

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIDADE HORTÊNSIAS EM SÃO FRANCISCO DE PAULA
MESTRADO PROFISSIONAL EM AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**

ARTHUR FERNANDES DOMINGOS

**O USO DE TECNOLOGIA SOCIAL PARA TRATAMENTO DE ESGOTO
DOMÉSTICO NUMA COMUNIDADE RURAL DE GRAMADO/RS**

SÃO FRANCISCO DE PAULA

2019



uergs

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul

Hortênsias

ARTHUR FERNANDES DOMINGOS

**O USO DE TECNOLOGIA SOCIAL PARA TRATAMENTO DE ESGOTO
DOMÉSTICO NUMA COMUNIDADE RURAL DE GRAMADO/RS**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ambiente e Sustentabilidade da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ambiente e Sustentabilidade.

Orientadora: Profa. Dra. Márcia dos Santos Ramos Berreta

SÃO FRANCISCO DE PAULA

2019

Catálogo de publicação na fonte (CIP)

D671u Domingos, Arthur Fernandes

Uso de tecnologia social para tratamento de esgoto doméstico numa comunidade rural de Gramado/RS, O / Arthur Fernandes Domingos – São Francisco de Paula, 2019.

79 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Mestrado Profissional em Ambiente e Sustentabilidade, Unidade em São Francisco de Paula, 2019.

Orientadora: Prof.^a. Dra. Márcia dos Santos Ramos Berreta

1. Fossa Séptica Sustentável. 2. Saneamento Rural. 3. Tecnologia Social. 4. Dissertação. I. Berreta, Márcia dos Santos Ramos. II. Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Mestrado Profissional em Ambiente e Sustentabilidade, Unidade em São Francisco de Paula. III. Título.

ARTHUR FERNANDES DOMINGOS

**O USO DE TECNOLOGIA SOCIAL PARA TRATAMENTO DE ESGOTO
DOMÉSTICO NUMA COMUNIDADE RURAL DE GRAMADO/RS**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ambiente e Sustentabilidade da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ambiente e Sustentabilidade.

Aprovado em: 12/03/2019

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dra. Marlise Amália Reinehr Dal Forno - UFRGS

Prof^a. Dra. Suzana Frighetto Ferrarini - UERGS

Prof. Dr. Clodis de Oliveira Andrades Filho - UERGS

Prof^a. Dra. Márcia dos Santos Ramos Berreta - UERGS (Orientadora)

AGRADECIMENTOS

A minha família pelo apoio e por sempre estar comigo nos melhores e piores momentos.

A Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), seu corpo docente, direção e área administrativa que lutaram e continuam lutando para oferecer esse curso de mestrado profissional no pólo de São Francisco de Paula.

À minha orientadora Dra. Márcia dos Santos Ramos Berreta pelo suporte no trabalho, suas correções e contribuições.

A todos que, diretamente ou indiretamente, fazem parte da minha formação, o meu muito obrigado.

APRESENTAÇÃO

A ideia para realização do presente estudo ocorreu no início de 2017, quando eu completava um ano de trabalho como fiscal de obras lotado na Secretaria de Planejamento, Urbanismo, Publicidade e Defesa Civil da Prefeitura Municipal de Gramado.

Nesse período pude realizar várias vistorias nos sistemas de tratamento de esgoto na zona urbana de Gramado. Importante dizer que as vistorias de sistemas de tratamento por parte de agentes municipais na área rural eram e continuam sendo praticamente inexistentes. Ainda, durante o período, foram realizadas várias ações fiscalizatórias em loteamentos clandestinos na área rural, sendo que pude perceber que a maioria dos moradores dos referidos locais tratam-se de pessoas trabalhadoras e sem condições financeiras para morar na área urbana do município de Gramado e arcar com os altos valores de aluguéis. Era preciso achar um meio, um caminho, que mediasse essa problemática.

Essa pesquisa possibilitou também a conclusão pessoal de que há transferência de responsabilidades realizada pelo poder público para a população. Ora, não faz muito sentido a legislação atribuir ao poder público a responsabilidade para fornecimento do Saneamento Básico (incluindo tratamento de esgoto), e na ausência dos investimentos necessários para a promoção dos serviços, a responsabilidade recair sobre a população. Há um agravante ainda de tal responsabilidade incidir basicamente sobre pessoas com baixa condição financeira e que, historicamente, vivem em condições precárias e às margens da sociedade. Sem solução, é sobre o lugar que os principais impactos continuam acontecendo e é sobre o ecossistema como um todo que eles se somam.

Com tudo isso em evidência, entendo que o poder público pode e deve oferecer melhores condições e opções de regularização do tratamento de esgoto às comunidades rurais, principalmente em casos onde há dificuldade financeira dos moradores. No caso específico de Gramado, a Prefeitura Municipal conta com profissionais qualificados e habilitados para tal: engenheiro químico, engenheiro sanitário, engenheiro civil, biólogo, arquiteto, entre outros.

Espero ao final, contribuir com o processo de legalização do loteamento ao dispor de um projeto técnico, mas sobretudo para pensar em políticas públicas sendo realizadas na perspectiva de unir os serviços dos técnicos do poder público às

necessidades das comunidades mais carentes. Ao final, teremos um ambiente mais preservado para as atuais e futuras gerações.

RESUMO

Autor: Arthur Fernandes Domingos. **Título:** O Uso de Tecnologia Social para Tratamento de Esgoto Doméstico numa Comunidade Rural de Gramado/RS.

Esse trabalho apresenta uma proposta de Tecnologia Social (TS) para o tratamento de esgoto doméstico na área rural de Gramado/RS, utilizando basicamente os materiais de pneus de caminhão e sistema de raízes *wetland*. O objetivo é demonstrar a viabilidade social, técnica e econômica do sistema proposto para um núcleo urbano de uma área rural de Gramado por meio de um projeto hidrossanitário contendo o detalhamento gráfico, cálculo dos volumes de tratamento, custos de implantação do sistema e método construtivo. Para isso foi realizado um mapeamento da situação urbanística da área com o auxílio de veículo aéreo não tripulado (drone), gerando uma planta de localização de 19 edificações unifamiliares. As residências foram agrupadas em sete células, levando em consideração a proximidade entre elas, o escoamento do efluente por gravidade e o número de pessoas. Os critérios técnicos para o dimensionamento da fossa séptica e filtro anaeróbico foram baseados nas normas brasileiras NBR7229/1993 e NBR13969/1997. Por não haver norma técnica brasileira sobre o tema, a dimensão do sistema *wetland* foi obtida por meio do cálculo proposto por Andrade et al (2012). Concluiu-se, ao término, que o uso do sistema proposto nesse trabalho apresenta-se como uma tecnologia social gerando uma economia aproximada de 87% em comparação com o uso do sistema convencional e que o poder público poderia adotar uma estratégia de fomento fornecendo apoio técnico para elaboração do projeto, fornecimento das máquinas para escavação, licenciamento diferenciado e oferecimento de cursos de formação para as comunidades rurais. Ainda, o sistema proposto nesse trabalho contribui para uma boa prática relacionada ao reaproveitamento do resíduo pneu de borracha, resultando num sistema de tratamento mais sustentável, impedindo o escoamento de efluentes não tratados para cursos d'água.

Palavras-Chave: Saneamento rural. Tecnologia Social. Fossa séptica sustentável. *Wetland*.

ABSTRACT

Author: Arthur Fernandes Domingos. **Title:** The Use of Social Technology for the Treatment of Sewage in a Rural Community of Gramado / RS.

This paper presents a Social Technology (TS) proposal for the treatment of domestic sewage in the rural area of Gramado / RS, using basically the materials of truck tires and the system of wetland roots. The objective is to demonstrate the social, technical and economic viability of the proposed system for an urban center of a rural area of Gramado by means of a hydrosanitary project containing graphic detailing, calculation of treatment volumes, system implementation costs and constructive method. For this, a mapping of the urban situation of the area was carried out with the aid of an unmanned aerial vehicle (drone), generating a plan to locate 19 single-family buildings. The residences were grouped into seven cells, taking into account the proximity between them, the effluent flow by gravity and the number of people. The technical criteria for the design of the septic tank and anaerobic filter were based on Brazilian standards NBR7229 / 1993 and NBR13969 / 1997. As there was no Brazilian technical standard on the subject, the dimension of the wetland system was obtained through the calculation proposed by Andrade et al (2012). It was concluded at the end that the use of the system proposed in this work presents itself as a social technology generating an economy of approximately 87% in comparison to the use of the conventional system and that the public power could adopt a development strategy providing support technical support for the elaboration of the project, provision of excavation machines, differential licensing and the offering of training courses for rural communities. Moreover, the system proposed in this work contributes to a good practice related to the reuse of the rubber tire residue, resulting in a more sustainable treatment system, preventing the flow of untreated effluents into watercourses.

Keywords: Rural sanitation; Social Technology; Sustainable septic tank; Wetland.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema da organização teórica e conceitual da pesquisa	19
Figura 2 – Gráfico da evolução da população brasileira rural e urbana entre décadas de 1960 e 2010	26
Figura 3 – Gráfico comparativo do tipo de esgotamento sanitário rural e urbano no Brasil.....	30
Figura 4 – Fotografia de uma construção de fossa rudimentar.....	31
Figura 5 – Fluxograma do sistema proposto nesse trabalho.	36
Figura 6 – Sistema Fossa Séptica e Filtro Anaeróbio.....	39
Figura 7 – Detalhamento do Tanque Séptico	41
Figura 8 – Detalhes dos tipos de câmaras dos Tanques Sépticos	41
Figura 9 – Esquema geral do sistema de tanque séptico	42
Figura 10 – Filtro anaeróbio circular com entrada única de esgoto	43
Figura 11 – Tipos de <i>wetlands</i> construídas	49
Figura 12 – WC de fluxo superficial.....	49
Figura 13 – WC de fluxo subsuperficial vertical.....	50
Figura 14 – WC de fluxo subsuperficial horizontal.....	51

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Exemplos de TS com suas respectivas descrições e locais de uso.....	23
Quadro 2 – Comparativo de sistema aeróbio e anaeróbio	36
Quadro 3 – Vantagens e desvantagens das <i>wetlands</i> construídas (WC)	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estimativa de eficiência esperada de acordo com o nível de tratamento 38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
BID – BANCO INTERAMERICANO DE RECONSTRUÇÃO E DESENVOLVIMENTO
CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE
COREDE – CONSELHOS REGIONAIS DE DESENVOLVIMENTO DO RIO GRANDE DO SUL
CORSAN – COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO
CW – WETLANDS CONSTRUÍDAS
DBO – DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO
EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
FA – FILTRO ANAERÓBIO
FBB – FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL
FS – FOSSA SÉPTICA
FUNASA – FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE
IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA
IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONOMIA APLICADA
MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
PLANASA – PLANO NACIONAL DE SANEAMENTO
PLANSAB – PLANO NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO
PMSB – PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO
PNAD – PLANO NACIONAL POR AMOSTRA DE DOMICÍLIO
PNSB – PLANO NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO
PNSR – PLANO NACIONAL DE SANEAMENTO RURAL
SINIR – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS
SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1. OBJETIVOS.....	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 TECNOLOGIA SOCIAL (TS).....	19
2.1.1 Exemplos de Tecnologias Sociais	22
2.2 EXPANSÃO URBANA.....	25
2.2.1 O avanço do urbano sobre o rural: Loteamentos irregulares	27
2.3 ESGOTAMENTO SANITÁRIO	29
2.3.1 Tratamento do esgoto doméstico	33
2.3.1.1 <i>Sistema coletivo: Estação de tratamento de esgoto domiciliar</i>	37
2.3.1.2 <i>Sistema individual: Tanques sépticos e Filtros anaeróbios</i>	38
2.4 O USO DE PNEUS DE BORRACHA NA CONSTRUÇÃO DOS FILTROS	44
2.5 ECOTECNOLOGIA E O USO DE WETLAND	46
2.5.1 Sistema de áreas alagadas: Wetland na absorção do efluente	47
2.5.1.1 <i>Macrófitas</i>	52
3 ARTIGO	54
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
REFERÊNCIAS	84
ANEXO I – ABES: NORMAS PARA SUBMISSÃO DE ARTIGO	93
ANEXO II – MAPA DE ZONEAMENTO DE GRAMADO/RS	94

1 INTRODUÇÃO

Essa dissertação trata de uma proposta de elaboração de um projeto técnico a fim de possibilitar a implantação do tratamento de esgoto domiciliar, por intermédio de uma Tecnologia Social (TS), num loteamento em Gramado, localizado na NU-4 (Núcleo Urbano Quatro), Linha Ávila Alta. Os núcleos urbanos do município foram indicados pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (PDDI) em 2014 e são caracterizados por aglomerações com todas as características urbanas, estando os mesmos localizados fora do perímetro urbano principal do município.

Para isso, a ecotecnologia escolhida foi o sistema fossa séptica e filtro anaeróbio adaptados com o uso de pneus de caminhão inservíveis em substituição às caixas de polietileno/fibra de vidro e sistema de lotos cultivados (*wetland*) em detrimento aos sumidouros convencionais. A escolha por esse método de tratamento de esgoto doméstico deu-se, principalmente, devido às fossas serem um método simples e eficiente para o tratamento de efluentes domésticos, além da ampla divulgação nacional.

A execução de obras em infraestrutura, tais como esgoto sanitário, abastecimento de água potável, arruamento e pavimentação, são quesitos básicos para que o poder público e judicial possa de fato regularizar um loteamento desmembrado, situado numa zona rural. No entanto, a construção de um sistema de esgotamento sanitário depende exclusivamente dos recursos do proprietário, acompanhamento de um técnico, sendo necessário um licenciamento ambiental junto a prefeitura. Todo esse processo, muitas vezes, afasta o morador das tecnologias ambientais apropriadas, fazendo-o optar pela construção de fossas rudimentares ou simplesmente conectar o esgoto não tratado às redes pluviais ou aos leitos de cursos d'água próximos.

É comum no país, devido as formas de ocupação, que na área rural ocorra o parcelamento do solo. Com isso, antigas glebas rurais estão sendo fracionadas para facilitar sua venda. Em Gramado, devido ao aumento dos serviços de turismo, ocorre uma atração de trabalhadores que vem para o município em busca de novas oportunidades. Em função do preço da terra e alugueis elevados na área urbana, essas pessoas tendem a comprar lotes em áreas irregulares, isto é, loteamentos rurais

fracionados por pequenos proprietários¹ que ainda não possuem a documentação legal do parcelamento do solo desses terrenos. Geralmente, são lotes formados com arnuamentos precários, mas que tem acesso à energia elétrica e água encanada, mas que apresentam uma situação precária de esgotamento sanitário.

Para esse estudo foi selecionada um loteamento situado na ZR U4 que está em processo de legalização fundiária, muito por conta da Lei Nº 3296, de 21 de julho de 2014, que dispõe um novo Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (PDDI) para o município². Conforme esse documento, o parcelamento do solo, bem como outras atividades urbanas, nas zonas de expansão urbana, poderá ser autorizado pelo município, desde que existam condições básicas para implantação do empreendimento pretendido. Mas para isso, necessariamente, foram criados os Núcleos Urbanos (NU), com um zoneamento específico, definindo as atividades ali pretendidas e obedecendo a legislação pertinente. Os NU são caracterizados por aglomerações com todas as características urbanas, estando os mesmos localizados fora do perímetro principal das cidades (GRAMADO, 2014).

Importante destacar que o cenário futuro em Gramado decorrerá de uma pressão econômica, conseqüentemente política, para a expansão territorial da área urbana sobre esses núcleos. O município possui elevados níveis de qualidade de vida e atrai cada vez mais o seguimento de construção civil, turistas e trabalhadores. Atualmente, todo esse crescimento econômico das últimas décadas reflete-se numa configuração de cidade urbanizada, pois dos 37.225 habitantes, apenas 4.100 (somente 11%) moram na área rural do município (IBGE, 2017), muito por conta da sua base econômica ser no seguimento turístico, que gera cerca de 90% da receita municipal.

Conforme o Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal³ (FIRJAN, 2016), Gramado é o 9º município do estado do Rio Grande do Sul no desempenho das áreas de emprego e renda, saúde e educação, com o indicador de 0,8542, o que lhe qualifica

¹ Conforme o Plano Diretor do Município (2014) é considerado zona rural em Gramado aquele lugar onde as glebas e são mantidas com atividades agropecuárias, tendo como complemento o agroturismo, agroindústrias familiares, entre outras atividades afins, devendo ser observado, no caso de parcelamento do solo, o módulo mínimo de três hectares.

² No Anexo 1 é possível observar no mapa do Zoneamento do PDDI de Gramado, a ZRU e o Loteamento na Linha Ávila Alta.

³ Reúne dados de 2016 – os últimos disponíveis, conforme a entidade. O indicador varia de 0 a 1 ponto. Quanto mais próximo de 1, melhor o desempenho do município. As cidades são divididas em quatro categorias: baixo desenvolvimento (0 a 0,4), desenvolvimento regular (0,4 a 0,6), desenvolvimento moderado (0,6 a 0,8) e alto desenvolvimento (0,8 a 1).

com um grau de “alto desenvolvimento”. Outro índice importante é o de Desenvolvimento Humano (IDH), que é utilizado para aferir o grau de desenvolvimento de uma determinada sociedade nos quesitos de educação, saúde e renda. Gramado atualmente tem um índice muito alto, 0,764⁴. Em 2010, a pesquisa para calcular o IDH mostrou que 79% da população na faixa etária de 18 anos ou mais era economicamente ocupada, sendo que 5,76% trabalhavam no setor agropecuário, 0,10% na indústria extrativa, 20,75% na indústria de transformação, 6,97% no setor de construção, 0,18% nos setores de utilidade pública, 14,47% no comércio e 47,06% no setor de serviços (PNUD, 2010).

Mesmo com esses elevados índices, estudos realizados a partir de um diagnóstico ambiental pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Gramado (SMMA), constatou-se que a situação atual de saneamento básico é de alta gravidade, com estações de tratamento sem licença ambiental, ineficientes e que causam forte poluição nos arroios e córregos, ampliando os riscos de contaminação das fontes naturais de água (GRAMADO, 2014). Portanto, além da urgência de resolver as áreas onde deveriam ocorrer o tratamento correto dos esgotos em estações de tratamento, existe uma parcela territorial que não chega a rede para ligar-se ao tratamento integrado.

A opção de propor um projeto de esgotamento domiciliar para auxiliar o parcelamento do solo de um loteamento por meio de uma Tecnologia Social (TS) partiu dos estudos em sua própria concepção participativa e alternativa, de mercado justo e adequados a realidade das comunidades que se propõem a legalizar seu terreno. Propicia uma parceria entre os técnicos da Prefeitura de Gramado, o Ministério Público e os moradores locais e, portanto, afinado com a proposta do Curso de Mestrado Profissional em Ambiente e Sustentabilidade.

Pesquisas de Serafim e Dias (2013), Costa e Guilhoto (2014), Peres, Hussar e Beli (2010) apontam alternativas para o tratamento de esgoto que vêm sendo implantadas em áreas rurais, por meio de tecnologias sociais. Entre elas, as fossas sépticas biodigestoras, que foram desenvolvidas, em 2001, pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Apesar de eficientes, são de custos mais

⁴ A dimensão que mais contribui para o IDHM do município é Longevidade, com índice de 0,861, seguida de Renda, com índice de 0,783, e de Educação, com índice de 0,66.

elevados do que a proposta desse projeto e não levam em consideração o reaproveitamento de resíduos pneumáticos e o uso de sistemas alagados.

TS são tecnologias que buscam um crescimento interno compatível com as necessidades de cada comunidade e que surgem a partir dela. São iniciativas sustentáveis, passíveis de aplicação em outros lugares e considerando a participação coletiva e integrada no processo de implementação. Como é possível perceber, trata-se de uma definição bastante ampla, pois, ainda que confira um caráter às técnicas e metodologias (que devem ser transformadoras e participativas) e também um objetivo (inclusão social e melhoria das condições de vida), muito resta a ser descrito com mais precisão.

Para Bava (2004), mais do que a capacidade de implementar soluções para determinados problemas, TS pode ser vista como métodos e técnicas que impulsionam processos de empoderamento das representações coletivas para prepará-las para disputar, nos espaços públicos, as alternativas de desenvolvimento que se originam das experiências inovadoras e que se orientam pela defesa dos interesses das maiorias e pela distribuição de renda. Para o autor, as tecnologias sociais fazem toda a diferença para as comunidades, pois dão novo sentido à ideia da descentralização e da municipalização dos serviços públicos.

Dagnino (2014) diz que para a gestão público municipal Tecnologia Social é considerada uma solução de desenvolvimento sustentável que procura resolver os variados problemas das áreas rurais oriundas de legislações defasadas aliada a baixos recursos financeiros. De acordo com Esrey (1996), a zona rural é uma área praticamente inexistente aos olhos dos gestores municipais. Para ele, a falta de tratamento do esgoto sanitário doméstico traz várias consequências negativas para a sociedade, sendo que a saúde lidera como a principal variável impactada pelas condições sanitárias insuficientes da população. Nesse contexto, a consequência da falta de tratamento de esgoto, seja rural ou urbano, ocasiona diversas doenças à população.

Em geral, os esforços públicos são dedicados a afastar da vista comum tudo o que seja desagradável à comunidade sem necessariamente envolvê-la na problemática ambiental (EIGENHEER, 2009). Contudo, o autor afirma que a adoção de soluções no âmbito residencial, tais como as fossas sépticas, esbarra na barreira tecnológica do setor, em virtude da legislação ambiental e da falta de regulação específica, uma vez que a adoção de soluções particulares demanda uma adequação

da moradia, muitas vezes de baixa renda, e a fiscalização das estruturas a fim de evitar a contaminação do lençol freático.

Para além de buscar uma alternativa para Gramado, devemos lembrar que no Brasil cerca de 24 milhões de brasileiros ainda sofrem com o problema crônico e grave da falta de saneamento básico. Os motivos vão desde a ausência de prioridade nas políticas públicas até a própria cultura do morador, que não vê o saneamento básico como uma necessidade (EMBRAPA, 2018).

A reflexão sobre o tema se justifica mediante à constatação de que, tradicionalmente, existem extensas redes coletoras de esgoto para atender os sistemas urbanos, sendo que as águas residuais são encaminhadas às estações de tratamento de esgoto de grande porte, garantindo ganhos operacionais e financeiros a medida que os usuários vão se agregando à rede (SANTOS et al, 2015). Entretanto, tais técnicas necessitam de altos investimentos tanto em sua construção, quanto na sua operação e manutenção (MASSOUD et al., 2009), o que torna relevante o debate sobre a utilização de soluções alternativas para regiões de baixa densidade populacional, ou seja, comunidades rurais e pequenos núcleos urbanos.

Conforme indicado no Plano Municipal de Saneamento Básico de Gramado (GRAMADO, 2016), o município estruturou a gestão dos serviços públicos de abastecimento de água potável e de esgotamento sanitário, por intermédio de sua estrutura administrativa, exercer o seu poder de inspeção e fiscalização⁵. Diante desse cenário, é necessário que se proponham soluções viáveis para o saneamento em áreas rurais, que sejam seguras, acessíveis, simples de serem implantadas e que estejam de acordo com a realidade e peculiaridades de cada município. E essas soluções devem, necessariamente, prever a participação ativa dos usuários finais, conforme nos traz Ostrom (1996) e Bovaird (2007) e que se adequam às chamadas tecnologias sociais.

1.1 OBJETIVOS

Elaborar um projeto técnico de um sistema coletivo alternativo de tratamento de esgoto doméstico por meio de uma Tecnologia Social, para uma comunidade rural

⁵ Lei Federal n.º 8.987/95, art. 3º, 29, I, 30 e parágrafo único; 31, V, 23, VII.

de Gramado, utilizando pneus de caminhões descartados para a construção da fossa séptica e filtro anaeróbio e leito cultivado para o sumidouro (*wetland*).

Para isso, serão desenvolvidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Realizar um mapeamento da área com a utilização de veículo aéreo não-tripulável (drone), a fim de elaborar uma planta base do loteamento;
- b) Apresentar o projeto de TS, cálculo do volume, custos e método construtivo do sistema de tratamento de esgoto cloacal como estudo de caso na área rural da Linha Ávila baixa com o uso de pneus de caminhões e leitos cultivados para uso coletivo;
- c) Comparar os custos entre dois sistemas de esgotamento sanitário: convencional e do Tecnologia Social (proposto).

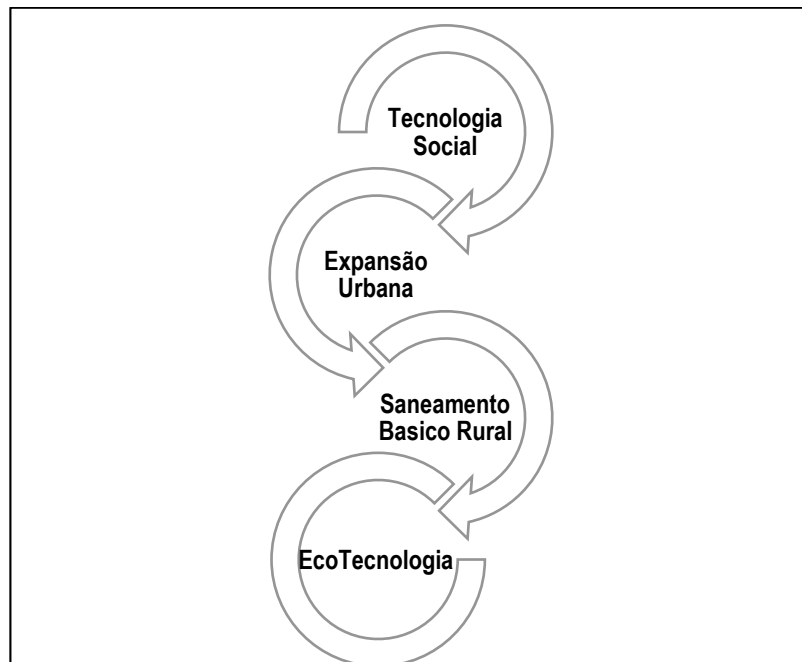
Para desenvolver esses objetivos, optou-se por uma abordagem metodológica quali-quantitativa, que se desenvolveu em três etapas, entre os meses de março de 2017 a setembro de 2018. Na primeira etapa foi realizada uma pesquisa exploratória, sendo que os dados secundários foram obtidos por intermédio da revisão bibliográfica em publicações nacionais e internacionais de livros, artigos científicos e periódicos sobre os temas tratados, e documentos técnicos. Num segundo momento, foram realizadas duas visitas campos para obter informações dos moradores e proprietário do loteamento. Para a obtenção da base para o mapeamento utilizou-se um veículo aéreo não tripulado (drone) e controlado remotamente, que a partir de *software* possibilitou a elaboração do projeto final. A obtenção da imagem ocorreu a campo em julho de 2018 e o tratamento dela em laboratório.

A apresentação do escopo dissertativo, apresentado a seguir, ocorre com os seguintes capítulos: (i) capítulo introdutório, justificando a realização do trabalho e os objetivos almejados, (ii) uma revisão bibliográfica apresentando a base teórica conceitual acerca dos temas abordados, (iii) um artigo a ser encaminhado a Revista da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, conforme as normas exigidas do periódico (ANEXO 1), com a apresentação do projeto do esgotamento sanitário com uso de Tecnologia Social, e; (iv) as considerações finais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esse capítulo tem por objetivo a sustentação argumentativa sobre os temas a serem abordados nessa dissertação, fornecendo o arcabouço do embasamento teórico e, principalmente, conceitual para o artigo. Portanto, apresentará a fundamentação orgânica da pesquisa que possibilitou a elaboração do projeto final, que são: Tecnologia Social, Expansão Urbana, Saneamento Básico e EcoTecnologia (fig. 1).

Figura 1 – Esquema da organização teórica e conceitual da pesquisa



Fonte: Autor (2019).

2.1 TECNOLOGIA SOCIAL (TS)

De uma forma simples podemos afirmar, inicialmente, que TS compreende produtos, técnicas e/ou metodologias replicáveis, desenvolvidas na interação com a comunidade e que representam efetivas soluções de transformação social.

No entanto, tratar de TS significa abordar processos que, concomitantemente, inserem-se na agenda contemporânea do conhecimento, como também tratar das ações concretas e dos resultados alcançados por meio do trabalho de pessoas que

resolveram problemas, inspiradas pela sabedoria e mobilização popular e, em algumas situações, com o apoio de pesquisadores e gestores públicos.

Fernandes e Maciel (2010) defendem que ao tratar da concepção de TS deve-se reconhecer a diversidade de fatores que estão implicados na construção e no desenvolvimento dela, que são sustentados por valores de justiça social, democracia e direitos humanos. Entre eles, as autoras citam:

- a) Transformação social,
- b) Participação direta da população,
- c) Sentido de inclusão social,
- d) Melhoria das condições de vida,
- e) Atendimento de necessidades sociais,
- f) Sustentabilidade socioambiental e econômica,
- g) Inovação,
- h) Capacidade de atender necessidades sociais específicas,
- i) Organização e sistematização da tecnologia,
- j) Diálogo entre diferentes saberes (acadêmicos e populares), a acessibilidade e a apropriação das tecnologias,
- k) Difusão e ação educativa,
- l) Construção da cidadania e de processos democráticos,
- m) Busca de soluções coletivas;
- n) Entre outros.

Para Novaes e Dias (2009, p.19), tais características, acima citadas, demonstram o quanto a TS está voltada para a “produção coletiva e não mercadológica” e, da mesma forma, está “mais imbricada a realidades locais, de modo que pudesse gerar respostas mais adequadas aos problemas colocados em um determinado contexto”.

A tecnologia social é um conceito que remete para uma proposta inovadora de desenvolvimento, baseada na disseminação de soluções para problemas voltados a demandas de água, alimentação, educação, energia, habitação, renda, saúde e meio ambiente, dentre outras. Esses “problemas” podem nascer do anseio de uma comunidade ou do ambiente acadêmico, e, ainda, aliar saber popular e conhecimento técnico-científico. O importante é sua eficácia multiplicável, de desenvolvimento em escala, de geração de renda e preservacionista ambientalmente (FERNANDES; MACIEL, 2010).

Segundo Dagnino (2004), as Tecnologias Sociais (TS) surgiram após a decadência do conceito de Tecnologias Convencionais (TC) e Tecnologias Apropriadas (TA). As TC já são muito conhecidas pela iniciativa privada e visam à maximização dos lucros das empresas, limitando a inclusão social, a preocupação com o meio ambiente e a quantificação dos impactos econômicos local. Para ele, TC é inerentemente poupadora de mão de obra e exploratória, alienante e hierarquizada, pois seu objetivo é maximizar a produtividade para acumular capital, ainda que isso tenha efeitos negativos sobre a disponibilidade e qualidade dos empregos. Rutkowski (2005) corrobora com Dagnino, ao afirmar que as TC têm, de forma geral, necessidades e demandas das camadas empresariais e ricas da população. Ele justifica ainda que os problemas das TC estão em sua essência na sua forma de ser usada, pois a mesma usa da supremacia e dominação de alguns grupos em detrimento ao envolvimento de todas as camadas da sociedade.

Devido à necessidade do uso de uma tecnologia mais inclusiva e adequada à realidade da população mundial, Novaes e Dias (2009) lembram que o movimento de Tecnologia Apropriada (TA) surgiu na Índia em 1920 por intermédio das ideologias de Gandhi. Dagnino (2010) afirma que entre os anos 1970 e 1980, os pesquisadores dos países desenvolvidos se interessaram pela técnica e começaram a produzir vários trabalhos científicos sobre o tema.

Dagnino (1976, p.86) conceitua TA como “um conjunto de técnicas de produção que utiliza de maneira ótima os recursos disponíveis de certa sociedade maximizando, assim, seu bem-estar”. Para ele, o objetivo principal das TA é minimizar a pobreza em países pobres, havendo uma preocupação também com as questões ambientais e sociais da população. Em seu trabalho, o referido autor afirma ainda que as características das TA contavam com a efetiva participação da comunidade no processo decisório de escolha tecnológica, a simplicidade, o baixo custo de investimentos para implementação, o emprego de recursos renováveis, a otimização do bem-estar da população, dentre outros.

De acordo com Fraga (2011), a década de 1970 foi importante para o crescimento e disseminação das TA, sendo que houve o crescimento do número de propostas oriundas dos países desenvolvidos voltadas para resolver problemas relacionados à pobreza dos países subdesenvolvidos. O referido autor caracteriza as propostas de TA como simples, de baixo custo e fácil replicação. Brandão (2006) afirma que as TA foram introduzidas no Brasil no âmbito das políticas públicas, no ano

de 1981, por meio das ações do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

Para Novas e Dias (2009), as TA perderam força a partir do ano de 1980, com o advento e crescimento do neoliberalismo, esse último caracterizado por Rodrigues e Barbieri (2008, p.1074) como “a reestruturação industrial dentro do que ficou conhecido como processo de globalização econômica conduzido pela ótica do mercado”.

Conforme Fundação do Banco do Brasil (2013), a TS desdobra-se do conceito e das práticas de TA, mas incorpora alguns elementos importantes como o ator envolvido na formulação da tecnologia, sendo este o principal fator de mudança. Dagnino, Brandão e Novaes (2004) salientam que o conceito de TS surgiu a partir das Incubadoras Tecnológicas de Cooperativas Populares, Redes de Economia Solidária e empreendimentos autogestionários.

Importante ressaltar que a TS não concorda com a ideia de que somente universidades, institutos públicos de pesquisa ou organizações da sociedade civil escolham o problema a ser enfrentado e construam soluções tecnológicas de maneira isolada dos usuários-produtores (FRAGA, 2011). Conforme o referido autor, a tecnologia não pode ser vista como um artefato isolado, pois ela carrega seu contexto e se relaciona com diversos aspectos da sociedade, sendo produto e resultado desses aspectos e gerando impacto sobre eles. O mesmo pensa Dagnino (2012, p.02), ao conceituar a TS como “artefatos ou processos que resultam da ação de um empreendimento em que a propriedade dos meios de produção é coletiva, onde os trabalhadores realizam atividades econômicas de modo autogestionário e a gestão e alocação dos resultados é decidida de forma participativa e democrática”.

2.1.1 Exemplos de Tecnologias Sociais

Vários exemplos de TS já foram disseminados no Brasil e são apresentados pela Rede de Tecnologia Social (RTS, 2011) e Fundação Banco do Brasil (2013). O quadro 1 indica alguns exemplos de TS promovidos pela FBB.

Quadro 1 – Exemplos de TS com suas respectivas descrições e locais de uso

TS	ESTADO	DESCRIÇÃO
Calha Alternativa	Pernambuco	Micro experiência na Região Metropolitana de Recife em que um garoto desenvolveu uma tecnologia baseada em calhas feitas de garrafa pet cujo objetivo é reduzir o assoreamento do solo em regiões com risco de desabamento.
Cisterna nas Escolas	Bahia	Ação de uma organização da sociedade civil com financiamento do Governo do Estado da Bahia, que implanta cisternas para consumo de água e produção de hortas em escolas públicas sem acesso à rede de abastecimento de água.
Fundos Rotativos Solidários	Paraíba	Os fundos rotativos solidários são instâncias autogestionária de poupança comunitária e articulação social, muitas vezes utilizados para a construção de cisternas, bancos de sementes e outras tecnologias sociais.
Reciclagem Resíduo Eletroeletrônico	Santa Catarina	Experiência que desenvolveu uma máquina para que catadores de materiais recicláveis reciclem monitores de computador, contribuindo para reduzir o lixo eletrônico jogado em aterros e lixões. A aplicação da tecnologia social visa integrar os catadores no ciclo de gestão dos resíduos eletroeletrônicos.
Escola de Formação Empreendedores Rurais	Bahia	Uma escola que alterna períodos letivos de frequência presencial e períodos em casa, oferecendo educação contextualizada para jovens de áreas rurais. O estudo sugere a possibilidade de se utilizar tecnologia social como instrumento pedagógico.
Horta Urbana Comunitária	Paraná	Política Pública Municipal de Maringá de implantação de hortas comunitárias urbanas. Vencedora do Prêmio FBB de Tecnologias Sociais em 2011.
Programa Água Doce	Paraíba	O Programa implanta dessalinizadores em regiões onde há água subterrânea salobra. O diferencial é

		o trabalho realizado para que as comunidades beneficiadas assumam a gestão autônoma dos sistemas e se apropriem de seu funcionamento, reduzindo assim a dependência do abastecimento pelo “mercado da seca”.
--	--	--

Fonte: Autor (Compilado de FBB, 2013, p.15).

Maciel e Fernandes (2011) destacam outras TS já disseminadas no Brasil, que são: Pequenos açudes denominados “Barraginhas”, que são construídos para a captação de águas pluviais; Encauchados de Vegetais da Amazônia, que combina técnicas ancestrais de saber indígena no manuseio do látex nativo com as tecnologias usadas nas indústrias para a transformação da borracha; Rede Industrial de Confecção Solidária (RICS) formada por grupos de trabalhadoras gaúchas. Os autores citam ainda a TS denominada Produção Agroecológica Integrada e Sustentável (PAIS), que se trata de um modelo circular de agricultura orgânica com atuação no Brasil e El Salvador.

No Rio Grande do Sul podemos citar como exemplo a Cooperativa de Costureiras Unidas Venceremos, localizada em Porto Alegre. Fundada em 23 de maio de 1996 por mulheres entre 18 e 70 anos tem o objetivo de promover geração de renda e trabalho de forma coletiva. Atualmente a cooperativa tem 24 cooperadas que produzem peças de vestuário como camisetas e uniformes, além da confecção e gestão na comercialização das peças da Rede Justa Trama (UNISOL, 2019).

Como projeto desenvolvimento a partir da temática saneamento rural e TS podemos citar o “Plantando Águas”, coordenado pela Iniciativa Verde e patrocinado pela Petrobras Ambiental. O projeto integra, entre outras ações, tecnologias sociais de baixo custo desenvolvidas pela Embrapa Instrumentação (São Carlos/SP), destinadas ao saneamento básico rural, como a Fossa Séptica Biodigestora e o Jardim Filtrante. A Iniciativa Verde, também conhecida como *The Green Initiative* (TGI), é uma associação civil que desde 2005 trabalha com temas como mudanças climáticas, recomposição florestal, manejo sustentável de florestas, serviços ambientais e educação ambiental (REVISTA INICIATIVA VERDE, 2014).

O mesmo sistema de saneamento básico rural desenvolvido pela Embrapa Instrumentação já faz parte, desde 2016, de estratégia similar na estância turística do município de Holambra (São Paulo), e também compõe projetos de recuperação

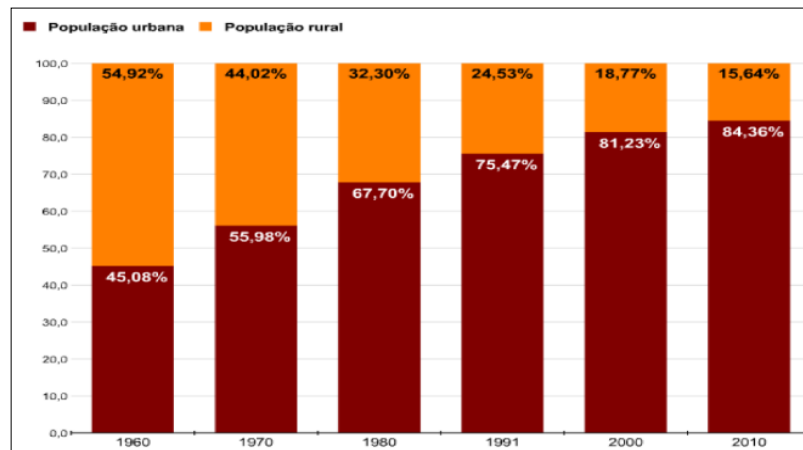
ambiental, como o desenvolvido pelo Instituto Terra, em Aimorés (Minas Gerais). A Fossa Séptica Biodigestora trata o esgoto do vaso sanitário de forma eficiente; o efluente do sistema, rico em nitrogênio e outros nutrientes, pode ser utilizado no solo como fertilizante. A montagem conta com um conjunto básico da tecnologia, projetado para uma residência com cinco moradores. São três caixas d'água de 1000 litros (fibrocimento, fibra de vidro, alvenaria, ou outro material que não deforme), tubos, conexões, válvulas e registros. A tubulação do vaso sanitário é desviada para a Fossa Séptica Biodigestora, onde o esgoto doméstico, com o auxílio de um pouco de esterco bovino fresco, é tratado e transformado em adubo orgânico pelo processo de biodigestão anaeróbia. Toda a implantação é realizada pelo produtor rural, em sistema de mutirão junto a prefeitura, depois de um curso de capacitação (EMBRAPA,2019).

2.2 EXPANSÃO URBANA

O crescimento populacional nas grandes cidades é um processo mundial, desde a Revolução Industrial entre os séculos XVIII e XX, que culminou com a saída de famílias do campo para as grandes cidades em busca de melhores condições de vida. No Brasil, o processo de expansão urbana se iniciou a partir da década de 1950, também com o advento da industrialização. Até então, o país era predominantemente rural. Esse fenômeno de crescimento do urbano sobre o rural tem se tornado um dos principais fatores geradores de problemas de caráter socioambiental, principalmente devido à falta de políticas públicas no que se refere à criação de medidas de ordenamento no processo de ocupação territorial, tanto no campo como na cidade.

Conforme evidenciado na figura 2, a seguir, a dinâmica do crescimento da população brasileira possui como tendência o aumento significativo da população urbana, frente à população rural, desde os anos de 1970. O último censo demográfico realizado pelo IBGE em 2010 mostra que a taxa de urbanização média da população foi de 84,4%, indicando que o Brasil Urbano é significativamente maior do que o Brasil Rural.

Figura 2 – Gráfico da evolução da população brasileira rural e urbana entre as décadas de 1960 a 2010



Fonte: IBGE (2010).

Juridicamente, o primeiro instrumento no país para definição no território qual área é rural ou urbana surgiu em 1938, com a emissão do Decreto-Lei 311, que afirmava que as áreas urbanas deveriam ter pelo menos 200 moradias (SEIFERT, 2008). Durante a história jurídica brasileira, houve poucas intervenções alterando esse conceito de área rural e urbana, exemplificando que o artigo 4º do Estatuto da Terra define o imóvel rural como “o prédio rústico, de área contínua qualquer que seja a sua localização que se destina à exploração extrativa agrícola, pecuária ou agroindustrial, quer através de planos públicos de valorização, quer através de iniciativa privada” (BRASIL, 1964).

Do ponto de vista jurídico, há uma legislação que oferece critérios objetivos para a determinação de áreas rurais e urbanas: o Código Tributário Nacional, estabelecido pela Lei Nº 5.172/1966 (SEIFERT, 2008). Procurando estabelecer critérios para a incidência do Imposto Predial Territorial Urbano (IPTU) e para o Imposto Territorial Rural (ITR), competências respectivamente dos municípios e da União, o Código Tributário (BRASIL, 1966) determinou que para uma área ser considerada urbana, a mesma deveria possuir pelo menos dois critérios das cinco opções dispostas a seguir:

- a) Meio-fio ou calçamento, com canalização de águas pluviais;
- b) Sistema de abastecimento de água;
- c) Sistema de esgotamento sanitário;

- d) Rede de iluminação pública, com ou sem posteamento para distribuição domiciliar; e
- e) Escola primária ou posto de saúde numa distância máxima de três quilômetros do imóvel

O Código Tributário Nacional utiliza os serviços públicos e infraestrutura para a definição da área rural e urbana. No entanto, apesar da existência desses critérios legais, a esfera municipal pode estabelecer suas próprias áreas urbanas e rurais, por meio de Lei Municipal. De acordo com Wirth (2015) essa possibilidade dos municípios delimitarem as suas áreas em discordância com o Código Tributário serve muitas vezes para eles classificarem grande parte das suas áreas como urbanas, arrecadando o imposto sobre território urbano para os cofres municipais. Braga et al. (2015) salientam que o Brasil não possui um critério legal unificado para definição da área rural ou urbana, sendo que essa definição fica a cargo das prefeituras de cada município.

Conforme Santoro (2004) a definição do que é urbano e rural para o planejamento do município é feita a partir da aprovação de lei municipal pela Câmara de Vereadores, por meio do Plano Diretor. Em cada localidade são desenhados os perímetros urbanos e rurais em função dos interesses e das perspectivas de desenvolvimento territorial do município. É no Plano Diretor Municipal que se estabelece a abertura de loteamentos nas áreas rurais, com empreendimentos e parcelamentos tipicamente urbanos

Uma das explicações possíveis para o interesse da expansão urbana pode ser o fato de que as terras rurais são mais baratas, o que aumenta o interesse em morar um pouco mais afastados dos centros. Além disso, a ocupação do solo é mais densa nas áreas rurais, o que promove maior desmatamento e algumas vezes o desassoreamento de cursos d'água, em função das ocupações, prejudicando a função socioambiental que o território rural tem, de oferecer proteção ao meio ambiente (SANTORO, 2004).

2.2.1 O avanço do Urbano sobre o Rural: Loteamentos Irregulares

A complexidade formada por espaço urbano e rural num município deve considerar um planejamento urbano bem definido, estruturado e abrangente que

relacione devidamente as relações entre sociedade e ambiente nos aspectos econômicos, sociais, físico-territoriais, ecológicos e administrativos (MOTA, 1999).

Andreoli *et al.* (2003) abordam que a ocupação desordenada do solo na área rural expõe uma gama de problemas gerados à população e aos gestores municipais. Os autores afirmam que esses problemas podem surgir devido a inexistência ou falha no planejamento urbano ou omissão do Poder Público na execução e/ou fiscalização do ordenamento do solo. Os referidos autores defendem ainda que a ausência de infraestrutura básica aos moradores de áreas irregulares no meio rural é uma das grandes causas de doenças que atingem as famílias.

O parcelamento do solo para fins urbanos somente é admitido em zonas urbanas, de expansão urbana ou de urbanização específica, assim definidas pelo Plano Diretor ou em Lei Municipal, restando excluídos os loteamentos para fins rurais (BRASIL, 1979). De acordo com o art. 3º da Lei nº 6.766/79, ao município compete, privativamente, delimitar o perímetro urbano dentro de seu território, notadamente para fins urbanísticos. Mas não cabe a essa esfera estabelecer critérios de definição de zona urbana ou de expansão urbana, sendo que cabe à Lei Urbanística estabelecer os requisitos que darão à área condição de urbana ou urbanizável, delimitando o perímetro urbano, as áreas de expansão urbana e os núcleos em urbanização. Sem tais condições, o parcelamento será ilegal, incidindo sobre os responsáveis as sanções penais do art. 50 da lei mencionada anteriormente, uma vez que, desde a Lei n.º 6.766/79, não pode mais ser autorizada a implantação de loteamento para sítios de recreio ou núcleos urbanos na zona rural.

Contudo, Stieflman e Garcez (2015) afirmam que há hipóteses em que as áreas rurais são, efetivamente, fracionadas irregularmente ao longo do tempo mediante loteamentos ou desmembramentos para destinação de famílias com características urbanas. As autoras levantam a questão sobre qual a legislação vigente para legalização dessas áreas, pois se tratam de situações consolidadas e que muitas famílias já vivem naquele lugar.

A resposta à pergunta acima foi dada pelo Provimento nº21/2011 da Corregedoria Geral da Justiça, o qual cria o “Projeto More Legal IV”, justamente objetivando atingir a possibilidade de regularização de local urbanizado situado em zona rural, mediante a valorização do critério da finalidade cumulado com a caracterização da situação consolidada. O Projeto referido acima atesta que a situação consolidada se refere a locais com construções existentes há mais de cinco

anos e com documentos aptos para comprovar essa existência. Há necessidade, ainda, de outros documentos para que haja a regularização fundiária: Projeto de Lei de Regularização fundiária aprovado pelo legislativo municipal, memorial descritivo e certidão atualizada da matrícula do imóvel. Importante ressaltar que o memorial descritivo deverá detalhar a execução da infraestrutura da área para a regularização fundiária.

No caso do município de Gramado, a lei urbanística vigente (Plano Diretor Municipal) por intermédio do seu Art. 47 afirma que a zona rural é caracterizada por glebas, onde são mantidas atividades agropecuárias, tendo como atividades complementares o agroturismo, agroindústrias familiares, dentre outras atividades fins. O referido artigo da legislação observa ainda que, no caso de parcelamento do solo na zona rural, o módulo mínimo a ser negociado deve ser de três hectares. O Art.46 da referida legislação conceitua que os núcleos urbanos são caracterizados por aglomerações com todas as características urbanas, estando os mesmos fora do perímetro urbano principal, sendo que o parágrafo 2º do referido artigo atesta que:

Para ocorrer parcelamento do solo com fins urbanos, na zona rural, sem que haja continuidade da zona urbana existente, necessariamente deverá ser criado um Núcleo Urbano (NU), com um zoneamento específico, definindo as atividades ali pretendidas e obedecendo o que prevê esta lei e as demais pertinentes, por meio de lei específica. (PLANO DIRETOR DO MUNICÍPIO DE GRAMADO/RS, 2014, p. 101).

Conclui-se, portanto, que, para parcelamentos de solo em área rural em situações consolidadas há mais de cinco anos e que o município queira proceder com a regularização fundiária, a mesma é possível desde que haja a aprovação de um Projeto de Lei Municipal transformando a área em um núcleo urbano. Para tal, caso haja a aprovação da referida lei e área seja transformada para fins urbanos, deverá haver a execução de infraestrutura para o loteamento conforme versa o Plano Diretor de Gramado.

2.3 ESGOTAMENTO SANITÁRIO

O percentual da população rural brasileira com acesso a uma forma adequada de esgotamento sanitário é semelhante aos percentuais da população rural em países como a Nigéria e Senegal (WHO/UNICEF, 2010). Dados do Banco Mundial (2016)

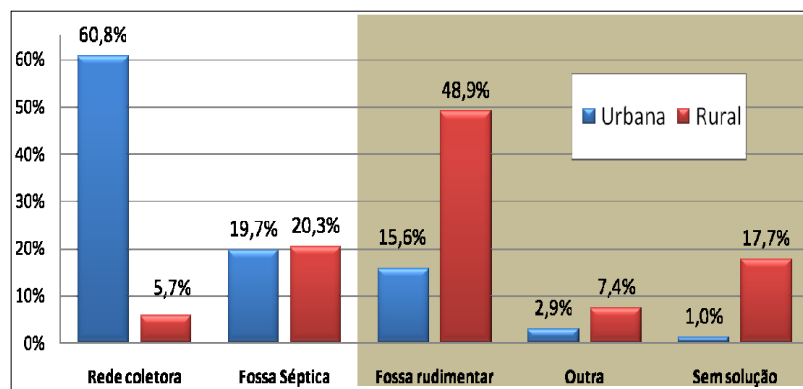
mostram que nos Estados Unidos 60 milhões de pessoas moram na área rural, sendo que 100% desta população tem acesso ao saneamento básico.

Segundo Silva e Nour (2005), as propriedades rurais recebem pouca atenção ao tratamento de efluentes líquidos pois, individualmente, não produzem quantidades elevadas de compostos poluidores, contudo apresentam um montante significativo quando são considerados as suas totalidades. Eles afirmam ainda que os efluentes da área rural são lançados no meio ambiente de forma dispersa e que causam uma poluição hídrica e do solo.

A inexistência de sistemas de tratamento e disposição adequada dos esgotos é responsável direta pela dificuldade no acesso a uma fonte de água segura (FUNASA,2012). Conforme cartilha publicada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e pela Fundação Banco do Brasil (2010), 58% da população rural tem acesso a uma fonte de água segura. Conseqüentemente, o número de casos de doenças com origem hídrica aumenta de forma expressiva, sendo que 75% das internações hospitalares estão relacionadas à falta de saneamento básico.

A figura 3 ilustra a situação do esgotamento sanitário na área urbana e rural do Brasil em 2009. Pode-se perceber que aproximadamente 74% dos domicílios rurais apresentam formas de esgotamento sanitário precárias, que poluem solo, lençol freático e os cursos d'água.

Figura 3 – Gráfico comparativo do tipo de esgotamento sanitário rural e urbano no Brasil



Fonte: IBGE/PNAD (2009).

A fossa rudimentar, também chamada de “fossa negra”, é o meio mais utilizado na área rural para coletar os esgotos domésticos. Consiste em uma vala vertical

escavada, onde são depositados os esgotos provenientes de uma residência. Ainda que seu aspecto construtivo é similar ao de um sumidouro, a disposição final do efluente, no entanto, ocorre sem o tratamento prévio realizado pelos tanques sépticos, gerando poluição dos recursos hídricos e solo (VON SPERLING, 2005). A figura 4 ilustra o aspecto construtivo do sistema.

Figura 4 – Fotografia de uma construção de fossa rudimentar



Fonte: Autor (2018).

É importante entender que o meio rural é heterogêneo, constituído de diversos tipos de comunidades, com especificidades próprias em cada região brasileira, exigindo formas particulares de intervenção em saneamento básico, tanto no que diz respeito às questões ambientais, tecnológicas e educativas, como de gestão e sustentabilidade das ações. No entanto, existe uma desigualdade regional no país que deve ser considerada nas políticas públicas de saneamento básico rural. O censo de 2010 do IBGE aponta que o esgotamento sanitário é a componente que possui maior percentual de domicílios na categoria "atendimento precário", com o uso da fossa rudimentar em mais da metade dos domicílios na maioria das regiões, sendo que na região Norte 49,7% dos domicílios utilizam fossa rudimentar e 41,6% tem como solução "outras formas". Já a região Sul é a que apresenta maior percentual de domicílios com soluções consideradas adequadas, ou seja, rede geral ou fossa séptica (31,7%). E a região Centro-Oeste possui um uso relativamente maior de fossas rudimentares que a média nacional (IBGE,2010).

A Política Federal de Saneamento Básico, instituída pela Lei Federal N°11.445/2007, tem como uma de suas diretrizes a garantia de meios adequados para

o atendimento da população rural dispersa, mediante a utilização de soluções compatíveis com suas características econômicas e sociais peculiares. O Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab), previsto nessa Lei, teve sua elaboração coordenada pelo Ministério das Cidades. A versão final do Plansab foi aprovada por meio da emissão da Portaria Interministerial Nº 571 de 05/12/13. O Plansab assume uma abordagem de planejamento com ênfase em uma visão estratégica de futuro (FUNASA, 2016).

Diante do atual panorama da Política Federal de Saneamento Básico, o Plansab determina a elaboração de três programas para sua operacionalização: Saneamento Básico Integrado; Saneamento Rural e Saneamento Estruturante (FUNASA, 2016). De acordo com o Plansab (2013), a coordenação do processo de elaboração e execução do Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR) é responsabilidade do Ministério da Saúde por intermédio da Funasa.

O PNSR terá como objetivo promover o desenvolvimento de ações de saneamento básico em áreas rurais com vistas à universalização do acesso, por meio de estratégias que garantam a equidade, a integralidade, a intersetorialidade, a sustentabilidade dos serviços implantados, a participação e controle social (PLANSAB, 2013). O Programa visa atender, por ações de saneamento básico, a população rural e as comunidades tradicionais, como as indígenas e quilombolas e as reservas extrativistas. Deverá, também, garantir a integração e interface com as demais políticas de Estado em andamento, como os Planos e Programas denominados: Brasil Quilombola, Territórios da Cidadania, Desenvolvimento Rural Sustentável, Reforma Agrária, Brasil Sem Miséria, entre outros. Dessa forma, a participação social e a integração de ações entre governo federal, estados e municípios são fundamentais para a construção e implementação do Programa (FUNASA, 2016).

O saneamento básico no Brasil constitui um grande desafio a ser alcançado e necessita de um maior envolvimento da sociedade como um todo sendo que os serviços de saneamento devem promover a qualidade de vida da população, bem como proteger os recursos naturais (TEIXEIRA, 2010).

Estudos do Banco Mundial (1993) estimam que o ambiente doméstico inadequado é responsável por quase 30% da ocorrência de doenças nos países em desenvolvimento. Guimarães, Carvalho e Silva (2007) explicam que investir em saneamento é uma das formas de se reverter o quadro existente. Segundo a

Organização Mundial de Saúde (WHO, 2014), para cada dólar investido em saneamento, principalmente em coleta e tratamento de esgotos sanitários, pode denotar uma economia de até 4,3 dólares gastos com saúde.

2.3.1 Tratamento do Esgoto Doméstico

A NBR 9648 (1986) define esgoto sanitário como despejo líquido constituído de esgoto doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária. A norma estabelece ainda que o esgoto doméstico é resultante do uso de água para higiene e necessidades fisiológicas humanas.

Conforme Barros et al. (1995), os esgotos domésticos são despejos líquidos resultantes do uso de água em residências, edifícios comerciais ou quaisquer instalações que possuam banheiros, lavanderias, ou outro dispositivo que permita o uso para fins domésticos. O autor descreve que o esgoto doméstico é composto por dejetos humanos, sabões e detergentes, óleos e graxas e águas de banho e lavagem.

Deve-se considerar que o esgoto doméstico é constituído por aproximadamente 99,9% de água e apenas 0,1% de poluentes. E é essa pequena porcentagem que torna necessário seu tratamento (BARROS et al., 1995 e VON SPERLING, 2005).

As características dos esgotos são bastante variáveis, pois se alteram conforme os usos à qual a água foi submetida (VON SPERLING, 2005). O autor cita que as características dos esgotos são dependentes dos usos à qual a água foi submetida e que variam com o clima do local, a situação social e econômica dos usuários, e com os hábitos da população.

Para Faustino (2007), uma das principais características dos esgotos sanitários é a presença de matéria orgânica, especialmente as fezes humanas. De acordo com Von Sperling (1996), a matéria orgânica presente nos esgotos é uma característica de suma importância, sendo a principal causadora da poluição das águas. O autor afirma que a presença de matéria orgânica nas águas eleva o consumo de oxigênio dissolvido pelos microrganismos durante os seus processos metabólicos.

Salienta-se que a determinação dos diversos compostos presentes nas águas residuais é complexa e necessita ser realizada em laboratório. Além disso, os resultados não são, usualmente, aplicados em projeto e na operação dos sistemas de tratamento de esgotos. Para tais fins, é preferível a utilização de parâmetros de

qualidade indiretos, que expressam o caráter e o potencial poluidor dos despejos. Esses parâmetros podem ser classificados em três categorias: físicos, químicos e biológicos (VON SPERLING, 1996).

Von Sperling (2005) destaca que as doenças de veiculação hídrica têm origem especialmente a partir das fezes humanas, sendo que, muitos microrganismos patogênicos são parasitas do intestino humano e são eliminados junto às fezes. Assim, por falta de apropriados sistemas de tratamento de esgotos, os despejos de origem humana alcançam com facilidade os corpos d'água superficiais ou subterrâneos.

Comumente costuma-se dividir os efluentes domésticos conforme a sua composição físico-química e biológica, sendo usual que sejam divididos em águas cinzas, negras e amarelas. Esses três tipos de efluentes domésticos possuem aspectos diferentes nos seus métodos de coleta, transporte, acondicionamento, tratamento e disposição (GONÇALVES et al, 2006).

As águas cinzas são as resultantes dos vários pontos de uso da água dentro do imóvel, como por exemplo as utilizações do chuveiro, lavatórios e pias de cozinha. Esse tipo de água não contém efluentes oriundos de vasos sanitários ou mictórios. A composição das águas cinzas é basicamente feita por sabão, espuma e demais produtos utilizados na limpeza. As águas negras são resultantes da descarga dos vasos sanitários, compondo-se principalmente de fezes, papel higiênico e urina. Na construção de um sistema de tratamento de esgoto genérico, ocorre a economia financeira caso apenas as águas residuais negras sejam direcionadas ao tratamento. Esse procedimento demandará um volume bem menor de efluente ao sistema, influenciando na construção de um mecanismo mais compacto e gerando um volume menor de subprodutos (GONÇALVES et al, 2006).

As fezes humanas detêm uma quantidade bem inferior de carga de nutrientes relacionado com a urina, porém, nutrientes como carbono são encontrados em bem mais quantidade nas fezes do que na urina, certos nutrientes como cálcio e magnésio são encontrados em parcelas iguais nos dois. As águas negras possuem um alto poder patológico, por isso não se indica seu reuso direto (BARROS FILHO; MESSANY JÚNIOR, 2014).

As águas amarelas resultam dos sistemas que dividem as fezes e a urina, como por exemplo os mictórios ou os vasos sanitários que contenham repartição de escolha entre fezes e urina (GONÇALVES et al, 2006). As águas amarelas são grandes fontes

de nitrogênio, sendo elas podem ser aproveitadas no ramo da agricultura para suprir insuficiências desse composto no solo. Barros Filho e Messany Júnior (2014) afirmam ainda que, aproximadamente, 80% do nitrogênio encontrado na urina está na forma de ureia, sendo que os 20% restantes são compostos por amônia, nitrogênio orgânico e inorgânico.

Existem dois tipos recomendáveis para o tratamento de esgotos domésticos, que são: sistema coletivo, onde ocorre a coleta por uma rede e tratamento numa estação, e sistema individual, por meio das fossas sépticas.

O sistema coletivo de coleta e tratamento de esgoto é atualmente o mais aconselhável e o único que apresenta resultados totalmente satisfatórios. No entanto, o meio mais eficaz e viável para as comunidades que não possuem esse tipo de sistema, é o sistema individual que é composto de filtro, fossa séptica e sumidouro, sendo obrigatória a sua instalação em novas construções pela Lei Federal de Saneamento Básico Nº 11.455. Porém grande parte da população ainda tem instaladas em suas residências fossas rudimentares (fossas negras), que acarretam grandes danos ambientais, contaminando os lençóis freáticos, córregos e rios.

Ainda, o tipo de tratamento de esgoto é classificado como aeróbio ou anaeróbio, de acordo com o uso ou não de oxigênio durante o tratamento. Os sistemas aeróbios são classificados como aqueles que utilizam oxigênio dissolvido na massa líquida durante o tratamento, e anaeróbios os que desempenham suas atividades bioquímicas na ausência de ar. Qualquer que seja o processo adotado, aeróbio ou anaeróbio, a capacidade de utilização dos compostos orgânicos depende da atividade microbiana da biomassa presente (CHERNICHARO, 2007). O autor afirma que os tratamentos biológicos aeróbios mais utilizados são os sistemas de lodos ativados, valo de oxidação, lagoa aerada seguida de lagoa de sedimentação e lagoa facultativa parcialmente aerada.

Na digestão anaeróbia, o processo biológico natural ocorre na ausência de oxigênio molecular, onde populações de microrganismos interagem para promover a depuração estável e autorregulada da matéria orgânica (VON SPERLING, 2005). Segundo Chernicharo (2007), o tratamento anaeróbio de efluentes é bastante atrativo para países de clima tropical, uma vez que a aplicabilidade dessa tecnologia depende de fatores ambientais que, neles são favoráveis. O autor afirma que o tratamento aeróbio oferece uma alternativa de tratamento de baixo consumo de energia e custo operacional, em substituição aos processos de custos mais elevados, como o sistema

de lodos ativados ou, ainda, para diminuir áreas destinadas ao tratamento por sistema de lagoas. Von Sperling (2014) afirma que reatores anaeróbios tipo UASB, tanques sépticos e lagoas anaeróbias são exemplos de sistemas cujo tratamento se baseia na digestão anaeróbica.

No quadro 2 é possível observar um compilado das vantagens e desvantagens do sistema aeróbio e anaeróbio.

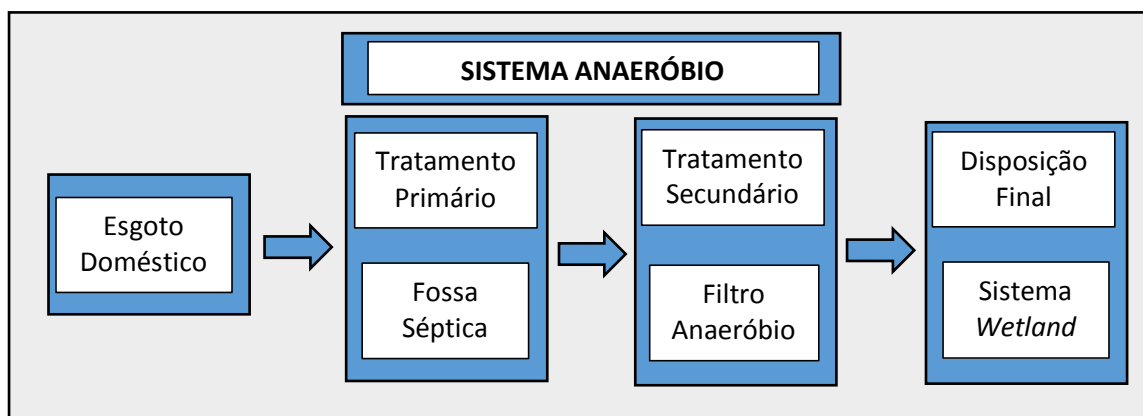
Quadro 2 – Comparativo de sistema aeróbio e anaeróbio

TIPO DE SISTEMA	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Aeróbio	<ul style="list-style-type: none"> Alta eficiência na remoção de matéria orgânica; Não geram gás metano. 	<ul style="list-style-type: none"> Custo elevado de implantação e operação; Elevada produção de lodo.
Anaeróbio	<ul style="list-style-type: none"> Baixo custo operacional; Baixo consumo energético; Pequena área para implantação. 	<ul style="list-style-type: none"> Geram gás metano; Necessita de tratamento complementar.

Fonte: Autor (Adaptado de VON SPERLING, 2005).

O processo de tratamento anaeróbio será a forma de tratamento adotada na proposta deste trabalho. Conforme abordado acima, esse é o processo com menor custo de implantação, operação, energético e atende aos requisitos necessários para um eficiente sistema de tratamento de esgotos domésticos. A figura 05, a seguir, demonstra um fluxograma do sistema de tratamento proposto nessa pesquisa.

Figura 5 – Fluxograma do sistema proposto nesse trabalho



Fonte: Autor (2019).

Conforme indicado acima na Figura 5, o esgoto doméstico das residências será tratado, anaerobicamente, pela Fossa Séptica e Filtro Anaeróbio até que a sua disposição final seja realizada pelo sistema *wetland*.

2.3.1.1 Sistema Coletivo: Estação de Tratamento de Esgoto Domiciliar

De acordo com a NBR 12209:2011(ABNT), a estação de tratamento de esgoto (ETE) é o conjunto de unidades de tratamento, órgãos auxiliares, acessórios e sistemas de utilidades, cuja finalidade é a redução das cargas poluidoras do esgoto sanitário e condicionamento da matéria residual resultante do tratamento. O tratamento dos esgotos tem por objetivo a remoção de impurezas de diversificadas composições físico, química e biológica e de organismos patogênicos agregados às águas de abastecimento pelo uso doméstico (JORDÃO; PESSOA, 2014).

Existem dois tipos de sistema de tratamento, que são o centralizado e o descentralizado. O sistema centralizado de tratamento é construído em regiões periféricas das cidades e é constituído por uma rede de tubulações interconectada com estações de bombeamento. Esse tipo de sistema permite a coleta e o afastamento do esgoto sanitário das residências convergindo para uma estação central de tratamento de esgoto. Geralmente são questionados sobre os limites dessa abordagem, posto que comumente geram conflitos locais do tipo sociais, imobiliários e econômicos (SANTOS et al., 2015).

O sistema descentralizado de tratamento de esgoto é projetado para atender uma vazão menor ou igual a 50 L/s ou com capacidade de até 30.000 habitantes, a critério do órgão ambiental competente (BRASIL, 2006). Nos países europeus, esse sistema é discutido para residências ou pequenos povoados, de cinco até 500 habitantes (ESREY, 1998). Para Letinga (2001), o tratamento de esgotos por sistema descentralizado deve dar enfoque ao conceito de desenvolvimento sustentável, na medida em que promove concepções locais, mais próximas das pessoas e integradas aos ecossistemas e suas leis, promovendo a participação da sociedade e promoção do conhecimento.

De acordo com Von Sperling (2005), os principais níveis de tratamento de esgoto são divididos conforme o grau de remoção de poluentes ao qual se deseja atingir, os quais podem ser: preliminar, primário, secundário e terciário. A estimativa

de eficiência esperada nos diversos níveis de tratamento incorporados em uma ETE pode ser avaliada na tabela 1.

Tabela 1 – Estimativa de eficiência esperada de acordo com o nível de tratamento

TIPO DE TRATAMENTO	MATÉRIA ORGÂNICA (% remoção DBO)	SÓLIDOS SUSPENSOS (% remoção SS)	PATOGÊNICOS (% remoção bactérias)
Preliminar	5 – 10	5 – 20	10 - 20
Primário	25 – 50	40 – 70	25 – 75
Secundário	80 – 95	65 – 95	70 - 99
Terciário	40 – 99	80 – 99	Até 99,99

Fonte: Autor (Adaptado de VON SPERLING, 2005).

O tratamento preliminar destina-se à remoção de sólidos em suspensão de maiores dimensões denominados sólidos grosseiros, ou sólidos decantáveis de menores dimensões como areia e o material flotado como gordura. O autor afirma que nessa etapa são utilizados apenas mecanismos físicos classificados como gradeamento, sedimentação por gravidade e flotação natural, com a finalidade de proteger as unidades de tratamento subsequente e melhorar a performance do processo biológico e a proteção dos corpos receptores quanto ao aspecto estético. Já no tratamento secundário, no qual predominam mecanismos biológicos, o objetivo principal é a remoção da matéria orgânica e eventualmente nutrientes do tipo nitrogênio e fósforo (VON SPERLING, 2005). O autor ressalta que o tratamento secundário geralmente é constituído por reatores biológicos que reproduzem os fenômenos naturais da estabilização da matéria orgânica que ocorreriam na natureza e o tratamento terciário é constituído por unidade de tratamento físico-químico e objetiva a remoção de poluentes não removidos nos tratamentos anteriores, como os compostos não biodegradáveis ou organismos tóxicos específicos.

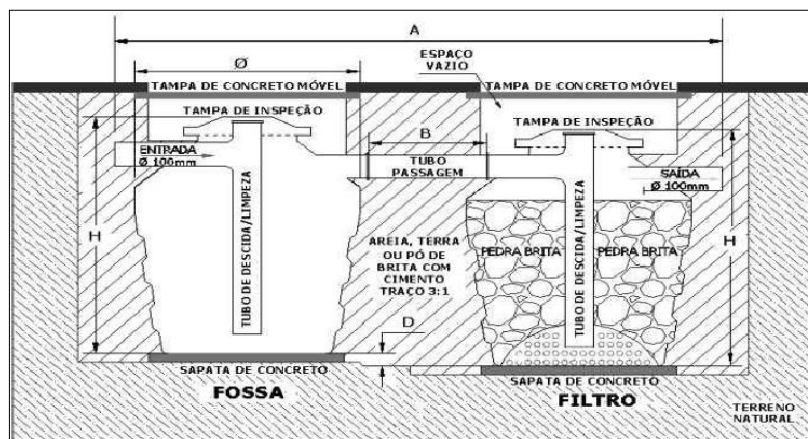
2.3.1.2 Sistema Individual: Tanques Sépticos e Filtros Anaeróbios

Conforme Chernicharo (2007), o sistema de tanque séptico seguido por filtro anaeróbio (fig.6) é economicamente rentável em populações pequenas, geralmente menos de 1.000 habitantes. O autor afirma ainda que a combinação de diferentes

processos anaeróbios pode atender a exigências menos restritivas e que a utilização destes sistemas anaeróbios conciliados é condicionada a uma adequada capacidade de diluição do corpo d'água receptor.

Ao considerar a ação conjunta de fossa séptica e do filtro anaeróbio são removidos do esgoto bruto de 65% a 82% de demanda química de oxigênio (DQO), de 89% a 98% de sólidos em suspensão, de 88% a 97% de sólidos em suspensão voláteis e de 60% a 73% de coliformes fecais (DACACH, 1990).

Figura 6 – Sistema Fossa Séptica e Filtro Anaeróbio



Fonte: Manual de Instalação Bakof Tec (2018).

Os itens a) e b), a seguir, definem o conceito e a caracterização, individualmente, da fossa séptica e do filtro anaeróbio conforme as normativas técnicas vigentes e literatura sobre o tema. Contudo, ressalta-se que os equipamentos serão usados de forma combinada nesse trabalho.

a) Fossa Séptica

Dentre as técnicas para tratamento de esgotos, o sistema de tanques sépticos é o mais usado em todos os países devido à sua simplicidade de construção e operação, associado ao baixo custo de implementação. Seu uso é recomendado nas seguintes situações: áreas desprovidas de rede pública coletora de esgoto, alternativa de tratamento de esgotos em áreas providas de rede coletora local ou quando há a utilização da rede coletora com diâmetro e/ou declividade reduzida para o transporte de efluentes livres de sólidos sedimentáveis (CHERNICHARO, 2007).

A ABNT NBR 7229 (1993) cita que os sistemas de tanques sépticos são o conjunto de unidades destinadas ao tratamento e à disposição de esgotos, mediante utilização de tanque séptico e unidades complementares de tratamento e/ou

disposição final de efluentes e lodo. A norma descreve ainda os tanques sépticos como sendo estruturas de forma prismática retangular ou cilíndrica para tratamentos de esgotos por processos de sedimentação, flotação e digestão. Já o sumidouro, também chamado de poço absorvente, é caracterizado pela norma como um poço seco, escavado no chão e não impermeabilizado, que orienta a infiltração de água residuária no solo.

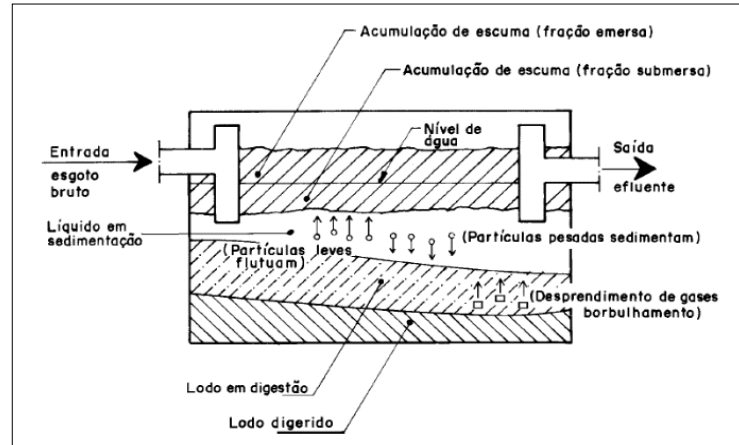
Nos sistemas de disposição local de esgotos, são usualmente aplicados: a fossa absorvente; a fossa estanque; a fossa química; e o tanque séptico. A disposição do efluente geralmente é feita no solo, por meio de sumidouros ou valas de infiltração, ou em corpos d'água após um tratamento complementar (ANDREOLI et al., 2009). Segundo Andrade Neto (1997), os tanques sépticos são mais que decantadores e digestores associados, uma vez que possuem um tempo de detenção hidráulico maior que os decantadores convencionais, permitindo que o lodo digerido se acumule no fundo por um longo período de tempo.

Para Andrade Neto (1997), os tanques sépticos são, basicamente, tanques simples ou divididos em compartimentos horizontais ou verticais, utilizados com o objetivo de reter os sólidos contidos nos esgotos por decantação, propiciar a decomposição dos sólidos orgânicos decantados no seu próprio interior e acumular temporariamente os resíduos, com volume reduzido pela digestão anaeróbia, até que sejam removidos em períodos de meses ou anos. O autor afirma ainda que os tanques sépticos podem ser de câmara única, de câmaras em série ou de câmaras sobrepostas, e podem ter forma cilíndrica ou prismática retangular.

Conforme caracterizado por Chernicharo (1997), os tanques sépticos são unidades pré-moldadas ou moldadas *in loco*, destinadas a cumprir funções de sedimentação e remoção de sólidos flutuantes, além de serem considerados digestores de baixa carga, sem a adição de misturas e sistema de aquecimento. O autor afirma resumidamente que o tanque séptico funciona a partir da decantação dos sólidos sedimentáveis que acabam se incorporando ao lodo biológico, sendo que as substâncias mais leves, como óleos e graxas, acabam por flutuar na camada superior do tanque, formando a chamada espuma. O efluente mais "limpo" é direcionado ao tratamento secundário por meio de um dispositivo de saída no lado oposto a entrada, logo abaixo da camada de espuma; o lodo decantado no fundo do tanque sofre o processo da decomposição anaeróbia e facultativa, tendo o seu volume minimizado ao longo do tempo (fig. 7). Ressalta-se ainda que limpezas periódicas do lodo devem

ser realizadas para manter a eficiência do sistema (CHERNICHARO, 1997).

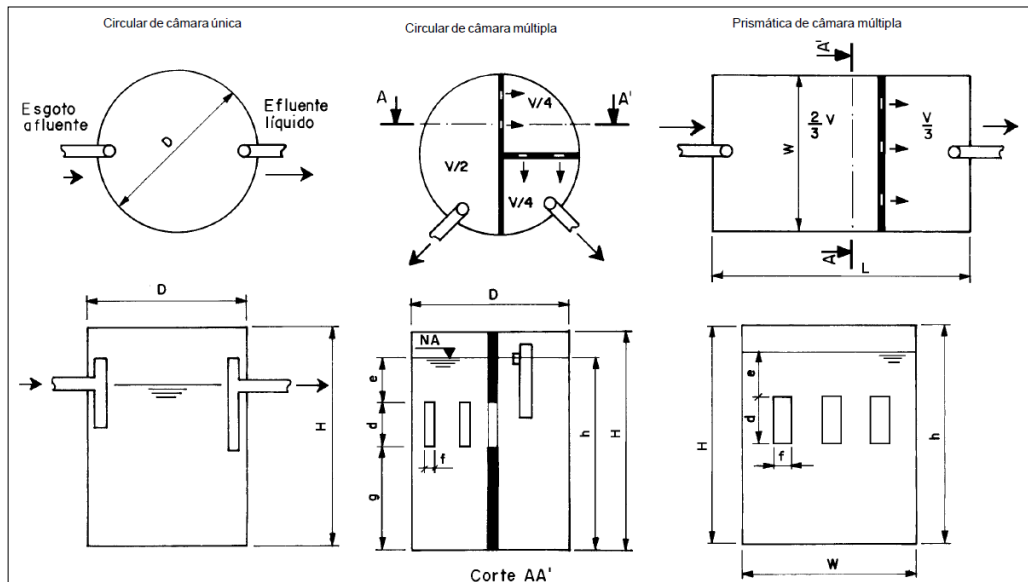
Figura 7 – Detalhamento do Tanque séptico



Fonte: ABNT NBR 7229 (1993).

A ABNT NBR 7229 (1993) cita que os sistemas de tanques sépticos podem ser construídos com o uso de câmaras únicas, duplas ou múltiplas. A figura 8 a seguir ilustra os tipos de câmaras detalhadas na ABNT NBR 7229. Conforme Nuvolari (2011), a eficiência das fossas sépticas, quando projetadas e construídas de forma adequada, pode ser variável de acordo com o emprego de câmaras únicas ou duplas.

Figura 8 – Detalhes dos tipos de câmaras dos Tanques Sépticos



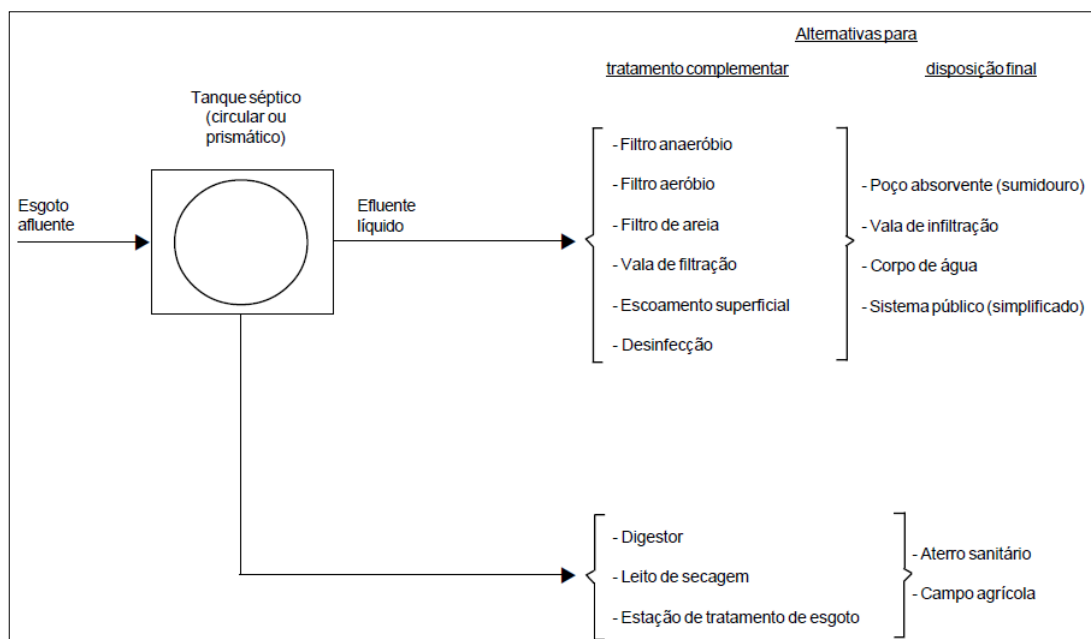
Fonte: ABNT NBR 7229 (1993).

Para Chernicharo (1997), a fossa absorvente consiste em uma unidade que associa, em um único dispositivo, os mecanismos que ocorrem nos tanques sépticos e nos sumidouros. Já a fossa estanque é um tanque impermeável, no qual são dispostos os esgotos até sua remoção periodicamente. O autor afirma que as fossas podem ser construídas com o uso de alvenaria de tijolos, mas atualmente, são mais utilizados os pré-moldados de concreto, fibras de vidro e polietileno.

Conforme Andrade Neto (1997), o funcionamento de um tanque séptico envolve três etapas: 1) Retenção: O esgoto é retido no tanque por um período pré-estabelecido que pode variar de 12 a 24 horas, dependendo das contribuições afluentes; 2) Decantação: Sedimentação de 60% a 70% dos sólidos em suspensão, formando-se lodo. Partes dos sólidos dos decantadores são formados por óleos, graxas, gorduras e outros materiais misturados com gases são retidos na superfície do líquido denominado espuma; 3) Digestão: Tanto o lodo como a espuma são digeridos por bactérias anaeróbias, provocando a destruição parcial dos organismos patogênicos (ANDRADE NETO, 1997).

A figura 9 abaixo foi retirada da normativa ABNT NBR 7229 (1993) e ilustra esquematicamente o sistema de tanque séptico, indicando as alternativas para o tratamento complementar e a disposição final.

Figura 9 – Esquema geral do sistema de tanque séptico



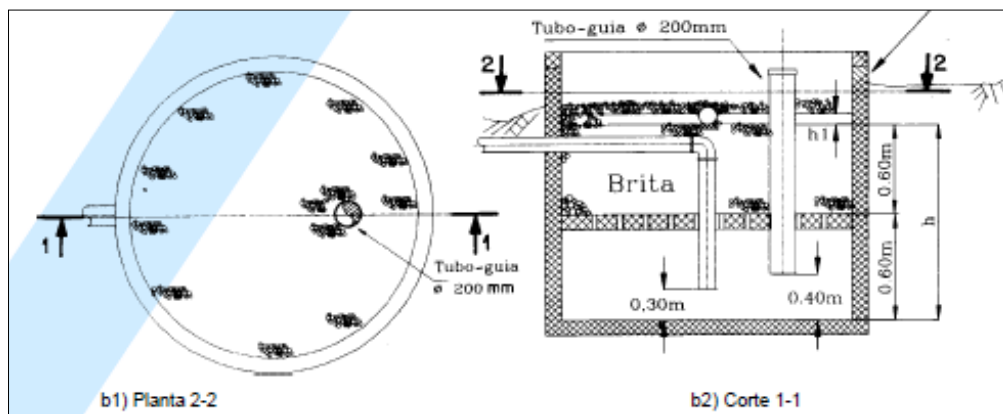
Fonte: ABNT NBR 7229 (1993).

Conforme a Figura 9 acima, o qual trata-se de uma normativa técnica sobre o assunto, percebe-se que o filtro anaeróbio é um tratamento complementar ao sistema de tanque séptico.

b) Filtro Anaeróbio

A ABNT NBR 13969 (1997) define filtros anaeróbios como um reator biológico com entrada de efluente em sentido ascendente, constituído por uma câmara vazia na parte inferior e outra câmara preenchida com material filtrante logo acima desta câmara vazia, onde atuam microrganismos facultativos e anaeróbios, responsáveis pela estabilização da matéria orgânica (fig. 10). A norma completa ainda que o material filtrante é mais utilizado como retenção de sólidos.

Figura 10 – Filtro anaeróbio circular com entrada única de esgoto



Fonte: ABNT NBR 13969 (1997).

De acordo com a ABNT NBR 13969 (1997), todo processo anaeróbio deve ser feito de modo criterioso, pois o seu processo é bastante afetado pela variação de temperatura do esgoto. A norma ressalta ainda que o processo de digestão é eficiente na redução de cargas orgânicas elevadas, desde que outras condições sejam satisfatórias, e que os efluentes do filtro anaeróbio podem exalar odores e ter cor escura.

Conforme Ávila (2005), algumas das vantagens da utilização de filtros anaeróbios são a dispensabilidade de fonte de energia externa e recirculação de lodo, baixa produção de lodo e a relevante remoção de material orgânico dissolvido. O autor afirma que as desvantagens desse sistema são poucas, como por exemplo, a

possibilidade dos efluentes ficarem com alta concentração de sais minerais, excesso de microrganismos patogênicos, ocorrência de entupimentos, entre outros.

A eficiência do tratamento anaeróbio, no entanto, é comprovadamente limitada. Remoções de DQO e DBO podem alcançar a ordem de 45% a 75% no máximo (JORDÃO; PESSÔA, 2014). Segundo Dacach (1990), os filtros anaeróbios de fluxo ascendente removem do efluente da fossa séptica cerca de 65 a 75% da demanda bioquímica de oxigênio, aproximadamente 64% de sólidos em suspensão, e de 55 a 68% da demanda química de oxigênio.

Segundo Jordão & Pessoa (2005), apesar de há vários anos o tratamento anaeróbio ter se firmado como alternativa para estabilização do lodo de esgotos domésticos, sua aplicação como alternativa para tratamento biológico de despejos líquidos, ainda deixa limitações quanto ao conhecimento da cinética e aplicação de modelagem matemática.

2.4 O USO DE PNEUS DE BORRACHA NA CONSTRUÇÃO DOS FILTROS

O pneu de borracha inservível⁶ é um resíduo que deve ser gerido corretamente até sua disposição final, pois quando disposto inadequadamente pode causar danos ao meio ambiente e à saúde pública. Quando não tratado de forma adequada, esse resíduo se torna um perigoso passivo ambiental, provocando sérios danos de ordem ambiental, social e de saúde pública. O maior dano ambiental que pode ser gerado pela destinação incorreta dos pneus é a sua queima a céu aberto, pois a mesma libera gases que contém substâncias tóxicas como monóxido de carbono (CO), óxido de enxofre (SOx), óxido de nitrogênio (NOx) e compostos orgânicos voláteis, além de dioxinas, furanos, ácido clorídrico e benzeno (SILVA et al., 2004).

Lagarinhos e Tenório (2008) consideram que os maiores riscos de contaminação ambiental na queima de pneus são a liberação dos subprodutos, que são: óleo pirolítico e as cinzas. Os autores afirmam que a diminuição do oxigênio do ar aliado às altas temperaturas produz o óleo pirolítico e as cinzas são compostas por metais pesados. Ainda em conformidade aos autores citados acima, a água utilizada no combate aos incêndios em grande número de pneus aumenta a produção de óleo

⁶ Pneus automotivos descartados que não têm mais vida útil (ANIP, 2010).

pirolítico e serve como meio eficaz para o seu transporte e contaminação do solo e de águas superficiais e subterrâneas.

De acordo com Scagliuse (2011), a produção mundial de pneus gira em torno de um bilhão de unidades por ano, sendo que cinco pneus novos são necessários para cada fabricação de um veículo novo.

A produção brasileira de pneus foi iniciada em 1934, quando foi implantado o Plano Geral de Viação Nacional (ANIP, 2010). Os pneus e câmaras de ar consumiam cerca de 70% da produção nacional de borracha no ano de 1999. A Associação Nacional das Indústrias de Pneumáticos (ANIP) é uma associação de 11 marcas fabricantes de pneus instaladas no Brasil. Segundo o autor, o número de empresas cadastradas no IBAMA no ano de 2012, porém, eram de 17 empresas. De acordo com informações da ANIP, a produção de pneus no Brasil em 2014 foi de 68,7 milhões de unidades (ANIP, 2014).

Segundo Andrade (2007), a demanda mundial para pneus de passeio é de 60% para o mercado de reposição e 40% para as montadoras. No tocante aos pneus de ônibus e caminhões, a produção para reposição está com 85% e 15% para as montadoras. Para Scagliuse (2011), os referidos dados se justificam devido ao declínio global na produção mundial de veículos.

Para diminuir o impacto da falta de reciclagem dos pneus de borracha, a Resolução CONAMA nº258/99 determina responsabilidades, prazos e quantidades para a coleta, reciclagem e destino final para os pneus inservíveis existentes no território nacional. Essa legislação impôs, a partir de 2002, a obrigatoriedade de destinar corretamente um pneu inservível para cada quatro novos produzidos, importados e reformados (CONAMA, 1999).

A publicação da Resolução CONAMA nº416/2009 revogou a Resolução nº258/99, sendo que este novo documento caracterizou a destinação ambientalmente adequada de pneus inservíveis como os procedimentos técnicos em que os pneus são descaracterizados de sua forma inicial e em que seus elementos constituintes são reaproveitados, reciclados ou processados por outra técnica admitida pelos órgãos ambientais competentes, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais adversos (CONAMA, 2009). A referida resolução definiu que, para cada pneu novo comercializado para o mercado de reposição, as empresas fabricantes ou importadoras deverão dar destinação adequada a um pneu inservível.

Para Sandroni e Pacheco (2005), as alternativas mais utilizadas para a destinação dos pneus inservíveis no Brasil são classificadas como: recauchutagem, regeneração, reciclagem energética, pirólise e composição asfáltica, além de diversas formas de reutilização. Andrade (2007) defende que é de suma importância que haja uma mudança de hábito da população brasileira na destinação do pneu inservível, pois esse produto pode apresentar uma gama de vantagens econômicas e ambientais quando envolvido em outros processos.

Nesse projeto, apresenta-se a possibilidade do uso do pneu de borracha também nos sistemas de tratamento de esgoto, o qual o material será reaproveitado como o principal insumo na construção das fossas sépticas e filtro anaeróbio.

2.5 ECOTECNOLOGIA E O USO DE *WETLAND*

De acordo com Marques (1999), a ecotecnologia é caracterizada como a manipulação de ambientes pelos seres humanos com a utilização de pequena energia, proporcionando o controle de ecossistemas onde a principal fonte de energia é natural e não tecnológica. Marques afirma que a ecotecnologia desenvolve projetos para resolver problemas, reforçando os que funcionam e manifesta-se como um gerador de oportunidade e um facilitador para a comunidade.

Os sistemas simbióticos se sobressaem, posto que dois sistemas acoplados se mostram mais eficientes que dois sistemas separados, levando em consideração que a natureza nas técnicas de projeto e operação é a ecotecnologia (MARQUES, 1999).

Ansola et al. (2014) relatam que a aplicação de técnicas alternativas para tratamento de águas poluídas faz-se cada vez mais adequada e necessária, diante da necessidade de minimização de custos com manutenção, operação e energia elétrica. A importância da eficiência do sistema está na eficácia da remoção de nitrogênio e fósforo.

O tratamento de água em sistemas tipo *wetland* é uma “tecnologia verde” devido ao seu mecanismo de tratamento de efluentes e por contemplar o uso de plantas (SHUTES, 2001).

2.5.1 Sistemas de Áreas Alagadas: *Wetland* na Absorção do Efluente

Wetland é um termo genérico para denominar qualquer ecossistema alagado. São sistemas naturais construídos que utilizam as suas características despoluidoras para proporcionarem a melhoria da qualidade das águas (MONTEIRO, 2009).

Mitsch (1993) define *wetlands* como áreas alagadas que compõem um ecossistema, sendo cobertas por água a pouca profundidade integral ou sazonalmente, oferecendo boas condições para o crescimento de macrófitas. Os *wetlands* podem ser encontradas na literatura como sistemas alagados construídos, zonas de raízes, ou leitos cultivados.

Os *wetlands* podem ser sistemas naturais ou construídos. Os *Wetlands* naturais são biomas de transição entre ambientes aquáticos e terrestres que sazonalmente estão inundados ou saturados pela água. Essas áreas possuem agentes recicladores de nutrientes, como plantas, animais e o próprio solo, e por meio de enxurradas, esses locais recebem carregamentos de matéria orgânica, utilizados como fonte de nutrientes pela biota local. Eles promovem melhoramento da qualidade da água, auxiliam na redução das inundações e protegem as margens de lagos e áreas da costa de ações erosivas e enchentes (WELSCH et al., 1995).

Para PIO et al. (2013) *wetlands* naturais são consideradas vitais na manutenção da biodiversidade do planeta, pois estão inseridas nos maiores ecossistemas naturais responsáveis pela reciclagem do nitrogênio, fósforo, carbono e até de metais.

Conforme Cunha (2006), existem poucos estudos publicados no Brasil sobre as áreas alagadas naturais. O autor afirma que a maioria das linhas de pesquisas concentram-se na observação da eficiência de remoção de determinadas variáveis e nos estudos dos sistemas de *wetlands* construídas.

As *wetlands* construídas (WC) são sistemas projetados para utilizar processos naturais no auxílio do tratamento de águas residuais, envolvendo vegetação, solo e microrganismos associados a zonas úmidas (VYMAZAL, 2005).

Rousseau et al. (2008) entendem que as WC são cópias artificiais, feitas pelo homem, das *wetlands* naturais. Para eles, as WC aperfeiçoam a exploração dos ciclos biogeoquímicos e geralmente são utilizados para o tratamento de águas residuárias, sendo que apresentam as porcentagens de remoção dependentes principalmente da temperatura, tempo de detenção hidráulica e a carga aplicada.

Os sistemas de WC são variações artificiais dos *wetlands* naturais que reproduzem as condições ótimas de tratamento, além de possuírem flexibilidade de construção em diversos locais, e dependendo do efluente, serem aplicados como nível de tratamento primário, secundário e terciário (IWA, 2000).

Segundo Chernicharo (2007), as WC normalmente são vantajosas em comparação aos sistemas convencionais. O autor afirma que algumas dessas vantagens são as possibilidades de baixos investimentos financeiros para construção, manutenção e operação, pouco ou nenhum uso de energia elétrica e o fato de que a implantação do sistema ocorre no mesmo local da geração da água residuária. No quadro 3 encontra-se as vantagens e as desvantagens das WC para Chernicharo.

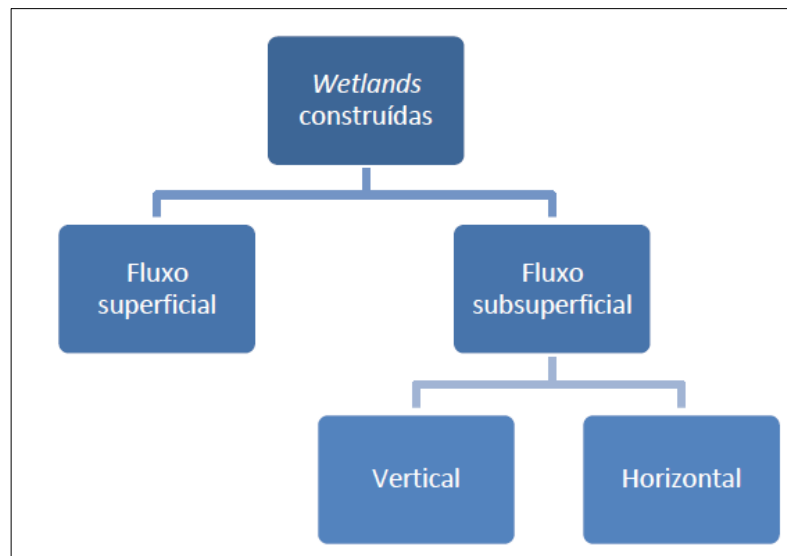
Quadro 3 – Vantagens e desvantagens das wetlands construídas (WC)

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Baixo custo de construção	Alta demanda de área
Fácil operação e manutenção	Necessidade de substrato (areia, brita)
Considerável redução de patógenos	Necessidade de manejo de macrófitas
Remove satisfatoriamente matéria orgânica e sólidos suspensos, nitrogênio e fósforo	Susceptível a entupimento de espaços vazios do substrato e salinização do solo

Fonte: Autor (Compilado de Chernicharo, 2007).

As WC destacam-se dentre as formas de tratamento de águas residuárias, pois são consideradas de baixo custo de implantação e operação. O tratamento de águas residuárias em WC é baseado em processos de filtração, degradação microbiana da matéria orgânica, absorção de nutrientes e adsorção no solo, dentre outros (EUSTÁQUIO JÚNIOR et al., 2010).

As WC são divididas em dois grupos (fig. 11) em função do tipo de escoamento, sendo: a) Sistemas de escoamento superficial (também chamados de lâmina livre) e, b) Sistemas de escoamento subsuperficial, sendo este último dividido em função da direção do líquido, em horizontal e vertical (SEZERINO et al., 2015).

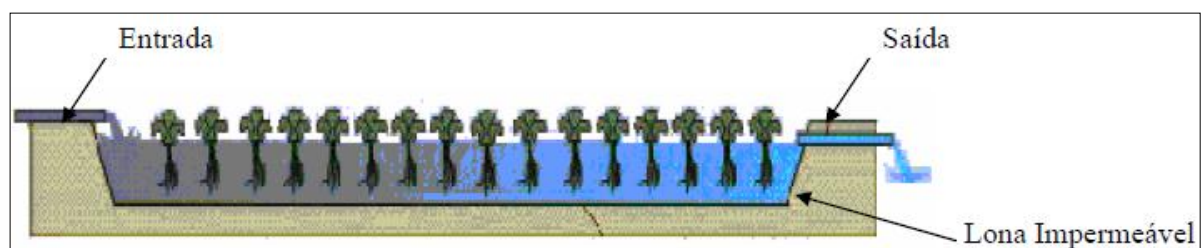
Figura 11 – Tipos de *wetlands* construídas

Fonte: Kadlec e Wallace (2009).

Os sistemas de fluxo superficial são utilizados para solos argilosos com baixa permeabilidade e terrenos com declividade reduzida. A quantidade de matéria orgânica e de sólidos suspensos removida é muito elevada, devido à baixa velocidade de fluxo a alto tempo de detenção hidráulico (RAN et al., 2004).

Esses sistemas são mais rasos e não possuem materiais filtrantes na superfície da lâmina d'água (fig. 12). A depuração do efluente ocorre pela absorção de nutrientes por meio das macrófitas, transporte de oxigênio para a rizosfera e pela ação de microorganismos associados (IWA, 2000).

Figura 12 – WC de fluxo superficial



Fonte: IEA (2004).

Os sistemas de escoamento subsuperficial são conhecidos como filtros plantados por utilizarem materiais filtrantes, como areia e brita para fixação da planta. O escoamento nesses sistemas é denominado subsuperficial pelo fato da coluna de

água ou do efluente não aparecer na superfície do sistema, ou seja, estar abaixo da primeira camada dos materiais filtrantes (VYMAZAL, 2005).

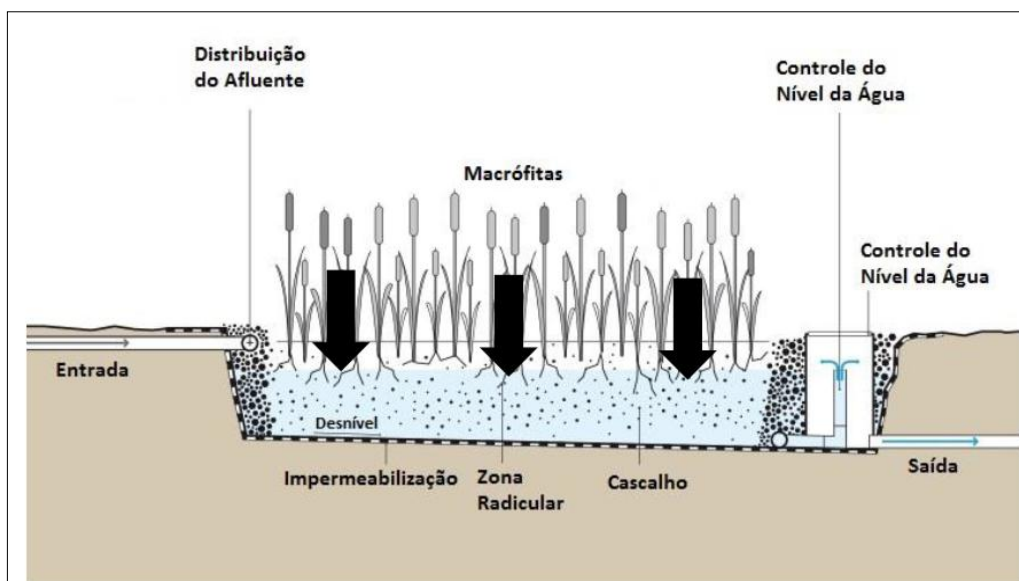
Conforme Ran et al (2004), os sistemas de fluxo subsuperficial são os mais utilizados no mundo e, por intermédio dos processos que ocorrem no solo, apresentam a capacidade de remover elevadas concentrações de fósforo, nitrogênio e metais pesados.

Nos sistemas de fluxo subsuperficial, a depuração da matéria orgânica acontece por meio dos microrganismos aeróbios e anaeróbios, sendo que o oxigênio exigido no processo é suprido pelas macrófitas e pela troca gasosa de ar com a atmosfera (PIO et al., 2013).

Kadlec e Wallace (2009) indicam que os sistemas de WC de fluxo subsuperficial são divididos em sentido horizontal ou vertical.

O sistema de fluxo subsuperficial sentido vertical é de superfície plana, preenchidos com materiais inertes (comumente areia e brita), no qual os esgotos são lançados sobre toda a superfície e posteriormente são drenados gradual e verticalmente pelo meio filtrante até atingirem a parte inferior onde são coletados. Nesse sistema (fig. 13), prevalece a entrada de ar, carregado por intermédio do efluente, e conseqüentemente maior presença de zonas aeróbias (OLIJNYK, 2008).

Figura 13 – WC de fluxo subsuperficial vertical



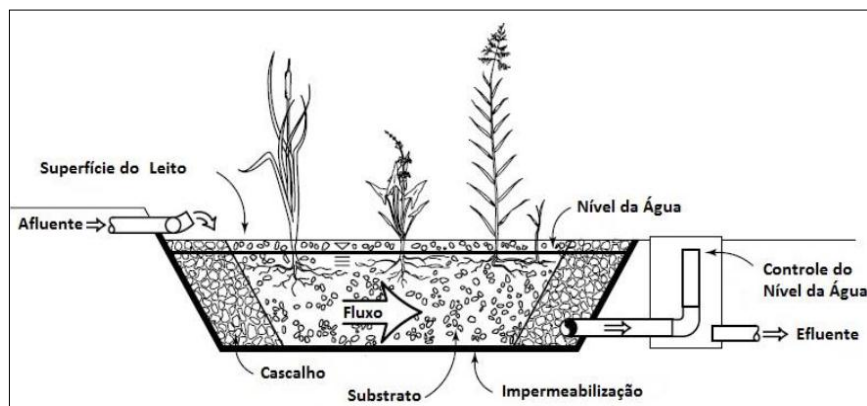
Fonte: Tilley (2014).

A maior vantagem dessa configuração está na necessidade de área muito menor, devido à distribuição de efluente bruto numa área de entrada maior e uso mais eficiente do volume do filtro (PLATZER et al., 2007).

No sistema de *wetland* subsuperficial horizontal, o efluente é adicionado na entrada do sistema, e percolado lentamente pelos poros do material filtrante em um caminho horizontal até a zona de saída. Ao longo do percurso do sistema, o efluente tem contato com zonas aeróbias, anóxicas e anaeróbias (OLIJNYK, 2008).

De acordo com Iwa (2000), as zonas aeróbias estão presentes próximas às raízes das plantas e as zonas anaeróbias e anóxicas estão nas regiões mais profundas do sistema. A degradação do efluente ocorre durante sua passagem pela rizosfera pela ação dos microrganismos e pelos processos físicos e químicos (fig. 14).

Figura 14 –WC de fluxo subsuperficial horizontal



Fonte: Adaptado Kadlec e Wallace (2009).

As WC de fluxo subsuperficial horizontal são uma boa opção para locais onde não há disponibilidade de energia para o uso das bombas e de lugares que possuam baixo gradiente hidráulico (HOFFMANN, 2011).

Segundo Sezerino (2006), esses tipos de *wetlands* geralmente mostram eficiência na remoção de matéria orgânica e sólidos em suspensão, no entanto, em relação a transformação de frações nitrogenadas e fosforadas possuem atuação limitada.

2.5.1.1 Macrófitas

As macrófitas são vegetais que apresentam adaptações fisiológicas que permitem a sua sobrevivência em ambientes saturados de água.

Conforme Esteves (1988), macrófitas aquáticas é a denominação genérica dada a um conjunto de plantas que crescem no meio aquático, em solos saturados ou alagados, independente do aspecto taxonômico, sendo constituídas por espécies como macroalgas, a exemplo do gênero *Chara* e angiospermas, como o gênero *Typha*. Contudo, Valentim (2003) afirma que as maiores representantes das macrófitas são as plantas aquáticas vasculares florescentes.

As macrófitas aquáticas são vegetais visíveis a olho nu, com partes fotossinteticamente ativas permanentemente ou por diversos meses, todos os anos, total ou parcialmente, submersas em águas doce ou salobra, podendo também serem flutuantes (IRGANG; GASTAL JR, 1996).

Uma grande variedade de macrófitas aquáticas pode ser usada no tratamento de águas residuárias em WC (DAVIS, 1995). Contudo, o autor afirma que é necessário que essas plantas apresentem tolerância às condições de alagamento contínuo conjugado com altas concentrações de poluentes presentes em águas residuárias ou águas de enxurradas.

Marques (1999) afirma que as macrófitas possuem as seguintes funções: uso de nutrientes, transferência de oxigênio para o substrato, proporciona sombras evitando o crescimento de algas e facilita o crescimento de biofilme através do desenvolvimento de suas raízes. De acordo com Valentim (2003), os benefícios das macrófitas podem ser: estético, controle de odor, tratamento de efluentes e controle de insetos.

Conforme Esteves (1988), as macrófitas podem ser classificadas nos seguintes grupos:

- a) Macrófitas aquáticas emersas ou emergentes: enraizadas, porém com folhas fora da água. Ex: *Eleocharis*, *Typha*;
- b) Macrófitas aquáticas com folhas flutuantes: enraizadas e com folhas que flutuam na superfície da água. Ex: *Nymphaea*, *Nymphoides*;
- c) Macrófitas aquáticas submersas enraizadas: enraizadas, que crescem totalmente submersas na água. Ex: *Egeria*, *Mayaca*;
- d) Macrófitas aquáticas submersas livres: permanecem flutuando submergidas

na água. Geralmente prendem-se aos pecíolos, talos e caules de outras macrófitas. Ex: Utricularia;

e) Macrófitas aquáticas flutuantes: flutuam na superfície da água. Ex: Lemna, Azolla.

Esteves (1988) explica que as raízes das plantas auxiliam na remoção dos sólidos suspensos e diminuição da turbidez. Afirmam ainda que o material adsorvido pelas raízes das macrófitas gera um ecossistema propício ao desenvolvimento de fungos e bactérias que decompõem a matéria orgânica e que o mesmo auxilia no crescimento das plantas.

Deve-se favorecer o sistema de policultura de espécie (multiespécies), posto que cada espécie responde de forma diferenciada às variações de carga e tem respostas diferentes ao longo do ano. A policultura permite que várias espécies sejam úteis ao sistema, existindo interações complexas entre elas e resultando na predominância das mais aptas (MARQUES, 1999).

Segundo Sezerino et al. (2015), o plantio das macrófitas nos sistemas de tratamento não segue estritamente uma regra geral. Os autores afirmam ainda que é recomendada troca constante de indivíduos que não se adaptarem ao processo de transplante do ambiente natural para a WC e que o caule das plantas esteja, pelo menos, quatro dedos acima da superfície do meio filtrante.

A utilização de qualquer tipo de espécie de planta nos sistemas *wetlands* não deve ocorrer antes de um aprofundado estudo, posto que a espécie pode não sobreviver e prejudicar a eficiência do sistema. Mesmo que o processo de crescimento e declínio é inerente a qualquer ser vivo, as macrófitas conseguem iniciar um novo ciclo de vida (MONTEIRO, 2009).

3 ARTIGO

O USO DE TECNOLOGIA SOCIAL PARA TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO NUMA COMUNIDADE RURAL DE GRAMADO/RS

SOCIAL TECHNOLOGY FOR DOMESTIC SEWAGE TREATMENT IN A RURAL COMMUNITY OF GRAMADO / RS

RESUMO

Esse artigo apresenta uma proposta de Tecnologia Social (TS) para o tratamento de esgoto doméstico na área rural de Gramado/RS, utilizando basicamente os materiais de pneus de caminhão e sistema de raízes *wetland*. O objetivo é demonstrar a viabilidade social, técnica e econômica do sistema proposto para um núcleo urbano de uma área rural de Gramado. Para isso foi realizado um mapeamento da situação urbanística da área com o auxílio de veículo aéreo não tripulado (drone), gerando uma planta de localização de 19 edificações unifamiliares. As residências foram agrupadas em sete células, levando em consideração a proximidade entre elas, o escoamento do efluente por gravidade e o número de pessoas. Os critérios técnicos para o dimensionamento da fossa séptica e filtro anaeróbio foram baseados nas normas brasileiras NBR7229/1993 e NBR13969/1997. Por não haver norma técnica brasileira sobre o tema, a dimensão do sistema *wetland* foi obtida por meio do cálculo proposto por Andrade et al (2012). Foi realizado também um comparativo de custos de implantação do sistema na área de estudo entre o sistema convencional e o sistema proposto com TS. Concluiu-se, ao término, que o uso do sistema proposto nesse trabalho apresenta-se como uma tecnologia social gerando uma economia aproximada de 87% em comparação com o uso do sistema convencional. Ainda, o sistema proposto contribui para uma boa prática relacionada ao reaproveitamento do resíduo pneu de borracha, resultando num sistema de tratamento mais sustentável, impedindo o escoamento de efluentes não tratados para cursos d'água.

Palavras-chave: Tecnologia Social. Saneamento Rural. *Wetland*.

ABSTRACT

The present work presents a proposal of social technology for the treatment of domestic sewage in the rural area of Gramado / RS using truck tire and wetland root system. Mapping the urban situation of the area with the aid of unmanned aerial vehicle (drone), generating the map of the location of 19 single-family houses. The residences were grouped into 7 groups, taking into account the proximity between the houses, the effluent flow by gravity and the number of people. The technical criteria for the design of the septic tank and anaerobic filter were based on Brazilian standards: NBR7229 / 1993 and NBR13969 / 1997. Since there is still no Brazilian standard on the design of wetlands systems, the design was based on existing literature on the subject. It was concluded that the use of the system proposed in this work presents an economy of

approximately 87% in comparison with the conventional system, and that there will be a good practice related to the reuse of the rubber tire residue and sustainability.

Key words: Social technology. Rural sanitation. Wetland.

1 INTRODUÇÃO

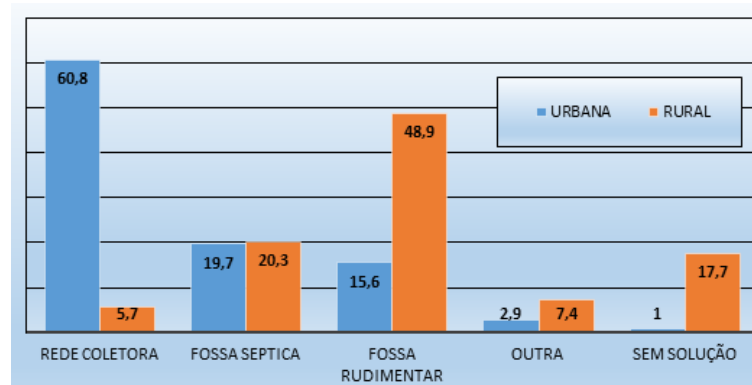
Pesquisas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE apontam que no Brasil há cerca de 30 milhões de pessoas vivendo em áreas rurais, o que representa aproximadamente 8,1 milhões de domicílios e 16% da população brasileira (IBGE, 2010). O mesmo censo apontou ainda que aproximadamente 20 milhões de pessoas vivem em ambientes provavelmente contaminados pelos esgotos domésticos. De acordo com os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2015), cerca de 83,3% da população brasileira é atendida com sistemas de abastecimento de água; 50,3% têm acesso à rede coletora de esgoto doméstico e, desse percentual, 42,67% do esgoto é tratado. Dados da Pesquisa Nacional de Amostra por Domicílio – PNAD (2014) revelam que na zona rural apenas 5,45% das casas estão ligadas à rede coletora de esgoto. A prestação do serviço na zona rural é mais complexa devido à dificuldade de acesso do poder público ao local, sendo que a metade da população brasileira que vive em condições de extrema pobreza habita as áreas rurais, totalizando cerca de 7,6 milhões de pessoas. (FUNASA, 2016).

O saneamento básico no Brasil constitui um grande desafio a ser alcançado e necessita de um maior envolvimento da sociedade como um todo, sendo que os serviços de saneamento devem promover a qualidade de vida da população, bem como proteger os recursos naturais (TEIXEIRA, 2010). Fisher (1993) aponta que o paradigma técnico do saneamento básico foi tradicionalmente voltado para sistemas urbanos por intermédio de uma extensa rede de coleta, com as águas residuais sendo encaminhadas para estações de tratamento de efluentes com grande capacidade, a fim de permitir ganhos operacionais à medida que se agregam mais usuários à rede. Entretanto, Massoud (2008) afirma que tais técnicas necessitam de altos investimentos tanto em sua construção, quanto na sua operação e manutenção, tornando relevante o debate sobre a utilização de soluções alternativas para regiões de baixa densidade populacional, ou seja, comunidades rurais e pequenos núcleos urbanos.

O percentual da população rural brasileira com acesso a uma forma adequada de esgotamento sanitário é semelhante aos percentuais da população rural em países como a Nigéria e Senegal (WHO/UNICEF, 2010). De acordo com os dados do Banco Mundial (2016), o Estados Unidos contém 60 milhões de pessoas na área rural, sendo que 100% desta população tem acesso ao saneamento básico.

Silva e Nour (2005) apontam que as propriedades rurais recebem pouca atenção ao tratamento de efluentes líquidos pois, individualmente, não produzem quantidades elevadas de compostos poluidores, contudo apresentam um montante significativo quando são considerados as suas totalidades. Os autores afirmam ainda que os efluentes da área rural são lançados no meio ambiente de forma dispersa e que causam uma poluição hídrica e do solo. A figura 1 a seguir ilustra a situação do esgotamento sanitário na área urbana e rural do Brasil.

Figura 1– Esgotamento sanitário no Brasil nas áreas urbanas e rurais



Fonte: IBGE/PNAD (2009).

A partir dos dados indicados acima, pode-se perceber que aproximadamente 75% dos domicílios rurais do Brasil apresentam soluções que poluem o solo e lençol freático. Conforme Esrey (1996), a zona rural é uma área praticamente inexistente aos olhos dos gestores municipais. O autor afirma que a falta de tratamento do esgoto sanitário doméstico traz várias consequências negativas para a sociedade, sendo que a saúde lidera como a principal variável impactada pelas condições sanitárias insuficientes da população.

1.1 POLÍTICAS PÚBLICAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NAS ÁREAS RURAIS

A Política Federal de Saneamento Básico, instituída pela Lei Federal Nº11.445/2007, tem como uma de suas diretrizes a garantia de meios adequados para o atendimento da população rural dispersa, mediante a utilização de soluções compatíveis com suas características econômicas e sociais peculiares. O Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab), previsto na Lei nº 11.445/2007, teve sua elaboração coordenada pelo Ministério das Cidades. A versão final do Plansab foi aprovada por intermédio da publicação da Portaria Interministerial Nº 571 de 05/12/13, sendo que o referido documento assume uma abordagem de planejamento com ênfase em uma visão estratégica de futuro (FUNASA, 2016).

Diante do atual panorama da Política Federal de Saneamento Básico, o Plansab determina a elaboração de três programas para sua operacionalização: Saneamento Básico Integrado; Saneamento Rural e Saneamento Estruturante (FUNASA, 2016). A coordenação do processo de elaboração e execução do Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR) é responsabilidade do Ministério da Saúde por meio da Funasa (PLANSAB, 2013).

O PNSR terá como objetivo promover o desenvolvimento de ações de saneamento básico em áreas rurais com vistas à universalização do acesso, por meio de estratégias que garantam a equidade, a integralidade, a sustentabilidade dos serviços implantados, a participação e controle social (PLANSAB, 2013). O PNSR visa atender, por ações de saneamento básico, a população rural e as comunidades tradicionais, como as indígenas e quilombolas e as reservas extrativistas (FUNASA, 2016).

O Programa tem como um dos objetivos promover a inclusão social desses grupos sociais, mediante a implantação de ações integradas de saneamento com outras políticas públicas setoriais, tais como: saúde, recursos hídricos, habitação, igualdade racial e meio ambiente. Deverá também garantir, portanto, a integração e interface com as demais políticas de Estado em andamento, como os Planos e Programas: Brasil Quilombola, Territórios da Cidadania, Desenvolvimento Rural Sustentável, Reforma Agrária, Brasil Sem Miséria, entre outros.

O Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR) visará atender, por ações de saneamento básico, a população rural e as comunidades tradicionais, como as indígenas e quilombolas e as reservas extrativistas. Suas justificativas são o

significativo passivo que o País acumula no saneamento para as áreas objeto do Programa e as especificidades desses territórios, que requerem abordagem própria e distinta da convencionalmente adotada nas áreas urbanas, tanto na dimensão tecnológica, quanto na da gestão e da relação com as comunidades (PLANSAB, 2013, p. 157).

Em fevereiro de 2015, a Funasa firmou uma parceria com a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), para o desenvolvimento de estudos relacionados ao panorama do saneamento rural no Brasil, visando à formulação do Programa Nacional de Saneamento Rural e sua gestão no nível do Governo Federal.

O PNSR é composto de diretrizes e estratégias para ações de saneamento básico em áreas rurais, objetivando a universalização do acesso em um horizonte de 20 anos (UFMG, 2016). Os estudos compreenderão a análise da situação do saneamento rural no país, propostas de diretrizes nos eixos da tecnologia, gestão e educação e participação social, metas para o saneamento rural a curto, médio e longo prazo e o detalhamento dos investimentos necessários conforme cada região geográfica do Brasil (FUNASA, 2016).

Para Eigenheer (2009), os esforços públicos são dedicados a afastar da vista comum tudo o que seja desagradável à comunidade sem necessariamente envolvê-la na problemática ambiental. Diante desse cenário, o autor afirma que é necessário que se proponham soluções viáveis para o saneamento em áreas rurais, que sejam seguras, acessíveis, simples de serem implantadas e que estejam de acordo com a realidade e peculiaridades de cada município. Oztrom (1996) e Bovaird (2007) vão mais além ao afirmar que as soluções implantadas devem, necessariamente, prever a participação ativa dos usuários finais, e que se adequam às chamadas tecnologias sociais.

1.2 TECNOLOGIA SOCIAL

A Tecnologia Social (TS) é considerada uma solução de desenvolvimento sustentável para o gestor público municipal que procura resolver os variados problemas das áreas rurais oriundas de legislações defasadas aliado a baixos recursos financeiros (DAGNINO, 2004). Algumas alternativas para o tratamento de esgoto vêm sendo implantadas em áreas rurais por meio do uso dessas tecnologias. Fraga (2011) sustenta que universidades, institutos públicos de pesquisa ou

organizações da sociedade civil devem construir soluções tecnológicas para os problemas a serem enfrentados de maneira conjunta com os usuários-produtores. Conforme o referido autor, a tecnologia não pode ser vista como um artefato isolado, pois ela carrega seu contexto e se relaciona com diversos aspectos da sociedade, gerando impacto sobre eles. Assim, Fraga salienta que buscar alternativas tecnológicas para problemas populares não pode significar soluções padronizadas e em massa, sendo que a construção e a formulação tecnológica devem envolver movimentos sociais, os próprios beneficiários e os atores dos contextos específicos.

As TS passaram a ser mais conhecidas na medida em que as mesmas se apresentam como alternativas modernas, simples e de baixo custo para a solução de problemas estruturais das camadas mais excluídas da sociedade. Por meio dela pode-se encontrar soluções efetivas para temas como a educação, meio ambiente, energia, alimentação, habitação, água, trabalho e renda, saúde, entre outros. As tecnologias sociais alicerçam-se em duas premissas fundamentais para sua propagação: a participação das pessoas das comunidades que as desenvolvem e a sustentabilidade nas soluções apresentadas (FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL, 2010). No quadro 1, a seguir, encontram-se algumas das principais definições utilizadas para as Tecnologias Sociais:

Quadro 1– Principais definições de Tecnologias Sociais

REFERÊNCIA	DEFINIÇÃO
Instituto de Tecnologia Social (2004, p.130)	“Conjunto de técnicas e metodologias transformadoras, desenvolvidas e/ou aplicadas na interação com a população e apropriadas por ela, que representam soluções para inclusão social e melhoria das condições de vida.”
BAVA (2004, p.106)	“Métodos e técnicas que permitam impulsionar processos de empoderamento das representações coletivas da cidadania para habilitá-las a disputar, nos espaços públicos, as alternativas de desenvolvimento que se originam das experiências inovadoras e que se orientam pela defesa dos interesses das maiorias e pela distribuição de renda”.

DAGNIGNO (2012, p. 02)	“Artefatos ou processos que resultam da ação de um empreendimento em que a propriedade dos meios de produção é coletiva, onde os trabalhadores realizam atividades econômicas de modo auto gestor e a gestão e alocação dos resultados é decidida de forma participativa e democrática”.
---------------------------	--

Fonte: O autor (Compilado de ITS, 2004; BAVA, 2004 e DAGNINO, 2012)

O Quadro 01 indica que a TS é um método transformador de realidades, o qual há a participação efetiva da comunidade afetada na solução de algum problema visando a melhora das suas condições de vida, promovendo a inclusão social.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia da pesquisa adotada nesse estudo baseou-se numa abordagem quali-quantitativa desenvolvida em três etapas: exploratória, campo e analítica. A etapa exploratória foi realizada obtendo os dados secundários por intermédio da revisão bibliográfica em publicações nacionais e internacionais de livros, artigos científicos e periódicos sobre os temas relacionados às tecnologias sociais, uso de lodos cultivados (*wetland*), tipos de tratamento de esgoto doméstico, pneus de borracha como resíduo sólido e a situação do tratamento de esgoto na zona rural em âmbito nacional. A etapa de campo foi realizada na Estrada Linha Ávila, na zona rural do município de Gramado, no Núcleo Urbano 04 (NU-04), o qual é oriundo de um histórico fracionamento irregular de solo rural. Nessa etapa, houve o mapeamento da situação urbanística da área pelo uso de dados foto aéreos imagens-geradas por imageamento aéreo (drone) fornecendo as informações necessárias para o projeto hidrossanitário das edificações existentes. O drone utilizado foi o Phantom 4 da empresa DJI, peso de 1368 gramas e sistema de posicionamento por satélite GPS/GLONASS. A altura de voo foi de 80 metros com sobreposição latera e frontal de 75% e resolução espacial de 4 cm. Na etapa analítica, os dados coletados nas duas primeiras etapas foram compilados e serviram de embasamento para o desenvolvimento do projeto de esgotamento sanitário das residências. O sistema de tratamento proposto nessa pesquisa utiliza o pneu inservível de borracha aro 22,5cm (caminhão) como o principal material para um tratamento de esgoto do tipo: fossa

séptica, filtro anaeróbio e leito cultivado *wetland*. O uso do material justifica-se a partir da necessidade de seu reaproveitamento, posto que a incorreta destinação ou beneficiamento do mesmo torna-se um problema ambiental. Em Gramado, o acondicionamento desse material ocorre na indústria de triagem municipal e a sua destinação final é realizada por uma empresa terceirizada de Caxias do Sul.

Os critérios técnicos de projeto da fossa séptica e filtro anaeróbio foram baseados em duas Normas Técnicas, que foram: NBR 13969/1997-Tanques sépticos: Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos e a NBR 7229/1993-Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Já o dimensionamento do *wetland* foi realizado conforme metodologia proposta por Andrade et al (2012).

As 19 residências unifamiliares foram agrupadas em sete células que irão compor a contribuição de efluentes para cada sistema de tratamento de esgoto. Para isso, levou-se em consideração a proximidade das edificações, o escoamento das águas por gravidade e o número de pessoas em cada residência. A proximidade das edificações foi analisada visualmente a partir da imagem do drone, o número de pessoas em cada residência foi levantado a partir das informações do proprietário da área e o escoamento das águas por gravidade foi possível a partir do levantamento planialtimétrico com curvas de nível existente nos autos do processo judicial. Os pneus foram projetados no sentido vertical e o leito cultivado proposto faz uso de tubulação de PVC corrugada com a plantação de cultivo do tipo jardim filtrante absorvente com o uso da planta Taboa (*Typha domingensis*). Para a realização do projeto hidrossanitário, foi utilizado o *software AutoCAD 2018* para o desenho no formato 2D (Plantas e Vista Transversal) e o *software SketchUP PRO 2018* para a modelagem em formato 3D.

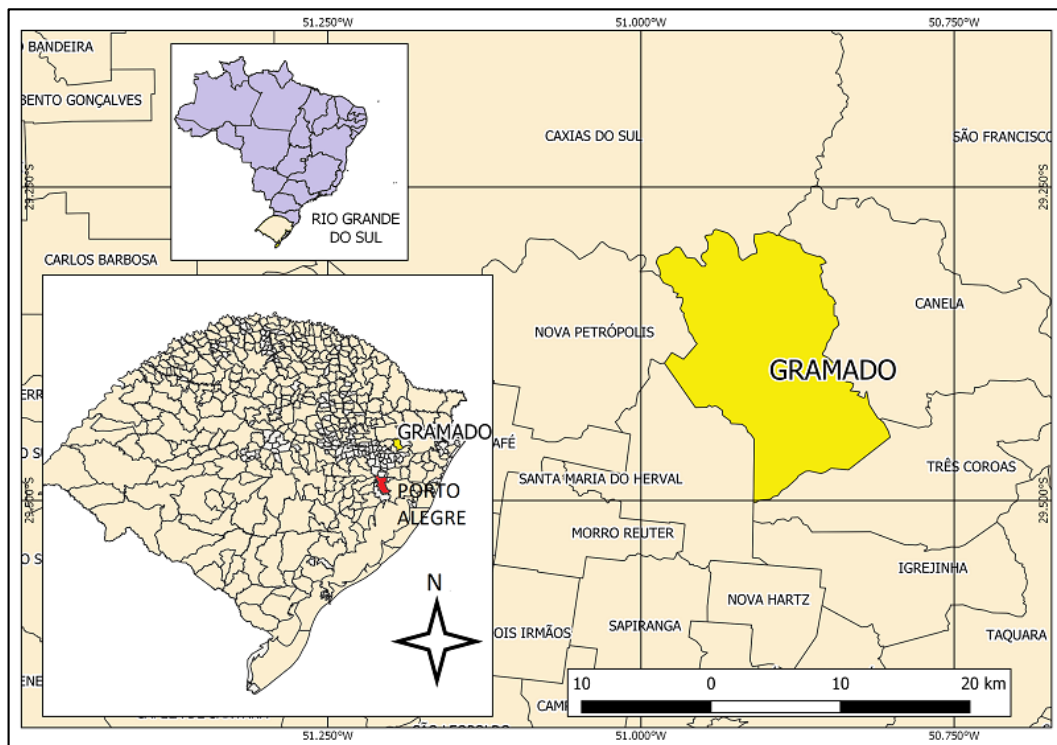
2.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na área rural de Gramado, Rio Grande do Sul. O município está localizado no divisor de águas de duas importantes bacias hidrográficas, a do Sinos e Caí. O principal rio é o Caí, mas outros importantes cursos d'água passam por esse território, o que torna o manejo das águas pluviais um tema de relevância, sobretudo em termos de universalização dos serviços conforme prevê

a Lei Federal 11.445/2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico no país.

Gramado é o destino de maior expressão turística do estado do Rio Grande do Sul, sendo que foram recebidos em 2014 cerca de 7,6 milhões de turistas (PLANSAB, 2015). O referido município conta com uma economia predominantemente voltada para o turismo, sendo que cerca de 90% de sua receita é proveniente desse tipo de atividade. Gramado apresenta IDHM de 0,764 (PNUD, 2010) sendo classificado na faixa de Desenvolvimento Humano Alto (IDHM entre 0,700 e 0,799). A figura 2, abaixo, apresenta a localização do município de Gramado no estado do Rio Grande do Sul.

Figura 2 - Mapa da localização do município de Gramado no estado do Rio Grande do Sul



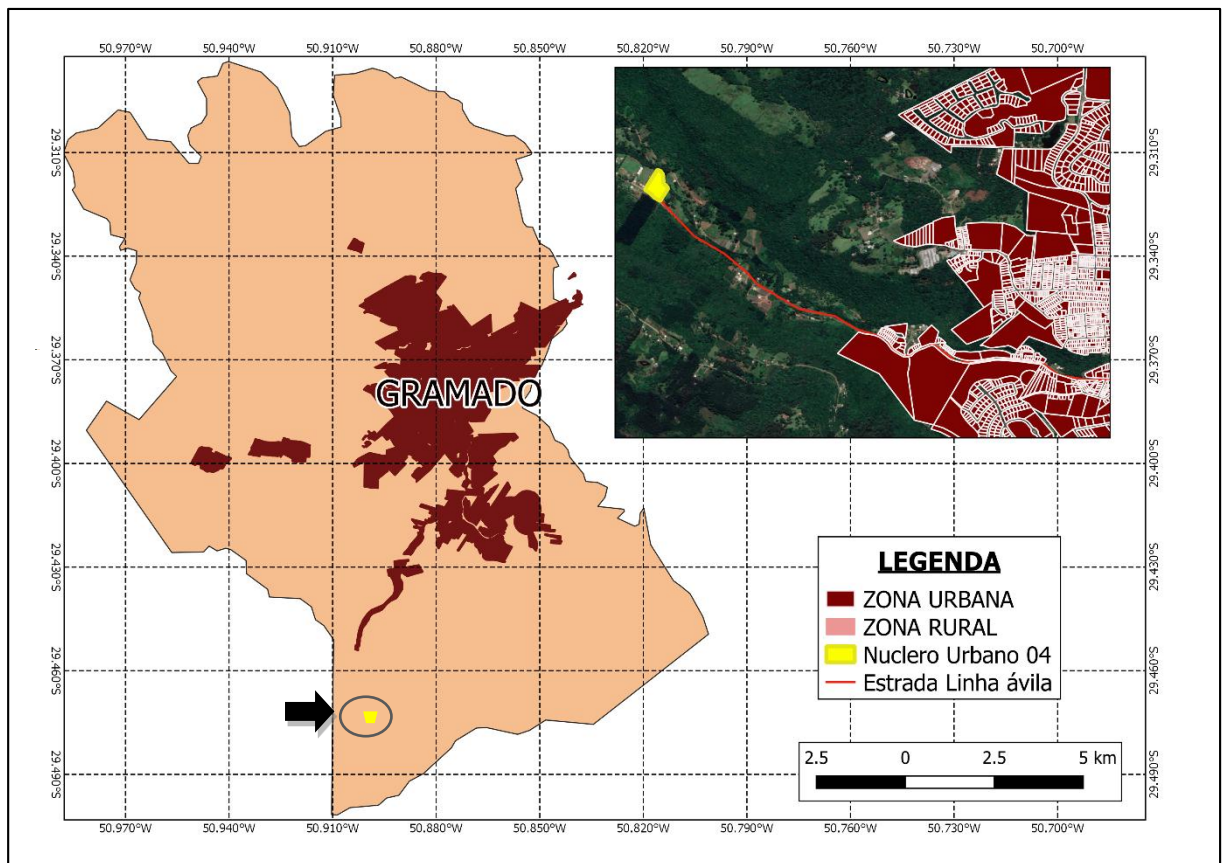
Fonte: Autor (2018).

Gramado é um dos sete municípios pertencentes ao Conselho Regional de Desenvolvimento (COREDE) Hortênsias, além de Cambará do Sul, Canela, Nova Petrópolis, Jaquirana, Picada Café e São Francisco de Paula (PLANSAB, 2015). Segundo o referido documento, observa-se que, entre 2000 e 2010, Gramado cresceu, anualmente, 0,73% a mais que o estado do Rio Grande do Sul. Em 2010, das pessoas ocupadas na faixa etária de 18 anos ou mais do município, 5,76%

trabalhavam no setor agropecuário, 0,10% na indústria extrativa, 20,75% na indústria de transformação, 6,97% no setor de construção, 0,18% nos setores de utilidade pública, 14,47% no comércio e 47,06% no setor de serviços (PNUD, 2010).

A área de estudo situa-se na Estrada Municipal da Linha Ávila Baixa, classificada como área rural do município (figura 3). Essa localidade encontra-se a uma distância de 7km do centro de Gramado, na direção predominantemente oeste. A área de 14.990,00m² contém 20 edificações, sendo 19 residências unifamiliares consolidadas e um galpão para guardar lenha, faz divisa aos fundos com o Arroio Grande, lateralmente com outras áreas rurais e apresenta uma inclinação média de 8%. A comunidade do local é composta por famílias de trabalhadores que atuam no setor de serviços relacionado ao turismo e aposentados.

Figura 3 – Mapa da localização da área de estudo (NU-4) na Linha Ávila Baixa



Fonte: Autor (2018).

Antigamente, na Linha Ávila Baixa encontravam-se sítios com pequenas produções familiares. Com o tempo, esses sítios passaram a serem suprimidos e

partilhados em lotes com áreas inferiores ao módulo mínimo de 3,0 hectares previsto na legislação federal.

Já na área de estudo, a partir da constatação do Ministério Público Estadual no ano de 2013 que a área de terras rurais de 14.990,00m² tratava-se de um loteamento que ocorreu sem as devidas licenças (loteamento clandestino), iniciou-se um processo judicial em desfavor do proprietário da área. O parcelamento irregular de solo foi enquadrado em crime contra a Administração Pública, conforme o Art. 50 da Lei Federal 6766/1979. Durante o processo judicial, foi exigido que o loteamento fosse regularizado, contudo o parcelamento de imóvel rural (localizado em zona rural) para fins urbanos só é possível se lei municipal redefinir o seu zoneamento, transformando a zona rural ou parte dela em zona urbana ou de expansão urbana. Assim sendo, por intermédio da Lei Municipal 3296/2014, a antiga área de terra rural passou a ser classificada como Núcleo Urbano (NU-04), ou seja, uma fração de área urbana com uso e características urbanas, constituído por unidades imobiliárias de área inferior à fração mínima de três hectares prevista na lei de parcelamento de solo. A criação do referido núcleo urbano se deu em resposta ao processo judicial para regularização fundiária da área.

Conforme informações que constam no processo judicial, as famílias do local estão na fase final do processo de recebimento das escrituras definitivas dos terrenos, sendo que a liberação dos referidos documentos está relacionada incondicionalmente à execução de obras de infraestrutura, como rede elétrica, abastecimento de água e tratamento de esgoto das residências.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 PROJETO HIDROSSANITÁRIO DO NÚCLEO URBANO 04 UTILIZANDO TS

Para a implantação de um sistema hidrossanitário eficiente, faz-se necessário um estudo do local quanto à disponibilidade de área, topografia, permeabilidade do solo, recursos ambientais existentes, assim como possíveis impactos na vizinhança (DUPOLDT et al., 2000). O referido autor sustenta que o melhor local para implantação do sistema deve levar em consideração a proximidade da fonte do efluente, a inclinação suficiente da tubulação para que a água flua por meio da gravidade, o solo

deve ser passível de compactação para evitar a contaminação das águas subterrâneas e a *wetland* deve estar acima do lençol freático.

A partir do ano de 2010, a área de terras rurais de 14.990,00m² começou a ser fracionada mediante a venda de pequenos lotes, originando um loteamento clandestino na área rural. Foi realizado um comparativo do número de edificações da área com o auxílio de imagens de satélite do software *Google Earth Pro 2018* para a situação em 2010 e com o uso de imageamento aéreo para a situação em agosto de 2018. Concluiu-se que existiam apenas duas edificações no local em 2010, mas esse número aumentou para 20 edificações em oito anos. A figura 4 abaixo ilustra essa situação.

Figura 4 – Comparativo do crescimento do número de edificações na área de estudo entre 2010 e 2018



Fonte: Autor (2018).

As 19 residências unifamiliares (fig. 5) foram agrupadas em sete células independentes, que irão compor a contribuição de efluentes para cada sistema de tratamento de esgoto, sendo que os agrupamentos levaram em consideração a proximidade das edificações, o escoamento das águas por gravidade e o número de pessoas em cada residência. A edificação 12 não foi agrupada e não será considerada no cálculo do sistema hidrossanitário por se tratar de um galpão para estocagem de lenha. Dessa forma, foram dimensionados sete sistemas de tratamento de esgoto que atenderão a todas as residências existentes no local. A tabela 1 apresenta as combinações realizadas e a quantidade de pessoas envolvidas em cada célula.

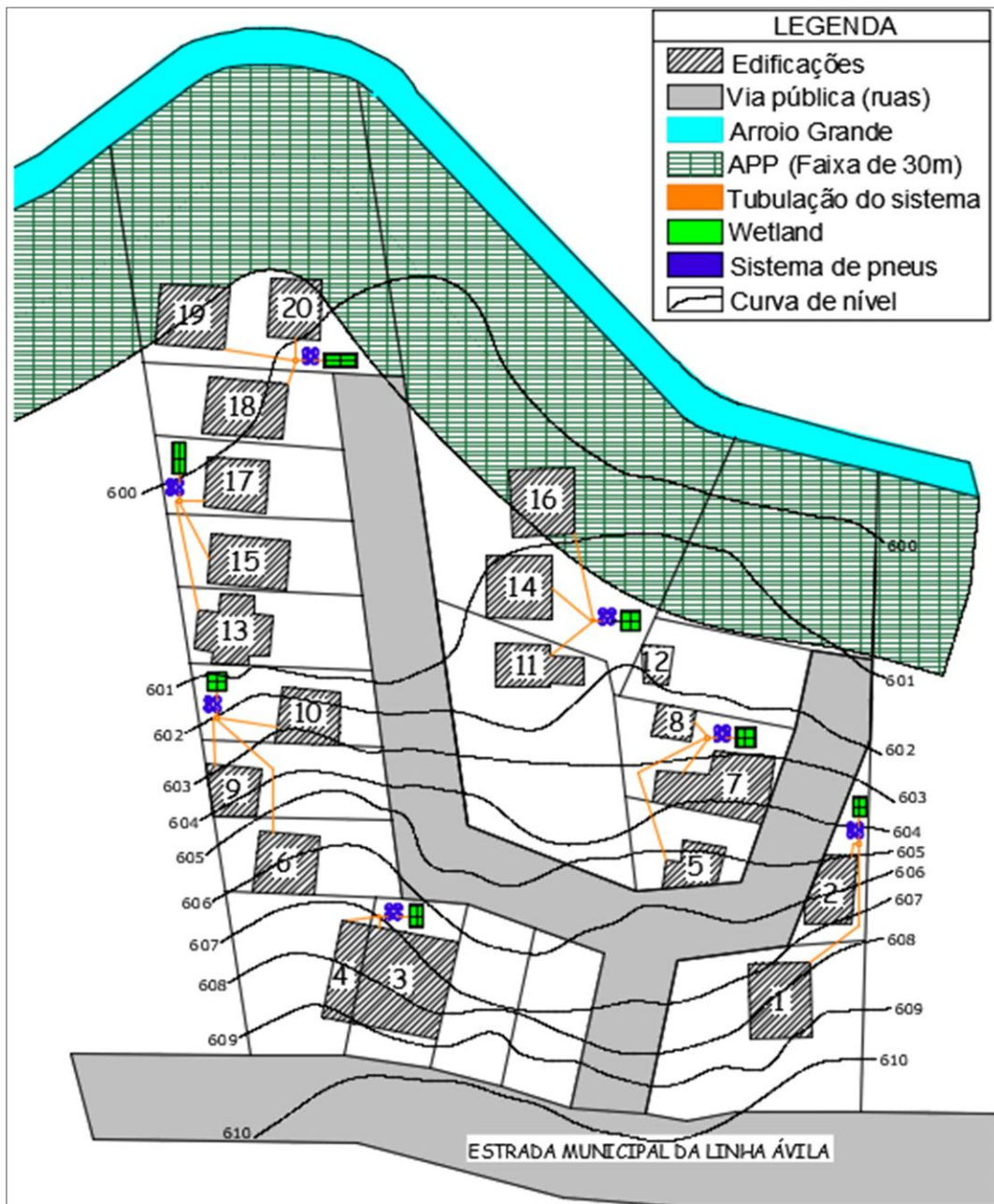
Tabela 1 - Agrupamento de edificações e a quantidade de pessoas por célula

AGRUPAMENTO	A	B	C	D	E	F	G
RESIDÊNCIAS	1,2	3,4	5,7,8	6,9,10	11,14,16	13,15,17	18,19,20
Nº DE PESSOAS	5	6	8	8	8	9	9

Fonte: Autor (2018).

A figura 05 a seguir ilustra a localização e os agrupamentos das residências, as áreas das vias públicas, o Arroio Grande, os equipamentos do sistema hidrossanitário proposto e as curvas de nível da localidade. Importante ressaltar a faixa de 30 metros de Área de Preservação Permanente (APP) nas margens do Arroio Grande localizada no fundo do terreno. Conforme decisão judicial para a regularização fundiária das residências existentes, as edificações 16, 19 e 20, o qual estão dentro dessa área de APP, poderão permanecer no local.

Figura 5 - Planta baixa do NU-04 contendo o sistema hidrossanitário com uso de TS



Fonte: Autor (2018).

Os itens a seguir apresentam o conceito e as explicações dos cálculos usados para o dimensionamento dos equipamentos de tratamento de esgoto propostos para a área de estudo.

a) Fossa Séptica

A ABNT NBR 7229 (1993) cita que os sistemas de tanques sépticos são o conjunto de unidades destinadas ao tratamento e à disposição de esgotos, mediante

utilização de tanque séptico e unidades complementares de tratamento e/ou disposição final de efluentes e lodo. A norma descreve ainda os tanques sépticos como sendo estruturas de forma prismática retangular ou cilíndrica para tratamentos de esgotos por processos de sedimentação, flotação e digestão. Conforme caracterizado por Chernicharo (1997), os tanques sépticos são unidades pré-moldadas ou moldadas in loco, destinadas a cumprir funções de sedimentação e remoção de sólidos flutuantes, além de serem considerados digestores de baixa carga, sem a adição de misturas e sistema de aquecimento.

O projeto e dimensionamento do sistema de tanque séptico, enquanto unidade de tratamento primário do esgoto foi baseada nos critérios estabelecidos pela Norma Regulamentadora Brasileira - NBR 7229/1993 – Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. É importante que não exista o encaminhamento da água da chuva para esses sistemas, de modo a evitar a elevação excessiva da vazão de esgoto afluente. O dimensionamento do tanque séptico é dado pela Equação 1:

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

Sendo:

(V) o volume útil, em litros;

(N) o número de pessoas ou unidades de contribuição;

(C) a contribuição de despejos, em litro/pessoa.dia ou em litro/unidade.dia;

(T) o período de detenção, em dias;

(K) a taxa de acumulação de lodo digerido em dias equivalente ao tempo de lodo fresco; e

(L_f) a contribuição de lodo fresco, em litro/pessoa.dia ou em litro/unidade.dia.

No cálculo do volume necessário pela fossa séptica para os sete sistemas do presente estudo, a contribuição de despejos (C) será 100 litros/pessoa.dia e o período de detenção (T) 1 dia, conforme Tabela 1 da NBR7229; a contribuição de lodo fresco (L_f) é 1 litro/pessoa e a taxa de acumulação de lodo digerido (K) é 65 conforme valores tabelados da mesma norma. Conclui-se, portanto, que apenas a variável número de pessoas (N) será diferente para cada sistema.

b) Filtro Anaeróbio

A ABNT NBR 13969 (1997) define filtros anaeróbios como um reator biológico com entrada de efluente em sentido ascendente, constituído por uma câmara vazia

na parte inferior e outra câmara preenchida com material filtrante logo acima desta câmara vazia, onde atuam microrganismos facultativos e anaeróbios, responsáveis pela estabilização da matéria orgânica. A norma completa ainda que o material filtrante é mais utilizado como retenção de sólidos. Conforme Ávila (2005), algumas das vantagens da utilização de filtros anaeróbios são a dispensabilidade de fonte de energia externa e recirculação de lodo, baixa produção de lodo e a relevante remoção de material orgânico dissolvido. O autor afirma que as desvantagens desse sistema são poucas, como por exemplo, a possibilidade dos efluentes ficarem com alta concentração de sais minerais, excesso de microrganismos patogênicos, ocorrência de entupimentos, entre outros.

O dimensionamento do filtro anaeróbio é feito de acordo com a NBR 7229/93 e considera variáveis parecidas com o cálculo da fossa séptica indicado no item acima. O volume do filtro anaeróbio é dado pela Equação 2:

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

Onde:

(N) é o número de contribuintes;

(C) a concentração de despejos, em litro/habitante.dia; e

(T) o tempo de detenção hidráulica, em dias.

c) **Wetland: Sistema de zona de raízes**

Conforme Monteiro (2009), *wetland* é um termo genérico para denominar qualquer ecossistema alagado. O autor afirma que os sistemas de leitos alagados construídos são baseados nos sistemas naturais, sendo que eles utilizam as suas características despoluidoras para proporcionarem a melhoria da qualidade das águas.

Mitsch (1993) define *wetlands* como áreas alagadas que compõem um ecossistema, sendo cobertas por água a pouca profundidade integral ou sazonalmente, oferecendo boas condições para o crescimento de macrófitas. O autor ressalta ainda que as *wetlands* construídas podem ser encontradas na literatura como sistemas alagados construídos, zonas de raízes, ou leitos cultivados.

Para o dimensionamento do sistema de zona de raízes, usualmente são utilizados parâmetros estruturais e de cálculo de área baseados em van Kaick (2002), Sezerino (2004) e Andrade et al (2012), devido ao fato de não existir nenhuma norma brasileira para esta tecnologia. A Equação 3 abaixo adotada neste artigo foi utilizada

para o dimensionamento do sistema por zona de raízes e foi apresentada por Andrade et al (2012):

$$A = \text{TDH} \cdot Q \cdot N / 0,46 \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

(A) é a área do sistema em m²;

(TDH) tempos de detenção hidráulica, em dias;

(Q) a vazão em m³/dia ;

(N) número de contribuintes.

De acordo com o referido autor, o valor de 0,46 foi obtido em função do cálculo do índice de vazios do leito filtrante dos materiais areia grossa e brita nº2.

d) **Cálculo e projeto do sistema hidrossanitário dos Agrupamentos**

Os pneus de caminhão adotados no cálculo dessa pesquisa são de aro 22.5, circulares, com diâmetro de 1056mm e largura de 300mm. O volume de um pneu pode ser calculado como um cilindro, sendo a área de um círculo multiplicado pela altura conforme a Equação 4:

$$V = \pi \cdot D^2 \cdot h / 4 \quad (\text{Equação 4})$$

Sendo que:

π equivale ao valor de 3,14;

(D) o diâmetro do círculo em mm; e

(h) a altura do cilindro em mm.

Assim, o volume de um pneu aro 22,5:

$$V = \pi \cdot D^2 \cdot h / 4$$

$$V = 3,14 \cdot 1056^2 \cdot 300 / 4$$

$$V = 262.614.528 \text{mm}^3 = 262,61 \text{dm}^3 = 262,61 \text{ litros}$$

A Tabela 2, a seguir, indica os cálculos do sistema hidrossanitário para os sete grupos da área de estudo. Os volumes mínimos da Fossa Séptica e Filtro Anaeróbio foram calculados conforme ABNT NBR7229/93 e a área mínima do sistema *wetland* foi calculada conforme metodologia proposta por Andrade et al. (2012). Os valores dos volumes e áreas adotados no projeto para as células foram sempre superiores aos mínimos exigidos por norma técnica, concluindo-se que o sistema atende aos

requisitos técnicos existentes para implantação de um sistema de tratamento de esgoto eficiente.

Tabela 2 – Cálculo do sistema hidrossanitário dos Agrupamentos

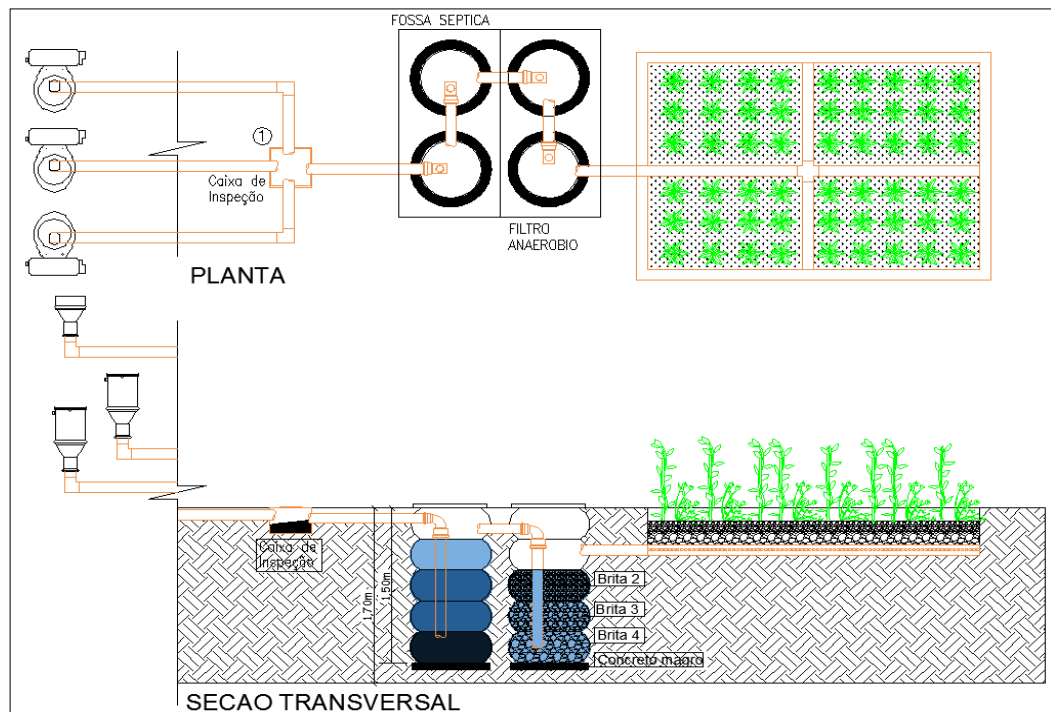
Grupo	Edificações	Total de Pessoas (N)	Fossa Séptica (NBR7229/93) V= 1000 + N. (C.T + K.Lf) V=1000 + N. (100x1 + 65x1)		Filtro Anaeróbio (NBR7229/93) V= 1,6. N. C. T V= 1,6 x N x 100 x 1		Wetland (Andrade et al, 2012) A=TDH. Q. N / 0,46 A= 1 x 0,5 x N / 0,46	
			Volume mínimo conforme NBR7229 (litros)	Volume projetado (litros)	Volume mínimo conforme NBR7229	Volume projetado (litros)	Área mínima conforme Andrade et al (2012)	Área projetada (m ²)
A	1,2	5	V= 1825 litros	7 pneus 22,5 V=1838 litros	V= 800 litros	4 pneus 22,5 V=1050 litros	A= 5,43m ²	2,00m x 3,00m A=6,00m ²
B	3,4	6	V= 1990 litros	8 pneus 22,5 V=2101 litros	V= 960 litros	4 pneus 22,5 V=1050 litros	A= 6,52m ²	2,00m x 3,50m A=7,00m ²
C	5,7,8	8	V= 2320 litros	9 pneus 22,5 V=2363 litros	V= 1280 litros	5 pneus 22,5 V=1313 litros	A= 8,69m ²	3,00m x 3,00m A=9,00m ²
D	6,9,10	8	V= 2320 litros	9 pneus 22,5 V=2363 litros	V= 1280 litros	5 pneus 22,5	A= 8,69m ²	3,00m x 3,00m

						V=1313 litros		A=9,00m²
E	11,14,16	8	V= 2320 litros	9 pneus 22,5 V=2363 litros	V= 1280 litros	5 pneus 22,5 V=1313 litros	A= 8,69m ²	3,00m x 3,00m A=9,00m²
F	13,15,17	9	V= 2485 litros	10 pneus 22,5 V=2626 litros	V= 1440 litros	6 pneus 22,5 V=1575 litros	A= 9,78m ²	2,00m x 5,00m A=10,00m²
G	18,19,20	9	V= 2485 litros	10 pneus 22,5 V=2626 litros	V= 1440 litros	6 pneus 22,5 V=1575 litros	A= 9,78m ²	2,00m x 5,00m A=10,00m²

Fonte: Autor (2018).

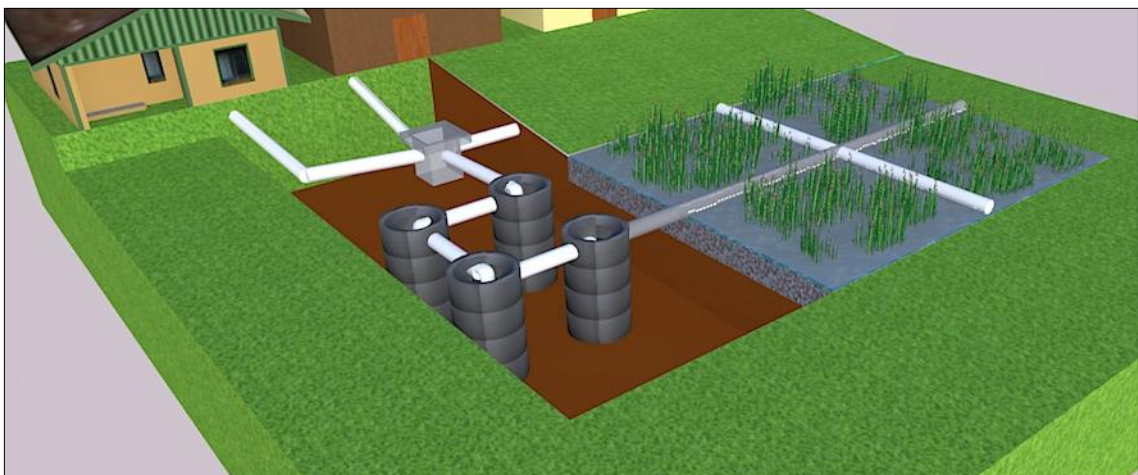
A partir da realização dos agrupamentos e dos cálculos feitos acima, procedeu-se com o Projeto Gráfico do Sistema Hidrossanitário com o uso da Tecnologia Social. As figuras 6 e 7, a seguir, demonstram o detalhamento do sistema.

Figura 6 – Detalhe Planta e Seção Transversal do Projeto Hidrossanitário com uso de TS



Fonte: Autor (2018).

Figura 7 – Detalhe Modelagem 3D do Sistema Hidrossanitário com uso de TS



Fonte: Autor (2018).

Importante ressaltar que, para fins didáticos, a figura 7 acima ilustra o sistema de tratamento de esgoto com as suas extremidades abertas, facilitando a visualização das linhas verticais de pneus aro 22,5 e a tubulação do sistema. Na execução da proposta, os pneus ficarão abaixo do solo e uma tampa de concreto fechará o topo das linhas verticais de pneus.

e) **Análise dos custos de implantação: Sistema convencional x Sistema Proposto**

O Projeto apresenta sete unidades de tratamento de esgoto para 19 residências unifamiliares. Caso fosse utilizado o sistema convencional, haveriam 19 unidades de tratamento de esgoto do tipo fossa séptica, filtro anaeróbio e sumidouro, ou seja, uma unidade para cada residência. A tabela 3 abaixo apresenta uma comparação de custo de implantação do sistema proposto de Tecnologia Social, comparando-o com o sistema de tratamento convencional atualmente usado na zona rural de Gramado.

Tabela 03 – Comparação de custos Sistema Convencional x Proposta TS

Sistema Hidrossanitário Convencional				
Item	Descrição	Unid.	Cust.unit. (R\$)	Custo total (R\$)
1	Tanque Séptico Circular, em concreto pré-moldado, diâmetro interno = 1,00m, Altura interna = 2,50m. Incluso mão de obra. Volume útil =2.000 litros.	19 unid	1.106,99	21.032,81
2	Filtro anaeróbio retangular, em alvenaria, com tijolos cerâmicos maciços. Volume útil = 1152 litros. Incluso mão de obra.	19 unid	3.154,59	59.947,21
3	Sumidouro retangular, em alvenaria com tijolos cerâmicos maciços. Área de infiltração: 13,2m ² . Incluso mão de obra.	19 unid	3.179,53	60.411,07
CUSTO TOTAL				141.391,09
Sistema Hidrossanitário Proposto de Tecnologia Social				
Item	Descrição	Unid.	Custo unit. (R\$)	Custo total (R\$)
1 e 2	Tanque Séptico Circular e Filtro anaeróbio			
	Pneus de caminhão aro 22,5 inservíveis. 97 unidades. Doados pelo poder público sem custo.	97 unid	0,00	0,00

	Lastro de concreto no fundo das 26 unidades verticais de pneus. Excluído mão de obra.	26 unid	200,00	5.200,00
	Pregos galvanizados 19x39 para fixação entre pneus. Excluído mão de obra.	400 pç	11,16	4.464,00
	Tampa em concreto não armado. Excluído mão de obra.	26 unid	100,00	2.600,00
	<i>Wetland</i> – Zona de raízes			
3	Tubo PVC 100mm Dreno. Corrugado. Peças de 6m. Excluído mão de obra.	8 unid	187,23	1.497,84
	Material granular – Brita 01 e Brita 02. Excluído mão de obra.	52,8 m ³	80,75	4.231,30
	Manta bidim geotêxtil drenagem. Excluído mão de obra.	30m ²	8,00	240,00
	CUSTO TOTAL			18.233,14

Fonte: Autor adaptado de SINAPI-RS/Nov.2018.

Importante ressaltar que, para a quantificação dos sistemas, adotou-se a base de dados da Caixa Econômica Federal denominada Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), aplicados para o Rio Grande do Sul em novembro 2018. A referida base de dados foi utilizada por se tratar de uma fonte oficial gratuita indicada pelo Governo Federal para orçamentação de obras da construção civil.

Nos cálculos do sistema com o uso de TS, o custo dos pneus de caminhão aro 22,5 foi adotado como 0,0 (zero), pois considerou-se o fornecimento do material pelo poder público. Dessa forma, haverá benefícios para ambas partes pois as comunidades rurais poderão executar o sistema proposto a um custo mais baixo e o poder público, além de participar indiretamente da regularização do tratamento sanitário das áreas rurais, dará uma destinação correta para reaproveitamento dos pneus inservíveis. Nesse item, ressalta-se ainda a importância de o poder público saber onde os sistemas estão sendo implantados para que ocorra o monitoramento da eficiência do sistema de tratamento, e recomendações aos integrantes das comunidades, caso necessário.

A mão de obra para execução da solução com o uso de TS não foi considerada no custo por conta da recomendação de que o sistema de tratamento seja executado por meio de mutirões. Essa forma de execução é recomendada no uso de Tecnologias

Sociais pois inserem, efetivamente, os integrantes da comunidade na resolução dos seus problemas.

4 CONCLUSÃO

A área rural de Gramado apresenta grande *déficit* de saneamento básico, sendo uma região historicamente invisível aos olhos de gestores públicos para elaboração de políticas públicas. Atualmente, a área rural do município de Gramado passa por constantes fracionamentos irregulares de solo originando a instalação de loteamentos clandestinos e, conseqüentemente, a ausência de tratamento de esgoto. Muito disso ocorre por conta de a cidade apresentar-se como um polo turístico e com alta especulação imobiliária, resultando em altos valores de aluguéis, os quais apresentam-se incompatíveis com a remuneração recebida pela maioria dos trabalhadores do setor de serviços.

O sistema de tratamento de esgoto proposto nesse estudo representa uma Tecnologia Social baseada no saneamento rural e ecológico, valorizando o reaproveitamento dos materiais já existentes (pneus de borracha), e os recursos naturais (zona de raízes *wetland*). Atualmente, os pneus de borracha inservíveis ficam armazenados na usina de resíduos municipal e apresentam-se como um problema ambiental quanto à sua correta destinação. Para a área de estudo, os sete agrupamentos das 19 residências unifamiliares possibilitaram o tratamento de esgoto com um custo 87% mais baixo que o uso do sistema convencional. Importante ressaltar que o cálculo do sistema levou em consideração as normas técnicas de engenharia e literatura científica, portanto mostram-se eficientes no tratamento dos efluentes domésticos (águas negras e cinza), os quais hoje são lançados no arroio Grande.

A Tecnologia Social deve ter o apoio da comunidade local e conter a participação da mesma na sua implantação, a fim de que as pessoas possam se sentir incluídas na inovação. A presente pesquisa serve também como uma proposta de política pública para os gestores municipais, os quais poderiam fornecer os pneus de borracha inservíveis para que as comunidades rurais possam usá-los na construção do sistema de tratamento.

Além disso, as prefeituras municipais poderiam adotar uma estratégia de fomento fornecendo apoio técnico para projetar o sistema, liberação de máquinas para

escavação das valas, licenciamento diferenciado, monitoramento da eficiência do tratamento do esgoto e oferecimento de cursos de formação e educação ambiental para as comunidades rurais aplicar essa tecnologia social. Ainda, o poder público poderia servir de exemplo à população ao utilizar este sistema em órgãos públicos, tais como banheiros de parques, escolas, praças, etc., além de firmar parcerias com universidades e centros de pesquisa para implantação e monitoramento da sua eficiência.

Ressalta-se também a necessidade de haver maior investimento público de tratamento de esgoto na área rural, intensificando a adoção de soluções adequadas de saneamento para atendimento à essas comunidades. O panorama de as áreas rurais de Gramado serem locais com pouca atenção do poder público deve ser urgentemente alterado mediante à constatação do crescimento exponencial de loteamentos clandestinos na área rural do município com o conseqüente aumento da sua poluição hídrica e do solo.

Ainda, Gramado apresenta-se como um município turístico que, muitas vezes, é tido como referência a ser seguida por outras cidades quanto à sua organização, limpeza e educação da população. Sendo assim, opina-se que a proteção hídrica também deveria fazer parte dos atrativos turísticos do município, ficando claro aos seus visitantes que, apesar da grande flutuação populacional ocorrida por conta do turismo, não há interferência no saneamento básico da cidade e que, principalmente, Gramado e seus governantes prezam pela preservação dos seus recursos naturais.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, H. H. B. **Avaliação do Desempenho de Sistemas de Zona de Raízes (Wetlands Construídas) em Escala Piloto Aplicados ao Tratamento de Efluente Sintético**. 2012. 87f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Curitiba,PR, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 7229: **construção e instalação de fossas sépticas e disposição dos efluentes finais**. Rio de Janeiro, 1993. 18p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 13969: **tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos**. Projeto, construção e operação. São Paulo, 1997. 60p.

ÁVILA, R. O. **Avaliação do desempenho de sistemas tanque séptico-filtro anaeróbio com diferentes tipos de meio suporte**. 2005. 166f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 2005.

BAVA, S. C. **Tecnologia social e desenvolvimento local**. In: FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL (org.) **Tecnologia social: uma estratégia para o desenvolvimento**. Rio de Janeiro: FBB, 2004. p.103-16.

BRASIL. Presidência da República Federativa do Brasil. Casa Civil. Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010. **Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Decreto/D7217.htm. Acesso em 23 ago 2017.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Plano Nacional de Saneamento Básico - PLANSAB**. 2013. Disponível em <http://www.cidades.gov.br/>. Acesso em 20 Dez 2018.

BRASIL. Lei Federal n.º 6.766, de 19 de dezembro de 1979. **Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 20 dez. 1979.

BOVAIRD, T. Beyond engagement and participation: user and community coproduction of public services. **Public Administration Review**, v. 67, n. 5, p. 846-860, 2007.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios: Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 1997.

COSTA, C.C.; GUILHOTTO, J.J.M. Saneamento rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestor. **Eng. Sanit. Ambient.**, ed. Especial, p. 51-60, 2014.

DAGNINO, R. Sobre o marco analítico conceitual da tecnologia social. In: FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL. **Tecnologia Social: uma estratégia para o desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Fundação Banco do Brasil, 2004.

DAGNINO, R. A tecnologia social e seus desafios. In: FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL. **Tecnologia social: uma estratégia para o desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Fundação Banco do Brasil, 2009.

DAGNINO, R. **Tecnologia social e economia solidária: construindo pontes**. Campinas: Gapi/Unicamp, 2012.

DUPOLDT, C. **A Handbook of Constructed Wetlands**. A guide to creating wetlands for: Agricultural Wastewater, Domestic Wastewater, Coal Mine Drainage, Stormwater. Vol. 1. USA, 2000.

EIGENHEER, E. M. **A limpeza urbana através dos tempos**. Porto Alegre: Gráfica Pallotti, 2009.

ESREY, S.A. Water, waste, and well-being: a multicountry study. **American journal of Epidemiology**, v. 143, n. 6, p. 608-623, 1996.

FRAGA, L. **Autogestão e tecnologia social: utopia e engajamento**. Gestão pública e sociedade: fundamentos e políticas públicas de economia solidária. 2v. São Paulo: Outras Expressões, 2011. p.101-24.

FUNASA. FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE. **Panorama do saneamento rural no Brasil**. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/blt_san_rural.pdf> Acesso em 04 nov. 2017.

FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL. **Tecnologia social, Fossa séptica biodigestora: Saúde e renda no campo**. Brasília, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo demográfico. Sinopse dos resultados do censo 2010. População: urbana x rural**. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/contagem.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Nacional de Atendimento a Domicílio 2013-2014**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA SOCIAL (ITS). Reflexões sobre a construção do conceito de tecnologia social. In: FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL (org.) **Tecnologia social: uma estratégia para o desenvolvimento**. Rio de Janeiro: FBB, 2004. p.117-34

MITSCH, W. J. **Wetlands**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1993.

MONTEIRO, R.C.M. **Viabilidade técnica do emprego de wetlands para o tratamento de água cinza para o reuso não potável**. Escola Politécnica de São Paulo (USP). São Paulo, 2009.

OSTROM, E. Crossing the great divide: coproduction, synergy, and development. **World Development**, v. 24, n. 6, p. 1073-1087, 1996.

PREFEITURA MUNICIPAL DE GRAMADO. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Gramado**. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. 2014. Disponível em: <http://www.prosinos.rs.gov.br/downloads/GRAMADO_PMSB_rev_0_pdf.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2017.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Diagnóstico dos serviços de água e esgoto**. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Ambiental. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2015>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

SILVA, G. H. R.; NOUR, E. A. A. Reator compartimentado anaeróbio/aeróbio: Sistema de baixo custo para tratamento de esgotos de pequenas comunidades. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.2, p.268-275, 2005.

TEIXEIRA, J. B. **Saneamento rural no Brasil: perspectivas**. Panorama do saneamento básico no Brasil. Brasília: Ministério das Cidades, 2010.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO); UNICEF. **Progress on sanitation and drinkingwater: 2010 update**. WHO Press. Geneva, Switzerland. 2010.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A área rural de Gramado apresenta grande *déficit* de saneamento básico, sendo uma região historicamente invisível aos olhos de gestores públicos para elaboração de políticas públicas. Atualmente, essa área do município passa por constantes fracionamentos irregulares de solo originando a instalação de loteamentos clandestinos e, conseqüentemente, a ausência de tratamento de esgoto. Muito disso ocorre por conta de a cidade apresentar-se como um polo turístico e com alta especulação imobiliária, resultando em altos valores de aluguéis, os quais apresentam-se incompatíveis com a remuneração recebida pela maioria dos trabalhadores do setor de serviços.

A prestação dos serviços de saneamento básico de abastecimento de água e de esgotamento sanitário do município de Gramado é executada pela Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN), sendo que o instrumento contratual versa que a prestação de serviços de abastecimento desses serviços será executada, em sua integralidade, nas áreas urbana e rural. Contudo, verifica-se que ainda não há rede coletora de esgoto para atendimento às comunidades rurais de Gramado ou nem mesmo previsão de implantação da mesma. A falta de tratamento de esgoto na área rural acarreta várias conseqüências negativas tanto para os moradores das localidades como para os mananciais hídricos. Diante desse cenário, é necessário que se proponham soluções viáveis para o saneamento nessas áreas, que sejam seguras, acessíveis, simples de serem implantadas e que estejam de acordo com a realidade e peculiaridades de cada município.

O sistema de tratamento de esgoto proposto nesse estudo representa uma Tecnologia Social baseada no saneamento rural e ecológico, valorizando o reaproveitamento dos materiais já existentes (pneus de borracha), e os recursos naturais (zona de raízes *wetland*). Atualmente, os pneus de borracha inservíveis ficam armazenados na usina de resíduos municipal e apresentam-se como um problema ambiental quanto à sua correta destinação.

Para a área de estudo (NU-04), os sete agrupamentos das 19 residências unifamiliares possibilitaram o tratamento de esgoto com um custo 87% mais baixo que o uso do sistema convencional. Importante ressaltar que o cálculo do sistema levou em consideração as normas técnicas de engenharia e literatura científica, portanto mostram-se eficientes no tratamento dos efluentes domésticos (águas negras e

cinza), os quais hoje são lançados no arroio Grande. No projeto gráfico do sistema proposto, pode-se visualizar que os lotes não perdem uma área considerada do terreno para implantação dos equipamentos de tratamento, contudo deve-se abordar que os proprietários dos lotes em que haverá a implantação do sistema de tratamento dos agrupamentos poderiam obter alguma vantagem financeira do poder público como forma de fomento à manutenção do mesmo.

A Tecnologia Social deve ter o apoio da comunidade local e conter a participação da mesma na sua implantação, a fim de que as pessoas possam se sentir incluídas na inovação. A presente pesquisa expõe também como uma proposta de política pública para os gestores municipais, os quais poderiam fornecer os pneus de borracha inservíveis para que as comunidades rurais possam usá-los na construção do sistema de tratamento.

Além disso, opina-se que as prefeituras municipais também devem participar do mecanismo de implantação de novas tecnologias, e poderiam adotar uma estratégia de fomento fornecendo apoio técnico para projetar o sistema, liberação de máquinas para escavação das valas, licenciamento diferenciado, monitoramento da eficiência do tratamento do esgoto e oferecimento de cursos de formação e educação ambiental para as comunidades rurais aplicar essa tecnologia social. Ademais, o poder público poderia servir de exemplo à população ao utilizar este sistema em órgãos públicos, tais como banheiros de parques, escolas, praças, etc., além de firmar parcerias com universidades e centros de pesquisa para implantação e monitoramento da sua eficiência.

Ainda, Gramado apresenta-se como um município turístico que, muitas vezes, é tido como referência a ser seguida por outras cidades quanto à sua organização, limpeza e educação da população. Sendo assim, opina-se que a proteção hídrica também deveria fazer parte dos atrativos turísticos do município, ficando claro aos seus visitantes que, apesar da grande flutuação populacional ocorrida por conta do turismo, não há interferência no saneamento básico da cidade e que, principalmente, Gramado e seus governantes prezam pela preservação dos seus recursos naturais.

REFERÊNCIAS

- ANDREOLI, C. V. et al. A crise da água e os mananciais de abastecimento. In: ANDREOLI, C. V. (Coord.) **Mananciais de abastecimento: planejamento e gestão – Estudo de caso do Altíssimo Iguaçu**. Curitiba: Sanepar; Finep, 2009.
- ANDRADE NETO, C. O. **Sistemas Simples para Tratamento de Esgotos Sanitários – Experiências Brasileiras**. Rio de Janeiro, ABES, 1997.
- ANDRADE, H. H. B. **Avaliação do Desempenho de Sistemas de Zona de Raízes (Wetlands Construídas) em Escala Piloto Aplicados ao Tratamento de Efluente Sintético**. 2012. 87f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UTFPR, Curitiba, 2012.
- ANDRADE, H. S. **Pneus inservíveis: Alternativas possíveis de reutilização**. 2007. 101f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Econômicas) – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, 2007.
- ANSOLA, G.; ARROYO, P.; SÁENZ DE MIERA, L. E. Characterisation of the soil bacterial community structure and composition of natural and constructed wetlands. **Science of The Total Environment**, v. 473, n. Supplement C, p. 63-71, 2014.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA PNEUMÁTICA (ANIP). **Dados Produção 2010**. Disponível em: <http://www.anip.com.br/index.php?cont=conteudo&area=32&titulo_pagina=Produção>. Acesso em: 18 nov. 2018.
- _____. **Dados 2014**. Disponível em: <www.anip.com.br> Acesso em: 25 jul. 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 9648: estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.
- _____. **NBR 7229: construção e instalação de fossas sépticas e disposição dos efluentes finais**. Rio de Janeiro: ABNT, 1993. 18p.
- _____. **NBR 13969: tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos**. Projeto, construção e operação. São Paulo: ABNT, 1997. 60p.
- _____. **NBR 12209: projeto de estações de tratamento de esgoto**. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.
- ÁVILA, R. O. **Avaliação do desempenho de sistemas tanque séptico-filtro anaeróbio com diferentes tipos de meio suporte**. 2005. 166f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ, 2005.
- BARROS, R. T. de V. et al. **Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios**. Vol 2. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 221p.

BAVA, S. C. Tecnologia social e desenvolvimento local. In: FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL (org.) **Tecnologia social: uma estratégia para o desenvolvimento**. Rio de Janeiro: FBB, p.103-16, 2004.

BARROS FILHO, J. B.P. ; MESSANY JÚNIOR, R. **Viabilidade de reúso de águas residuárias em uma residência unifamiliar no município de Curitiba - Paraná**. 2014. 122f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção Civil) – Universidade tecnológica federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, PR, 2014.

BOVAIRD, T. Beyond engagement and participation: user and community coproduction of public services. **Public Adm ver**, v.67, p.846-860, 2007.

BRANDÃO, F.C. **Uma história brasileira das Tecnologias Apropriadas**. Brasília: Paralelo 15 / Abipti, 2006.

BRAGA, G. B. **Por uma caracterização dos territórios segundo o modo de vida rural e/ou urbano**. 2015. 259f. Tese(Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG, 2015.

BRASIL. Presidência da República Federativa do Brasil. Casa Civil. **Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010**. Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Decreto/D7217.htm>. Acesso em: 23 ago. 2017.

_____. Ministério das Cidades. **Plano Nacional de Saneamento Básico - PLAN SAB**. 2013. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/>>. Acesso em: 20 dez 2018.

_____. Lei Federal nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, 20 dez. 1979.

_____. Lei Federal nº 4.504, de 30 de novembro de 1964. Dispõe sobre o estatuto da terra e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, 30 nov. 1964.

_____. Lei Federal nº 5.172, de 25 de outubro de 1966. Dispõe sobre o sistema tributário nacional e institui normas gerais de direito tributário aplicáveis à União, Estados e Municípios. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, 25 out. 1966.

_____. Resolução nº 377, de 09 de outubro de 2006. Dispõe Sobre Licenciamento Ambiental Simplificado de Sistemas de Esgotamento Sanitário. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil** nº 195, de 10 out. de 2006, Seção 1, página 56, Brasília, DF.

_____. Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA. Resolução CONAMA n. 258, de 26 de agosto de 1999. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 02 dez. 1999. Seção 1, p. 39.

_____. Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA. Resolução CONAMA n. 416, de 30 de setembro de 2009. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 01 out. 2009. p. 64-65.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios: Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 1997.

_____. **Reatores anaeróbios**. 2.ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 2007. 380p. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, v.5.

COSTA, C. C. I.; GUILHOTO, J. J. M. Saneamento rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestora. **Engenharia Sanitária Ambiental**, ed. especial, p. 51-60, 2014.

CUNHA, C. A. G. **Análise da eficiência de um sistema combinado de alagados construídos na melhoria da qualidade das águas**. 2006. 174f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) –Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2006.

DACACH, N. G. **Saneamento Básico**. 3. ed. rev. Rio de Janeiro: Didática e Científica, 1990.

DAGNINO, R.; BRANDÃO, Fl. C. ; NOVAES, H. T. Sobre o marco analítico-conceitual da tecnologia social. In: DE PAULO, Antonio; et al. (org.). **Tecnologia social: uma estratégia para o desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Fundação Banco do Brasil, 2004.

DAGNINO, R. **Tecnologia apropriada: uma alternativa?**. 1976. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Economia, UnB, Brasília, 1976.

_____. A relação pesquisa-produção: em busca de um enfoque alternativo. In: SANTOS, L. et al. **Ciência, tecnologia e sociedade: o desafio da interação**. Londrina: Iapar, 2004.

_____. **Tecnologia social: ferramenta para construir outra sociedade**. 2 ed. Campinas: Komedi, 2010.

_____. **Tecnologia social e economia solidária: construindo pontes**. [Documento de trabalho do curso Gestão Estratégica em Tecnologia Social]. Campinas: Gapi/Unicamp, 2012.

_____. **Tecnologia Social: contribuições conceituais e metodológicas**. Campina Grande: EDUEPB, 318 p., 2014.

DAVIS, L. A. **Handbook of Constructed Wetlands. A Guide to Creating Wetlands for: Agricultural Wastewater, Domestic Wastewater, Coal Mine Drainage, Stormwater in the Mid-Atlantic Region.** Vol 1. USEPA Region III with USDA, 1995.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Programa para universalizar o saneamento básico em Campinas contempla tecnologia social da Embrapa.** Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/24813504/programa-para-universalizar-o-saneamento-basico-em-campinas-contempla-tecnologia-social-da-embrapa>>. Acesso em: 12 dez. 2018.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia.** Rio de Janeiro: Editora Interciência/FINEP, 575p.1988.

EIGENHEER, E. M. I. **A limpeza urbana através dos tempos.** Porto Alegre: Graphical Pallotti, 2009.

ESREY, S. A. Water, waste, and well-being: a multicountry study. **American journal of Epidemiology**, v. 143, n. 6, p. 608-623, 1996.

EUSTÁQUIO JÚNIOR, V. ; MATOS, A. T. ; CAMPOS, L. C.; BORGES, A. C. Desempenho agrônomo da aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.), cultivada em sistemas alagados construídos. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 5, n. 1, p. 68-78, 2010.

FAUSTINO, A.S. **Estudos físico-químicos do efluente produzido por fossa séptica biodigestora e o impacto do seu uso no solo.** 2007. 122f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2007.

FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL (FBB). **Produção agroecológica integrada e sustentável.** Brasília, 2013. Disponível em <<http://www.polis.org.br/uploads/2061/2061.pdf>>. Acesso em: 12 out.2018.

FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL (FBB). **Tecnologia social, Fossa séptica biodigestora: Saúde e renda no campo.** Brasília, 2010.

FRAGA, L. **Autogestão e tecnologia social: utopia e engajamento.** Gestão pública e sociedade: fundamentos e políticas públicas de economia solidária. 2v. São Paulo: Outras Expressões, 2011. p.101-24.

FIRJAN – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal.** Rio de Janeiro: Firjan, 2016. Disponível em: <<https://www.firjan.com.br/ifdm/consulta-ao-indice/ifdm-indice-firjan-de-desenvolvimento-municipal-resultado.htm?UF=RS&IdCidade=430910&Indicador=1&Ano=2016>>. Acesso em: 12 dez. 2018.

GONÇALVES, R. F.; REBOUÇAS, T. C.; MIRAVAL, D. O.; BIANCHI, G. ; BAZZARELLA, B. B. **Caracterização e tratamento de diferentes tipos de águas residuárias de origem residencial após segregação.** In: Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental,30, Punta del Este, 2006.

GUIMARÃES, A. J. A.; CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. **Saneamento básico**. Ago. 2007.

GRAMADO. Prefeitura Municipal de Gramado. **Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado de Gramado**. Lei Nº 3296, de 21 de julho de 2014. Dispõe sobre o desenvolvimento urbano e rural do município de Gramado, institui o novo Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (PDDI), e dá outras providências. Gramado: Prefeitura Municipal de Gramado, 2014.

GRAMADO. Prefeitura Municipal de Gramado. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Gramado**. Secretaria Municipal de Meio Ambiente, 2016. Disponível em: <http://www.prosinos.rs.gov.br/downloads/GRAMADO_PMSB_rev_0_pdf.pdf> Acesso em: 04 nov. 2017.

HOFFMANN, H. **Technology review of constructed wetlands: Subsurface flow constructed wetlands for greywater and domestic wastewater treatment**. Alemanha: Deutsche Gesellschaft für, 2011.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico**. Sinopse dos Resultados do Censo 2010. População: urbana x rural. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/contagem.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

IEA - Instituto de Ecologia Aplicada. "**Wetlands**". 2004. In: DA SILVA, S.C. "Wetlands construídos" de fluxo vertical com meio suporte de solo natural modificado no tratamento de esgotos domésticos. Tese de doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília (UnB), 2007.

IRGANG, B. E.; GASTAL JR, C. V. **Macrófitas aquáticas da planície costeira do RS**. Porto Alegre: UFRGS, 1996.

IWA – International Water Association. **Constructed Wetlands for Pollution Control: Processes, Performance, Design and Operation**. Scientific and Technical Report. London, England, 2000.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 7. ed. Rio de Janeiro: SEGRAC, 2014.

KADLEC, R.H.; WALLACE, S. **Treatment wetlands**. 2. ed. USA, 2009.

LAGARINHOS, C. A. F. ; TENÓRIO, J. A. S. Tecnologias utilizadas para a reutilização, reciclagem e valorização energética de pneus no Brasil. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Paulo, v. 18, n 2, p. 106-118, 2008.

LETINGA, G.; ZEEMAN, G.; LENS, P. **Decentralised Sanitation and Reuse: Concepts, Systems and Implementation**. London: IWA, 2001.

MACIEL, A. L. S.; FERNANDES, R. M. C. **Documento: Subsídios ao debate acerca das Tecnologias Sociais**. 4ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (CNCTI). Porto Alegre, Fórum Social Mundial, Janeiro, 2010.

MARQUES, D. M. Terras úmidas construídas de fluxo subsuperficial. In: CAMPOS, José Roberto (Coord.). **Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. pp. 409-435.

MASSOUD, M. A.; TARHINI, A.; NASR, J. A. **Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries**. Journal of Environmental Management 90, 2009.

MITSCH, W. J. **Wetlands**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1993.

MONTEIRO, R.C.M. **Viabilidade técnica do emprego de wetlands para o tratamento de água cinza para o reuso não potável**. São Paulo: Escola Politécnica de São Paulo (USP), 2009.

MOTA, S. **Urbanização e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. 353p.

NOVAES, H. ; DIAS, R. Contribuições ao marco-analítico conceitual da tecnologia social. In: DAGNINO, Renato Peixoto. **Tecnologias sociais: ferramenta para construir outra sociedade**. Campinas: Unicamp, 2009. p.17-53.

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

OLIJNYK, D. P. **Avaliação da nitrificação e desnitrificação de esgoto doméstico empregando filtros plantados com macrófitas (wetlands) de fluxo vertical e horizontal – sistemas híbridos**. 2008. 113f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

OSTROM, E. **Private and Common Property Rights**. Encyclopedia of Law&Economics. 1999. Disponível em: <<http://encyclo.findlaw.com/2000book.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

PERES, L.; HUSSAR, G. J.; BELI, E. Eficiência do tratamento de esgoto doméstico de comunidades rurais por meio de fossas sépticas biodigestora. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 1, p. 20-36, jan. /mar., 2010.

PLATZER, C.; SENF, C.; HOFFMAN, H. ; CARDIA, W. ; RIBEIRO, C. **Dimensionamento de wetland de fluxo vertical com nitrificação – adaptação de modelo europeu para o clima brasileiro**. ABES. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. São Paulo, 2007.

PIO, M. C. ; ANTONY, L. P.; SANTANA, G. P. Wetlands construídas (terras alagada): conceitos, tipos e perspectiva para remoção de metais potencialmente tóxicos de água contaminada: Uma revisão. **Scientia Amazonia**, v. 2, n. 1. p. 28-40, 2013.

PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Atlas de Desenvolvimento Humano**. Banco de dados IDH-M. 2010. Disponível em: <<http://atlasbrasil.org.br/2013/>>. Acesso em: 24 out.2018.

RAN, N.; AGAMI, M.; ORON, G. **A pilot study of constructed wetlands using duckweed (*lemna gibba L.*) for treatment of domestic primary effluent in Israel**. *Water Research*, v.38, p. 2241-2248, 2004.

REDE DE TECNOLOGIAS SOCIAIS (RTS). **Caderno de textos-base para discussões do conceito**. In: Fórum Nacional da Rede de Tecnologia Social, 1, Salvador, 2011.

RODRIGUES, I.; BARBIERI, J. C. A emergência da Tecnologia Social: revisitando o movimento da tecnologia apropriada como estratégia de desenvolvimento sustentável. **RAP**, Rio de Janeiro, v.42, n°6, p.1069-94, nov./dez,2008.

ROUSSEAU, D. P. L.; LESAGE, E.; VANROLLEGHEM, P. A. **Constructed wetlands for water reclamation**. *Desalination* 218, 181-189.

RUTKOWSKI, J. E. Rede de tecnologias sociais: pode a tecnologia proporcionar desenvolvimento social? In: LIANZA, S.; ADDOR, F. (org). **Tecnologia e desenvolvimento social e solidário**. Porto Alegre/RS: Editora UFRGS, 2005. p. 196-212.

SANTORO, P. **O Planejamento do Município e o Território Rural**. São Paulo, Instituto Pólis,2004. 64p.

SANTOS, R. F.; IRAZUSTRA, S. P.; TEXEIRA, E. P.; DEGASPERI, F. T. Abordagem descentralizada para concepção de sistemas de tratamento de esgoto. **Revista Eletronica de Tecnologia e Cultura**, 16 ed. 2015.

SANDRONI, M.; PACHECO, E.B.A.V. **O destino dos pneus inservíveis**. São Paulo: Universidade de São Paulo (USP), 2005.

SCAGLIUSI, S. R. **Reciclagem de Pneus Inservíveis: alternativa sustentável à preservação do meio ambiente**. Universidade de São Paulo (USP), 2011.

SHUTES, R. B. E. Artificial wetlands and water quality improvement. **Environment international**, v. 26, n. 5, p. 441-447, 2001.

SERAFIM, M.; DIAS, R. Análise de política: uma revisão da literatura. **Cadernos Gestão Social**, Salvador, v. 3, n. 1, maio 2013.

SEIFERT, R. G. **Solo urbano, solo não urbano e solo rural: classificações do solo pelo critério da funcionalidade**. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2008.

SEZERINO, P. H.; BENTO, A. P.; DECEZARO, S. T.; Magri, M. E. ; PHILIPPI, L. S. Experiências brasileiras com wetlands construídos aplicados ao tratamento de águas

residuárias: parâmetros de projeto para sistemas horizontais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.20, n.1, jan-mar 2015.

SEZERINO, P.H. **Potencialidade dos filtros plantados com macrófitas (constructed wetlands) no pós-tratamento de lagoas de estabilização sob condições de clima subtropical**. 2006. 171f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, 2006.

SILVA, V. J. M.; PACHECO, E. B. A. V. Degradação Térmica de pneus inservíveis. **Jornal de plásticos**, v. 1103, 14 p., 2004.

SILVA, G. H. R.; NOUR, E. A. A. Reator compartimentado anaeróbio/aeróbio: Sistema de baixo custo para tratamento de esgotos de pequenas comunidades. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.2, p.268-275, 2005.

STIFELMAN, A. G.; GARCEZ, R. J. **Do parcelamento do solo com fins urbanos em zona rural e da aplicação da lei nº 6.766/79 e do provimento nº 28/04 da CGJ/RS (Projeto More Legal)**. P. 01, 01-19. Artigo Científico. Disponível em <http://www.amprs.org.br/arquivos/comunicacao_noticia/DO%20PARCELAMENTO%20DO%20SOLO.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2019.

TILLEY, E. **Compendium of Sanitation Systems and Technologies**. 2. Ed, Duebendorf, Switzerland: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag), 2014.

UNISOL. **Centro de cooperativas e empreendimentos solidários**. Disponível em: <<http://www.unisolbrasil.org.br/univens-20-anos-de-historia-e-de-luta/>>. Acesso em: 06 mar.2019.

VALENTIM, M. A. A. **Desempenho de leitos cultivados ("Constructed Wetland") para tratamento de esgoto: contribuições para concepção e operação**. 2003. 233f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, SP, 2003.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: lagoas de estabilização**. Minas Gerais: ABES, v. 3, 1996.

_____. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

_____. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, 2014. 470 p.

VYMAZAL, J. Horizontal sub-surface flow and hybrid constructed wetlands systems for wastewater treatment. **Ecological Engineering**. v. 25, n. 5, p. 478-490, Dec. 2005.

WELSCH, D.; SMART, D. L.; BOYER, J. N.; MINKIN, P.; SMITH, H. C.; MCCANDLESS, T. L. **Forested wetlands**: functions, benefits and the use of best management practices. New York: Labrador Pond, 1995.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO); UNICEF. **Progress on sanitation and drinkingwater**: 2010 update. WHO Press. Geneva, Switzerland. 2010.

_____. **UN-water global analysis and assessment of sanitation and drinkingwater (GLAAS) 2014 report**. Investing in water and sanitation: increasing access, reducing inequalities. Geneva: World Health Organization, 2014.

ANEXO I – ABES: NORMAS PARA SUBMISSÃO DE TRABALHOS

Os trabalhos submetidos devem estar de acordo com as normas da ABNT/NBR 14724:2011– Trabalhos Acadêmicos. O Artigo Técnico e a Nota Técnica deverão seguir a seguinte sequência de apresentação:

- Título do artigo em português e inglês (até 200 caracteres) – deve ser incluído no corpo do artigo;
- Resumo em português e inglês, de 100 a 250 palavras (conforme NBR 14724) - deve ser incluído no corpo do artigo;
- Palavras-chave em português e em inglês - deve ser incluído no corpo do artigo;
- Título resumido do artigo em português (até 60 caracteres) para o cabeçalho;
- Texto do artigo (sem divisão em colunas);
- Referências;
- Anexos (se houver).

O corpo do artigo deve ser organizado segundo um encadeamento lógico, contendo no mínimo subtítulos “Introdução”, “Metodologia”, “Resultados”, “Resultados e Discussão”, “Conclusões” e “Referências”.

ANEXO II – MAPA DE ZONEAMENTO DE GRAMADO/RS

