomendadas. Do ponto de vista econômico essas técnicas apresentam vantagens por serem acessíveis financeiramente e por apresentarem possibilidades de substituição dos insumos por outros mais simples, tornando-o aplicável inclusive a realidades mais carentes. E, do ponto de vista socioambiental, o contato com essas tecnologias, proposta neste trabalho para ocorrer num espaço público (caso do Parque Atalaia), leva ao conhecimento e à compreensão a respeito da viabilidade da universalização do acesso ao saneamento, levando à melhoria da qualidade ambiental e, conseqüentemente, da qualidade de vida.

A indicação da bacia de evapotranspiração, para o caso do refeitório, é um desafio, pois deve suprir a vazão oscilante ao longo da semana e as vazões excedentes aos finais de semana. De forma a assegurar que o sistema não extravase, foram indicadas três propostas no trabalho: i) a construção do banheiro seco, impondo seu uso ao excedente de visitantes, ii) a troca das bacias sanitárias por modelos que demandem menor quantidade de água ou iii) uso de um dos tanques já existentes como caixa de passagem em vazões baixas e fechando a passagem em vazões altas, fazendo deste um reservatório.

Para o tratamento das águas cinzas, o uso do *wetland* se mostrou economicamente viável e ambientalmente positivo por se tratar de um tipo de tratamento que reaproveita e reincorpora os nutrientes ao seu ciclo natural.

O banheiro seco possui uma característica importante quando comparado às soluções anteriores, pois durante o seu funcionamento não há uso de água, presente nos outros sistemas. E, quando instalado na fase de construção da edificação, tem um custo extremamente acessível. Por outro lado, apesar da aceitação desta tecnologia por moradores de centros urbanos ser pequena, numa Unidade de Conservação como o Parque Atalaia, o contato e a oportunidade de desmistificar seu uso e operação é promissor para a divulgação e conscientização sobre a gestão dos recursos hídricos, principalmente quanto ao aspecto de uso da água potável para fins não nobres e a possibilidade dessa técnica ser difundida nos centros urbanos e zonas rurais.

Assim, encontra-se viabilidade econômico-ambiental pela proposta deste trabalho, pois é possível solucionar os problemas atuais no sistema de esgotamento do refeitório a um baixo custo de implantação, além da oportunidade de oferecer ferramentas de educação ambiental aos visitantes, nos projetos propostos.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMATUZI, Barbara; BOTEGA, Jéssica Luiza; CELANTE, Luana Salete. **Implementação de banheiro seco como proposta de saneamento ecológico**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

ABNT, NBR 9648. **Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 1986.

ABNT, NBR 7229. **Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos**. Rio de Janeiro: ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1993.

ABNT, NBR. 13969. **Tanques Sépticos-Unidades de Tratamento Complementar e Disposição Final dos Efluentes Líquidos-Projeto, Construção e Operação**. Rio de Janeiro, 1997.

ABNT, NBR. 8160: **Sistemas prediais de esgoto sanitário–Projeto e execução**. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

ALENCAR, Marcelo Henrique Bandeira Costa de et al. **TRATAMENTO ALTERNATIVO DE DEJETOS HUMANOS NA COMUNIDADE DE COQUILHO, ZONA RURAL DE SÃO LUIS-MA**. 2009.

ALVES, BSQ; SECO, Banheiro. **Análise da Eficiência de Protótipos em Funcionamento. Trabalho de conclusão de curso–Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis**, 2009.

BENJAMIN, Amboko Muhiwa. **Bacia de evapotranspiração Tratamento de efluentes domésticos e de produção de alimentos**. 2013. Tese de Doutorado. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Lavras.

BERTOLINO, Sueli M.; Carvalho, Cornélio F.; Aquino, Sérgio F. **Caracterização e biodegradabilidade aeróbia e anaeróbia dos esgotos produzidos em campus universitário**. Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, v. 13, n. 3, p. 271-277, jul/set. 2008.

BRASIL, Constituição. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1967**. Diário Oficial da União, 1967.

CAMPOS, Romulo. **Parque Natural Municipal Fazenda Atalaia**, Macaé, RJ: Ed. Silva Santos, 2011

CARVALHO. Luiz Gonzaga; DANTAS. Antônio Augusto Aquilar; NETO. Pedro Castro. **Notas de Aula Evapotranspiração**. 2012. <[http://deg.ufla.br/site/\\_adm/upload/file/Agrometeorologia/8-EVAPOTRANSPIRACAO.pdf](http://deg.ufla.br/site/_adm/upload/file/Agrometeorologia/8-EVAPOTRANSPIRACAO.pdf)> Acesso em: 25 de outubro 2018

CASTILLO CASTILLO, Lourdes. Sanitário ecológico seco: manual de diseño, construcción, uso y mantenimiento. In: **Sanitário ecológico seco: manual de diseño, construcción, uso y mantenimiento**. 2002.

DE ÁVILA, Renata Oliveira. **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE SISTEMAS TANQUE SÉPTICO-FILTRO ANAERÓBIO COM DIFERENTES TIPOS DE MEIO SUPORTE**. 2005. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO.

DE OLIVEIRA, Gilson Batista; DE SOUZA LIMA, José Edmilson. **Elementos endógenos do desenvolvimento regional: considerações sobre o papel da sociedade local no processo de desenvolvimento sustentável**. Revista da FAE, v. 6, n. 2, 2003.

DE PASSOS, Priscilla Nogueira Calmon. A conferência de Estocolmo como ponto de partida para a proteção internacional do meio ambiente. **Revista Direitos Fundamentais & Democracia**, v. 6, n. 6, 2009.

Declaração da Conferência de ONU no Ambiente Humano, Estocolmo, 5-1 de junho de 1972, tradução livre.

DOORENBOS, J. **Efeito da água no rendimento das culturas**. UFPB, 1994.

FERNANDES, Fernando; SILVA, Sandra Márcia Cesário Pereira da Silva; SOCCOL, Vanete; MIYASAWA, Mario; BLOCH, Maria de Fátima Mezalira; BATISTA, Gisselma Aparecida; MANGIERI, Luciana Lázaro. Manual prático para a compostagem de biossólidos. In: **Manual prático para a compostagem de biossólidos**. PROSAB, 1999.

FREITAS, Leornado Esteves de; NUNES, Flávio Souza Brasil; CRUZ, João Crisótomo H. Osvaldo; VILELA, Carolina; MENDES, Stella; SILVA, Ana Camila da; BORGES, Gisele. **Atlas Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé**. 1ªed. Rio de Janeiro: Editora Nova Tríade do Brasil Ltda. 2015.

FUNASA. **CataloSan: Catálogo de Soluções Sustentáveis de Saneamento**. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). 2018.

FUNASA. **Manual de Saneamento**. Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). 2006.

GALBIATI, Adriana Farina. **Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração**. 2009. Dissertação de Mestrado.

IPIRANGA, Ana Silva Rocha; GODOY, Arilda Schmidt; BRUNSTEIN, Janette. Introdução. **RAM. Revista de Administração Mackenzie**, v. 12, n. 3, p. 13-20, 2011.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Planos de Manejo**. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/planos-de-manejo>>. Acesso em 20 junho 2018.

JENKINS, Joseph. C. **The humanure handbook: a guide to composting human manure**. Jenkins Publishing, Grove City, PA, USA, 2005.

MAGRI, Maria Elisa et al. **Aplicação de processos de estabilização e higienização de fezes e urina humanas em banheiros secos segregadores.** 2013.

MEIRA, José de Castro. Direito ambiental. **Informativo Jurídico da Biblioteca Ministro Oscar Saraiva**, v. 19, n. 1, p. 11-23, 2008

MONTEIRO, Rodrigo Cesar de Moraes. **Viabilidade técnica do emprego de sistemas tipo wetlands para tratamento de água cinza visando o reúso não potável.** 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano de Manejo.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/unidades-de-conservacao/plano-de-manejo>>. Acesso em 20 junho 2018.

NAGAMATI, Flávia Lissa; SANTOS, João Jorge Fukuchima; MENDES, Thiago Augusto. **EXECUÇÃO DE WETLAND CONSTRUÍDO PARA TRATAMENTO DE EFLUENTE DOMÉSTICO EM PROPRIEDADE RURAL.** Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 7, n. 1, p. 418-446, 2018.

NAZO, Georgette N.; MUKAI, Toshio. **O direito ambiental no Brasil: evolução histórica e a relevância do direito internacional do meio ambiente.** Revista de Direito Administrativo, v. 223, p. 75-104, 2001.

NOVAES, Washington. Eco-92: avanços e interrogações. Estudos Avançados. 1992.

NUVOLARI, A. et al. **Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola.** São Paulo: Edgar Blucher, 2011. 565p.

O ECO. **O que é desenvolvimento sustentável.** 2014. <<https://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/28588-o-que-e-desenvolvimento-sustentavel/>> Acesso em: 5 de julho de 2018

ONU. Organização das Nações Unidas. **Our Common Future-Brundtland Report.** Oxford, UK: Oxford University Press; 1987. p.204

ONU. Organização das Nações Unidas. **Agenda 21: Earth Summit – The United Nations Programme of Action from Rio.** Rio de Janeiro: United Nations, Department of Public Information; 1993

PAMPLONA, Santos; VENTURI, Marcos. **Esgoto à flor da terra.** Permacultura Brasil. Soluções ecológicas, v. 16, 2004.

PAULO, Paula Loureiro.; BERNARDES, Fernando Silva. **Estudo de tanque de evapotranspiração para o tratamento domiciliar de águas negras,** 2014.

POÇAS, Cristiane Dias. **Utilização da tecnologia de wetlands para tratamento terciário: controle de nutrientes.** 2015. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MACAÉ. **Lei nº 1596/1995 - Cria o Parque Ecológico Municipal Fazenda Atalaia e dá providências.** Disponível em:

<<http://www.macaee.rj.gov.br/midia/conteudo/arquivos/1355228059.pdf>>. Acesso em 11 abril 2018.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MACAÉ. **Plano de Manejo do Parque Municipal Atalaia.** Disponível em: <<http://www.macaee.rj.gov.br/midia/conteudo/arquivos/1355254970.pdf>>. Acesso em 11 abril 2018.

POTT, Crisla Maciel; ESTRELA, Carina Costa. **Histórico ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento.** *Estudos Avançados*, v. 31, n. 89, p. 271-283, 2017.

REBÊLO, Marcele Maria Paes Silva. **Caracterização de águas cinzas e negras de origem residencial e análise da eficiência de reator anaeróbio com chicanas.** 2011. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento–PPGRHS da Universidade Federal de Alagoas.

RIBEIRO, R.M.; HARDOIM, P.C.; SILVA, C.A.; DIAS, B.O. **Compostagem do resíduo da indústria de gelatina, serragem e palha de café.** Lavras: FERTBIO, 2008.

RODRIGUES, Eduardo Bello; LAPOLLI, Flávio Rubens; SANTOS, Monica Aparecida Aguiar dos. **Tratamento de esgoto por zona de raízes: experiência vivenciada numa escola rural do município de campos novos/SC.** *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)*, v.5, n.2., p47-55, Dezembro, 2015.

SENADO FEDERAL, Brasil. **Conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento: a Agenda 21.** In: Conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento: a Agenda 21. 1996.

SEZERINO, Pablo Heleno; BENTO, Alessandra Pellizaro; DECEZARO, Samara Terezinha; MAGRI, Maria Elisa; PHILIPPI, Luiz Sérgio. **Experiências brasileira com *wetlands* construídos aplicados ao tratamento de água residuárias: parâmetros de projeto para sistemas horizontais.** *Eng. Sanit. Ambient* | V.20 | n.1 | jan/mar 2015.

SOARES, Vinicius Restori. **Tanques biosépticos para o tratamento de esgotos domésticos em zonas rurais.** 2016.

SCHÖNNING, Caroline; STENSTRÖM, T. Diretrizes para o uso seguro de urina e fezes nos sistemas de saneamento ecológico. **Estocolmo, Suécia: Instituto Sueco de Controle de Doenças Infecciosas (SMI), 2004.**

SILVA, R.W. **Dimensionamento de tanque de evapotranspiração para o tratamento de esgoto sanitário.** 2017.

SILVA, Eglée dos Santos Corrêa da. **História do direito ambiental brasileiro.** *Revista CADE*, v. 5, p. 130, 2003.

SIQUEIRA, Elisa Rodrigues. **Tratamento dos resíduos de fossas e tanques sépticos em um sistema de alagado construído.** 2014.

TOMAZ, Plínio. **Curso de Manejo de águas pluviais: Capítulo 17- Infiltração e condutividade** K. Disponível em [http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos\\_livros/livro\\_poluicao\\_difusa/capitulo17.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_poluicao_difusa/capitulo17.pdf). Acesso em: 01 de agosto 2018

VAN LENGEN, Johan. **The barefoot architect: a handbook for green building**. Shelter Publications, Inc., 2008.

VALENTIM, Marcelus Alexander Acorinte. **Desempenho de leitos cultivados ("constructed wetland") para tratamento de esgoto: contribuições para concepção e operação**. 2003.

VIEIRA, Itamar. **Bacia de evapotranspiração**. Criciúna: Setelombas, 2010. Disponível em: <<http://www.setelombas.com.br>>. Acesso em: 22 de maio 2018

VIEIRA, Itamar. **Banheiro Seco**. Criciúna: Setelombas, 2006. Disponível em: <<http://www.setelombas.com.br>>. Acesso em: 10 de outubro 2018

VIEIRA, Raphael Ricardo Menezes Alves. **Proteção nacional e internacional do meio ambiente**. 2014. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/27251/protecao-nacional-e-internacional-do-meio-ambiente>>. Acesso em: 12 de junho de 2018

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Editora UFMG, 1996.

WASILEWSKI, Gabriel Bligia. **ANÁLISE SÓCIOECONÔMICA E CONSTRUTIVA PARA CONSTRUÇÃO DE SISTEMA ALTERNATIVO PARA TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO**. 2016.

WINBLAD, U., SIMPSON-HÉBERT, M (ed). **Ecological Sanitation – revised and enlarged edition**. 2ª ed. Estocolmo, Suécia: SEI, 2004.

ZANCHETA, P. G. **Recuperação e tratamento da urina humana para uso agrícola**. 2007. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo.

## APÊNDICE A – Detalhes Técnicos

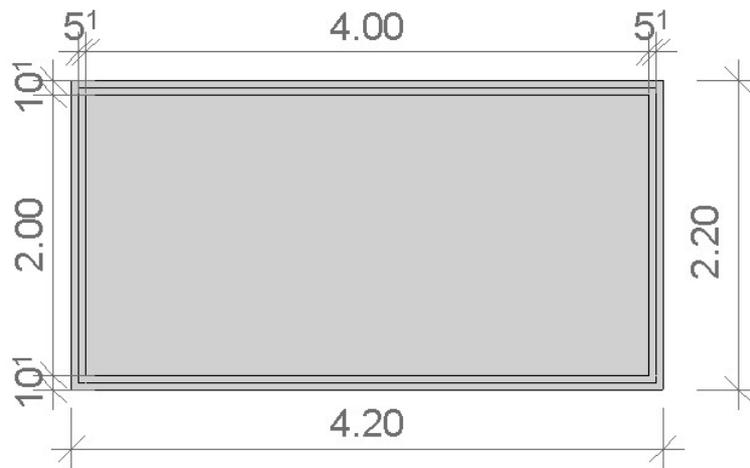


Figura 47: Área de Escavação e Parede de ferro cimento da Tanque de Evapotranspiração (elaborado pela autora).

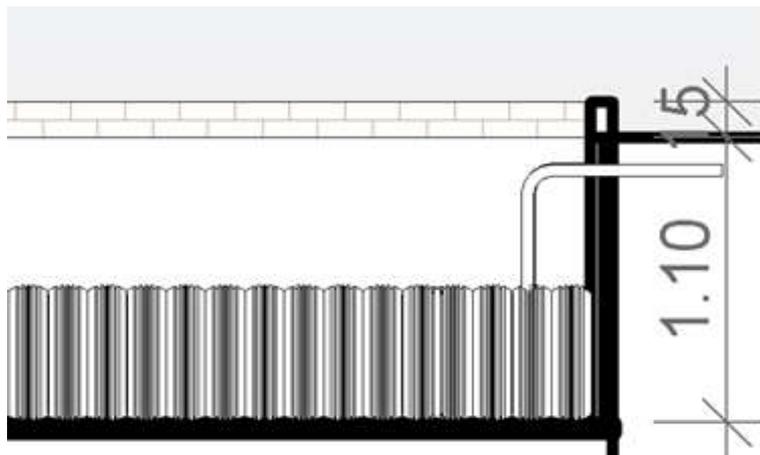


Figura 48: Profundidade da Parede de Ferro Cimento e Fiada de Tijolos do Tanque de Evapotranspiração (elaborado pela autora).



Figura 49: Corte esquemático com medidas de camadas e locação de canos (elaborado pela autora).

## ANEXO A - Tabelas de Insumos e Itens de Serviço

Tabela 23: Composição de Custos Unitários do Tanque de Evapotranspiração e Wetland – Escavação, Parede e Piso (SCO RIO adaptado).

Escavação	Descrição	Unidade: m <sup>3</sup>	Escavação manual de vala em material de 1ª categoria (areia, argila ou picarra), até 1,5m, exclusive escoramento e esgotamento. (desonerado)		
	Insumo	Un.	Índice	Custo Unitário	Custo Total
	Servente (desonerado)	h	2	12,59	25,18
	Servente II (desonerado)	h	2	12,59	25,18
					50,36

Paredes e piso em ferrocimento	Descrição	Unidade: m <sup>3</sup>	Argamassa de cimento e areia, no traço 1:2. (desonerado)(acrescentado tela)		
	Insumo	Un.	Índice	Custo Unitário	Custo Total
	Areia grossa lavada, com transporte	m <sup>3</sup>	1,215	64,2	78,003
	Cimento Portland, tipo 320, saco de 50kg	Kg	580	0,34	197,2
					275,203

Insumo	Un.	Índice	Custo Unitário	Custo Total
Tela tipo Q-61, telcon ou similar	m <sup>2</sup>	1	4,9	4,9

Descrição	Unidade: m <sup>3</sup>	Argamassa de cimento e areia, no traço 1:2. (desonerado)		
Insumo	Un.	Índice	Custo Unitário	Custo Total
Servente (desonerado)	h	11	12,59	138,49
Pedreiro	h	11	20,64	227,04
				365,53

Tabela 24: Composição de Custos Unitários do Tanque de Evapotranspiração e Wetland –  
Impermeabilização e Delimitação de área (SCO RIO adaptado).

Impermeabilização	Descrição	Unidade: m <sup>3</sup>	Impermeabilização de reservatório com membrana flexível aderente, de base acrílica, aplicado a frio, em quatro demão cruzadas, nas cores branca azul, cinza ou telha, tipo TECRYL-D3 ou similar. (desonerado)		
	Insumo	Un.	Índice	Custo Unitário	Custo Total
	Impermeabilizante a frio, base acrílica, Tecryl-D3 da Marcryl ou similar	Kg	2,1	10,51	22,071
					22,071
Impermeabilização	Descrição	Unidade: m <sup>3</sup>	Impermeabilização de reservatório com membrana flexível aderente, de base acrílica, aplicado a frio, em quatro demão cruzadas, nas cores branca azul, cinza ou telha, tipo TECRYL-D3 ou similar. (desonerado)		
	Insumo	Un.	Índice	Custo Unitário	Custo Total
	Servente	h	3	12,59	37,77
	Pedreiro	h	3	20,64	61,92
					99,69
Delimitação da área	Descrição	Unidade: m	Fileira de tijolo (10x20x30) cm, de furos redondos, com argamassa e reboco		
	Insumo	Un.	Índice	Custo Unitário	Custo Total
	Tijolo furado, de (10x20x30) cm	Un.	3,33	0,79	2,6307
	Areia grossa lavada, com transporte	m <sup>3</sup>	0,01482	64,2	0,951444
	Cimento Portland, tipo 320, saco de 50kg	Kg	6,96	0,34	2,3664
				5,95	
Delimitação da área	Descrição	Unidade: m	Fileira de tijolo (10x20x30) cm, de furos redondos, com argamassa e reboco		
	Insumo	Un.	Índice	Custo Unitário	Custo Total
	Servente	h	0,3	13,9	4,17
	Pedreiro	h	0,3	20,64	6,192
					10,362

Tabela 25: Composição de Custos Unitários do Tanque de Evapotranspiração e Wetland – Enchimento e Tubulações (SCO RIO adaptado).

Enchimento	Insumo	Un.	Índice	Custo Unitário	Custo Total
	Brita no 3, com transporte	m <sup>3</sup>	1	88,7	88,7
	Areia grossa lavada, com transporte	m <sup>3</sup>	1	64,2	64,2
	Manta em geotextil de poliéster, não tecido, tipo OP-20, Bidim ou similar	m <sup>2</sup>	1	3,2	3,2

Tubulações	Insumo	Un.	Qtd	Custo Unitário
	Caixa de inspecao de concreto, medindo: (30x37) cm	Un.	1	24,89
	Caixa de gordura sifonada, de concreto, medindo: (40x60) cm, com tampa	Un.	1	150,94
	Tubo de PVC rigido, PB, para esgoto, vara com 3m, diametro nominal de 50mm	Un.	1	19,82
	Joelho de PVC rigido, 90o, PB, para esgoto predial, diametro nominal de 50mm	Un.	1	4,16
	Cap de PVC rigido, PBA, diametro nominal de 50mm	Un.	1	4,49

Tabela 26: Composição de Custos Unitários para o Banheiro Seco – Escavação e Preparação (SCO RIO adaptado).

Escavação	Item de Serviço				
	Descrição	Unidade:	Escavação manual de vala em material de 1ª categoria (areia, argila ou picarra), até 1,5m, exclusive escoramento e esgotamento. (desonerado)		
	Insumo	Un.	Índice	Custo Unitário	Custo Total
	Servente (desonerado)	h	2	12,59	25,18

Preparação	Item elementar		
	Descrição	Unidade	Preço
	Brita no 2, com transporte	m <sup>3</sup>	89,18
	Argamassa de cimento e areia, no traco 1:8 (desonerado)	m <sup>3</sup>	268,36

Tabela 27: Composição de Custos Unitários para o Banheiro Seco – Fundação (leito), Alvenaria de fundação e Preparação para baldrame (SCO RIO adaptado).

Fundação	Item elementar				
	Descrição	Unidade	Preço		
	Forma de madeira serrada, com aproveitamento da madeira por 4 vezes, destinada a moldagem de cinta sobre baldrame	m <sup>2</sup>	43,95		
	Aço CA-50, com saliência ou moessa, coeficiente de conformação superficial mínimo (aderência) igual a 1,5, diâmetro de 10mm, destinado à armadura de concreto armado, compreendendo fornecimento, 10% de perdas de pontas e arame 18	Kg	2,06		
	Aço CA-25, com saliência ou moessa, coeficiente de conformação superficial mínimo (aderência) igual a 1,5, diâmetro de 3/16", destinado à armadura de concreto armado, compreendendo fornecimento, 10% de perdas de pontas e arame 18	Kg	2,16		
	Concreto importado de usina, dosado racionalmente, compreendendo apenas o fornecimento de materiais, com resistência característica à compressão de 10MPa	m <sup>3</sup>	235,35		
Alvenaria de	Item elementar				
	Descrição	Unidade	Preço		
	Bloco de concreto estrutural, medindo: (19x19x39) cm	Un.	2,4		
Preparação para baldrame	Item de serviço				
	Descrição	Unidade:	Compactação de aterro em camadas de 20cm, com maco.		
	Insumo	Un.	Índice	Custo Unitário	Custo Total
	Servente (desonerado)	h	2,5	13,9	34,75
	Item elementar				
	Descrição	Unidade	Preço		
	Brita n° 2	m <sup>3</sup>	83,76		

Tabela 28: Composição de Custos Unitários para o Banheiro Seco – Viga Baldrame e compactação, Pilares, Pisos e Paredes (SCO RIO adaptado).

Viga Baldrame e contrapiso	Item elementar		
	Descrição	Unidade	Preço
	Aço CA-25, com saliência ou mocha, coeficiente de conformação superficial mínimo (aderência) igual a 1,5, diâmetro de 3/16", destinado à armadura de concreto armado, compreendendo fornecimento, 10% de perdas de pontas e arame 18	Kg	2,16
	Concreto importado de usina, dosado racionalmente, compreendendo apenas o fornecimento de materiais, com resistência característica à compressão de 10MPa	m <sup>3</sup>	235,3 5

Pilares	Item elementar		
	Descrição	Unidade	Preço
	Aço CA-25, com saliência ou mocha, coeficiente de conformação superficial mínimo (aderência) igual a 1,5, diâmetro de 3/16", destinado à armadura de concreto armado, compreendendo fornecimento, 10% de perdas de pontas e arame 18	Kg	2,16
	Aço CA-50, com saliência ou mocha, coeficiente de conformação superficial mínimo (aderência) igual a 1,5, diâmetro de 10mm, destinado à armadura de concreto armado, compreendendo fornecimento, 10% de perdas de pontas e arame 18	Kg	2,06
Concreto importado de usina, dosado racionalmente, compreendendo apenas o fornecimento de materiais, com resistência característica à compressão de 10MPa	m <sup>3</sup>	235,3 5	

Piso	Item elementar		
	Descrição	Unidade	Preço
	Cerâmica Portobello ou similar, medindo: (7,5x7,5) cm, linha Vitreaux	m <sup>2</sup>	19,03

Paredes	Item elementar		
	Descrição	Unidade	Preço
	Madeira - Pilar de madeira serrada, seção (15 x 15) cm - grupo I da Tabela Classificatória de Especificações de Produtos Madeireiros	m	53,18
Madeira aparelhada, seção (1 x 10) cm, réguas macho / fêmea para forro - grupos III e IV da Tabela Classificatória de Especificações de Produtos Madeireiros	m <sup>2</sup>	22,63	

