

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO
AMBIENTAL

JAQUELINE ROSELE PERJESSY

**MODELOS SUSTENTÁVEIS PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES SOB
ABORDAGEM DA GESTÃO AMBIENTAL**

Sorocaba
2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO
AMBIENTAL

JAQUELINE ROSELE PERJESSY

**MODELOS SUSTENTÁVEIS PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES SOB
ABORDAGEM DA GESTÃO AMBIENTAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental, para obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade na Gestão Ambiental

Orientação: Prof. Dr. Ismail Barra Nova de Melo

Coorientação: Prof. Dr. Silvio Cesar Moral Marques

Sorocaba
2017

Perjessy, Jaqueline Rosele.

Modelos sustentáveis para tratamento de efluentes sob a abordagem da gestão ambiental. Jaqueline Rosele Perjessy – Sorocaba, 2017.

91 p.

Dissertação para obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade na Gestão Ambiental – Universidade Federal de São Carlos – *Campus* Sorocaba.

Orientação: Prof. Dr. Ismail Barra Nova de Melo

JAQUELINE ROSELE PERJESSY

**MODELOS SUSTENTÁVEIS PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES SOB
ABORDAGEM DA GESTÃO AMBIENTAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental, para obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade na Gestão Ambiental. Universidade Federal de São Carlos.

Sorocaba, 15 de junho de 2016.

Orientador

Prof. Dr. Ismail Barra Nova de Melo
Universidade Federal de São Carlos

Coorientador

Prof. Dr. Silvio Cesar Moral Marques
Universidade Federal de São Carlos

Examinador

Prof. Dr. Ivan Fortunato
IFSP (Itapetininga-SP)

Examinador

Prof. Dr. Emerson Martins Arruda
Universidade Federal de São Carlos

"Estamos diante de um momento crítico na história da Terra, numa época em que a humanidade deve escolher o seu futuro. À medida que o mundo torna-se cada vez mais interdependente e frágil, o futuro enfrenta, ao mesmo tempo, grandes perigos e grandes promessas. Para seguir adiante, devemos reconhecer que, no meio da uma magnífica diversidade de culturas e formas de vida, somos uma família humana e uma comunidade terrestre com um destino comum. Devemos somar forças para gerar uma sociedade sustentável global baseada no respeito pela natureza, nos direitos humanos universais, na justiça econômica e numa cultura da paz. Para chegar a este propósito, é imperativo que nós, os povos da Terra, declaremos nossa responsabilidade uns para com os outros, com a grande comunidade da vida, e com as futuras gerações".

A Carta da Terra (2004)

RESUMO

PERJESSY, Jaqueline. Modelos sustentáveis para o tratamento de efluentes sob abordagem da Gestão Ambiental. 2017. 91 f. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental, para obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade na Gestão Ambiental – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, Sorocaba, 2017.

No Brasil, o setor de saneamento exibe no geral um quadro de desatenção com a qualidade dos recursos hídricos, provocando, sobretudo nas últimas décadas, pressões que têm comprometido a qualidade e a disponibilidade da água para a população. O país está no ranking dos piores países com sistemas de tratamento de efluentes, onde mais da metade da população brasileira não tem acesso à rede de coleta de esgoto, colocando em risco a saúde dos moradores e o ambiente. Portanto, o desafio é promover mudanças no processo de gestão de qualidade sanitária e iniciar processos descentralizados. O conhecimento de técnicas não convencionais visa possibilitar a promoção de qualidade de vida para a população, bem como a preservação do ambiente, em busca da sustentabilidade. Os modelos do design permacultural para o tratamento de esgoto doméstico podem ser aplicados com a finalidade de evitar o descarte inadequado em cursos d'água, bem como de aproveitar os benefícios gerados pela aplicação desses processos. A implantação desses sistemas em diversas ecovilas serve como exemplo de projeto social alternativo; além disso, pode ser utilizada para esclarecer as dúvidas sobre o saneamento básico da região e promover o conceito de desenvolvimento sustentável para toda comunidade. As técnicas utilizadas em sistemas de permacultura para o tratamento de esgoto, tais como sanitário seco compostável, bacia de evapotranspiração, círculo de bananeiras, bio-sistemas e compostagem, transformam-no e agregam valor, trazendo uma proposta de solução aos problemas, permitindo que se viva em ecossistemas saudáveis que continuem se desenvolvendo sem se esgotar. Assim, o presente trabalho teve como objetivo identificar e descrever as técnicas para o tratamento de esgoto, bem como sua aplicabilidade, propondo uma alternativa devido à necessidade de novos paradigmas e as condições atuais de cobertura e atendimento do setor de saneamento no Brasil.

Palavras-chave: Tratamento de efluentes. Saneamento. Permacultura. Ecovilas.

ABSTRACT

PERJESSY, Jaqueline. Sustainable models for the wastewater treatment under the Environmental Management approach. 2017. 91 f. Dissertation presented to the Postgraduate Program in Sustainability in Environmental Management, to obtain a Master's Degree in Sustainability in Environmental Management - Federal University of São Carlos, Sorocaba campus, Sorocaba, 2017.

In Brazil, the sanitation sector exhibits a lack of attention to the quality of water resources, causing, in the last decades, pressures that have compromised the quality and availability of water for the population. The country is ranked among the worst countries with effluent treatment systems, where more than half of the Brazilian population does not have access to the sewage collection network, putting the health of the residents and the environment at risk. Therefore, the challenge is to promote changes in the sanitary quality management process and to initiate decentralized processes. The knowledge of non-conventional techniques aims to enable the promotion of quality of life for the population, as well as the preservation of the environment, in pursuit of sustainability. Permacultural design models for domestic sewage treatment can be applied in order to avoid inappropriate disposal in watercourses, as well as taking advantage of the benefits generated by the application of these processes. These systems in several ecovillages serves as an example of alternative social project; in addition, it can be used to clarify doubts about sanitation in the region and promote the concept of sustainable development for the whole community. The techniques used in permaculture systems for the treatment of sewage, such as compostable dry sanitation, evapotranspiration basin, circle of banana plants, biosystems and composting, transform it and add value, bringing a solution to the problems, allowing healthy ecosystems continuing to develop without being exhausted. The present work aimed to identify and describe techniques for sewage treatment, as far as its applicability, proposing an alternative due to the necessity for new paradigms and the current conditions of coverage and sanitation service in Brazil.

Keywords: Wastewater treatment. Sanitation. Permaculture. Ecovillages.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - A FLOR DA PERMACULTURA – CAMPOS DOS SABERES PERMACULTURAIS	32
FIGURA 2 - ESQUEMA DE ZONEAMENTO DE UMA ECOVILA	43
FIGURA 3 - EXEMPLO DO PROCESSO DE SISTEMATIZAÇÃO DA ÁGUA	44
FIGURA 4 - TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS POR SISTEMA DE ZONA DE RAÍZES.....	46
FIGURA 5 - DESENHO ESQUEMÁTICO DO SISTEMA DE ZONA DE RAÍZES	47
FIGURA 6 - ZONA DE RAÍZES NO INSTITUTO DE PERMACULTURA E ECOVILAS DO CERRADO	48
FIGURA 7 - ESQUEMA DE CONSTRUÇÃO DA COVA PARA O CÍRCULO DE BANANEIRAS	51
FIGURA 8 - ESQUEMA DO CÍRCULO DE BANANEIRAS.....	52
FIGURA 9 - ESQUEMA DA BACIA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO.....	55
FIGURA 10 - CONSTRUÇÃO FERROCIMENTO IPEMA	56
FIGURA 11 - CONSTRUÇÃO FERROCIMENTO IPEMA	56
FIGURA 12 - ESQUEMA BACIA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO.....	57
FIGURA 13 - CONSTRUÇÃO DE UMA BACIA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO	59
FIGURA 14 - BANHEIRO SECO IPEMA - VISTA EXTERIOR	62
FIGURA 15 - BANHEIRO SECO IPEMA - VISTA INTERIOR	62
FIGURA 16 - ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO DE UM BANHEIRO SECO COMPOSTÁVEL	63
FIGURA 17 - BANHEIRO SECO DO INSTITUTO DE PERMACULTURA DA AMAZÔNIA - VISTA DAS CÂMARAS.....	64
FIGURA 18 - CONSTRUÇÃO DE BIODIGESTOR.....	67
FIGURA 19 - ESQUEMA DE UM BIOSISTEMA INTEGRADO SIMPLES	68
FIGURA 20 - ESQUEMA DE UM BIOSISTEMA INTEGRADO COMPLETO.....	69
FIGURA 21 - ESTUFA DA <i>LIVING MACHINE</i>	70
FIGURA 22 - <i>LIVING MACHINE</i>	71
FIGURA 23 - TANQUES DA <i>LIVING MACHINE</i>	72
FIGURA 24 - LAGO COM ÁGUA TRATADA AO FIM DO PROCESSO DA <i>LIVING MACHINE</i>	73

LISTA DE TABELAS E QUADROS

TABELA 1 - Abastecimento de água por domicílios na área rural e urbana no Brasil	17
TABELA 2 - Esgotamento Sanitário nos Domicílios	25
QUADRO 1 - Quadro síntese das alternativas utilizadas para tratamento alternativo	75
QUADRO 2 - Quadro de comparação de alternativas x variáveis contendo	76

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	A PROBLEMÁTICA ATUAL	16
2.1	A ÁGUA - ESCASSEZ, CONSERVAÇÃO E REUSO	16
2.2	O ESGOTO	19
2.3	O SANEAMENTO BÁSICO	23
2.4	O TRATAMENTO CONVENCIONAL	26
3	A SUSTENTABILIDADE E O DESIGN PERMACULTURAL	29
3.1	PARADIGMAS, CRISE AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE	29
3.2	PERMACULTURA.....	31
3.3	AS ECOVILAS.....	35
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	40
4.1	CARACTERÍSTICAS DA PESQUISA	40
4.2	INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS	41
4.3	SISTEMATIZAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS.....	41
5	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS – MODELOS DE TRATAMENTO DE ESGOTO UTILIZADOS PELA PERMACULTURA	42
5.1	SISTEMATIZAÇÃO DA ÁGUA.....	42
5.2	ZONA DE RAÍZES.....	45
5.3	CÍRCULO DE BANANEIRAS	50
5.5	BANHEIRO SECO E A COMPOSTAGEM.....	60
5.5	BIOSSISTEMAS.....	66
5.6	<i>LIVING MACHINE</i>	70
5.7	COMPARAÇÃO DOS MODELOS DE TRATAMENTO DE ESGOTO	74
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
	REFERÊNCIAS	79

1 INTRODUÇÃO

Tendo como análise temporal do desenvolvimento da sociedade ocidental, as injustiças sociais e a crise ambiental são produtos históricos de um modelo de desenvolvimento econômico, social e cultural, apoiado e constituído por valores e paradigmas. Esses paradigmas – modelos, representações e interpretações do mundo universalmente reconhecidos – foram fomentados por teorias científicas difundidas a partir do século XVI que ditavam um mundo previsível, mecânico, reducionista, lógico, desconectando o homem da natureza.

Após a transição do paradigma medieval, que tinha por perspectiva a compreensão do significado das coisas e não o seu controle, para o paradigma cartesiano-newtoniano, o homem moderno evoluiu tecnicamente, afastou-se da natureza e perdeu sua essência natural (BRAUN, 2005). A noção de outrora de um universo orgânico, vivo e espiritual foi substituída pela noção de que o mundo era uma máquina, “a máquina do mundo”, convertendo-se em metáfora dominante da era moderna, com o ser humano desempenhando um comportamento de superioridade e controle perante outras espécies, dando para natureza um valor de uso ou um valor instrumental (CAPRA, 1998).

Essa configuração do paradigma cartesiano-newtoniano guiou a ciência e se tornou uma visão de mundo compartilhada pela sociedade contemporânea. É essa “visão social de mundo” (LÖWY, 1994), sustentada em uma relação desintegrada entre sociedade e natureza, na dominação e espoliação da primeira sobre a segunda e em busca desenfreada por crescimento econômico, o pilar da crise ambiental da atualidade (GUIMARÃES, 2004).

Os problemas ambientais decorrentes desse modelo econômico se manifestam basicamente pela depredação e poluição dos recursos naturais. Dessa maneira, a crise ambiental é dada pela extração excessiva e pela geração de dejetos maiores do que a capacidade do ecossistema de reproduzi-los ou reciclá-los (FOLADORI, 1999). Com isso, sentem-se os efeitos da degradação dos ecossistemas, como a extinção de espécies, efeito estufa, buraco na camada de ozônio, contaminação do solo e poluição do ar e da água.

Dentre tantos problemas ambientais, os prognósticos sobre as reservas de água limpa demonstram que a situação é ambientalmente insustentável, diante dos

brutais consumo e desperdício, bem como da limitação dos reservatórios quanto a sua capacidade de absorver e processar poluentes. Dentro deste contexto, a conservação e o reuso da água passam a ser instrumentos essenciais em políticas para o manejo sustentável dos recursos hídricos, tendo em vista ser um recurso essencial ao surgimento e manutenção da vida na Terra, além de ser indispensável às atividades humanas.

Face a essas questões, o homem tem percebido os limites na sua capacidade de ação sobre a natureza, entendendo que esse espaço não pode ser controlado e previsto a partir da matemática e da lógica. Assim, atualmente o paradigma mecanicista-cartesiano já não é mais suficiente para explicar os fatos de diversas áreas do conhecimento, pois é uma visão reducionista e parcial, que não abrange fenômenos mais amplos. Segundo Kuhn (2006), quando um paradigma gradualmente é posto em cheque, e começa-se a considerar se é o marco mais adequado para a resolução de problemas ou se deve ser abandonado, se estabelece uma crise.

Traçando um paralelo com a crise ambiental neste mundo globalizado e com concentrações de superpovoamento, esta é apenas uma das manifestações de uma crise mais geral. Segundo Capra (1995), os problemas da humanidade são sistêmicos, interligados e interdependentes; são facetas da mesma crise; por isso, as soluções passam necessariamente pela mudança de percepção, de pensamento e valores. Assim, para a superação da crise, se fazem necessários novos olhares sobre as relações da sociabilização dos humanos com os humanos e da sociabilização dos humanos com o ambiente, bem como de seus sistemas produtivos.

Para tanto, o século XX trouxe consigo o crescimento de uma coletividade que começa a se preocupar com a degradação do ambiente. O aprofundamento do estudo da problemática ambiental, atrelado à reflexão da influência da sociedade nesse processo, conduziu a um conceito chamado Sustentabilidade. Esse conceito alcançou um destaque a partir da década de 1990, tornando-se um dos termos mais utilizados para se definir um novo modelo de desenvolvimento, ainda que não acompanhado das medidas necessárias para alcançá-lo. (VAN BELLEN, 2004).

Ainda neste âmbito de reflexões, diante da necessidade de se ter uma visão holística dos problemas da sociedade, e falando de sustentabilidade, Sachs (1993), problematiza sobre o pensar mais profundo, que visa uma verdadeira metamorfose do modelo civilizatório atual. O novo paradigma sistêmico-holístico tenta mais reunir as partes do que separá-las: o todo é muito maior do que a simples soma das partes.

Ele tem um significado maior exatamente por estar inserido num contexto, do qual faz parte, formado por outros sistemas, com os quais interage. Indo mais além, Capra (1988) propõe ao paradigma sistêmico-holístico a abordagem ecológica, pois lida com certos tipos de totalidades - a dos organismos vivos ou a dos sistemas vivos para compreender como um determinado sistema está imerso em sistemas maiores.

Assim, buscando o rompimento com antigos paradigmas e o alinhamento ao paradigma transdisciplinar holístico, foram propostos modelos de desenvolvimento baseados na preservação do ambiente e no cultivo de relações humanas saudáveis, lidando com a compreensão da integração das totalidades. Um bom exemplo disso são as comunidades organizadas em ecovilas. Essas comunidades são assentamentos humanos que utilizam os modelos permaculturais, os quais priorizam a produção local de alimentos orgânicos, a utilização de sistemas de energias renováveis, o tratamento de água e esgoto, a construção ecológica e a economia autossustentável. As ações desses grupos estão baseadas nos conceitos de localização e simplicidade voluntária – saúde integrada e educação holística baseada na percepção sistêmica (CLAREANDO, 2005).

Os sistemas para tratamento de águas residuais utilizados nas ecovilas são um modelo alternativo perante a problemática das negligências públicas para o setor de saneamento. Nestes, além da preocupação ambiental, valorizam-se o conhecimento local e a criatividade das comunidades. Este tipo de concepção de gestão racional é defendido por Sachs (apud Pierri, 2001) como um modelo de ecodesenvolvimento, onde incorporam-se ideias de autodeterminação (*self-reliance*), escalas de produção reduzidas (*small is beautiful*), e preferência pelos recursos renováveis e tecnologias brandas – ecodesenvolvimento aplicável tanto a projetos rurais como urbanos, prioritariamente para a satisfação das necessidades básicas e a promoção da autonomia das populações envolvidas.

Para Leff (2001), é necessário desenvolver ou promover a passagem da racionalidade econômica para a racionalidade ambiental, pois a partir de então o desenvolvimento sustentável será possível. A mudança na forma de pensar requer um trabalho intenso e deve ser feita em conjunto entre as instituições públicas e privadas e a sociedade civil, através do desenvolvimento de leis e políticas públicas e da promoção de educação ambiental.

Levando em consideração a problemática da crise ambiental em contexto global e as negligências públicas para o setor do saneamento básico no Brasil, o

presente trabalho tem como objetivo identificar e descrever as técnicas alternativas para o tratamento de esgoto desenvolvidas nas ecovilas, visando a quebra de paradigmas por meio da apresentação da aplicabilidade de tais técnicas em assentamentos rurais, casas e condomínios.

Ademais, como objetivos específicos apresentam-se:

- identificar as condições atuais no setor de saneamento no Brasil quanto à cobertura e atendimento à população;
- descrever a permacultura e seu design, perante à necessidade de novos paradigmas;
- descrever as técnicas permaculturais de bio sistemas para o tratamento de esgoto, tais como: biofiltro, sistema de raízes, bacia de evapotranspiração, círculo de bananeiras, sanitário seco compostável, biodigestores e *Living Machine*;

Como o direito à água e saneamento está contido em tratados de direitos humanos em vigor, e os Estados, muito embora tenham a responsabilidade primária de garantir a plena realização deste, a sua negligência em políticas públicas faz com que a falta de abastecimento de água e coleta e tratamento de esgoto, acarretarem em problemas de saúde pública e ambientais, além de poderem suscitar no futuro em conflitos socioambientais quando da disputa pelo acesso a esses recursos naturais, cada vez mais escassos. Face à essas problemáticas, este trabalho justifica-se ao visar a conservação da água e a saúde da população, por meio de uma proposta alternativa à falta de saneamento, apresentando os modelos utilizados nas ecovilas para o tratamento de esgoto doméstico que podem ser aplicados em residências, condomínios e áreas rurais com a finalidade de evitar o descarte inadequado em cursos d'água ou mesmo evitar o uso de fossas sépticas.

Para tanto, o trabalho foi estruturado em cinco partes. A primeira parte, intitulada "A problemática atual", trata da importância da água, o problema do esgoto, a negligência da esfera pública quanto ao saneamento básico e a ineficácia do tratamento de esgoto convencional. A segunda discute características do paradigma cartesiano-newtoniano e sobre suas consequências, discorre sobre os conceitos de sustentabilidade relacionando-os à permacultura e a necessidade de novos paradigmas frente à crise socioambiental. A terceira parte identifica e descreve as técnicas alternativas para o tratamento de esgoto e a quarta aborda os procedimentos

metodológicos como as características da pesquisa, o instrumento e a coleta de dados, bem como sua sistematização e análise.

Por fim, a quinta parte apresenta as possibilidades e viabilidades para a implementação local do tratamento de esgoto alternativo e descentralizado, seja em assentamentos rurais ou casas, fazendo um comparativo entre as diversas técnicas. Em “Considerações Finais”, encerra-se o trabalho fazendo uma última discussão acerca do tema proposto pela pesquisa, embora sem esgotá-lo, e aponta possíveis caminhos para novas pesquisas e discussões.

2 A PROBLEMÁTICA ATUAL

2.1 A ÁGUA - ESCASSEZ, CONSERVAÇÃO E REUSO

A água é um recurso essencial ao surgimento e manutenção da vida na Terra, além de ser indispensável às atividades humanas. Embora seja abundante, cobrindo três quartos da superfície terrestre, apenas uma pequena parcela pode ser aproveitada pelas atividades e necessidades do homem, sendo que essa parcela corresponde à água doce.

A água doce se encontra distribuída de forma variável pelo planeta e em muitas regiões este recurso se encontra pouco disponível. Contudo, a escassez não está somente relacionada com as áreas de climatologia específicas, mas também pode ser agravada pelas atividades antrópicas tanto pela demanda excessiva deste recurso nas atividades industriais e agrícolas (CARMO et al, 2007) quanto por problemas de poluição resultante do lançamento inadequado de efluentes em corpos d'água (TUCCI, 2008).

Atualmente, dois bilhões e meio de pessoas vivem em regiões com insuficiência de água e, para o ano 2025, esta população deverá atingir três bilhões e meio de habitantes (ONU, 2012). Dentro deste contexto, a conservação e o reuso da água passam a ser instrumentos essenciais em políticas para o manejo sustentável dos recursos hídricos. Segundo o Relatório de Desenvolvimento Humano, realizado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), a escassez física de água, definida como quantidade insuficiente de recursos para satisfazer a sua procura, é uma das características inerentes à questão da segurança da água em alguns países (PNUD, 2006). Essa dimensão política para a água deve ser considerada, pois quase todas as maiores bacias hidrográficas no planeta são compartilhadas por duas ou mais nações.

Assim, a água poderá se tornar uma fonte de conflitos internacionais e de segurança, chamando a atenção para a globalização e a privatização desse bem precioso (LEGAN, 2007). Quem possuir controle no uso deste recurso, o chamado "ouro azul", deterá poder e este século será marcado pela crescente valorização da água doce como um recurso estratégico global (BARLOW; CLARKE, 2003).

Esta situação terá consequências significativas no continente americano, que detém 12% da população mundial e 47% das reservas de água potável do mundo,

especialmente na América do Sul, onde se estende a bacia Amazônica e o Aquífero Guarani, principal reservatório subterrâneo de água doce sul-americano e a terceiro maior do mundo (Taddei, sd).

Em um contexto mundial a crise dos recursos hídricos está diretamente ligada às desigualdades regionais e sociais. No Brasil, por exemplo, a região nordeste está localizada no Polígono das Secas, o que agregou maior dificuldade de desenvolvimento para essa região (REBOUÇAS, 1997). Já a região sudeste tem um histórico oposto de desenvolvimento e de disponibilidade de água, entretanto, devido à falta de manejo e planejamento, há mais de dez anos ocorre o problema crônico de falta de abastecimento de água, principalmente no Estado de São Paulo (CORTEZ, 2015).

Além das desigualdades quanto à quantidade de água potável disponível às atividades humanas, o abastecimento também não se apresenta de maneira uniforme. A disparidade quanto ao abastecimento de água potável aos domicílios brasileiros é evidenciada na Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), conforme a Tabela 1, onde a proporção de domicílios urbanos ligados à rede de água é três vezes maior que os domicílios em áreas rurais, ratificando-se as ineficiências na gestão, com a concentração do déficit nas áreas urbanas de baixa renda (IBGE, 2014).

TABELA 1 - Abastecimento de água por domicílios na área rural e urbana no Brasil

Área	Número total de domicílios	Domicílios ligados à rede			Outras formas		
		Com canalização interna (%)	Sem canalização interna (%)	Total (%)	Com canalização interna (%)	Sem canalização interna (%)	Total (%)
Urbana	57 641 000	93,4	0,5	93,9	5,1	1,0	6,1
Rural	9 398 000	30,3	3,1	33,4	44,5	20,0	66,6
Total	67 039 000	84,5	0,8	85,4	10,9	3,7	14,6

Fonte: IBGE (2014)

Observa-se que predomina na área rural o abastecimento de água a partir de outras formas, como canalização interna, ou seja, são usadas soluções alternativas, coletivas ou individuais de abastecimento. Nestes casos, a qualidade da água depende ainda mais da proteção das fontes e de uma rede de distribuição sem risco de contaminação (FUNASA, 2012).

Segundo Machado (2003), o abastecimento de água está fortemente ligado ao conceito de limpeza. Portanto, uma política de água envolve necessariamente, políticas de saneamento e de meio ambiente. De acordo com Phillipi Jr (2002), muitos

dos mananciais utilizados estão cada vez mais poluídos e deteriorados, seja pela falta de controle ou pela falta de investimentos em coleta, tratamento e disposição final de esgotos e na disposição adequada dos resíduos sólidos. Assim, segundo Mancuso (2003), como resultado do crescimento da população e limitação dos mananciais de superfície, é provável que, em um futuro não muito distante, as águas subterrâneas venham a ser preferencialmente destinadas ao abastecimento público.

Isto posto, os problemas que dizem respeito à água no mundo são atribuídos à incapacidade do ser humano de resolver necessidades básicas, além da falta de habilidade para equilibrar as necessidades antrópicas com as necessidades do meio natural (LEGAN, 2007). Contudo, a realidade sobre a disponibilidade e distribuição da água tem induzido, em todo o mundo, a uma série de medidas governamentais e sociais, objetivando viabilizar a continuidade das diversas atividades públicas e privadas que têm como foco as águas doces, em particular, aquelas que incidem diretamente sobre a qualidade de vida da população (MACHADO, 2003).

Economias regionais e nacionais dependem da disponibilidade adequada de água para geração de energia, abastecimento público, irrigação e produção de alimentos, seja pela agricultura, aquicultura ou pesca, por exemplo. Melhorar a gestão dos recursos hídricos integrando e otimizando os usos múltiplos, alocando de forma flexível a água para os diferentes usuários e investindo em saneamento público (coleta de esgotos, tratamento de esgotos, resolvendo problemas sanitários de doenças de veiculação hídrica) é uma das formas mais relevantes de desenvolvimento econômico e social, pois melhora a qualidade de vida, promove a geração de empregos e renda e amplia a capacidade de abastecimento de água para usos múltiplos e estímulo à economia (BHATIA; BHATIA, 2006).

Os programas de aproveitamento de recursos hídricos devem considerar a preservação da qualidade da água, de modo a possibilitar os usos determinados para ela e assegurar a disponibilidade desse recurso natural no futuro (SOUZA; MORETO, 2012). Estes deveriam estar associados às tecnologias de baixo custo que podem fornecer a implantação de medidas e o desenvolvimento de ações em saneamento básico, especialmente para populações de baixa renda nas periferias das grandes regiões metropolitanas (TUNDISI et al., 2006).

2.2 O ESGOTO

O esgoto sanitário, segundo definição da norma brasileira NBR 9648 (ABNT, 1986) é o "despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária". Essa mesma norma define ainda o esgoto doméstico, que é o despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas.

De acordo com Von Sperling (1995), os esgotos são constituídos de aproximadamente 99,9% de água e 0,1% de sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, e de micro-organismos. Os efeitos destes constituintes, quando lançados em excesso no ambiente, ou mais especificamente nos corpos receptores, provocam consequências desastrosas, muitas vezes com difícil recuperação por conta da contaminação. Este processo está vinculado principalmente ao acúmulo de nitrogênio e fósforo no ambiente, assim como o aumento da DBO nos corpos d'água (CENBIO, 2004).

Segundo a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 1994), o acesso à água tem relação direta com a produção de esgoto, pois na mesma proporção que se abastece uma comunidade com água, é produzido esgoto, e a falta de tratamento traz consequências negativas para a sociedade. De acordo com o IBGE (2011), o tratamento de esgoto inexistente em mais de dois terços dos municípios brasileiros – apenas 28,5% têm algum sistema de tratamento de esgoto instalado e dentre os 71,5% que não possuem nenhum tipo de tratamento, 30,5% lançam o esgoto em rios, lagos ou lagoas dos quais utilizam a água para outras atividades. Entre os municípios nesta situação, 23% usam a água para irrigação e 16% para abastecimento – o que encarece o tratamento da água para esse último fim, pois há mais custo em recuperar sua qualidade.

Segundo Ranking do Saneamento Básico (base SNIS 2013), publicado pelo Instituto Trata Brasil, nas capitais do Norte, cerca de 82% de todo o esgoto gerado não é tratado, a pior situação entre todas as regiões. Em termos absolutos, as capitais da região lançaram em 2013 aproximadamente 211 milhões metros cúbicos (m³) de esgotos na natureza. Situação muito ruim também é verificada nas três capitais do Sul, onde 60% do esgoto gerado não foi tratado, representando cerca de 105 milhões de m³ de esgoto despejados na natureza. Já no Nordeste, as nove capitais deixaram de tratar 46% do volume de esgoto gerado naquele ano, o que significou o lançamento

de mais de 218 milhões de m³ de esgoto na natureza. O Sudeste, apesar do alto volume despejado, cerca de 542 milhões de m³, apresenta o segundo melhor desempenho, com cerca de 39% de esgoto não tratado nas capitais. Por fim, as quatro capitais do Centro-Oeste possuem o melhor nível entre as regiões brasileiras, com 88 milhões de m³ de esgoto sem tratamento, o que representa 30% do volume gerado. Somando-se os volumes, verifica-se que somente as capitais lançaram 1164 milhões (1,2 bilhão) de m³ de esgoto na natureza em 2013.

A abrangência da rede de coleta e tratamento das áreas rurais dos municípios brasileiros é muito menor se comparada com a das cidades. Como alternativa, muitas dessas áreas utilizam as fossas sépticas para tratamento de seus esgotos domésticos, já que se tratam de uma solução de baixo custo e com operação e manutenção simples. No entanto, esse tratamento é primário, pois nele só ocorre a remoção dos sólidos e não elimina os patógenos, além de não garantir que, por problemas de infiltração, com o passar do tempo o esgoto possa atingir o lençol freático e poluir o solo e os rios. A população rural brasileira ainda apresenta baixos índices de assistência técnica rural, e quando há esse tipo de assistência ela se dá no âmbito da agricultura familiar, voltada para o cultivo e poucas vezes para auxiliar nas questões relativas à habitação e infraestrutura locais (MARTINETTI, 2009).

Segundo Pimenta et al. (2002), o lançamento de efluentes *in natura* nos recursos hídricos resulta, além de vários problemas socioambientais, em impactos significativos sobre a vida aquática e o ambiente como um todo. Têm-se como impactos: a eutrofização, a disseminação de doenças de veiculação hídrica, o desequilíbrio ecológico, entre outros. Junto aos resíduos agrotóxicos e destinação inadequada do lixo, o não tratamento do esgoto sanitário responde por 72% das incidências de poluição e contaminação das águas de mananciais, 60% dos poços rasos e 54% dos poços profundos (IBGE, 2011).

A poluição dos sistemas aquáticos nunca atingiu níveis tão altos e cerca de um terço de toda água doméstica é poluída no vaso sanitário (LEGAN, 2007). Esse tipo de contaminação por fezes acarreta em mais prejuízos à saúde humana. De acordo com Werner (2009), o moderno equívoco que excrementos humanos são resíduos com nenhum propósito útil resultou em sistemas de “*end-of-pipe solutions*” ou tratamentos de final de tubo, que atuam visando remediar os efeitos da produção, ou seja, depois que a poluição foi gerada no processo produtivo. Na natureza, no entanto,

não há desperdício, pois, todos os produtos de seres vivos são usados como matérias-primas por outros como parte de um ciclo.

Considerando-se o dano ambiental, os riscos à saúde, e piora da crise da água, resultante das atuais práticas sanitárias, um repensar revolucionário é urgentemente necessário para corrigir este equívoco e alcançar os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio, fornecendo serviço sanitário sustentável para mais de 1,2 bilhões de pessoas (WERNER, 2009). A quebra de paradigmas em saneamento se faz necessária, com base em enfoques ecossistêmicos e ao invés de sistemas lineares, caros e que utilizam tecnologias intensivas de energia. Esse paradigma deve reconhecer excrementos humanos não como um resíduo, mas como um recurso que deve ser disponibilizado para reutilização.

Em algumas partes do mundo desenvolvido, um inovador sistema de "saneamento-e-reutilização" ou modelo de "saneamento ecológico" já tem emergido, aplicando os princípios de "não misturar", "não liberar", e "não perder" os excrementos humanos (NAWAB, 2006). Visando à simplificação do tratamento do esgoto doméstico, a segregação na fonte é um passo que possibilita a reutilização ou o tratamento da água em sistemas mais compactos e descentralizados (OTTERPOHL, 2001).

Assim, o saneamento ecológico se apresenta como uma alternativa que não prescreve uma solução técnica particular, mas sim vários sistemas sanitários para atender as necessidades de sustentabilidade. Esse tipo de sistema de tratamento natural é baseado em grande parte nos mesmos processos físicos, químicos e biológicos que os convencionais, mas em condições naturais, com um mínimo de entrada de materiais e energia. As principais vantagens dos sistemas naturais são reduzir os custos de implantação e de manutenção, bem como ter uma baixa demanda por operadores qualificados.

Dentre os grandes desafios em torno da problemática do esgoto, um deles é transformá-lo agregando valor de mercado, tratando-o não simplesmente como um resíduo, mas como um recurso. Segundo Werner (2009), a recuperação de energia através da digestão anaeróbia de fezes, dos resíduos orgânicos e esterco animal pode representar um passo significativo para a eficiência energética, proporcionando biogás para cozinha ou para geração de energia elétrica. Existem também processos que transformam os resíduos em biocombustível e, segundo as técnicas utilizadas nos sistemas de permacultura em ecovilas, podem ser utilizados como fertilizante natural.

Se novas abordagens de saneamento estão sendo promovidas, precisa-se entender como introduzir essas ideias e motivar as pessoas a adotarem ou adaptá-las (JENKINS; CURTIS, 2005).

2.3 O SANEAMENTO BÁSICO

O saneamento básico é definido pela Organização Mundial de Saúde (OMS) como “o controle de todos os fatores do meio físico do Homem que exercem ou podem exercer efeito contrário sobre o bem-estar físico, social ou mental”. Assim, a Lei 11.445 de 2007 que estabelece as diretrizes nacionais para o Saneamento Básico, o compreende como o abastecimento de água potável, o manejo de resíduos sólidos, a drenagem urbana e o esgotamento sanitário (BRASIL, 2007).

O saneamento é essencial para a qualidade ambiental e conseqüentemente para a saúde de uma população. O acesso a água potável e ao saneamento adequado tem implicações num amplo leque de aspectos, desde a diminuição da mortalidade infantil, com o combate às doenças infecciosas, até a redução de custos sanitários (OMS, 2014).

Dentre os aspectos compreendidos no saneamento básico, assim como a qualidade da água consumida pela população, o tratamento adequado do esgoto é um fator que pode alterar significativamente o perfil de sustentabilidade de uma comunidade, bem como o seu desenvolvimento, pois quando descartado indevidamente compromete a qualidade da água, acarretando em diversos problemas ambientais e sanitários. No que tange aos problemas sanitários, as enfermidades decorrentes da falta de saneamento básico levam cerca de 2,0 milhões de pessoas a óbito anualmente em todo o mundo, além de ser a causa de 80% das doenças e 65% das internações hospitalares (OMS, 2008).

A OMS mostrou em seu relatório bienal, Glass 2014, que, no mundo, um total de 748 milhões de pessoas não tem acesso a água potável de forma sustentada, 2,5 bilhões de pessoas não têm acesso a saneamento adequado, 1 bilhão defeca ao ar livre - nove em cada dez, em áreas rurais - e calcula-se que outros 1,8 bilhão usem uma fonte que está contaminada com fezes (OMS, 2014). Embora nas duas últimas décadas 2,3 bilhões de pessoas conseguiram ter acesso às fontes de águas melhoradas, ainda é necessário mais compromisso político nacional e internacional. Atualmente mais de 75% dos recursos são investidos em acesso à água potável e não em saneamento, assim há a necessidade de se concentrar fundos para a implementação de políticas de saneamento (OMS, 2014).

No Brasil, o setor de saneamento exhibe no geral um quadro de desatenção para com a qualidade dos recursos hídricos, provocando, sobretudo nas últimas duas

décadas, pressões que têm comprometido a qualidade das águas (PNRH, 2006). A OMS indicou o Brasil em 7º lugar no ranking dos 14 países com piores sistemas de tratamento de esgoto (OMS, 2009).

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), divulgada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2008) e compilada no Atlas de Saneamento de 2011, mais da metade da população brasileira não tem acesso à rede de coleta de esgoto – 54,3% ou aproximadamente 31 milhões de domicílios não são atendidos pelo serviço, colocando em risco a saúde dos moradores e o ambiente. O Sudeste é a única região do país com mais da metade dos domicílios atendidos pela rede de esgoto (68,9%), seguida da região Centro-Oeste (33,7%), Sul (30,2%), Nordeste (29,1%) e Norte (3,5%).

Se tomar como base o investimento em ações de saneamento dos últimos anos, a universalização do acesso à rede geral de esgoto deve acontecer daqui a 115 anos, ou seja, em 2122. Caso se mantiver a tendência dos últimos 14 anos, levará 56 anos para o déficit ser reduzido à metade (NERI, 2007 apud MARTINETTI, 2009).

Segundo Przybysz (2007), o elevado déficit com os serviços de esgotamento sanitário explica-se, em parte, pela ausência de companhias estaduais de saneamento na grande maioria dos municípios brasileiros. De fato, enquanto tais companhias atuam com serviços de água em 3 886 municípios (70% do total de municípios brasileiros), em relação aos serviços de esgotos, a quantidade cai para apenas 864 (15,5% do total de municípios do país).

Na Tabela 2 evidencia-se também a precariedade da situação na disparidade entre as áreas rural e urbana quanto à cobertura de serviços de esgotamento sanitário. Mais da metade dos domicílios urbanos têm acesso à rede de esgotamento sanitário enquanto são poucos os domicílios rurais que possuem coleta de esgoto ligada à rede geral. Nestes casos, outras soluções são adotadas, muitas vezes inadequadas para o destino dos dejetos, como fossas rudimentares, valas, despejo do esgoto *in natura* diretamente nos cursos d'água. Em contrapartida, alguns não usam nenhuma solução (IBGE, 2014).

TABELA 2 - Esgotamento Sanitário nos Domicílios

Área	Total de domicílios	Esgotamento sanitário (% de domicílios)					Total (%)	Sem Solução
		Rede coletora (%)	Fossa séptica		Fossa rudimentar (%)	Outro (%)		
			Ligada à rede coletora (%)	Não ligada à rede coletora (%)				
Urbana	57 641	66,2	2,7	11,6	13,0	2,2	99,4	0,6
Rural	9 398	5,1	6,4	23,5	49,9	7,4	88,6	11,4
Total	67 039	57,6	5,9	13,3	18,2	2,9	97,9	2,1

Fonte: IBGE (2014)

A falta de saneamento básico tem relação direta com o meio social e, seja pela ausência de água potável ou pela inexistência de redes coletoras e sistemas de tratamento de esgoto, resulta na proliferação de enfermidades. Assim, os investimentos destinados ao saneamento básico têm efeito direto na redução de gastos públicos com serviços de saúde. Para cada unidade monetária investida em infraestrutura de saneamento, estima-se a economia de quatro unidades monetárias com medicina curativa (FUNASA, 2006).

De acordo com Costa et al. apud Martinetti (2009), há diversas doenças causadas pela falta de saneamento: doenças de transmissão feco-oral (diarreias, febres entéricas, hepatite A); transmitidas por insetos vetores (dengue, febre amarela, Leishmaniose, filariose linfática, malária, doença de chagas); transmitidas pelo contato com a água (esquistossomose, leptospirose); falta de higiene pessoal (conjuntivites, tracoma, micoses); doenças transmitidas por helmintos e teníases. Frente ao elevado índice de doenças e mortalidades resultante da ausência de saneamento, bem como a problemática com os gastos onerosos na construção e operação das redes de coleta e estações de tratamento, um sistema descentralizado apresenta-se como uma alternativa à democratização do saneamento básico e à eliminação de lançamentos irregulares.

Portanto, o desafio é promover mudanças no processo de gestão de qualidade sanitária e iniciar processos descentralizados que envolvam o planejamento e a participação de todos os usuários. O conhecimento de técnicas não convencionais visa possibilitar a promoção de qualidade de vida para a população, bem como a preservação do ambiente, em busca da sustentabilidade.

2.4 O TRATAMENTO CONVENCIONAL

O tratamento convencional para os efluentes domésticos utiliza-se de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) que visam separar a parte sólida da líquida para que o efluente tratado possa ser devolvido ao curso da água mantendo a mesma classificação do local de captação do recurso. Este tratamento pode ser separado em operação e processo. A operação consiste na fase física do tratamento, como a decantação e sedimentação. Os processos são as fases química e biológica, como a desinfecção e a digestão, e podem também ser classificados como tratamento preliminar, primário, secundário e terciário (VON SPERLING, 2005).

O tratamento preliminar visa à adequação do efluente ao tratamento subsequente. De um modo geral, tem por objetivo retirar das águas residuárias afluentes os detritos de maiores dimensões (sólidos grosseiros e areia). Consiste fundamentalmente de mecanismos básicos de remoção de ordem física, como: o gradeamento para a remoção dos sólidos em suspensão de grandes dimensões; a desarenação, que remove as areias arrastadas e não detidas nas grades; e os retentores de gordura, cuja finalidade é remover os óleos e gorduras ou outras substâncias menos densas que a água que afetam o funcionamento da ETE e podem sair na água final depurada (ALEM SOBRINHO, 2000).

O tratamento primário tem a finalidade de remover os sólidos sedimentáveis, os quais, na maioria, são orgânicos (ALEM SOBRINHO, 2000). Em decantadores, o esgoto flui vagorosamente, permitindo os sólidos em suspensão sedimentarem gradualmente no fundo, formando o lodo primário bruto. A água residual que se obtém após a decantação primária denomina-se água residual decantada e aos sólidos sedimentados dá-se o nome de lamas frescas primárias. Em novas ETEs, o tratamento primário é substituído por outras técnicas que removem não apenas os sólidos em suspensão, mas também uma parcela da matéria orgânica biodegradável.

Os métodos de tratamento biológicos visam à remoção da matéria dissolvida e em suspensão, sendo designado por tratamento secundário. A base de todo o processo biológico é o contato efetivo entre os microrganismos (que fazem a degradação naturalmente) e o material orgânico contido no esgoto, de tal forma que este possa ser utilizado pelos microrganismos, transformando-o em gás carbônico, água e material celular. Podem ser adotados os sistemas de lagoas de estabilização

e variantes, lodos ativados e variantes, filtro biológico, tratamento anaeróbico e disposição sobre o solo (ANDREOLI, 2001).

Por vezes também é utilizado o sistema de tratamento terciário que tem por objetivo completar os processos de tratamento primário e secundário, aumentando a eficiência de remoção de sólidos em suspensão, de nutrientes ou compostos tóxicos específicos que não podem ser eliminados pelos processos de tratamento anteriores. Fundamentalmente, em águas industriais, a utilização de tratamentos terciários pode viabilizar a reutilização do efluente tratado. Dependendo do poluente a ser eliminado, pode-se recorrer à filtração com areia, adsorção com carvão ativado, remoção de fósforo e desnitrificação por processos biológicos, resinas de troca-iônica, microfiltração, oxidação química, entre outros.

Apesar da sua eficiência, as ETEs apresentam alguns aspectos negativos para sua implementação e funcionamento, como a necessidade de grandes sistemas de centralização dos efluentes que demandam uma grande infraestrutura de conexão das redes de água residuárias das cidades (MUGA; MIHELICIC, 2008). As ETEs geralmente estão localizadas longe dos centros urbanos e assim há um custo referente ao transporte do efluente e o risco de vazamento e contaminação durante o transporte. Por contemplar uma grande demanda de esgoto, os custos de implantação e manutenção são altos (MASSOUD, 2009).

Além disso, a quantidade de lodo – sólidos gerados nos processos primários e secundários de tratamento de esgoto – aumenta quanto mais avançado e eficiente for o processo de tratamento, e este lodo deve ser gerenciado e disposto adequadamente no ambiente (CORRÊA et al., 2007). Haandel e Alem Sobrinho (2006) ainda afirmam que normalmente o lodo apresenta instabilidade biológica por ser composto de material biodegradável, além de possuir grandes quantidades de vírus, bactérias e parasitas e ser produzido em grande volume – características consideradas indesejáveis e passíveis de tratamento.

O maior problema da produção do lodo é sua destinação final que pode onerar em até 60% o custo de operação da ETE. Estima-se que são produzidos no Brasil cerca de 200 mil toneladas de matéria seca por ano, sendo que apenas uma quantidade pequena do esgoto é tratada (PEDROZA, 2010). As alternativas de aproveitamento ou disposição final para o lodo, ou biossólido, produzido em ETEs, segundo Tsutya (2001), podem ser: depósito em aterros sanitários, reutilização

industrial, incineração, conversão em óleos combustíveis, depósito no oceano ou utilização na agricultura como fertilizantes, condicionadores do solo e solo sintético.

O uso agrícola do lodo é uma forma mundialmente aceita para seu destino final e, no Estado de São Paulo, já é recomendado pela Sabesp (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo). A aplicação agrícola é uma alternativa devido à sua composição de matéria orgânica, macro e micronutrientes, fundamentais na produção agrícola e fertilidade do solo, já que promovem o crescimento dos organismos e aumentam a capacidade de troca de cátions do solo (VANZO; MACEDO; TSUTYA, 2008). Apesar de o biossólido ser fornecido gratuitamente, a relação custo-benefício pode ser um fator determinante para o produtor na prática. É necessário calcular o valor do transporte do biossólido do local de fornecimento até sua aplicação e compará-lo ao custo dos fertilizantes minerais convencionais (LEMAINSK; SILVA, 2006). Além disso, há restrições em sua utilização que dependem do tratamento utilizado.

Assim, os aterros sanitários são o destino mais comum para o lodo de esgoto (BETTIOL; CAMARGO, 2000), o que gera um impacto ambiental indesejável e mais custos para os municípios. A destinação do resíduo de ETE reduz a vida útil dos atuais aterros sanitários, agravando a dificuldade em se encontrar áreas próximas aos centros urbanos e adequadas para a implantação de novos aterros.

Conforme Marques (1999), estudos de ecologia têm mostrado que as atividades humanas podem ser harmonizadas com a natureza através de manipulações ambientais na auto-organização dos ecossistemas, aumentando-se sua eficiência com pequenas quantidades de energia empregadas para o controle destes, sendo as principais fontes de energia, as naturais. O processo de tratamento de esgoto é considerado um ecossistema pelas trocas de energia com a natureza. Entretanto, o sistema de tratamento centralizado convencional consome muita energia, exige manutenção constante, é dispendioso e tem alto custo ambiental.

3 A SUSTENTABILIDADE E O DESIGN PERMACULTURAL

3.1 PARADIGMAS, CRISE AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE

O crescimento econômico ilimitado relacionado com as noções newtonianas de tempo e espaço absolutos e infinitos, aliado ao crescimento tecnológico, ao serem pautados numa visão unilateral e reducionista da realidade “dilaceram o tecido social e arruinam o meio ambiente natural” (CAPRA, 2006, p. 205). Sob outra perspectiva, emerge a necessidade de um novo modelo de pensar cientificamente, a partir de uma revisão radical das aproximações existentes como uma forma de superar o dualismo predominante no pensamento moderno.

A este respeito, Capra (1996) identifica a mudança de paradigma como uma das grandes transformações de final e de início de século, com a superação da visão mecanicista de mundo. Enquanto Braun (2005, p. 30-31) enfatiza que “transformar a atual visão do Mundo requer uma preparação psicológica baseada em valores éticos fortes e uma vontade profunda de realmente mudar”.

O emergente paradigma introduz um novo olhar sobre o mundo e sobre o ser humano. Coliga a visão holística da sabedoria de tradições milenares à visão sistêmica originária da teoria geral dos sistemas, à transdisciplinaridade, à física quântica e à ecologia profunda. Capra (1998, p.11) comenta que “o novo paradigma pode ser chamado de holístico, de ecológico ou de sistêmico, mas nenhum destes adjetivos o caracteriza completamente”. Considerando que a visão holística aqui abordada engloba a visão sistêmica e a física quântica, base também da transdisciplinaridade, bem como aponta para a ecologia profunda, pode-se chamá-la de emergente paradigma transdisciplinar holístico (CREMA, 1989; D’ AMBRÓSIO, 1991; WEIL, 1991; DI BIASE; ROCHA, 2005).

Ainda no século XX, surge também uma vertente da economia política, chamada de economia orgânica ou “descentralista”, tendo como um de seus representantes Ernest Fritz Schumacher com sua obra *Small Is Beautiful* (1979). Esta vertente mescla sistemas puros e defende um estilo de vida das vilas, associativo e de habilidades manuais. Schumacher defende a introdução explícita de valores no pensamento econômico, como a ideia de que a meta é atingir um máximo de bem-estar humano com o melhor modelo possível de consumo (CAPRA, 1995; BRAUN,

2005). Essas ideias podem ser consideradas precursoras imediatas do conceito de desenvolvimento sustentável.

Até o momento, não existe uma definição comumente aceita de desenvolvimento sustentável. Aquela presente no Relatório Brundtland, a mais conhecida e disseminada de todas, é utilizada pelas instituições, mas o fato é que não existe uma definição que convença e faça as pessoas renderem-se ao conceito, sobretudo como um modelo alternativo de desenvolvimento.

Assim, o sonho de desenvolvimento ilimitado não é universalizável nem suportado pelo Planeta (SACHS, 1993). Exige mudanças na forma como se relacionar com a natureza e como pensar o Planeta, pois a visão do mundo que se centra somente no ser humano, como se não existisse comunidade de vida além dele, precisa ser revista.

Na definição dada por Sachs, citada por Raynaut e Zanoni (1993, p. 7), para um determinado país ou região, o Ecodesenvolvimento significa o "desenvolvimento endógeno e dependente de suas próprias forças, tendo por objetivo responder a problemática da harmonização dos objetivos sociais e econômicos do desenvolvimento com uma gestão ecologicamente prudente dos recursos e do meio". Ignacy Sachs formulou os princípios básicos desta nova visão do desenvolvimento, integrando basicamente seis aspectos, que deveriam guiar os caminhos para atingi-lo: a) a satisfação das necessidades básicas; b) a solidariedade com as gerações futuras; c) a participação da população envolvida; d) a preservação dos recursos naturais e do ambiente em geral; e) a elaboração de um sistema social garantindo emprego, segurança social e respeito a outras culturas, e f) programas de educação.

Neste mesmo contexto, desenvolve-se a Permacultura, um sistema de planejamento para a criação de ambientes humanos sustentáveis e produtivos em equilíbrio e harmonia com a natureza. Uma cultura que engloba métodos holísticos para planejar, atualizar e manter sistemas de escala humana ambientalmente adequados, socialmente justos e financeiramente viáveis.

3.2 PERMACULTURA

O conceito de Permacultura ou Cultura Permanente, tradução do inglês *Permaculture*, foi desenvolvido na década de 70 por dois professores universitários australianos: David Holmgren e Bill Mollison. Esta ideia foi resultado da criação e desenvolvimento de pequenos sistemas produtivos organicamente integrados proporcionando a interação harmoniosa entre as pessoas e a paisagem (HOLMGREN; MOLLISON, 1978).

Mollison e Slay, nos capítulos iniciais de *Introdução à Permacultura* (1991), reúnem as diversas ideias, habilidades e modos de vida que precisam ser reinventados e desenvolvidos. Seus autores acreditam que essas diversas ideias tornariam os homens capazes de prover suas próprias necessidades, ao mesmo tempo em que se aumentariam o capital natural para futuras gerações. Assim, esse conceito permeia todos os aspectos de sustentabilidade socioambiental, cooperando e proporcionando a responsabilidade inter-relacionada nos sistemas econômicos, educacionais, culturais e sociais de todo conjunto administrativo a ser desenvolvido (MOLLISON; SLAY, 1991).

O colapso ambiental levanta questões sobre a mudança de hábitos e comportamento, pois a forma de viver de muitas nações é insustentável para a capacidade suportada pela Terra. Assim, uma das propostas básicas da permacultura é de cada pessoa assumir a responsabilidade pela sua própria existência.

Segundo Legan (2008), para se alcançar uma economia mais verde é preciso adequar-se à natureza, procurar reduzir a produção exagerada e direcionar todo resíduo para um ciclo produtivo. Frente a esse desafio, a permacultura tem muito a contribuir com seu conjunto de técnicas de agricultura orgânica, de produção sustentável, de arquitetura energeticamente eficiente com sistemas de saneamento sustentáveis e até mesmo de planejamento de ecovilas, pois lida com a geração de recursos, criando ecossistemas humanos em harmonia com a natureza.

A Permacultura é baseada na observação de sistemas naturais, na sabedoria contida em sistemas produtivos tradicionais e no conhecimento moderno, científico e tecnológico (MOLLISON, 1991). As ideias Permaculturais permeiam a compreensão dos ciclos da Terra e, a partir da observação dos fenômenos, direciona a trabalhar com e em favor da natureza.

A Permacultura é um sistema pelo qual podemos existir no planeta Terra utilizando a energia que está naturalmente em fluxo e é relativamente inofensiva; e, da mesma forma, pelo uso de alimentação e de recursos naturais que sejam abundantes, sem destruirmos a vida na Terra. Todas as técnicas para a conservação e a restauração da terra já são conhecidas; o que não é aparente é alguma nação ou grupo grande de pessoas que esteja preparado para efetuar a mudança. No entanto, milhões de pessoas comuns estão começando a fazê-lo sozinhas, sem a ajuda das autoridades políticas. (MOLLISON, 1991, p.13).

FIGURA 1 - A FLOR DA PERMACULTURA – CAMPOS DOS SABERES PERMACULTURAIS



Fonte: www.permacultureprinciples.com. Traduzido por Juriciardi, 2008. Acessado em maio de 2015.

Se não houver um ambiente saudável não há como haver economia estável, pois a sociedade humana não se sustenta sem água potável, ar puro, solo fértil e clima

ameno. No entanto, ainda existem algumas razões que dificultam tanto a transformação social em busca de uma cultura sustentável quanto a dificuldade da disseminação de soluções ecológicas de desenvolvimento que buscam esta sustentabilidade, como: a dominante cultura do consumismo atrelada ao equívoco do bem-estar e do progresso, além do mito da ligação entre crescimento econômico e desenvolvimento (HOLMGREN, 2007 apud SANTORO, 2010).

Precisamos muito mais do que simplesmente um novo tipo de educação. Precisamos de um novo estilo de vida, baseado em novos valores, que resgate nossa dualidade. Somos ao mesmo tempo um todo e parte de outro todo maior. (DIAS, 2002, p. 209).

Para Leff (2001), novos valores e princípios levam à reorganização social da produção para a reapropriação da natureza e da cultura, implicando em novas relações sociais e sentidos civilizatórios, dos quais emerge um poder feito de uma nova matéria, sujeito a novas regras. Dias (2002) menciona que os próximos anos exigirão da humanidade mudanças profundas de paradigmas para que se possa promover prosperidade, equidade social e sustentabilidade ambiental.

Segundo Miranda (2007), as propostas e projetos Permaculturais são princípios e saberes práticos para a gestão de tecnologias e responsabilidades socioambientais. Além disso, fazem a comunicação e a internalização da sustentabilidade, com base em conhecimentos e práticas de cultura permanente, com o diferencial responsável, ético e consciente tanto do mercado do desenvolvimento sustentável quanto da sociedade.

Portanto, é preciso entender as atitudes das pessoas e seus comportamentos, a fim de desenvolver estratégias viáveis para sensibilizá-las e motivá-las sobre as necessidades do desenvolvimento de práticas ambientais adequadas. Isto é importante porque as pessoas olham para as coisas através de suas lentes culturais (DOUGLAS; WILDAVSKY, 1982). Estes aspectos ajudam a explicar o porquê da negação e aceitação das abordagens de saneamento propostos. Conseqüentemente, tecnologias ecológicas e convencionais devem ser desenvolvidas em estreita colaboração com os usuários, de forma que sejam feitas sob medida para as diferentes configurações.

De acordo com Miranda (2007), a realidade ambiental mostra a necessidade de inovar, de criar alternativas tecnológicas levando em consideração a inter-relação vital do homem com a natureza. Portanto, a sociedade moderna compreenderá os sistemas permaculturais como um dos inúmeros princípios de sustentabilidade que seguem estratégias de conhecimentos e tecnologias que mantêm a diversidade, a fertilidade e estabilidade dos recursos naturais.

Segundo Braun (2005), esses ideais que perpassam a Ecologia Profunda e os novos paradigmas ambientais estão sendo a base filosófica para várias práticas alternativas como: ecovilas, comunidades sustentáveis, práticas alternativas em saúde corporal e cura, permacultura, dinheiro alternativo, uso de energia alternativa, alimentação natural, maior disponibilidade para o relacionamento coletivo e o surgimento de uma visão espiritual mais ampla, condizente com as antigas tradições espirituais e com as novas abordagens científicas, como a visão holística, a sistêmica, a transdisciplinaridade e a física quântica.

3.3 AS ECOVILAS

Muitas comunidades, denominadas por ecovilas, têm colocado em prática as técnicas e os modelos permaculturais. Para Braun (2005, p.39), “as ecovilas são comunidades intencionais baseadas num modelo ecológico que focaliza a integração das questões culturais e socioeconômicas como parte de um processo de crescimento espiritual compartilhado”. De acordo com o autor, o movimento das ecovilas é um processo recente e em expansão, configurando a procura por um estilo de vida baseado na harmonia entre as ecologias externa e interna.

Segundo dados recentes da Rede Global de Ecovilas, *Global Ecovillage Network* (GEN), existem cerca de 15 mil ecovilas espalhadas em mais de 100 países, somando aproximadamente 1 milhão de moradores. No Brasil, existem, segundo o ENA – Rede de Ecovilas das Américas, em inglês, *Ecovillage Network of the Americas* – e o GEN, pelo menos 30 comunidades que vivem como ecovilas (GEN, 2015).

As ecovilas movem-se em direção à sustentabilidade, dando prioridade à produção local de alimentos orgânicos, utilização de sistemas de energias renováveis (cata-ventos, biodigestores), construção ecológica (tijolos de adobe, bambu), economia autossustentável, baseada nos conceitos de localização e simplicidade voluntária, saúde integrada e educação holística, baseada na percepção sistêmica.

O conceito de ecovila foi difundido internacionalmente pela primeira vez em 1991, por Robert e Diane Gilman, através de um relatório intitulado “Ecovilas e Comunidades Sustentáveis”, encomendado pela organização Gaia Trust da Dinamarca. Depois do encontro entre comunidades sustentáveis em 1995, na Fundação Findhorn na Escócia, foi melhor sistematizado e popularizado. Na ocasião, foi criada a Rede Global de Ecovilas (GEN – Global Ecovillages Network), dando maior visibilidade e dinâmica ao movimento. Este fato foi fundamental para a criação de um movimento das ecovilas que fizesse frente aos desafios impostos à criação e expansão de experiências comunitárias em bases sustentáveis (DAWSON apud CAMPANI, 2011).

A proposta das ecovilas entusiasma porque representa uma alternativa positiva de mudança no estilo de vida, revelando possibilidade de se viver com mais saúde e qualidade, respeitando a natureza, acompanhado de um processo de busca do aperfeiçoamento e harmonia das relações interpessoais por meio do

autoconhecimento e do crescimento espiritual (BRAUN, 2005). Em 1998, as ecovilas Cristal Waters, da Austrália, Lebensgarten, da Alemanha e Findhorn, da Escócia, foram consideradas oficialmente pela ONU como "modelos de excelência de vida sustentável" (DOS SANTOS JR, 2006).

As ecovilas geralmente se localizam em espaços naturais e, além de constituírem assentamentos humanos da comunidade local, muitas são abertas para visitação e/ou para atividades educacionais, devido ao viés teórico/prático da permacultura. Cada ecovila difere uma da outra tanto em suas influências e filosofias quanto em suas características físicas e organizacionais. No entanto, todas partilham dos ideais de comunitarismo e sustentabilidade (DOS SANTOS JR, 2006). Bissolotti, Santiago e De Oliveira (2004) afirmam que as ecovilas englobam um modo de vida baseado numa profunda compreensão holística da realidade, em que todos os seres e coisas são vistos como interconectados. Dessa maneira, vão ao encontro do paradigma transdisciplinar holístico e são exemplos concretos daquilo que propõe uma sociedade ecológica.

No Brasil há iniciativas em todas as Regiões e Biomas, representadas principalmente pelas Estações e Institutos de Permacultura. Esses institutos se apresentam como modelos de desenvolvimento sustentável. No Estado de São Paulo, existem alguns exemplos dessas comunidades:

- Ecovila Tibá - o sítio, em localização semiurbana, a 17km do centro da cidade de São Carlos, faz uso das técnicas de bioarquitetura, utilizando materiais e recursos renováveis, tais como: construção com terra (adobe, superadobe, COB, solo-cimento, taipa), bambus, energias solar e eólica, captação e armazenamento de água dos telhados, reaproveitamento das águas servidas (água cinza), compostagem e sanitários compostáveis para transformação do esterco humano em composto orgânico.
- Ecovila de São Pedro - localizada na área rural de São Pedro, a 4,7 Km da área urbana, num sítio de 31 mil m², com casa sede e dois pequenos rios que fazem a divisa do terreno, fontes de água naturais. As práticas consistem em organizar os espaços já existentes agregando bio construções, horta orgânica, cursos e palestras ecológicas, terapêuticas e culturais, com áreas de camping

e hospedagem em quartos coletivos, oferecidos aos voluntários em troca de serviços ou de contribuições conscientes para manutenção do espaço.

- IPC Taipal - Instituto de Pesquisas e Criação Taipal - apenas a 100 quilômetros da capital paulista, Piedade localiza-se nos altos da Serra de Paranapiacaba e oferece muito verde, ar puro, paisagens deslumbrantes e uma enorme variedade de atrações turísticas. A cidade encanta os turistas com sua diversidade natural: rios, represas, bosques, áreas de mata nativa, paisagens de rara beleza, com flora e fauna diversificada e trilhas.
- Instituto Humanaterra: atua promovendo a educação para a sustentabilidade, por meio do estudo, difusão e prática da permacultura, da agroecologia e das atividades lúdicas aplicadas a uma educação com a natureza. Como práticas, desenvolve o conhecimento das áreas de cultivo de alimentos no sítio, plantio de mandioca, feijão, abóbora, bananeira, bem como a bioconstrução, além de oferecer consultorias, estudos do meio, lazer criativo, acampamentos, oficinas e cursos.
- Ecovila Clareando - condomínio rural na cidade de Piracaia, situado em Área de Preservação Ambiental (APA), a 14 km do centro da cidade. Há cinco nascentes de água dentro do loteamento, pertencentes ao Sistema Cantareira – berço das principais represas que abastecem a capital de São Paulo. Em todas as casas há um sistema de tratamento de esgoto e outro de captação da água de chuva, que é usada para a descarga, irrigação de hortas, lavagem de varandas, carros, roupas, pisos. A Ecovila apresenta convênio de intercâmbio tecnológico com a USP, Unicamp, Unesp e empresas privadas, para a construção de mini colunas de solo-cimento, telhado em arco romano com tijolo modular de solo-cimento, telhado em arco romano armado com treliçado de bambu e revestido de ferro-cimento laminar, casas pré-fabricadas com madeira de reflorestamento, entre outros.
- Instituto Visão Futuro - pratica a agricultura orgânica extensiva, que provê todas as necessidades nutricionais da comunidade e comercializa na área circunvizinha, gerando emprego para a população rural. A horta de plantas

medicinais, assim como o laboratório, produz artigos naturais, como xampus, sabonetes, e cosméticos, para o uso da população local e comercialização. Na ecovila há um sistema integrado de energia renovável, aquecimento solar de água e bombas de água ativadas por energia solar e cata-ventos. Os ciclos naturais hidrológicos são restaurados através de numerosos açudes que captam a água da chuva. Esses açudes são cercados por plantações de “mata ciliar” para conservar a água, que é tratada através de um sistema biológico. Os resíduos orgânicos da comunidade são reciclados por meio de compostagem em uma horta orgânica e a água do esgoto, tratada também por meio de um sistema biológico chamado de “zona das raízes”, que recicla toda a água usada domesticamente (incluindo dos banheiros) e permite usá-la para irrigação.

- Ipema - Instituto de Permacultura e Ecovilas da Mata Atlântica - o instituto é uma Organização da Sociedade Civil de Interesse Público, com sede no município de Ubatuba. A missão do Ipema é fomentar e difundir a permacultura para a criação de assentamentos humanos sustentáveis, através da realização de visitas ao local e oferta de cursos como forma de estimular a discussão e o debate na busca de soluções criativas, originais e apropriadas aos problemas sociais, econômicos, ambientais e de políticas públicas.

A forma de abordagem da sustentabilidade pelas ecovilas não se restringe apenas ao seu caráter ecológico ou ambiental, mas engloba uma visão que incorpora outras dimensões e uma nova ética de sociabilidade (CAMPANI, 2011). Dentre as diversas técnicas utilizadas nas ecovilas através do design permacultural, a preocupação com os recursos hídricos é o destaque deste estudo.

Na busca pela eficiência do ciclo da água, há técnicas de captação de água da chuva, que é destinada, além da irrigação, para alguns usos humanos e criação de peixes (aquacultura), bem como técnicas de tratamento e reuso de águas. Os sistemas de saneamento alternativos lutam pela eficiência dos recursos e redução do consumo de água desnecessário e evitam a contaminação de corpos d'água. Além disso, o uso agrícola de recuperação dos compostos orgânicos e nutrientes contidos no esgoto melhora a estrutura e fertilidade do solo, aumentando a produtividade agrícola.

As técnicas utilizadas em sistemas de permacultura para o tratamento de esgoto, tais como sanitário seco compostável, bacia de evapotranspiração, círculo de bananeiras, biossistemas e compostagem, transformam-no e agregam valor, trazendo uma proposta de solução dos problemas, permitindo que se viva em ecossistemas saudáveis que continuem se desenvolvendo sem se esgotar.

Segundo Kivaisi (2001), esses sistemas podem suplantam totalmente os tratamentos convencionais ou, pelo menos, atuar como complemento destes nos países em desenvolvimento. Sistemas naturais são particularmente eficazes no controle de agentes patogênicos e estão a par com outros processos de tratamento de águas residuais, especialmente na remoção de produtos químicos potencialmente prejudiciais e agentes biológicos, incluindo vírus (DINGES, 1982; PERKINS; HUNTER, 2000).

Assim, um saneamento ecológico abre um leque maior de opções do que os utilizados atualmente. Para otimizar a relação custo-eficácia, a qualidade do tratamento e a escolha entre as opções de reciclagem, dois princípios são aplicados: em primeiro lugar, as correntes de fluxo com características diferentes, tais como fezes, urina e água cinza, são recolhidas separadamente, permitindo a aplicação de processos de tratamento específicos e reutilização; em segundo lugar, a diluição desnecessária das correntes de fluxo é evitada, não se utiliza descarga, minimizando o consumo de água e produzindo elevadas concentrações de materiais recicláveis (WERNER, 2009).

No sistema em que a urina e as fezes são separadas, agentes patogênicos são mortos e os nutrientes são reciclados através de compostagem (RYN, 1978). Este sistema baseia-se numa abordagem do ecossistema que reduz o risco à saúde, evita a poluição de águas superficiais e subterrâneas e otimiza a gestão de nutrientes e recursos hídricos (LANGERGRABER; MUELLEGGGER, 2005). O modelo é, portanto, promovido como uma alternativa para o saneamento convencional.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 CARACTERÍSTICAS DA PESQUISA

Este trabalho é o conjunto de uma pesquisa bibliográfica, feita através da revisão literária dos temas abordados e da observação direta durante as pesquisas de campo. A pesquisa de campo enquadra-se como empírica qualitativa, sendo estudos de caso exploratórios aproximando-se do tipo descritivo, para o qual houve imersão da pesquisadora nos locais estudados.

Segundo Chizzotti (1991), a pesquisa qualitativa compreende que o conhecimento não se reduz a dados isolados, pois considera que há uma relação dinâmica entre sujeito e objeto e um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito. Assim, na pesquisa qualitativa propõe-se compreender valores, crenças e sentimentos, que somente pode acontecer dentro de um contexto de significado (Goldenberg, 2009).

Um dos métodos da pesquisa qualitativa é o estudo de caso, que, conforme Goldenberg (2009, p.33), é “uma análise holística, a mais completa possível, que considera a unidade social estudada como um todo, seja um indivíduo, uma família, uma instituição ou uma comunidade, com o objetivo de compreendê-los em seus próprios termos”. Busca compreender um fenômeno através da análise de um caso em particular e consegue conhecer uma realidade social de maneira mais ampla do que seria possível a partir de uma análise estatística.

Por outro lado, a pesquisa exploratória é empregada para aumentar o entendimento do problema, bem como reunir informações anteriores sobre o tópico para refinar a questão da pesquisa (Cooper e Schindler, 2003). Enquanto, os objetivos da pesquisa descritiva, de acordo Gil (1989), se concentram em identificar características de determinado objeto de estudo.

Estudos de caso de ecovilas se mostram um método importante para trazer para o meio científico e para a sociedade o estudo do funcionamento de um modelo de assentamento humano alternativo, revelando seus princípios, percepções, técnicas e atividades cotidianas.

4.2 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Dentre os procedimentos para a realização da coleta de dados, foram utilizados: coleta documental, observação direta, que abrange técnicas de observação assistemática e entrevista não estruturada, e registros fotográficos. Houve documentação direta dos dados levantados em pesquisas de campo, com o objetivo de, posteriormente, analisar e obter conhecimentos acerca da hipótese da viabilidade dos sistemas descentralizados para tratamento de esgoto aplicados localmente como alternativa ao sistema centralizado.

4.3 SISTEMATIZAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Em razão da natureza da pesquisa e dos instrumentos escolhidos, a análise dos dados se deu de maneira descritiva e reflexiva, sistematizada através da estruturação do campo observado e das narrativas dos sujeitos pesquisados à luz do referencial teórico, com o propósito de demonstrar o alcance dos objetivos da pesquisa.

5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS – MODELOS DE TRATAMENTO DE ESGOTO UTILIZADOS PELA PERMACULTURA

5.1 SISTEMATIZAÇÃO DA ÁGUA

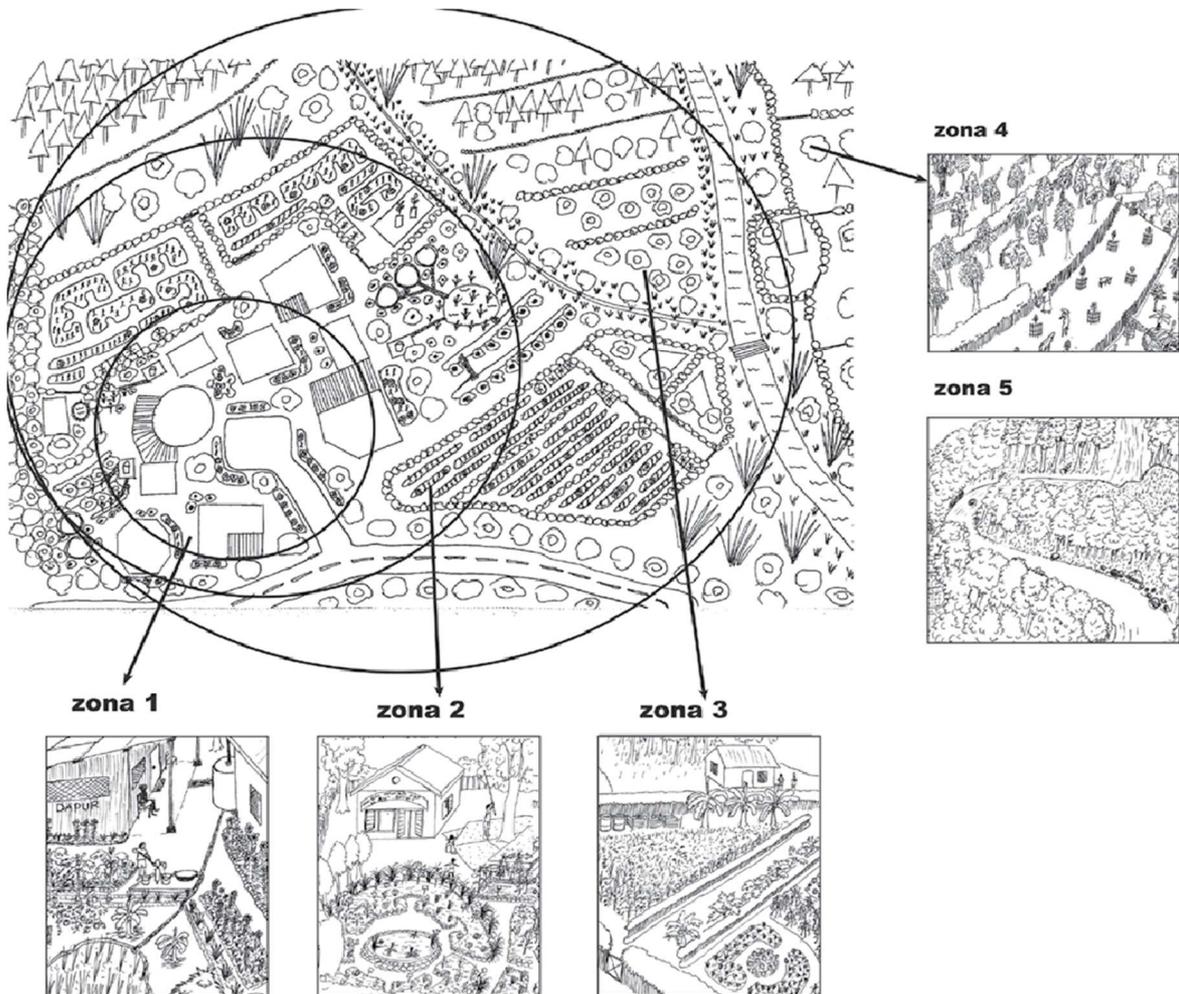
Um dos princípios da permacultura é sistematizar o uso da água e alimentar o solo, objetivando o melhor aproveitamento desse recurso com um descarte de igual ou superior qualidade. Assim, o projeto permacultural tem como foco coletar, reter e reciclar a maior quantidade de água possível, antes que ela evapore ou passe pela propriedade sem aproveitamento (LEGAN, 2007).

No design da permacultura usado nas ecovilas há um método denominado “Planejamento por Zonas” que visa analisar o ambiente para dividir a área do assentamento em cinco zonas de acordo com o grau de consumo de energia humana e combina os elementos com as necessidades. Para isso, há um planejamento em todo o projeto com o objetivo de obter uma economia máxima de trabalho e recursos, criando pontos de utilização que estejam ligados aos pontos onde esses recursos estão sendo produzidos. Dessa forma, é possível conservar maior quantidade de energia, colocando os elementos que necessitam de maior atenção humana mais próximos à casa e, aqueles que podem ser mantidos com pouco ou nenhum manejo, mais longe (MOLLISON; SLAY, 1991).

Como pode ser visto na Figura 2, nesse planejamento, o tratamento é separado por zonas. A Zona I é o ponto de maior concentração e consumo de energia e trabalho humano, e é onde se localiza a casa e o seu entorno. Esta é a zona de interesse para este estudo, pois é a área em que há relação com o uso da água, ou seja, na qual ocorre a separação das águas usadas na casa em águas cinzas e negras.

As águas cinzas são provenientes do uso nas pias, chuveiros e máquinas de lavar e devem ser conduzidas até o círculo de bananeiras ou outros sistemas de biorremediação. Enquanto, as águas negras são provenientes dos sanitários e devem ser encaminhadas para a bacia de evapotranspiração.

FIGURA 2 - ESQUEMA DE ZONEAMENTO DE UMA ECOVILA

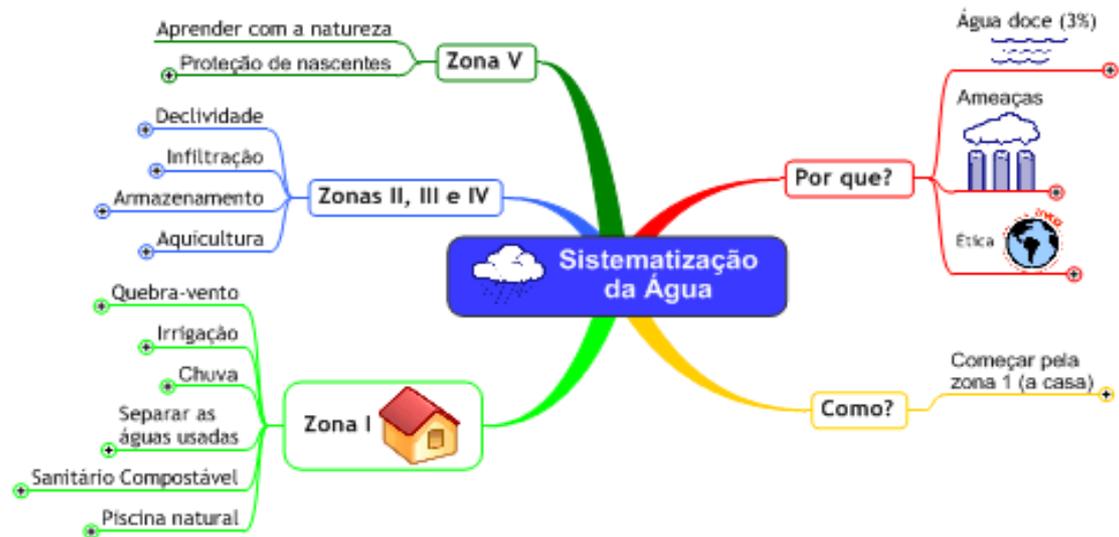


Fonte: Resource book for Permaculture - Module 2: Natural Patternne and Permaculture Design.

O ideal é que a Zona I tenha um banheiro seco, também denominado banheiro compostável, em substituição ao sanitário comum, pois assim não há a produção de águas negras e torna-se possível o aproveitamento das fezes, urina e papel higiênico para a geração de um rico composto orgânico.

As Zonas II, III e IV, para o objeto deste estudo em questão, englobam os aspectos do terreno que podem influenciar na sistematização da água, como a declividade e a vegetação. Já a zona V não exige nenhuma ação, exceto se houver a necessidade de proteger as nascentes de água. A Figura 3 apresenta um esquema da sistematização da água e os fatores envolvidos em cada zona.

FIGURA 3 - EXEMPLO DO PROCESSO DE SISTEMATIZAÇÃO DA ÁGUA



Fonte: VIEIRA, 2006.

5.2 ZONA DE RAÍZES

Os sistemas de zonas de raízes são reproduções de áreas alagáveis naturais (brejos e várzeas), edificados para realizar a depuração de águas residuárias e que se apresentam como uma alternativa factível para o tratamento de efluentes de origem doméstica, pois utilizam processos naturais ou de fitorremediação (SALATTI, 2003; COSTA, 2004). Na Europa, a tecnologia das estações de tratamento de esgoto por zona de raízes vem sendo muito utilizada em regiões não atendidas por redes coletoras de esgoto, principalmente na zona rural (VAN KAICK et al., 2008).

Quando utilizada em regiões de climas tropicais, há um acréscimo no seu desempenho devido ao clima favorável. Segundo Ambros, Ehrhardt e Kerschbaumer (1998), citados por Van Kaick (2002), a média anual de evaporação de água das plantas pode chegar a 1 000 litros, correspondendo a 25% da evaporação da água que entra na estação de tratamento. Assim, em climas tropicais, a probabilidade de evaporação pode ser ainda maior, devido à insolação mais contínua ao longo do ano.

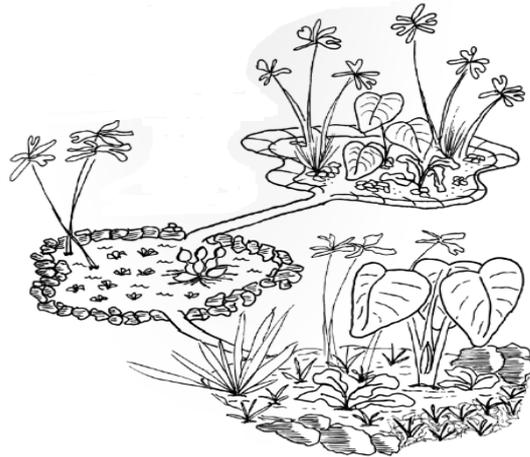
O sistema de tratamento de águas residuárias por zona de raízes, com parte do filtro constituído de plantas, é capaz de degradar ou reter poluentes por meio da interação entre o efluente e o ambiente – solo, plantas, micro-organismos e atmosfera. Segundo Valentim (1999), esse sistema é o resultado da união entre os processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem por conta do filtro físico, das comunidades bacterianas e macrófitas.

As bactérias degradam a matéria orgânica presente no efluente através de processos anaeróbios, anóxicos e aeróbios. As condições aeróbias e anóxicas só acontecem devido ao fornecimento de oxigênio pelas raízes das macrófitas. A saída do oxigênio das raízes para o filtro cria condições de oxidação no meio, possibilitando, assim, a decomposição da matéria orgânica (BRIX, 1994). Com o ambiente biológico e químico favorável, os micro-organismos, além de degradarem a matéria orgânica, excretam substâncias bactericidas, eliminando parte dos coliformes fecais (COPETTI, 2010).

A espécie mais comumente utilizada na zona de raízes, principalmente por sua fácil adaptação, é a *Zantedeschia aethiopica*, popularmente conhecida como copo-de-leite (JOLY, 1979 apud VAN KAICK, 2002). Os juncos do gênero *Phragmites*, segundo Seitz (1995), citado por Van Kaick, também são muito utilizados, entretanto, de acordo com Ambros (1998), já existem 150 espécies de plantas conhecidas para serem

utilizadas em zona de raízes. No Brasil foram testadas *Phragmites communis* (caniço-d'água), *Juncus sellovianus* (junco), *Echinochloa cruz pavones* (capim-arroz), *Cladium mariscus* (capim-serra), *Typha domingensis* (taboa), *Crinum salsum* (ceboleiro), *Hedychium coronarium J. König* (lírio-do-brejo).

FIGURA 4 - TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS POR SISTEMA DE ZONA DE RAÍZES



Fonte: Soluções Sustentáveis – O Uso da Água na Permacultura, Legan (2007).

Como as estações de tratamento por sistema de zona de raízes sempre estão com o solo inundado com a água do esgoto, é necessário que as plantas possuam uma rede de aerênquimas bem desenvolvida para poder prover oxigênio de maneira satisfatória a todas as partes da planta. A entrada de oxigênio no solo é necessária para que ocorram os processos de oxidação da matéria orgânica, carboidratos e elementos que podem ser nocivos às plantas (MAIER, 2007).

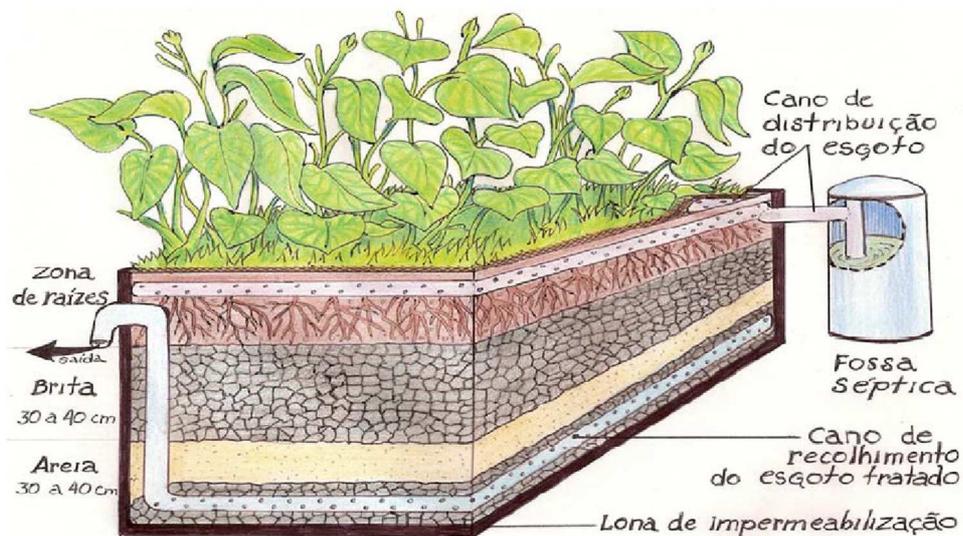
Esses sistemas podem ser implementados no mesmo local onde o efluente é produzido e, além de possuírem baixo custo energético, são menos susceptíveis às variações nas taxas de aplicação de esgoto. Nesses sistemas também o esgoto é lançado por meio de uma rede de tubulações perfuradas instaladas logo abaixo de uma área plantada com espécies típicas dos alagados naturais que possuem grande capacidade de absorção de nutrientes e transporte de oxigênio as raízes. Esta área é dimensionada de acordo com a demanda de esgoto já pré-determinada (VAN KAICK, 2002).

Nesse tipo de estação (Figura 5), o efluente primeiro passa por um tratamento primário, geralmente por uma fossa séptica, onde são removidos os sólidos sedimentáveis; logo após, o efluente é encaminhado através de uma rede de

tubulações perfuradas para ETE por zona de raízes, aproximadamente a 10 cm abaixo da superfície do filtro, onde é iniciado o tratamento secundário.

Quando não há um adequado tratamento primário, o tratamento por zona de raízes pode ser prejudicado, devido ao entupimento das tubulações e/ou distúrbios das plantas por toxidez (COPETTI, 2010). Cerca de 20,3% dos domicílios rurais no país possuem fossa séptica, então objetiva-se aqui o melhor manejo com a adaptação do sistema para o tratamento adequado do esgoto, além do tratamento primário.

FIGURA 5 - DESENHO ESQUEMÁTICO DO SISTEMA DE ZONA DE RAÍZES



Fonte: Maier (2007) adaptado de Kaick (2002).

Para evitar a contaminação do solo ou até mesmo do lençol freático e infiltrações indesejáveis no sistema, a ETE deve ser impermeabilizada com lona plástica resistente, ou por uma estrutura de concreto armado ou uma caixa d'água. Esta escolha dependerá de condições econômicas e, principalmente, do tipo de terreno onde será instalada, pois se evita qualquer tipo de infiltração ou contaminação do lençol freático local (MAIER, 2007). A Figura 6 mostra um exemplo de zona de raízes construído no Instituto de Permacultura e Ecovilas do Cerrado.

FIGURA 6 - ZONA DE RAÍZES NO INSTITUTO DE PERMACULTURA E ECOVILAS DO CERRADO

Fonte: IPEC, 2015.

Segundo Van Kaick (2002), as plantas que constituem a zona de raízes devem ser plantadas sobre um filtro físico estruturado por uma camada de brita nº 2, de 50 cm de profundidade, e sobre a rede de distribuição do efluente bruto. Logo abaixo da camada de brita encontra-se outra camada do filtro, que é constituída de areia (com granulometria de média para grossa) de 40 cm de profundidade. No fundo do filtro ficam as tubulações de coleta do efluente tratado, que são conduzidos para fora da estação através da diferença de nível. Esse efluente tratado pode ser armazenado, reutilizado ou descartado em um corpo d'água, pois atende a legislação ambiental – CONAMA 357/2005 (VAN KAICK, 2002).

De acordo com estudos de Maier (2007), a eficiência de estações de tratamento de esgoto doméstico por zona de raízes em estabelecimentos de agricultores familiares de uma pequena bacia hidrográfica rural, na remoção de poluentes, constatou uma eficiência de aproximadamente 90% na remoção do fósforo do efluente, diminuição dos teores de nitrogênio total em 75 a 80%, além da redução de carga orgânica, com queda na DBO em 99%.

Sendo assim, esse sistema de tratamento de esgoto por zona de raízes é uma opção viável e sustentável, com baixo custo, simplicidade operacional, sem produção

de lodo e alta eficiência no tratamento de esgoto doméstico. Por ser basicamente biológico não há o uso de energia, agentes químicos ou equipamentos mecânicos e ainda, por não produzir metano, característico de processos anaeróbios, evitam-se maus odores. Esse tratamento pode ser idealizado de acordo com a realidade local, maximizando sua eficiência quanto à diminuição da demanda química e bioquímica de oxigênio e do máximo controle sobre o sistema hidráulico e a vegetação.

5.3 CÍRCULO DE BANANEIRAS

O círculo de bananeiras é usado para tratar as águas usadas da casa, as chamadas águas cinzas. Esse sistema também beneficia a produção de bananas para o consumo humano. Águas cinzas são as águas residuais de cozinha, máquinas de lava-louças, lavanderias, pias e chuveiros entre outras. Essas são medianamente contaminadas com materiais orgânicos e patogênicos, bactérias e vírus, e com produtos químicos de limpeza. De acordo com Del Porto et al. (2000), as águas cinzas somam em torno de 50 a 82% do volume de efluentes de águas servidas de uma residência.

O círculo de bananeiras é de fácil construção e manejo, em um círculo de 2 metros de diâmetro é possível tratar o efluente localmente, compostar resíduos orgânicos e produzir alimentos. Esse sistema denominado círculo de bananeiras demanda um tratamento relativamente simples, como a infiltração da água no solo, de preferência com a utilização de plantas que absorvam e evaporem.

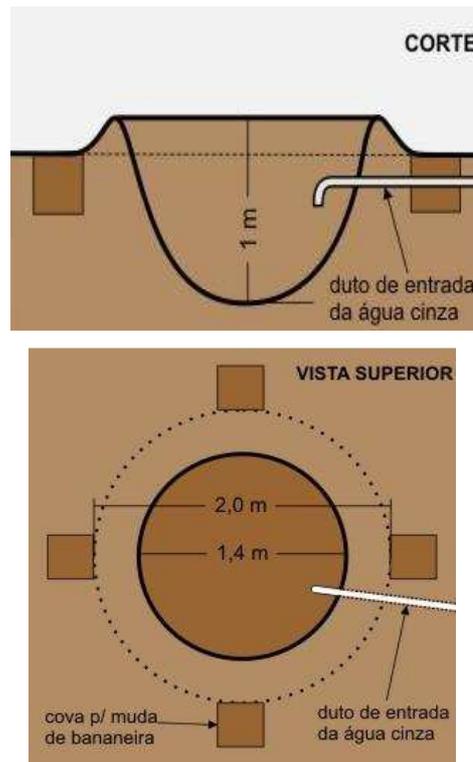
Devido à observação de que as bananeiras, assim como outras plantas de folhas largas como o mamoeiro, evaporam grandes quantidades de água, estabeleceu-se uma relação com as águas cinzas das residências. Essa relação é feita entre a necessidade de se tratar as águas que saem das pias e chuveiros das residências com a grande capacidade de evaporar dos círculos de bananeiras. Essas relações positivas, sinérgicas entre os elementos de um sistema vivo é uma das bases do design na permacultura (VIEIRA, 2010).

As bananeiras evapotranspiram uma grande quantidade de água, de 15 até 80 litros diários, de acordo com a estação do ano, variedade, clima local, entre outros fatores. Outras variedades podem ser plantadas no círculo para aproveitar as diferentes condições de umidade, insolação e de estrutura, espécies de sombreado podem ficar na parte interna do círculo, espécies secas do lado de fora, bem como vinhas trepadeiras ou uma treliça eventualmente colocada ao centro (CASTAGNA).

Segundo o permacultor Itamar Vieira, do sítio Setelombas, localizado na cidade Siderópolis em Santa Catarina, o círculo de bananeiras começa com a construção de um buraco, em forma de concha, com um metro cúbico de volume, no qual a terra retirada é colocada na borda aumentando a altura da cova. A cova, depois de pronta, deve ser preenchida com pequenos e grossos troncos de madeira no fundo, em seguida com galhos médios e finos e por fim palha (aparas de capim e folhas)

formando um monte com quase um metro de altura acima da borda do buraco, com a finalidade de criar um ambiente adequado para o recebimento da água cinza e para beneficiar a micro vida.

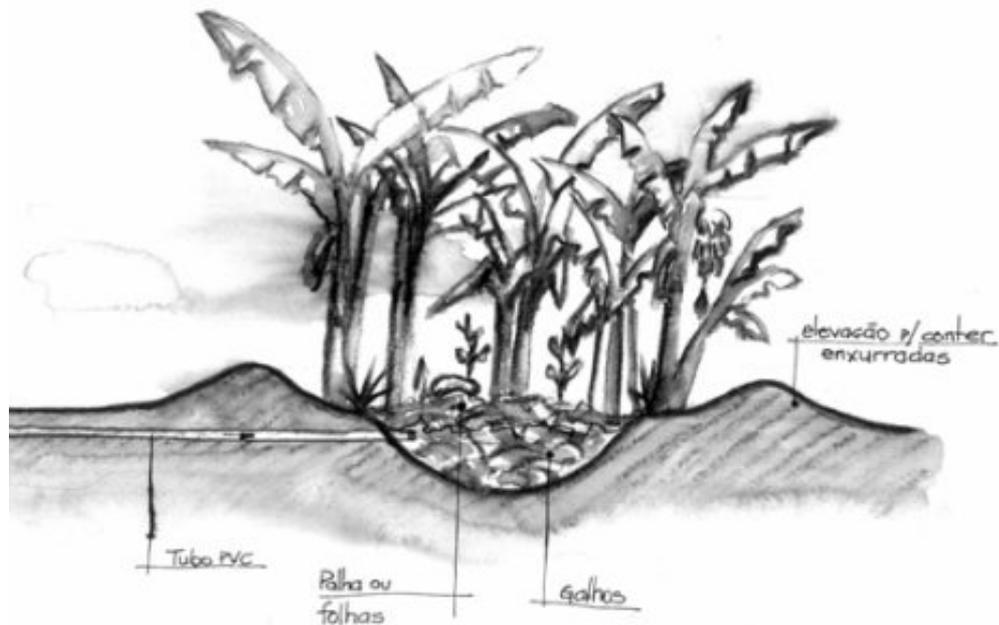
FIGURA 7 - ESQUEMA DE CONSTRUÇÃO DA COVA PARA O CÍRCULO DE BANANEIRAS



Fonte: Setelombas, 2015.

A madeira deve ser colocada de forma desarrumada, para que se criem espaços para a água e a palha impede a entrada da luz e da água da chuva, que escorrerá para os lados não inundando o buraco e não se contaminando com a água cinza (VIEIRA, 2010). A água cinza deve ser conduzida por um tubo até o buraco e com um joelho na ponta para evitar o entupimento. Não se devem usar valas abertas para a condução da água, para evitar mosquitos e outros animais indesejáveis.

FIGURA 8 - ESQUEMA DO CÍRCULO DE BANANEIRAS



Fonte: www.anaveraldo.blogspot.com.br/p/jardim-permacultural.html. Acessado em agosto de 2015.

As bananeiras podem ser plantadas de diversas maneiras, entretanto, o permacultor Itamar Vieira utiliza o rizoma inteiro ou uma cunha (parte de um rizoma) com uma gema visível. Após a construção e preenchimento das covas, coloca-se o rizoma posicionado de forma que a gema fique inclinada para o lado de fora do círculo. Essa técnica facilita a colheita e o manejo das bananeiras. O rizoma deve ficar a uns 10 cm, em média, abaixo do nível do solo.

De acordo com Viera (2010), ao redor do círculo, também é indicado o plantio de outras plantas de folhas largas como a taioba, o mamoeiro e entre elas batata doce ou outras plantas rasteiras para cobrir todo o espaço. Em pouco tempo o círculo irá se transformar em um nicho de fertilidade que se espalhará pelo entorno.

O tamanho padrão de 1 m³ para o sistema é suficiente para uma família de 3 a 5 pessoas, mas se o volume de água cinza produzido na casa for maior do que a capacidade de recebimento do círculo, a solução é construir um segundo círculo interligado ao primeiro. Não se devem fazer bacias maiores que o padrão. Assim a água cinza entra pela parte mais alta do primeiro círculo e sai no nível máximo por meio de outro tubo e segue para o segundo círculo. Conforme a situação pode-se ter

uma bateria de círculos interligados, essa é facilitada se o terreno for inclinado (BUENO, 2010).

Para o manejo, recomenda-se colocar aparas de poda (grama, capim, galhos) no centro para alimentar o círculo e evitar que o buraco seja inundado com a água da chuva. Após a colheita do cacho de bananas, deve-se cortar a bananeira bem na base e em pedaços de um metro, depositando-os no buraco. A cada três anos, todo o material depositado no buraco pode ser retirado e ser usado como adubo orgânico na horta.

Esse sistema para tratamento de águas cinzas, não deve conter água dos sanitários, denominada como águas negras, pois essa demanda um outro sistema apropriado. Recomenda-se evitar o uso de detergentes químicos e outras substâncias tóxicas como cloro que irão ser descartados juntos com água, pois estas substâncias matam os micro-organismos e impedem a compostagem dos nutrientes contidos na água cinza com a madeira.

Devidamente tratadas, as águas cinzas podem ser usadas com sucesso e segurança para água de jardinagem. Os nutrientes dos produtos de limpeza são facilmente aproveitados pelas plantas. Os patogênicos são digeridos pelos solos das áreas de irrigação dos jardins.

De acordo com Vieira (2010), na região sul do Brasil há diversos círculos de bananeiras funcionando perfeitamente há mais de 3 anos. As vantagens no tratamento e reuso local de águas cinzas promove a recarga do lençol freático, diminui o consumo de água tratada (para irrigação), mantém os nutrientes no local, promove o crescimento das plantas e árvores, diminui o volume de esgoto e conseqüentemente o impacto em fossas e na rede de tratamento, causa menor demanda de energia e uso de químicos, além de conscientizar o usuário da importância de usar produtos de limpeza biocompatíveis.

5.4 BACIA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO

O tanque de evapotranspiração é uma técnica desenvolvida e difundida por permacultores de diversas nacionalidades, com potencial para aplicação no tratamento domiciliar de água negra (PAMPLONA; VENTURINI, 2004). A água negra é o esgoto proveniente do vaso sanitário e contém a maior parte da carga orgânica e de patógenos, apesar de ser produzida em menor volume, apresentando maior risco de contaminação.

Conhecida popularmente como “fossa de bananeiras”, o tanque de evapotranspiração (Figura 9) (TEvap) é um sistema fechado de tratamento da água usada na descarga de sanitários convencionais. Este sistema não gera nenhum efluente e evita a poluição do solo, das águas superficiais e do lençol freático, pois os resíduos humanos são transformados em nutrientes para plantas e a água é evaporada, portanto, completamente limpa (VIEIRA, 2010).

Nesse sistema, o efluente do vaso sanitário entra pela câmara de recepção, localizada na parte inferior do tanque, permeando em seguida, as camadas de material cerâmico e pedras. Nessa porção inferior do tanque, ocorre a digestão anaeróbia do efluente, realizado pelas bactérias na câmara bio-séptica de pneus e nos espaços criados entre as pedras e tijolos colocados ao lado da câmara (GALBIATI, 2009).

Pela característica da bacia não ter saídas, os patógenos são enclausurados no sistema, porque não há como garantir sua eliminação completa. A bacia necessita ter espaços livres para o volume total de água e resíduos humanos recebidos durante um dia e deve ser construída com uma técnica que evite as infiltrações e vazamentos (VIEIRA, 2010).

Com o aumento do volume de esgoto no tanque, o conteúdo preenche também as camadas superiores, de brita e areia, até atingir a camada de solo acima, através da qual se move por ascensão capilar até a superfície e evapora (GALBIATI, 2009). Como a água está presa na bacia ela percola de baixo para cima e, com isso, depois de separada dos resíduos humanos, vai passando pelas camadas de brita, areia e solo, chegando até as raízes das plantas, 99% limpas (VIEIRA, 2010).

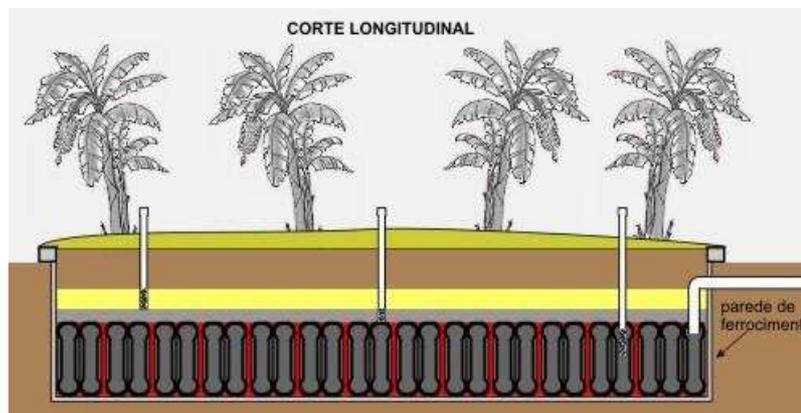
Através da evapotranspiração realizada pelas plantas (principalmente as de folhas largas, como bananeiras, mamoeiros, caetés, taiobas), a água é eliminada do sistema, em forma de vapor, sem nenhum contaminante. Enquanto, os nutrientes

presentes são removidos através da sua incorporação à biomassa das plantas, permitindo assim que a bacia não encha (GALBIATI, 2009; VIEIRA, 2010).

Diversos tanques de evapotranspiração foram implantados nos Estados Unidos e no Brasil. A ideia original é atribuída ao permacultor americano Tom Watson, adaptada em projetos implantados por permacultores brasileiros, principalmente no Estado de Santa Catarina e na região do Distrito Federal (MANDAI, 2006; PAMPLONA; VENTURINI, 2004).

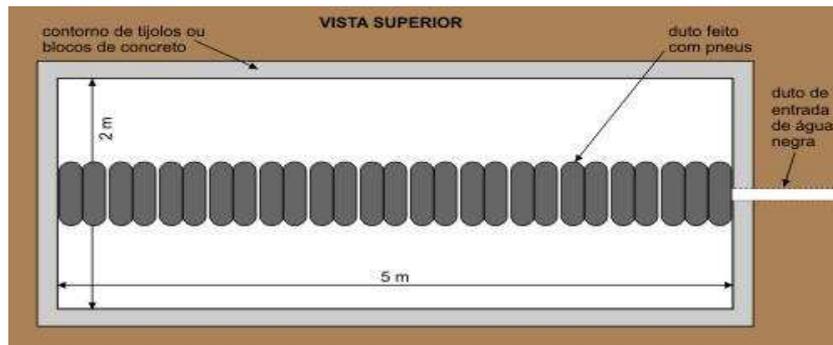
O sistema de evapotranspiração é basicamente uma trincheira impermeabilizada com concreto magro ao fundo e nas paredes, como mostrado na Figura 9. As paredes da bacia são estruturadas com a aplicação de uma camada grossa de cimento sobre tela grampeada sobre o concreto magro. Sua construção depende em grande parte da incidência do sol, devendo ser orientada para a face norte, no hemisfério sul, e sem obstáculos, como árvores altas, próximos à bacia, tanto para não fazer sombra como para permitir a ventilação (VIEIRA, 2010).

FIGURA 9 - ESQUEMA DA BACIA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO



Fonte: Setelombas, 2015.

Pela prática, observou-se que 2 metros cúbicos de bacia para cada morador é o suficiente para que o sistema funcione sem extravasamentos (PAMPLONA; VENTURINI, 2004). O dimensionamento da bacia é de 2 metros de largura e 1 metro de profundidade, já o comprimento é igual ao número de moradores usuais da casa. Para uma casa com cinco moradores, a dimensão seria (LxPxC) – $2 \times 1 \times 5 = 10 \text{ m}^3$, conforme o esquema da Figura 10 (VIEIRA, 2010).

FIGURA 10 - CONSTRUÇÃO FERROCIMENTO IPEMA

Fonte: Setelombas, 2015.

Segundo Marcelo Bueno, permacultor do IPEMA pode-se construir a bacia de diversas maneiras, mas visando a economia sem descuidar da segurança, o método mais indicado de construção das paredes e do fundo é o ferrocimento. Esta técnica de construção consiste de uma grade de ferro e tela de “viveiro” coberta com argamassa, as paredes são mais leves e usam menos materiais. A argamassa da parede deve ser de duas partes de areia (lavada média) por uma parte cimento e argamassa do piso deve ser de duas partes de areia (lavada) por uma parte cimento. Pode-se usar uma camada de concreto sob o piso caso o solo não seja muito firme (VIEIRA, 2010). A Figura 11 apresenta uma foto de uma construção de ferrocimento.

FIGURA 11 - CONSTRUÇÃO FERROCIMENTO IPEMA

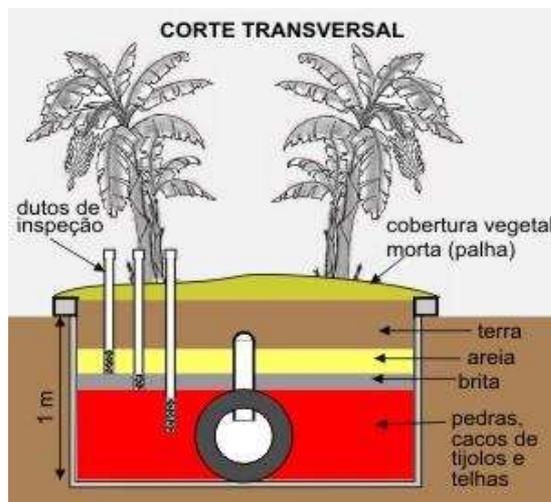
Fonte: Arquivo pessoal, 2010.

Segundo Vieira (2010), depois de pronta a bacia e assegurada sua impermeabilidade, mantendo-a úmida por três dias, a construção da câmara de recepção é facilitada com o uso de pneus usados e o entulho da obra. Essa câmara, também chamada de câmara de fermentação, é instalada longitudinalmente ao fundo do tanque para a entrada do esgoto no sistema (GALBIATI, 2009).

A câmara é composta do duto de pneus e de tijolos queimados inteiros alinhados ou cacos de tijolos, telhas e pedras, colocados até a altura dos pneus, criando-se um ambiente com espaço livre para a água e beneficia a proliferação de bactérias que quebram os sólidos em moléculas de micronutrientes (VIEIRA, 2010).

A principal função dessa câmara é a recepção do esgoto e a deposição de eventuais materiais sólidos, evitando entupimentos no sistema, já que a digestão anaeróbia da matéria orgânica ocorre em toda a extensão das camadas inferiores e não só na câmara. Ao redor e acima da câmara de recepção, a fossa das bananeiras é preenchida por camadas de materiais com granulometria decrescente (MANDAI, 2006); (PAMPLONA; VENTURINI, 2004).

FIGURA 12 - ESQUEMA BACIA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO



Fonte: Setelombas, 2015.

Como a altura dos pneus é de cerca de 55 cm, que juntamente com a colmeia de tijolos de cada lado formam a primeira camada de preenchimento da bacia (câmara), restam 45 cm para completar a altura da bacia em mais quatro camadas de materiais. Sendo que a segunda camada é preenchida com aproximadamente 10 cm de brita e com uma manta de Bidim para evitar que a areia desça e feche os espaços

da brita; a terceira é preenchida com aproximadamente 10 cm de areia; e a quarta é preenchida com aproximadamente 25 cm de solo que vai até o limite superior da bacia. Recomenda-se o uso de um solo rico em matéria orgânica e mais arenoso do que argiloso. A última camada é a palha que fica acima do nível do tanque de evapotranspiração, para evitar o alagamento pela chuva (VIEIRA, 2010).

Por último, devem-se plantar espécies de folhas largas como mamoeiros, bananeiras, taiobas, caetés, etc. Algumas espécies recomendadas são: bananas (*Musa sp.*); inhames e taiobas (*Colacasia sp.*); mamoeiro (*Carica papaya*), ornamentais como copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica*); marias-sem-vergonha (*Impatiens walleriana*); lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium*); caeté banana (*Heliconia spp.*) e junco (*Zizanopsis bonariensis*) (VENTURI, 2004; MANDAI, 2006).

As bananeiras podem ser plantadas de diversas maneiras. Em sistema estudado por Galbiati (2009), foram plantadas três mudas de bananeiras (*Musa cavendishii*), distribuídas longitudinalmente ao centro do tanque; taiobas (*Xanthosoma sagittifolium*), em metade da área do tanque e beri (diversas espécies do gênero *Canna*), na outra metade; apresentando resultados satisfatórios.

Para o manejo, a cobertura vegetal morta deve ser completada com as próprias folhas que caem das plantas e os caules das bananeiras depois de colhidos os frutos. O efluente final, quando presente, pode ser encaminhado para a rede para sistemas de infiltração subsuperficial no solo, como as valas de infiltração ou para os círculos de bananeiras. E ocasionalmente, devem ser observados os dutos de inspeção e coletar amostras de água para exames (VIEIRA, 2010).

Entre as vantagens da utilização de sistemas com plantas para tratamento de esgoto estão a possibilidade de alta eficiência no tratamento, baixo capital, custo mínimo de manutenção, baixo consumo de energia, tolerância à variabilidade de carga, harmonia paisagística, não utilização de produtos químicos, aplicação para polimento de efluentes de outros sistemas de tratamento e aplicação comunitária ou residencial (PAULO; BERNARDES, 2009).

FIGURA 13 - CONSTRUÇÃO DE UMA BACIA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO



Fonte: Setelombas, 2015.

5.5 BANHEIRO SECO E A COMPOSTAGEM

O sistema de banheiro seco, também chamado de banheiro compostável, banheiro ecológico ou banheiro sem água, surgiu como uma alternativa viável ao desperdício de água e recursos, com o aproveitamento do resíduo gerado. O sanitário seco compostável é uma resposta inteligente para os problemas referentes à falta de tratamento de esgoto. Segundo Legan (2007), representa o equilíbrio entre os métodos rurais antigos e a exigência de higiene da sociedade moderna. Seu propósito é tornar as fezes humanas inofensivas sem a utilização de água para descarga.

No sanitário seco compostável, os organismos patogênicos encontrados nas fezes humanas são exterminados por meio de temperatura e tempo de compostagem. Após a compostagem, essa matéria seca pode ser usada como fertilizante natural. Segundo Schaub e Leonard (1996) a faixa de temperatura considerada termófila (40 – 70°C) atingida durante o processo de compostagem é capaz de matar a maioria dos patógenos e sementes de ervas daninhas presentes no material.

O desperdício de água em sistemas usuais de descargas em vasos sanitários é motivo suficiente para a utilização do sistema de banheiro compostável. Conforme Del Porto e Steinfeld (2000), usa-se cerca de 12 litros de água potável para dar uma única descarga do banheiro. O cidadão americano dá uma média de 5,2 descargas por dia, portanto usando cerca de 23 mil litros por ano. Durante o ano de 2000, nos Estados Unidos foram utilizados cerca de 6 trilhões de litros de água potável para descarga.

Inicialmente, boa parte das pessoas que instalaram o sistema de banheiro compostável o fez simplesmente porque necessitavam de um sistema de banheiro onde o sistema séptico convencional não poderia ser instalado, em especial nos países escandinavos, em virtude das legislações locais ou até do tipo de terreno ou localização (DEL PORTO et al., 2000).

Atualmente, conforme Del Porto e Steinfeld (2000), o banheiro seco é largamente usado em países desenvolvidos, em casas situadas em parques florestais, trailers, chalés e também por outras razões, entre elas a densidade populacional que intensifica o desafio de administrar os excrementos humanos, sem agredir os cursos de águas ou águas subsuperficiais; bem como as instituições de pesquisa estão aumentando o interesse em tecnologias sustentáveis e projetos regenerativos, assim

como tem crescido a consciência da população para o uso de alternativas, com o viés de sustentabilidade.

No Brasil, o sistema mais conhecido hoje foi o construído em 1999 pelo Instituto de Permacultura e Ecovilas do Cerrado – IPEC, localizado em Pirenópolis, no Estado de Goiás. Com o nome de *Húmus sapiens*, o banheiro ganhou em 2005 o prêmio FINEP de Inovação Social para a região Centro Oeste e foi responsável por popularizar o sistema no Brasil. Trata-se de um sistema integrado de aproveitamento dos dejetos humanos constituído de sanitários compostáveis e um minhocário. Nos sanitários, os dejetos são lançados diretamente em câmaras de compostagem, sem o uso de água para a descarga. O composto é levado posteriormente para um minhocário onde é produzido o húmus, um adubo orgânico para a agricultura (ALVES, 2009).

Em um típico sistema de banheiro compostável, há a utilização de um vaso sanitário especial, sem uso de água ou com micro descarga; uma câmara de compostagem, que pode ser única ou multi-câmara com a entrada de ar para o funcionamento do sistema aeróbio; uma saída de ar, podendo ser utilizada a exaustão forçada ou não; e um sistema de drenagem para o excesso de líquidos ou separação da urina, se o vaso sanitário não dispuser deste dispositivo. As câmaras de compostagem também devem ter um dispositivo para a retirada do composto já finalizado, ou húmus.

Esse sistema controla a compostagem de excrementos, papel higiênico e, eventualmente, restos de cozinha. Diferentemente de um sistema séptico, conta com uma condição não saturada (material não pode ser totalmente imerso em líquido), onde bactérias aeróbicas e fungos decompõem os resíduos, transformando-os em um composto que pode ser utilizado como adubo (DEL PORTO; STEINFELD, 2000).

Atualmente existe uma série de soluções disponíveis para o banheiro seco, inclusive tão compactas que cabem inteiramente dentro de casa. Entretanto, para um sistema mais simples e de fácil manutenção, sugere-se a construção do banheiro seco separado da casa, entretanto, em casas com dois andares ou com uma declividade natural, pode ser construído ao lado da casa, que além de economizar uma parede, dá acesso por dentro de casa. Existem muitos modelos usando este sistema (VIEIRA, 2010).

FIGURA 14 - BANHEIRO SECO IPEMA - VISTA EXTERIOR

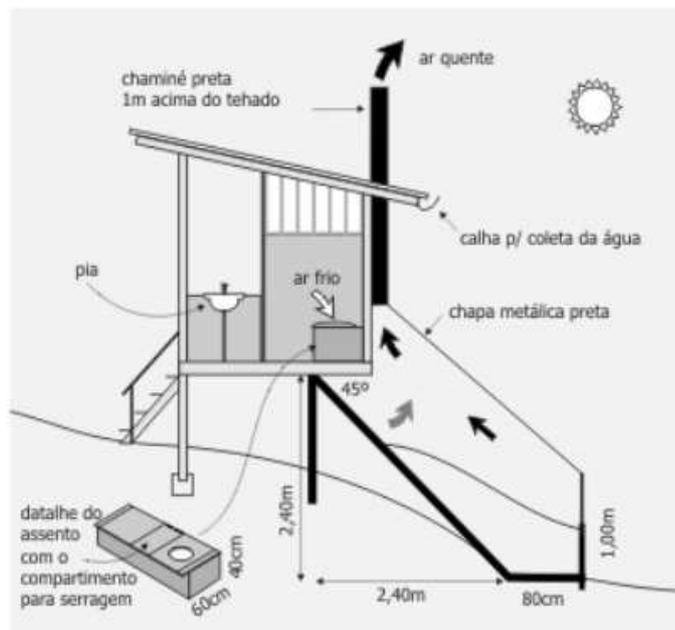
Fonte: Arquivo pessoal, 2013.

FIGURA 15 - BANHEIRO SECO IPEMA - VISTA INTERIOR

Fonte: Arquivo pessoal, 2013.

A partir da experiência com algumas construções e observações no uso diário, o permacultor Vieira elenca algumas condições para que este sistema funcione de maneira correta. As medidas do sanitário são definidas pelo tamanho das câmaras, da inclinação da rampa e da noção de conforto para as pessoas que vão usá-lo. As câmaras devem ter cerca de 1 metro cúbico de espaço para o material a ser compostado. Portanto, a largura de uma câmara é de aproximadamente um metro, e o sanitário, como tem duas câmaras, terá dois metros de largura.

FIGURA 16 - ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO DE UM BANHEIRO SECO COMPOSTÁVEL



Fonte: Setelombas, 2015.

Para uma boa compostagem, é necessário que o material seja misturado, mas como neste caso é uma tarefa manual indesejável, uma rampa com inclinação mínima de 45° e com altura de queda de aproximadamente 80 cm, possibilita que o produto fecal role envolto em serragem até o final da rampa. Portanto é imprescindível que a rampa seja lisa e que antes do primeiro uso, a rampa molhada seja coberta com serragem. A chapa preta metálica utilizada por fora provoca o aquecimento do ar das câmaras que entra pelo buraco do assento e sobe pela chaminé. Por isso da importância da chapa ser voltada para a face norte, com incidência solar grande parte do dia (VIEIRA, 2010).

Após o uso de uma câmara por um período de 3 a 6 meses passa-se a usar a outra câmara. No final de cada período de repouso retira-se o composto da câmara e alterna-se novamente o uso das câmaras. Para evitar o uso da câmara no período de repouso, usa-se um buraco no assento apenas em uma tampa. Quando da troca da câmara em uso, basta desparafusar as tampas e trocá-las (VIEIRA, 2010).

No IPEC, o período de compostagem para cada câmara é de seis meses. Assim que uma câmara fica cheia, ela é fechada e a outra é posta em uso. Segundo depoimento de André Soares, diretor do IPEC, este processo é capaz de produzir um composto de alta qualidade.

FIGURA 17 - BANHEIRO SECO DO INSTITUTO DE PERMACULTURA DA AMAZÔNIA - VISTA DAS CÂMARAS



Fonte: www.flickr.com/photos/viveirogiral/4545187263/. Acessado em agosto de 2015.

A serragem é o que permite, juntamente com o papel higiênico, o processo de compostagem a mistura com as fezes, provocada por micro-organismos. De acordo com Jenkins (2005), a utilização da serragem cumpre várias funções, pois absorve a

umidade, elimina o cheiro, afasta moscas e outros bichos e ajuda a manter um balanceamento entre o carbono e o nitrogênio (C/N) ótimo para o composto, já que a urina tem um alto conteúdo de nitrogênio.

Assim a compostagem converte o material orgânico que não está em condições de ser incorporado ao solo em um material que possa ser adicionado ao solo aumentando a sua qualidade (ZUCCONI; DE BERTOLDI, 1987). Um processo de compostagem bem empregado faz com que volume do material em decomposição se reduza para entre 10 a 30% do volume original (DEL PORTO; STEINFELD, 2000).

A decomposição se torna um produto de várias fases distintas de ascensão e queda de temperatura. Essas fases são somente um reflexo das sucessíveis atividades microbianas que realizam a degradação e aumentam a quantidade de matéria orgânica recalcitrante (GRAVES et al., 2000).

Segundo Alves (2009), a observação de cada etapa do processo de compostagem, o constante monitoramento e o controle das condições físico-químicas – parâmetros de temperatura, umidade, pH e taxa de oxigênio – são atitudes terminantemente fundamentais para a eficácia do sistema. Para isto, é necessário que as pessoas que adotem estes sistemas estejam dispostas a tratar do seu próprio resíduo de maneira aberta e sem medo.

O composto final pode ser utilizado como um adubo de alta qualidade na agricultura, sem a necessidade dos produtores locais destinarem parte de suas verbas para a compra de fertilizantes químicos. Por conseguinte, a possibilidade de um mercado para esse produto final faz com que esta tecnologia seja alvo também de empresas que possuem o interesse em se apropriar deste espaço ainda disponível (ALVES, 2009).

5.5 BIOSSISTEMAS

O Biossistema Integrado (BSI) é um sistema biológico multifuncional que realiza o tratamento do esgoto de forma simples e viável. Além de permitir que os dejetos humanos percam seu potencial poluidor ao longo das diferentes fases de tratamento, o biossistema produz biogás a partir da biomassa disponível e recicla os nutrientes que serão aproveitados na produção de vegetais e na recuperação de áreas degradadas (IPESA, 2012).

Em geral os biossistemas aplicados ao tratamento de dejetos humanos iniciam pela remoção do lodo. Em alguns projetos o lodo segue direto para biodigestores que o transformam em energia, e em outros segue para compostagem e vermicompostagem (minhocário), para produção de adubo natural. Em seguida a água segue por tanques de algas, que auxiliam na oxigenação do efluente, passam por zonas de raízes que removem parte dos nutrientes, em particular nitrogênio e fósforo (FACHINI, 2009).

Onde existem áreas disponíveis, incluem-se tanques para criação de peixes e aves aquáticas, aumentando a produção de proteína animal. Há utilização de plantas macrófitas, que fazem a absorção adicional de nutrientes, e remoção de patógenos, o que acontece em virtude da alta concentração bacteriana formada nas raízes das plantas (FACHINI, 2009).

Os benefícios do biossistema são o tratamento do esgoto, a produção de biogás através da transformação de dejetos em energia, produção de matéria orgânica para ser usada na adubação, produção de plantas aquáticas e/ou peixes para fins econômicos e reutilização da água para irrigação (IPESA, 2012). A grande disponibilidade de nutrientes permite o rápido crescimento das plantas, que são transformadas no final em energia, ração animal, ou adubo, utilizados na produção de alimentos e na recuperação de áreas degradadas. Já o efluente tratado é disponibilizado com baixos níveis de nutrientes, podendo ser retornado ao ambiente seja na forma de irrigação, infiltração ou mesmo diretamente a um rio, contribuindo assim para sua despoluição.

As fases de tratamento de um biossistema são de decantação na qual será produzido o biogás pelo biodigestor, de filtração pelos biofiltros, de reciclagem de nutrientes pelas zonas de raízes e de produção pelos tanques de peixes. A construção do biodigestor é simples, consiste em ter um tanque estanque que armazene estrumes

na proporção 1 para 3 partes de água para fermentação da matéria orgânica. Essa fermentação liberará o gases que poderão ser armazenados. Os resíduos líquidos poderão ser utilizados como fertilizante, também chamado de chorume. Para 100 litros de esterco (7% sólido) é possível produzir 2.72 litros de gás. Este sistema só é viável quando temos grandes quantidades de madeira prima (IPEMA, 2015).

FIGURA 18 - CONSTRUÇÃO DE BIODIGESTOR



Fonte: http://www.verdesaine.net/saneamento_ecologico. Acessado em agosto de 2015.

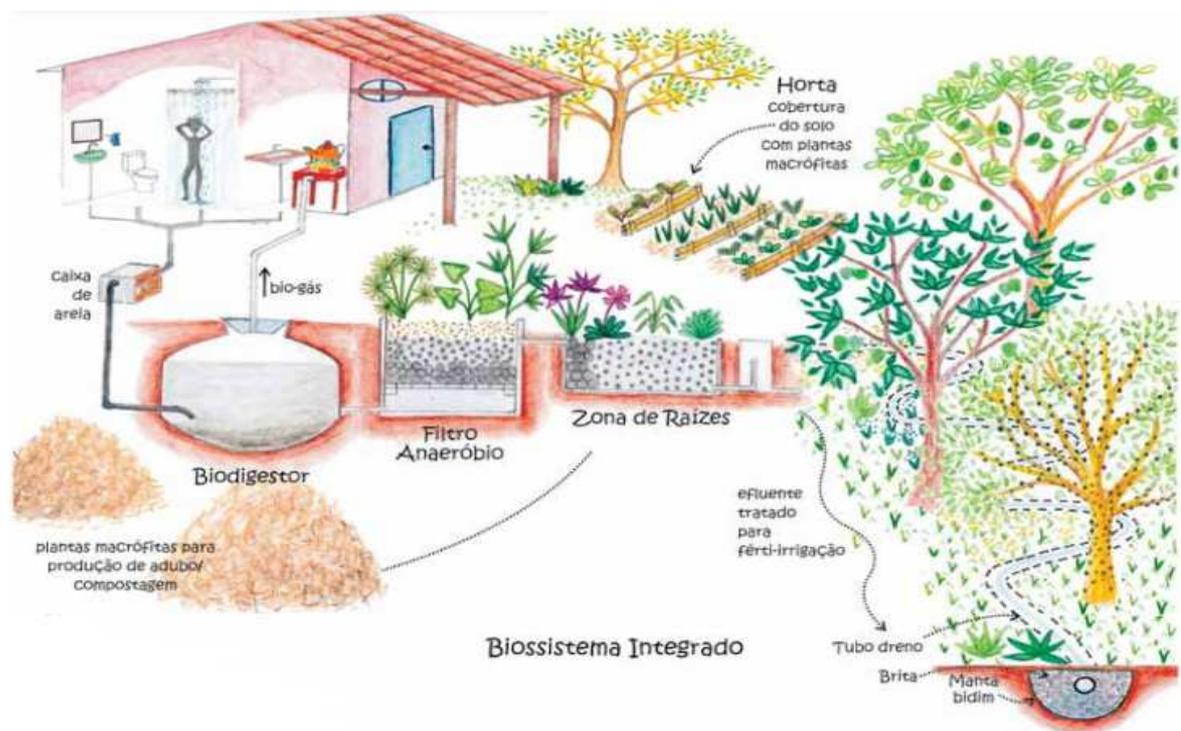
Segundo Fachini (2009), a China possui hoje mais de 11 milhões de biodigestores instalados, e se for considerada uma produção mínima de 1 m³ por família, são 11 milhões de m³ dia de biogás, que multiplicado por 1,5 a 2 kW/m³ de biogás, então são gerados diariamente em torno de 20 milhões de kW, com a vantagem de que já se encontram distribuídos de forma descentralizada. E como já mencionado, a produção descentralizada pode gerar maior autonomia para as pessoas e a menor dependência das grandes corporações pode ajudar em outros processos libertários individuais e coletivos.

As vantagens da integração de diferentes unidades descentralizadas de biotratamento estão na possibilidade de minimizar custos, bem como no reuso energético local. De acordo com Fachini (2009), as estações convencionais de tratamento de esgoto podem gerar de 5 a 20 litros de biogás por habitante por dia. Em

sua experiência prática, a geração está entorno de 30 litros de biogás por pessoa por dia, e aonde o esgoto vem separado de outras águas temos uma produção medida de 50 litros de biogás por pessoa por dia. Então é possível gerar $\frac{1}{4}$ de m^3 por dia de biogás por família o que equivale uma chama queimando diariamente por 1 a 2 horas em queimadores de fogão domiciliar.

Essa tecnologia saneia o habitat humano, agrega valor à cadeia produtiva e preserva o ambiente, já que o tratamento devolve a água ao rio em estado de balneabilidade, sem riscos de contaminação à natureza. O biossistema integrado simples, conforme ilustrado na figura abaixo, apresenta as etapas básicas e pode ser implantado em espaços pequenos, seja na zona rural ou na urbana.

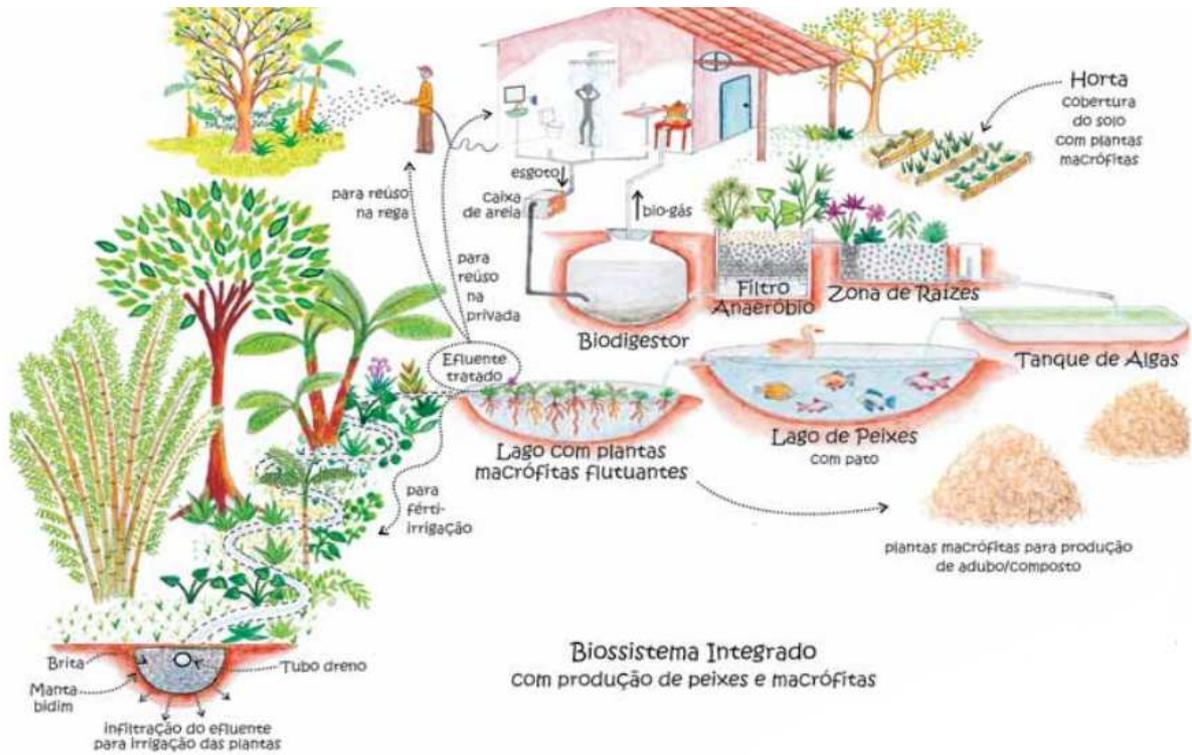
FIGURA 19 - ESQUEMA DE UM BIOSISTEMA INTEGRADO SIMPLES



Fonte: Cartilha Manejo Adequado da Água. IPESA. FEHIDRO, 2012.

O biossistema integrado completo representado na figura abaixo é mais complexo, pois utiliza o tanque de algas e peixes, e é ideal para zonas rurais por demandar espaços maiores.

FIGURA 20 - ESQUEMA DE UM BIOSSISTEMA INTEGRADO COMPLETO



Fonte: Cartilha Manejo Adequado da Água. IPESA. FEHIDRO, 2012.

A grande vantagem dos bioecossistemas sobre os sistemas convencionais é, por um lado, o tratamento local mais próximo possível da sua origem minimizando custos, a reciclagem de nutrientes que possibilitam o reuso dos mesmos na propriedade, ou em seu entorno, e o aproveitamento energético na forma de calor para cozinhar e aquecer água. Em áreas de produção agrícola onde os resíduos orgânicos são mais abundantes a produção de eletricidade é um excelente benefício. Em resumo, a descentralização dos sistemas de saneamento são o principal benefício. Quando é possível implantar todas as fases de um bioecossistema, o efluente final chega a mais de 95% de remoção para todos os parâmetros, mas isto se pode atingir nos demais sistemas. O mais importante é o reuso descentralizado dos benefícios.

5.6 *LIVING MACHINE*

Em outubro de 1995 Jonathan Porritt inaugurou a primeira *Living Machine*, em tradução livre como Máquina Viva, na ecovila Findhorn na Escócia, projetada para o tratamento ecológico de esgoto, recriando através de biomimetismo, o processo natural de tratamento de águas residuais de até 400 pessoas que vivem na ecovila. Esse sistema se utiliza de sistemas biológicos naturais, criando um miniecosistema dentro de um ambiente de estufa (Figura 21), imitando o sistema de limpeza da água na natureza, com diversas comunidades de bactérias, algas, microrganismos, numerosas espécies de plantas e árvores, caracóis, peixes e outros seres vivos interagem ecologicamente como um todo em tanques e biofiltros (Figura 22).

FIGURA 21 - ESTUFA DA *LIVING MACHINE*



Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

FIGURA 22 - LIVING MACHINE

Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

Inicialmente as águas residuais são recolhidas para um tanque primário. Neste tanque começa o tratamento em regime anaeróbio, onde se promove a sedimentação e floculação dos sólidos em reservatórios fechados. O primeiro reservatório é um ambiente subterrâneo, fechado e anaeróbio, onde os sólidos são sedimentados e os micro-organismos se alimentam de matéria orgânica nos resíduos.

Após o primeiro processo o efluente do tanque anaeróbico flui para um tanque anóxico fechado (ou parcialmente aeróbico), no qual organismos desnitrificantes convertem os nitratos em azoto gasoso que se sai do sistema ou é absorvido pelas plantas a jusante. Já o reator fechado aeróbico é operado por bombas que borbulham oxigênio a partir do fundo do tanque. Os gases de mau cheirosos dos dois reatores anteriores sobem através de uma camada de material orgânico plantada no topo do reator. Na parte inferior do reator, outras bactérias reduzem os níveis de matéria orgânica residual, as bactérias aeróbicas usam o oxigênio para converter amônia em nitratos que são processados mais a jusante.

Nos quatro tanques aeróbios abertos, o principal objetivo é ter uma sequência diversificada de ecossistemas presentes, com espécies de plantas com grandes massas de raiz. A função principal das plantas é fornecer ambientes favoráveis para a atividade microbiana melhorada, as funções secundárias incluem a remoção de nutrientes, sequestro de metal, destruição de patógenos, além do controle de trocas gasosas.

FIGURA 23 - TANQUES DA *LIVING MACHINE*



Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

FIGURA 24 - LAGO COM ÁGUA TRATADA AO FIM DO PROCESSO DA *LIVING MACHINE*



Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

Estes processos são espelho do que ocorrem no mundo natural, mas de forma mais intensiva. No fim da série de tanques, a água resultante é suficientemente pura para descarregar diretamente no mar ou para ser reciclado. A tecnologia não é apenas capaz de atender os padrões para o escoamento de esgoto em corpos d'água, mas não utiliza produtos químicos, e tem um custo de capital relativamente baixo.

5.7 COMPARAÇÃO DOS MODELOS DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Após o levantamento e apresentação dos modelos de tratamento de esgoto utilizados pela permacultura, a fim de facilitar o acesso às pessoas de qual técnica é mais adequada à sua necessidade ou realidade, foram identificadas variáveis que compõem cada um dos sistemas para que se pudesse realizar a comparação entre esses. A proposta de um quadro de comparação visa ser um instrumento para facilitar a compreensão, bem como a análise na adoção do sistema que seja mais adequado a uma realidade específica. Para a comparação entre os sistemas de tratamento foi realizado um levantamento de informações na literatura técnico-científica e na internet.

Na composição do quadro foi realizada uma listagem com definição de variáveis que impactam na tomada de decisão das pessoas, de modo auxiliar na escolha do sistema. As variáveis são as que envolvem custo e complexidade da construção, da manutenção e da operação do sistema; presença de odor e/ou insetos; eficiência na decomposição da matéria orgânica. Para tanto, as variáveis definidas foram: materiais utilizados; área para implantação; complexidade da construção; custo de implantação; custo de operação e manutenção; produção de odores, presença de vermes e insetos; e eficiência (remoção de DBO).

Em se tratando dos materiais utilizados, os mais comuns para construção dos sistemas são tijolo, adobe, pedra, areia e cascalho, pois são de fácil aquisição e baixo custo. A escolha está diretamente relacionada à área disponível para a implantação e esta, por sua vez, está relacionada com a quantidade de pessoas que utilizarão o sistema. A complexidade de implantação se relaciona com a exigência de equipamentos e mão-de-obra especializada para a execução do sistema, bem como a ocorrência da separação prévia entre águas cinzas e águas negras. No tratamento de esgoto misto, não há mudança das instalações hidráulicas, pois não há separação entre as águas cinzas das negras. Porém esse tratamento exige maior área para construção do sistema, além de ter um custo mais elevado. No caso de se realizar a separação das águas, há necessidade de sistemas de coleta diferenciados. Para o tratamento das águas cinzas, geralmente os sistemas são mais simples, pois se referem à retirada de produtos químicos como xampus, sabões e gorduras. Entretanto, para o tratamento de águas negras, as alternativas identificadas foram

subdivididas em sistemas hídricos (ou “úmidos”) e sistemas não-hídricos, associados à utilização de banheiro seco.

Segundo Martinetti (2007), a escolha das variáveis de manutenção e a operação referem-se ao funcionamento do sistema e as medidas a serem tomadas de modo em caso de problemas. Também devem ser consideradas a produção de odores e a presença de insetos e vermes que podem causar doenças. Os sistemas anaeróbios geram gases de odor desagradável, necessitando que o sistema deva ser localizado em local mais distante da casa dos usuários. A eficiência da remoção de DBO (demanda bioquímica de oxigênio) apresenta como indicador para conhecimento da eficiência do sistema e da sua capacidade de oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável para obter um composto para ser reutilizado.

Após a apresentação de seis modelos, podem-se relacionar diferentes alternativas para tratamento de efluentes sendo dois para tratamento de águas cinzas, dois para o tratamento de águas negras e dois para o tratamento misto, apresentadas no Quadro 1.

QUADRO 1 - SÍNTESE DAS ALTERNATIVAS UTILIZADAS PARA TRATAMENTO ALTERNATIVO

TRATAMENTO ÁGUAS CINZAS	TRATAMENTO ÁGUAS NEGRAS		TRATAMENTO MISTO
	HÍDRICOS	NÃO HÍDRICOS	
1) Zona de Raízes 2) Círculo de Bananeiras	3) Bacia de Evapotranspiração	4) Banheiro Seco	5) Biossistema 6) <i>Living Machine</i>

A fim de facilitar a compreensão das características de dos tipos de sistemas, por meios das variáveis definidas, foi elaborado um quadro de comparação com os tipos de tratamento. O quadro 2 mostra as diferenças entre os seis sistemas definidos.

QUADRO 2 - COMPARAÇÃO DE ALTERNATIVAS X VARIÁVEIS

VARIÁVEIS	MODELOS DE TRATAMENTO DE ESGOTO					
	ZONA DE RAÍZES	CÍRCULO DE BANANEIRAS	BACIA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO	BANHEIRO SECO	BIOSSISTEMA	LIVING MACHINE
1) Materiais utilizados	valas com areia, areia, terra e plantas	brita, terra e bananeiras	brita, terra, pneus, tubos PVC e bananeiras	Madeira ou adobe, reservatório, tubo PVC, tampo sanit.	reservatório, tubos PVC, brita, esterco	reservatórios terra e plantas
2) Área para implantação	2 m ² /hab	1 -3 m ² /hab	2 m ² /hab	2 m ²	8 m ²	8 m ²
3) Complexidade da construção	baixa	baixa	baixa	média	média	média
4) Custo implantação	R\$ 40 - 80 por hab	R\$ 20 - 80 por hab	R\$ 300 por hab	R\$ 1.400	R\$ 1.500	-
5) Operação e manutenção	troca de areia	controle da vegetação	controle da vegetação	controle de esterco	uso do esterco	controle da vegetação
6) Custo de operação	nenhum	nenhum	nenhum	nenhum	nenhum	sem informação
7) Produção de odores	média	média	baixa	média	baixa	baixa
8) Presença de vermes e insetos	média	baixa	baixa	baixa	baixa	baixa
9) Eficiência (remoção de DBO)	70 – 95%	50 - 70%	99%	-	95%	99%

A proposta de um quadro de comparação é sistematizar as informações, a fim de facilitar o acesso e levar o conhecimento às pessoas sobre as possibilidades alternativas para o tratamento de efluentes sanitários em sua própria residência. Segundo Martinetti (2007), considerando-se variáveis para análise que sejam de fácil compreensão para pessoas de diferentes níveis de conhecimentos e classes sociais, facilita-se a tomada de decisão. Assim, esses resultados possibilitam a transferência do conhecimento para a construção de técnicas mais sustentáveis para saneamento ambiental áreas urbanas e rurais.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não há nenhuma sociedade que dispense o uso da água. Em todas as suas múltiplas atividades o homem precisa deste recurso. Entre os muitos usos, podem-se citar: o abastecimento humano e industrial, a irrigação, a recreação, a dessedentação de animais, a geração de energia elétrica, o transporte, a diluição e o afastamento de despejos. Embora todas as modalidades de uso da água sejam importantes, o abastecimento humano é considerado o mais nobre e, para esse fim, deve apresentar elevado padrão sanitário, caso contrário, pode causar doenças e colocar em risco a vida humana.

Muito embora saiba-se da relevância do saneamento básico, o Brasil enfrenta negligência de políticas públicas neste setor, sendo assim, o propósito deste trabalho além de problematizar o cenário atual, é o de explicar sobre as alternativas para o tratamento do esgoto doméstico, baseadas nos modelos usados nas ecovilas, travando quebra de paradigmas e por fim, trazendo a importância do sujeito social ativo, por meio do empoderamento das pessoas, comunidades e sociedade. Para que esses sujeitos além de reconhecerem seus direitos, sintam-se sensibilizados a transformar sua realidade local por meio da motivação em tentar resolver o problema da falta de tratamento e não simplesmente afastá-lo ou ignorá-lo.

Os modelos do design permacultural utilizados nas ecovilas para o tratamento de esgoto doméstico podem ser aplicados com a finalidade de evitar o descarte inadequado em cursos d'água, bem como de aproveitar os benefícios gerados pela aplicação desses processos. A implantação desses sistemas em diversas ecovilas serve como exemplo de projeto social alternativo; além disso, pode ser utilizada para esclarecer as dúvidas sobre o saneamento básico da região e promover o conceito de desenvolvimento sustentável para toda comunidade. Resolver o problema do esgoto é uma forma da comunidade iniciar outros processos de sua participação cidadã e sua responsabilidade social e ambiental.

Os modelos mencionados apresentam vantagens, mas é necessária a análise das condições de local de implantação, da sua avaliação, do perfil do morador e das necessidades do projeto para que se busque pela alternativa mais adequada e eficiente. Dentre as vantagens gerais apresentadas por todos os modelos estão evitar a contaminação do solo ou cursos d'água por efluente não tratado; tratar o efluente por meio de uma tecnologia de baixo custo e fácil manutenção; desenvolver

tecnologias apropriadas ao contexto ecológico e social; e fortalecer de uma estrutura que possibilite a participação da população.

O tratamento por zona de raízes pode mudar a consciência em relação aos cuidados com a água e seus usos na residência, por meio da observação do aspecto paisagístico e da qualidade do efluente. A bacia de evapotranspiração é uma alternativa viável para o tratamento de esgotos rurais, diminuindo a carga poluidora lançada em rios e córregos, além dos frutos produzidos na bacia poderem ser consumidos, após a correta higienização. O banheiro secos é uma das alternativas mais promissoras para o combate de doenças infecciosas e parasitárias e para a utilização racional da água, além de muitas vezes ser a única solução para regiões áridas onde o recurso de água é escasso.

O saneamento ecológico promove a melhoria da saúde, a disponibilidade de água tratada e produção de alimentos ou fertilizantes. E como resultado da implantação desses sistemas alternativos, transformações em várias dimensões podem ser observadas, sejam as sociais, culturais, ambientais e econômicas. Sob a ótica de alguns aspectos, são observados o acesso das famílias ao conhecimento de técnicas não convencionais, técnicas de reuso de água efluente, educação para a sustentabilidade, desenvolvimento e ampliação da consciência ecológico-ambiental, além de mudança de hábitos das famílias envolvidas.

Claramente foi possível notar que ainda há uma grande carência, na literatura brasileira, de informações sobre as diversas formas de saneamento ecológico conforme as apresentadas. As pesquisas informais realizadas por permacultores devem ser consideradas no desenvolvimento de novas pesquisas acadêmicas, aproveitando o conhecimento acumulado na prática.

Ao integrar conceitos e princípios da sustentabilidade consegue-se bom desempenho dos sistemas de tratamento de esgoto, além de produção de água para reuso, adubo orgânico e frutos. Esses resultados permitirão a transferência do conhecimento para a construção de técnicas mais sustentáveis para saneamento ambiental tanto em áreas urbanas e rurais.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR. NBR 9648. Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7229: Projeto, construção e operação de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.
- ALÉM SOBRINHO, P. Tratamento de esgoto e geração de lodo. In: Impacto Ambiental do Uso Agrícola do Lodo de Esgoto. EMBRAPA Meio Ambiente. Jaguariuna, São Paulo, 2000. P. 11-24.
- ALVES, B. S. Q. Banheiro Seco: análise da eficiência de protótipos em funcionamento. 2009. 179 p. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2009.
- AMBROS; EHRHARDT; KERSCHBAUMER. Pflanzen-Kläranlagen Selbst Gebaut. Stuttgart: Leopoldo Stocker Verlag, 1998.
- ANDREOLI, C. V. Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final. Rio de Janeiro: Rima, ABES, 282 p., 2001.
- ARAÚJO, M.A. A moderna construção sustentável. IDHEA – Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica. Disponível em <https://grupos.moodle.ufsc.br/file.php/346/referencias/dissertacao_completa.pdf>. Acesso em: 02 de dezembro de 2015.
- BARLOW, M; CLARKE, T. Ouro azul. São Paulo: M. Books do Brasil, 2003, 331 p.
- BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. (Ed.). Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000, 312p.

BHATIA, R.; BATHIA, M. Water and poverty alleviation: the role of investments and policy interventions. In: ROGERS, P. P. et al. (Ed.) *Water crisis: myth or reality?* London: Fundación Marcelino Botín, Taylor & Francis, 2006. p.197-220.

BISSOLOTTI, P. M. A; SANTIAGO, A. G.; DE OLIVEIRA, R. Ecovilas: um método de avaliação de desempenho da sustentabilidade. 2004. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. 2004.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA); Resolução nº 274 de 29 de novembro 2000, Brasília: Brasil.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA); Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, Brasília: Brasil.

BRAUN, Ricardo. Novos paradigmas ambientais: desenvolvimento ao ponto sustentável. 2.ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2005.182p.

BRIX, H. Function of macrophytes in constructed wetlands. *Water Science and Technology*, London, v. 29, n. 4, p. 71-78, 1994.

BUENO (2010). Ipema. Disponível em:

< <http://ipemabrasil.org.br/conceitos/#bioconstrucao>>. Acessado em 12/11/2015.

CAMPANI, M. M. Organizações Sustentáveis: Uma Reflexão sobre Sustentabilidade e Ecovilas. *Revista Geográfica de América Central*, Costa Rica, 2011. 125p.

CAPRA, F. Sabedoria incomum. São Paulo: Cultrix, 1995, p. 200. A teia da vida: uma nova compreensão dos sistemas vivos. Tradução de Newton Roberval Eichenberg. São Paulo: Cultrix, 1996.

CAPRA, F; STEINDL-RAST, D; MATUS, T. Pertencendo ao universo: explorações nas fronteiras da ciência e da espiritualidade. 10. ed. São Paulo: Cultrix/Amana, 1998.193p.

CAPRA, F. O ponto de mutação. 26. ed. São Paulo: Cultrix, 2006. 447 p.

CARMO, R., OJIMA, A, OJIMA, R. Água Virtual, escassez e gestão: O Brasil como Grande “Exportador” de água, Campinas, São Paulo, Unicamp. Ambiente e Sociedade, 2007.

CENBIO, Relatório Técnico Final - Projeto ENERG-BIOG, São Paulo. 2004.

CHIZZOTTI, Antonio. Pesquisa em ciências humanas e sociais. Cortez, 1991.

COOPER, Donald; SCHINDLER, Pamela S. Métodos de pesquisa em administração. Bookman, 2003.

COPETTI, A. C. C. Resíduos de Agroindústrias Familiares: Impactos na Qualidade da Água e Tratamento com Técnicas Simplificadas. 2010. 139 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2010.

CORTES, L. P.; TORRENTE, M. “Crise de Abastecimento de Água em São Paulo e Falta de Planejamento Estratégico”, in Estudos Avançados, v. 29 (84), 2015, pp. 7-26.

COSTA, S. M. S. P. Avaliação do Potencial de Plantas Nativas do Brasil no Tratamento de Esgoto Doméstico e Efluentes Industriais em “Wetlands” Construídos. 2004. 119 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

DEL PORTO, D.; STEINFELD, C. Composting Toilet System Book: A Practical Guide Pollution to Choosing, Planning, and Maintaining Composting Toilet Systems. Center of Ecological Pollution Prevention. Concord, 2000. 235 p.

DIAS, G. F. Pegada Ecológica e Sustentabilidade Humana. São Paulo: Editora Gaia, 2002.

DINGES, R. Natural systems for water pollution control. New York: Van Nostrand Reinhold Environmental Engineering Series, 1982.

DOS SANTOS JR, Severiano José. Ecovilas e Comunidades Intencionais: Ética e Sustentabilidade no Viver. Contemporâneo III Encontro da ANPPAS 23 a 26 de Maio de 2006 Brasília – DF2006.

DOUGLAS, M.; WILDAVSKY, A. Risk and culture: An essay on the selection of technological and environmental dangers. Berkeley: University of California Press, 1982.

ESREY, S. A.; et al. Ecological Sanitation. Stockholm: Swedish International Cooperation Agency, 1998.

FOLADORI, G. 1999. O capitalismo e a crise ambiental. Revista Raízes, Ano XVIII, v. 19, p. 31-36.

GALBIATI, A. F. Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração. 2009. X p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2009.

GIL, A. C. Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. 2. ed. São Paulo: Editora Atlas, 1989.

GOLDENBERG, Mírian. Pesquisa qualitativa em ciências sociais. A Arte de, 2009.

GRAVES, R.E. et al. Composting. In: United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. Part 637 Environmental Engineering - National Engineering Handbook. Washington, 2000. 88p.

GUIMARÃES, M. A Formação de Educadores Ambientais. Campinas, SP: Papirus, 2004.

HOLMGREN, D. Os Fundamentos da Permacultura. Austrália, 2007. Disponível em <[http:// www.slideshare.net/Dawoud666/os-fundamentos-da-permacultura](http://www.slideshare.net/Dawoud666/os-fundamentos-da-permacultura)> Acesso em: 05 de fevereiro de 2012.

IBGE. Censo demográfico 2000. Rio de Janeiro: IBGE, 2001.

IBGE. Atlas Saneamento 2011. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento . Acesso em: 02 de fevereiro de 2012.

Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. 431 p.

Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2009. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2014. Rio de Janeiro: IBGE, 2014.

INSTITUTO TRATA BRASIL/FGV. A Falta que o Saneamento Faz. Disponível em: <http://www.fgv.br/cps/tratabrasil5/>. Acesso em: 04 de fevereiro de 2012.

FUNASA, Fundação Nacional de Saúde. Manual de saneamento. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 1994. 255 p.

Fundação Nacional de Saúde. Manual de saneamento. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006.

Fundação Nacional de Saúde. Manual de saneamento. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2012.

JENKIS, J. The Humanure Handbook: a guide to composting human manure. United States of America. 2005. 255 p.

JENKINS, M. W.; CURTIS, V. Achieving the 'good life': Why some people want latrines in rural Benin. *Social Science & Medicine*, v. 61, p. 2446–2459, 2005.

JOLY, A. B. Botânica: introdução à taxonomia vegetal. 5. ed. São Paulo: Nacional, 1979.

KIVAISI, A. K. The potential for constructed wetlands for wastewater treatment and reuse in developing countries: A review. *Ecological Engineering*, v. 16, p. 545–560, 2001.

KÜHN, T. A estrutura das revoluções científicas. Beatriz Vianna Doeira e Nelson Boeira (Trad.). 9 ed. São Paulo: Perspectiva, 2006.

LANGERGRABER, G., MUELLEGGER, E. Ecological sanitation – A way to solve global sanitation problems? *Environment International*, v. 31, p. 433-444, 2005.

LEFF, H. Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade. Petrópolis: Vozes, 2001.

LEGAN, L. Soluções Sustentáveis - Uso da Água na Permacultura. Pirenópolis: Editora Mais Calango, 2007.

LEGAN, L. Soluções Sustentáveis - Permacultura Urbana. Pirenópolis: Editora Mais Calango, 2008.

LEMAINSKI, J.; SILVA, J.E. da. Avaliação agronômica e econômica da aplicação de biofósforo na produção de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, p.1477-1484, 2006.

LÖWY, M. As aventuras de Karl Marx contra o Barão de Münchhausen. São Paulo: Cortez, 1994.

MACHADO, C. J. S. Recursos Hídricos e Cidadania no Brasil: Limites, Alternativas e Desafios. *Ambiente & Sociedade*, v. 6, n. 2, 2003.

MAIER, C. Qualidade de águas superficiais e tratamento de águas residuárias por meio de zonas de raízes em propriedades de agricultores familiares. 2007. 96 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

MANCUSO, P.C. S; SANTOS, H. F. Reuso de água. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. São Paulo: Editora Manole Ltda, 2003.

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

MARTINETTI, T.H. Análise das estratégias, condições e obstáculos para implantação de técnicas mais sustentáveis para tratamento local de efluentes sanitários residenciais. Caso: assentamento rural Sepé-Tiaraju, Serra Azul-SP. 2009. 228 p. Dissertação (Mestrado em engenharia Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

MASSOUD, A. Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries. *Journal of environmental management*, Elsevier, 2009.

MIRANDA, A.B. Sistemas urbanos de água e esgoto: princípios e indicadores de sustentabilidade. 2003. 133 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

MIRANDA, D. J. P. Permacultura: Conceitos de Sustentabilidade para o planejamento e Desenvolvimento da Gestão Socioambiental. IX ENGEMA - Encontro Nacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente. Curitiba, 2007.

MOLLISON, B; HOLMGREN, D. Permaculture. Lesmurdie Progress Association, 1978.

MOLLINSON, B; HOLMGREN, D. Permacultura Um: Uma Agricultura Permanente nas Comunidades em geral. São Paulo: Editora Ground Ltda., 1983.

MOLLISON, B; SLAY, R. M. Introdução a Permacultura. Brasília, DF, 1991.

MUGA, H.; MIHELIC, J. Sustainability of wastewater treatment technologies. Journal of Environmental Management, 88 (3), p. 437-447, 2008.

NAWAB, B. et al. Cultural preferences in designing ecological sanitation systems in North West Frontier Province, Pakistan. Journal of Environmental Psychology, v. 26(3), p. 236-246, 2006.

NERI, M.C. (Coor.). Trata Brasil: saneamento e saúde. Rio de Janeiro: FGV/IBRE, 2007. 163p.

OTTERPOHL, R.U. Black, brown, yellow, grey - the new colors of sanitation. Water, v.21, 2001.

PAMPLONA, S., VENTURI, M. Esgoto à flor da terra. Permacultura Brasil. Soluções ecológicas. Ano VI, v.16, 2004.

PAULO, P. BERNARDES, F. Estudo de Tanque de Evapotranspiração para o tratamento domiciliar de águas negras.
http://sustentavelnopratica.net/arquivos/estudo_fossa_evapotraspiracao.pdf

PEDROZA, M. M.; VIEIRA, G. E. G.; SOUSA, J. F. de; PICKLER, A. de C.; LEAL, E.

R. M.; MILHOMEN, C. da C. Produção e tratamento de lodo de esgoto – uma revisão. Revista Liberato, Nova Hamburgo, v.11, n.16, p. 149 –160, 2010.

PERKINS, J., HUNTER, C. Removal of enteric bacteria in a surface flow constructed wetland in Yorkshire, England. Water Research, v. 34, p. 1941-1947, 2000.

PHILLIPI, L. S.; SEZERINO, P. H. Aplicação de Sistemas Tipo Wetlands no Tratamento de Águas Residuárias: utilização de filtros plantados com macrófitas. Florianópolis, 2004, 144 p.

PHILIPPI JR. A.; ROMÉRIO, M. A.; BRUNA, G. C. (ed.). Curso de gestão ambiental. Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Núcleo de Informações em Saúde Ambiental. São Paulo: Manole, 2004.

PIERRI, N. El proceso histórico y teórico que conduce a la propuesta del desarrollo sustentable. In: PIERRI, N.; FOLADORI, G. (eds) Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable. Montevideo: Trabajo y Capital, 2001.

PIMENTA, H. C. D; RODRIGUES, B.S; ROCHA JÚNIOR, J.M; O Esgoto: A importância do tratamento e as opções tecnológicas. XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Curitiba, 2002.

PMSS – Programa de Modernização do Setor de Saneamento. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2002. Brasília: SEDU/PR, IPEA, 2002.

PNRH - PLANO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. 2006. Panorama e o Estado dos Recursos Hídricos do Brasil - volume 1. Ministério do Meio Ambiente. Brasília.

PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Destaques - Relatório do Desenvolvimento Humano. 2006. Disponível em: <<http://>

<http://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/library/relatorios-de-esenvolvimento-humano/relatorio-do-desenvolvimento-humano-20006.html>>. Acesso em: 11/01/2015.

PRZYBYSZ, L. C. B. A gestão de recursos hídricos sob a ótica do usuário de saneamento: estudo de caso da bacia do Alto Iguaçu. 2007. 273 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

RAYNAUT, C.; ZANONI, M. La construcción de la Interdisciplinarietà en Formación Integrada del Ambiente y del Desarrollo. In: REUNIÓN SOBRE LAS MODALIDADES DE TRABAJO DE LAS CÁTEDRAS UNESCO DE DESARROLLO SOSTENIDO. Anais. Curitiba, 1993.

REBOUÇAS, A.C. Água na Região Nordeste: desperdício e escassez. Estudos Avançados, São Paulo. v.11, n.29, p.127-54, 1997.

SACHS, I. Estratégias de transição para o século XXI. In: BURSZTYN, M. (Org) Para pensar desenvolvimento sustentável. São Paulo: Brasiliense, 1993.

SALATTI, E. Utilização de sistemas de wetlands construídas para tratamento de águas. Biológico, v.65, n.1/2, p.113-116, 2003.

SCHAUB, S. M., e LEONARD, J. J. Composting: an alternative waste management option for food processing industries. Trends in Food Science & Technology, v. 7, p. 263-268, 1996.

SEITZ, P. Naturnahe Abwasserreinigung mit Pflanzensystemen. Stadt und Grün, p. 494 - 497, 1995.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Índice de Atendimento de Esgoto, 2008. 1p. Tabelas com as informações e os indicadores desagregados municipais, SNIS, SNSA, 2008. Disponível em: <http://www.snis.gov.br>. Acesso em: 25 Fev. 2016.

TSUTIYA, M. T. Características de biossólidos gerados em estações de tratamento de esgotos. In: TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; ALEM, P. S.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELFI, A. J.; MELO, W. J.; MARQUES, M. O. Biossólidos na agricultura. 1. ed. São Paulo: SABESP, 2001. p. 89-131.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. Estudos avançados, v.22, n.63, p.1-16, 2008.

TUNDISI, J. G. et al. Reservatórios da Região Metropolitana de São Paulo: conseqüências e impactos da eutrofização e perspectivas para o gerenciamento e recuperação. In: TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; SIDAGIS GALLI, C. (Ed.). Eutrofização na América do Sul: causas, conseqüências e tecnologias de gerenciamento e controle. IIE, IIEGA, ABC, IAP, Ianas, 2006. p.161-82.

VALENTIM, M. A. A. Uso de leitos cultivados no tratamento de efluente de tanque séptico modificado. 1999. 119 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

VAN BELLEN, H. M. Desenvolvimento sustentável: uma descrição das principais ferramentas de avaliação. Ambiente & Sociedade, Campinas, v. 7, n. 1, p. 67-88, jan./jun. 2004.

VAN DER RYN, S. The toilet paper. Santa Barbara, California: Capra press, 1978.

VAN HAANDEL, A. C.; ALEM SOBRINHO, P. (2006). Produção, composição e constituição de esgoto. In: Biossólidos – Alternativas de Uso de Resíduos de Saneamento. Rio de Janeiro: ABES, 2006. 417p.

VAN KAICK, T. S. Estação de tratamento de esgoto por meio de zona de raízes: uma proposta de tecnologia apropriada para saneamento básico no litoral do Paraná. 2002, 128 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

VANZO, J. E., MACEDO, L. S., TSUTIYA, M. T. ETE Franca: uma estação que além de tratar os esgotos, produz insumos agrícolas. In: CONGRESSO

INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27. 2000, PORTO ALEGRE. Anais. Porto Alegre: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000. p.1-14.

VIEIRA (2010). Círculo de bananeiras. Disponível em <<http://www.setelombas.com.br/2006/10/14/circulo-de-bananeiras>>. Acessado em 12/11/2015.

VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA, Universidade Federal de Minas Gerais. Volume 1. 240 p. Minas Gerais, 1995.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas residuárias. 3.ed. Belo Horizonte: DESA/UMFG, 2005. 452p.

WERNER, C. Reasons for and principles of ecological sanitation, in: C. Werner et al., eds., Ecosan – Closing the Loop, Proceedings of the 2nd International Symposium on Ecological Sanitation, 7th–11th April, 2004, Lübeck, Germany, pp. 23-31.

WERNER, C. Ecological sanitation: Principles, technologies and project examples for sustainable wastewater and excreta management. Desalination, p. 392-401, 2009.

ZUCCONI, F. ; De BERTOLDI, M.; Composts specifications for the production and characterization of composts from municipal solid waste. London: Elsevier Applied Science, p.30-50, 1987.

Sites consultados:

ECOVILA CLAREANDO. Disponível em <<http://www.clareando.com.br>>.

GEN, Global Ecovillage Network, 2015. Disponível em: <<http://gen.ecovillage.org/>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2015.

IPA (Instituto de Permacultura da Amazônia). Disponível em <<http://www.ipapermacultura.org/>>.

IPEC (Instituto de Permacultura e Ecovilas do Cerrado). Disponível em <<http://www.ecocentro.org>>

IPEMA (Instituto de Permacultura e Ecovilas da Mata Atlântica). Disponível em <<http://www.ipemabrasil.org.br/>>

IPEP (Instituto de Permacultura e Ecovilas da Pampa). Disponível em <<http://www.ipep.org.br/>>.

IPETERRAS (Instituto de Permacultura em Terras Secas) Disponível em <<http://www.ipeterras.org/>>.

FINDHORN Disponível em <www.findhorn.org>.

ONU, Organização das nações unidas. 2012. Disponível em: <http://www.onu.org.br/rio20/temas-agua/>. Acesso em: 01 de maio de 2016.

PARQUE VISÃO DO FUTURO Disponível em <www.visaofuturo.org.br>.

PEMEAR. Disponível em <http://www.permear.org.br/pastas/documentos/permacultor31>

SÍTIO SETELOMBAS. Disponível em <<http://www.setelombas.com.br/tag/sanitario/>>.