UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO CIVIL

GUILHERME BALLIANA DURÃES DOS SANTOS
PEDRO HENRIQUE MARIN GIGLIO

ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA E CONSTRUTIVA DE UM TANQUE SÉPTICO PRÉ-MOLDADO PARA RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2011

GUILHERME BALLIANA DURÃES DOS SANTOS
PEDRO HENRIQUE MARIN GIGLIO

ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA E CONSTRUTIVA DE UM TANQUE SÉPTICO PRÉ-MOLDADO PARA RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Engenharia de Produção Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Bentes Freire

CURITIBA
2011

FOLHA DE APROVAÇÃO

"Estudo de viabilidade econômica e construtiva de um Tanque Séptico pré-moldado para residências unifamiliares"

por

Guilherme Balliana Durães dos Santos
Pedro Henrique Marin Giglio

Trabalho de Conclusão de Curso parcial apresentado ao Curso de Engenharia de Produção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, defendido e aprovado em 05 de dezembro de 2011, pela seguinte banca de avaliação:

_____

Prof. Dr. Flávio Bentes Freire

_____

Prof. Dr. André Nagalli

_____

Prof. MSc. Michael Mannich

RESUMO

DOS SANTOS, Guilherme Balliana Durães e GIGLIO, Pedro Henrique Marin. Estudo de viabilidade econômica e construtiva de um tanque séptico pré-moldado para residências unifamiliares. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia de Produção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

O presente trabalho visa estudar a viabilidade econômica e construtiva de um sistema de tanque séptico pré-moldado, com uma concepção inovadora. Primeiramente, apresentaram-se aspectos importantes e as justificativas relevantes ao tema, mostrando de maneira concisa os principais objetivos desse estudo. A partir desse contexto, definiram-se os passos para viabilização do estudo. O local de estudo foi o município de Quatro Barras, que fica em uma região propícia para a implementação desse tipo de sistema e, definido o tamanho das placas, o sistema proposto mostrou-se eficiente para atendimento de famílias compostas por cinco pessoas, em média. Durante a construção das placas, foram encontradas algumas dificuldades, como a fragilidade das peças concretadas com uma taxa de aço incorreta e o posicionamento planejado das placas. Por fim, concluiu-se que o sistema pode ser implantado como uma alternativa para o *déficit* de saneamento presente no nosso país.

Palavras-chave: Inovação. Tanque séptico. Pré-moldado. Viabilidade econômica.

ABSTRACT

SANTOS, Guilherme Balliana Durães dos and GIGLIO, Pedro Henrique Marin. Economic and constructive feasibility study of a septic tank preshaped single-family homes. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia de Produção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

The present work aims to studying the economical and constructive viability of a system of precast septic tank, with an innovative design. First, were presented important aspects and the relevant justifications to the topic, showing concisely the main objectives of this study. From this context, were defined the steps to the study's viability. The study's local was the city of Quatro Barras, which lies in a region conducive to the implementation of this type of system and, defined the size of the plates, the proposed system was efficient for serving families composed by five people, on average. During the construction of the plates, some difficulties were encountered, such as the fragility of the pieces concreted with a wrong rate of steel and the planned positioning of the plates. Finally, it was concluded that the system can be deployed as an alternative to the sanitation deficit of our country.

Keywords: Innovation. Septic tank. Preshaped, Economical viability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – MAPA DE ATENDIMENTO DE COLETA DE ESGOTOS EM 2008.....14
FIGURA 2 – MAPA DE ATENDIMENTO DE COLETA DE ESGOTOS NA REGIÃO SUL EM 2005.....15
FIGURA 3 – PLANTA E CORTE DE SUMIDOURO TRADICIONAL.....25
FIGURA 4 – DETALHES VALA DE INFILTRAÇÃO.....26
FIGURA 5 – EXEMPLO DE FILTRO DE AREIA PRISMÁTICO COM SEUS RESPECTIVOS COMPONENTES.....29
FIGURA 6 – LOCAL DEFINIDO PARA TESTES NO MUNICÍPIO DE QUATRO BARRAS.....34
FIGURA 7 - PROVA PARA DETERMINAÇÃO DE ABSORÇÃO DE UM SOLO.....39
FIGURA 8 – VISTA FRONTAL E SUPERIOR DOS MONTANTE EM “L”.....41
FIGURA 9 – PLACA PARA FUNDOS E LATERAIS.....42
FIGURA 10 – PLACA COM ORIFÍCIO PARA TUBULAÇÃO.....42
FIGURA 11 – PLACA COM FUROS PARA SUMIDOURO.....43
FIGURA 12 – PLACAS PARA TAMPA.....43
FIGURA 13 – COVAS NAS PROFUNDIDADES DE 0,30; 0,80 E 1,30 METROS.....47
FIGURA 14 – COVAS SENDO SATURADA COM ÁGUA.....48
FIGURA 15 – PROFUNDIDADE DE ÁGUA NO FINAL DO TESTE.....50
FIGURA 16 – CAMADA DE AREIA PARA REGULARIZAÇÃO DO TERRENO.....51
FIGURA 17 – MONTAGEM DAS PLACAS LATERAIS.....52
FIGURA 18 – MONTAGEM DAS PLACAS LATERAIS SUPERIORES.....52
FIGURA 19 – ACABAMENTO COM ARGAMASSA NAS PLACAS DO FUNDO.....53
FIGURA 20 – PRIMEIRA TELA DE GALINHEIRO UTILIZADA.....54
FIGURA 21 – TELAS DE GALINHEIRO COM MAIOR ESPESSURA.....54
FIGURA 22 - PLACAS QUE APRESENTARAM RESULTADOS SATISFATÓRIOS.55

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – PERÍODO DE DETENÇÃO DOS DESPEJOS, POR FAIXA DE CONTRIBUIÇÃO DIÁRIA 21
TABELA 2 – TIPOS DE PRÉ-CONDICIONAMENTO DOS AFLUENTES.....23
TABELA 3 – TAXA DE ACUMULAÇÃO DE LODO (K) EM DIAS, POR INTERVALO ENTRE LIMPEZAS E TEMPERATURA DO MÊS MAIS FRIO.....35
TABELA 4 – CONTRIBUIÇÃO DE ESGOTO (C) E DE LODO FRESCO (LF) POR TIPO DE PRÉDIO E DE OCUPANTE.....37
TABELA 5 – TEMPOS DAS MEDIÇÕES REALIZADAS NO DIA 18 DE SETEMBRO DE 2011 EM MINUTOS.....48
TABELA 6 – ORÇAMENTO DAS PLACAS DE CONCRETO.....56
TABELA 7 – ORÇAMENTO DOS MONTANTES DE SEÇÃO RETANGULAR.....56
TABELA 8 – ORÇAMENTO DOS MONTANTES EM FORMATO “L”.....57
TABELA 9 – ORÇAMENTO DA MONTAGEM DO SISTEMA TANQUE SÉPTICO-SUMIDOURO.....57
TABELA 10 – ORÇAMENTO PARA TANQUE SÉPTICO-SUMIDOURO DE ALVENARIA.....58
TABELA 11 – COMPARATIVO DE PREÇOS ENTRE OS TRÊS SISTEMAS.....59

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BDI	Bonificação de Despesas Indiretas
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Biológica de Oxigênio
FUNASA	Fundação Nacional da Saúde
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
ONU	Organização das Nações Unidas
pH	Potencial Hidrogeniônico
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
SINDUSCON	Sindicato das Indústrias de Construção Civil

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 10
1.1 OBJETIVOS 11
1.1.1 Objetivo Geral 11
1.1.2 Objetivos Específicos 11
1.2 JUSTIFICATIVA 12
2 REVISÃO DE LITERATURA 14
2.1 ESTATÍSTICAS DA REDE PÚBLICA DE ESGOTOS 14
2.2 TRATAMENTO USUAL DE ESGOTO SANITÁRIO 16
2.3 SOLUÇÕES PARA REGIÕES SEM SISTEMA PÚBLICO DE ESGOTO 18
2.4 O TANQUE SÉPTICO 19
2.4.1 Funcionamento do Tanque Séptico 20
2.4.1.1 Retenção do esgoto 21
2.4.1.2 Decantação do esgoto 21
2.4.1.3 Digestão anaeróbia do lodo 21
2.4.1.4 Redução de volume do lodo 22
2.4.2 Efluentes do Tanque Séptico 22
2.5 ALTERNATIVAS PARA O RECEBIMENTO DO EFLUENTE DO TANQUE SÉPTICO 22
2.5.1 Diluição em Corpos de Água Receptores 23
2.5.2 Sumidouros 24
2.5.3 Valas de Infiltração 26
2.5.4 Valas de Filtração 27
2.5.5 Filtro de Areia 28
2.5.6 Filtro Biológico Anaeróbio 29
2.6 ALGUNS TRABALHOS CIENTÍFICOS ENVOLVENDO O TANQUE SÉPTICO 30
2.7 CUSTOS VINCULADOS AO TANQUE SÉPTICO 31
3 METODOLOGIA 33
3.1 DEFINIÇÃO DA HIPÓTESE 33
3.2 PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO 35
3.2.1 Contribuição de Esgotos 36
3.2.2 Período de Contribuição Efetiva de Esgotos 36
3.2.3 Contribuição de Lodo Fresco 36
3.2.4 Período de Detenção dos Despejos 37
3.2.5 Volume Mínimo da Câmara de Sedimentação 38
3.3 ENSAIOS DE INFILTRAÇÃO DO SOLO E ESTANQUEIDADE 38
3.4 MÉTODO CONSTRUTIVO 40
3.4.1 Descrição das Peças do Tanque Séptico 40
3.4.1.1 Montantes 40
3.4.1.2 Placas 411
3.4.2 Montagem 444
3.5 ANÁLISE ECONÔMICA 455
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES 466
4.1 DIMENSIONAMENTO DO TANQUE 466
4.2 ENSAIOS DE INFILTRAÇÃO E ESTANQUIEDADE 477
4.2.1 Ensaio de Infiltração 477
4.2.2 Ensaio de Estanqueidade 499
4.3 A CONSTRUÇÃO DO SISTEMA 50

4.4 ANÁLISE ECONÔMICA 55
4.4.1 Análise 1º Método – Placas Pré-Moldadas 56
4.4.2 Análise 2º Método – Alvenaria 57
4.4.3 Análise 3º Método – Anéis Pré-Moldados de Concreto 58
5 CONCLUSÃO 60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 62
APÊNDICE A - Perspectiva de um dos vértices do sistema de tratamento 65
APÊNDICE B - Perspectiva do encaixe entre o tanque e o sistema de disposição .. 66
APÊNDICE C - Exemplo para manual de montagem 67
ANEXO - Orçamento de sistema similar composto de anéis de concreto 70

1 INTRODUÇÃO

A água, entre todos os elementos, é sem dúvida o mais essencial à vida e desenvolvimento da humanidade, estando presente em 71% da superfície terrestre. Com essa estatística considerável, a água foi considerada por muito tempo um recurso inesgotável, chegando aos dias atuais em níveis alarmantes de escassez de água de qualidade em várias regiões do Brasil e do mundo. A indisponibilidade de água potável pode ser explicada também pelo fato de que apenas 0,6% de toda a água do planeta estão prontos para consumo imediato (DALTO; HERNANDEZ, 2001).

A infra-estrutura necessária para oferecer Saneamento Básico para toda a população está muito aquém do desejável, e isso ainda se agrava quando observa-se que as regiões com os piores índices de saneamento, são também as regiões com maior crescimento populacional. No Brasil, segundo o IPEA (2007) 54,6 milhões de pessoas vivem em locais com serviços inadequados de água, sem rede coletora de esgotos e ainda com superlotação familiar.

Apresentar novas técnicas que ajudem a suprir essa carência é de extrema importância, não apenas para iniciar e acelerar o lento processo de recuperação do meio degradado, mas para proporcionar melhorias às classes sociais envolvidas nesse contexto. Como forma de resolver os problemas de águas residuárias, Philippi Júnior e Malheiros (2005) afirmam que é necessário buscar soluções para aumentar a acessibilidade dos grupos sociais menos favorecidos e a sustentabilidade econômica e ambiental do sistema, respeitando sempre a realidade local estudada.

A relação entre saneamento básico e saúde pública é direta, as doenças proliferadas pela ausência de água tratada e inexistência de redes coletoras e sistemas de tratamento de esgoto são inúmeras. Segundo dados da FUNASA (2007), para cada R$1,00 investido em saneamento básico, o setor público consegue economizar R$4,00 em gastos com medicina preventiva e curativa.

O Programa de Nações Unidas para Desenvolvimento (PNUD) em seu relatório de 2006 mostra o quanto os problemas envolvendo saneamento eram semelhantes em países focados na pesquisa. Esses problemas eram:

- Acesso à água para fins higiênicos – locais desprotegidos e longe dos pontos de consumo faziam com que as pessoas utilizassem poços rasos, com

captação incorreta, ou simplesmente fizessem uso de água superficial sem nenhum tratamento prévio;

- Ausência de afastamento de esgoto sanitário – inexistência de sistemas para a coleta, afastamento e tratamento de esgotos, com a ocorrência freqüente de mortalidade infantil e as doenças de veiculação hídrica, como a cólera, disenteria, etc.

Diante desse panorama global e da enorme importância do Saneamento Básico para o bem estar das pessoas, a ONU decretou o ano de 2008 como o “Ano Internacional do Saneamento” com o objetivo de chamar a atenção dos chefes de estado para o necessário aumento de gastos nessa área ambiental, para que assim possa-se atingir as metas do milênio. Dentre essas metas está a de reduzir pela metade o número de pessoas sem coleta de esgoto até o ano de 2015 (SAMPAIO, 2008).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo desse estudo é desenvolver um sistema construtivo para um tanque séptico, que seja viável do ponto de vista técnico e econômico, para residências com pessoas de padrão médio de renda com até cinco integrantes. O local escolhido para testes de implantação foi o município de Quatro Barras, localizado na região metropolitana de Curitiba, a capital do estado do Paraná.

1.1.2 Objetivos Específicos

O projeto deve apresentar características que proporcionem um tratamento dentro das normas em vigência, e que ofereça um custo de implantação e

manutenção baixo, sem que o meio ambiente seja afetado. Para tanto os objetivos específicos são:

i. elaborar um sistema de tratamento que seja mais econômico do que os empregados atualmente;

ii. atender os padrões construtivos e ambientais, e os parâmetros de projeto para tanques sépticos estabelecidos nas normas: NBR 13969/97 e NBR 7229/93;

iii. oferecer manutenção reduzida e facilitada com baixo custo;

iv. disponibilizar o presente trabalho pra estudos mais aprofundados, ou até mesmo estudos similares ao proposto;

1.2 JUSTIFICATIVA

Independente da cultura dos vários povos espalhados pelo mundo, o destino final de resíduos gerados tem se mostrado como uma das maiores preocupações ambientais.

No Brasil, o déficit de saneamento é apontado como um dos maiores problemas a serem enfrentados afim de se reduzir os degraus sócio-econômicos entre as classes da sociedade. Com isso, exige-se um maior número de profissionais dedicados a encontrar soluções que sejam eficazes dentro dessa variável.

É notório que as redes coletoras de esgoto ainda são insuficientes para atender todo o território do país. Diante desse fato, fica explícita a necessidade de alternativas que venham a atender a nossa realidade, e sistemas de tratamento individuais apresentam-se como uma resposta já bastante utilizada, mas que ainda precisa de um maior grau de aprimoramento. A utilização incorreta desses sistemas, como as fossas negras, é extremamente perigosa ao meio ambiente, visto que o lançamento dos efluentes de esgotos domésticos sem um tratamento prévio e não respeitando as disposições da norma pode contaminar os solos, lençóis freáticos e corpos d’água receptores.

O sistema proposto nesse trabalho tenta oferecer uma resposta economicamente viável, e que seja eficaz no seu objetivo principal de tratar os resíduos gerados em um domicílio comum.

A implantação desse sistema visa à melhoria da saúde pública e a preservação do meio ambiente que nos dias atuais se encontra degradado pelo despejo de esgotos gerados, pela população, em corpos d'água, sem um tratamento prévio. E mesmo quando existe tratamento, esse possui eficiência muito abaixo da necessária.

Oferecer propostas que venham a melhorar o quadro atual de Saneamento, é uma tentativa clara na busca pela melhoria da qualidade de vida da sociedade atual, e também das gerações futuras.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ESTATÍSTICAS DA REDE PÚBLICA DE ESGOTOS

A Secretaria Nacional do Saneamento Ambiental, vinculada ao Ministério das Cidades, apresenta um relatório com a situação do saneamento básico em nosso país anualmente. O último relatório disponível é do ano de 2008, e nesse diagnóstico revelam-se algumas informações e indicadores alarmantes na parte de esgotamento sanitário (SECRETARIA NACIONAL DO SANEAMENTO AMBIENTAL, 2008).

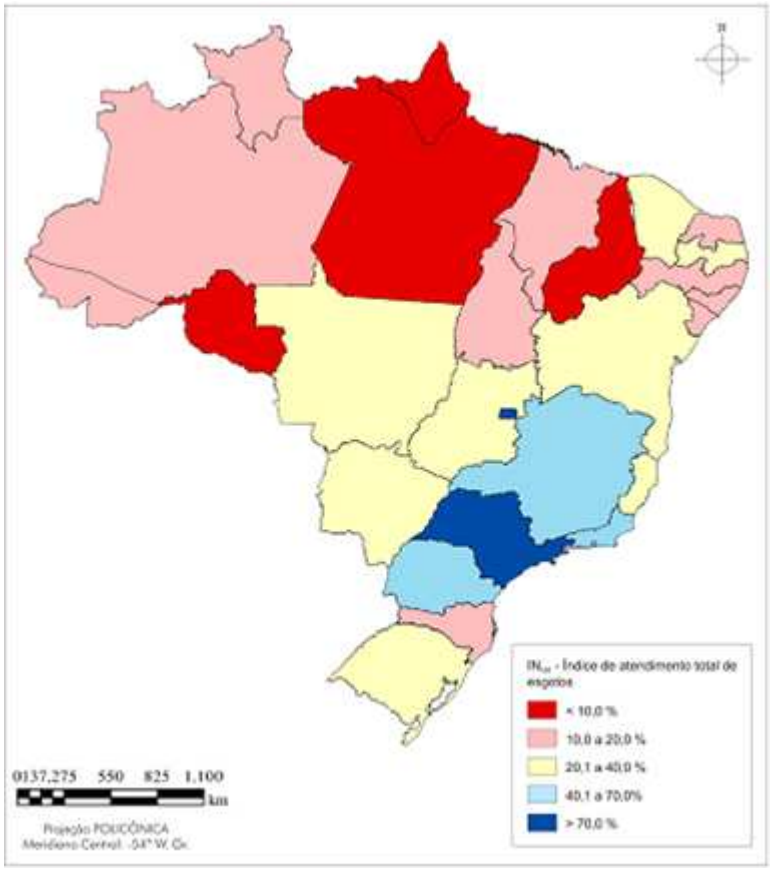


Figura 1 – Mapa de atendimento de coleta de esgotos em 2008
Fonte: Diagnóstico dos serviços de água e esgotos (2008).

Através da Figura 1 pode-se observar que com exceção de São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Paraná e o Distrito Federal, todo o resto do país possui uma porcentagem de atendimento de rede pública de esgotos abaixo dos 40%.

Quando se restringe o olhar para a região sul, constata-se a situação descrita pela Figura 2.

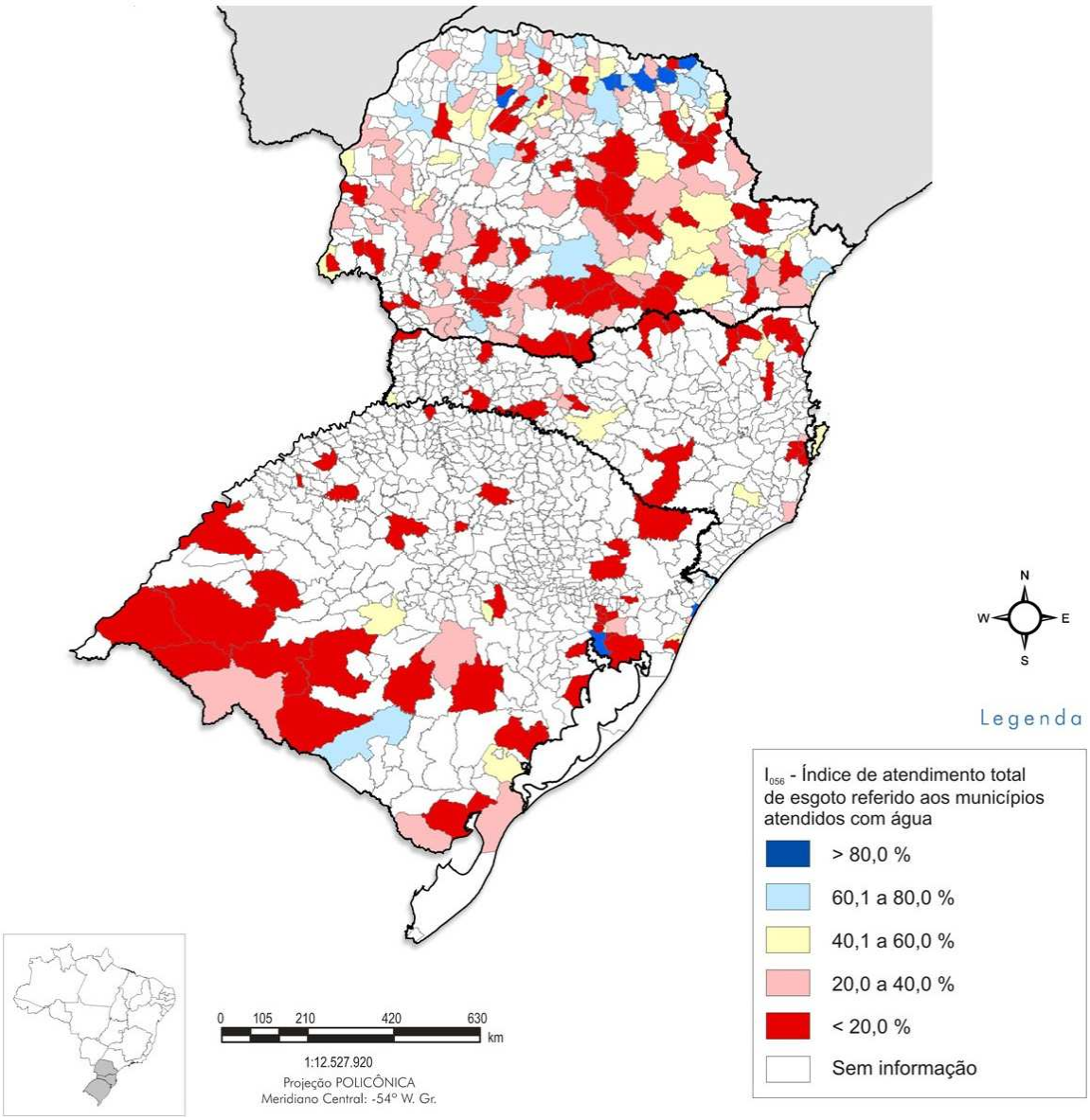


Figura 2 – Mapa de atendimento de coleta de esgotos na região Sul em 2005
Fonte: Diagnóstico dos serviços de água e esgotos (2005).

Existe uma grande parte dessa região sem informações sobre o saneamento, entretanto, as cidades que fornecem essas informações em sua grande maioria apresentam um índice de atendimento abaixo dos 20%.

2.2 TRATAMENTO USUAL DE ESGOTO SANITÁRIO

O tratamento de esgoto sanitário se faz necessário por três razões básicas: de ordem higiênica, econômica e estética. No que diz respeito à higiene, a necessidade de tratamento se torna básica pela descontaminação da água que servirá no abastecimento futuro; economicamente o tratamento é importante pelo fato das valorizações das terras que estão à jusante do despejo final do esgoto, e por fim esteticamente para evitar maus cheiros e presença de materiais suspensos (GARCEZ, 1988).

O termo esgoto é usado para definir as águas usadas pelos humanos e que por isso tem suas características naturais alteradas, sendo que esse uso ocorre de diferentes maneiras e as características do esgoto gerado podem também ser distintas, sendo assim podemos separar os esgotos em duas categorias principais, esgotos sanitários e industriais. Os esgotos sanitários são oriundos principalmente do uso doméstico da água, como por exemplo: água de banho e lavagem, urina, fezes, restos de comida, e processos de limpeza (JORDÃO; PESSÔA, 2009).

Segundo Jordão e Pessôa (2009), os esgotos industriais provem de qualquer utilização, para fins industriais, da água e, portanto são muito diversos adquirindo características próprias em função do processo industrial utilizado.

Um sistema de esgoto qualquer encaminha seus efluentes para um corpo d’água receptor que pode ser um rio, lago, mar ou solo. O esgoto encaminhado deve ser tratado de forma a não perturbar as características naturais e padrão de qualidade estipulados para o corpo receptor (JORDÃO; PESSÔA, 2009).

Existem diversas maneiras de se explicar os processos de tratamento de esgotos, sendo a mais usual delas segundo Azevedo Netto (1991) pelo grau crescente da complexidade do processo de tratamento, assim os processos subdividem-se em:

- Preliminar

- Primário
- Secundário
- Terciário

Segundo Jordão e Pessôa (2009), o processo de tratamento pode ser classificado em:

- Processo Físico
- Processo químico
- Processo biológico

Os autores destacam ainda que esses processos não necessariamente ocorrem separadamente, o lançamento do esgoto em um tanque séptico, por exemplo, irá gerar o processo físico de decantação e ao mesmo tempo, o processo biológico de digestão do material sedimentado.

Segundo Jordão e Pessôa (2009), o processo físico é assim denominado devido á predominância de processos físicos de separação nas unidades de tratamento. As principais funções desse processo são a remoção de sólidos grosseiros, sedimentáveis e flutuantes, a remoção da umidade do lodo, incineração do lodo e filtração, homogeneização e diluição dos esgotos.

Processos químicos ocorrem quando há a utilização de produtos químicos. São usados geralmente para auxiliar na floculação, na precipitação química, elutrição, oxidação química, cloração e neutralização ou correção do pH (JORDÃO; PESSÔA, 2009).

O processo biológico de tratamento de esgoto está vinculado aos microorganismos que quebram as moléculas complexas das matérias orgânicas do esgoto, transformando-as em substâncias mais simples. Os resíduos gerados nessa transformação são a base alimentar de microorganismos responsáveis pela degradação (GARCEZ, 1988).

2.3 SOLUÇÕES PARA REGIÕES SEM SISTEMA PÚBLICO DE ESGOTO

Segundo Andrade Neto (1997), “nas condições da realidade brasileira atual, a adoção de sistemas simples para tratamento dos esgotos sanitários, mais do que desejável, é uma necessidade imperativa” (ANDRADE NETO, 1997, p. 17).

A ausência total ou parcial de uma rede coletora e de um sistema de tratamento de esgotos, nas áreas urbanas, suburbanas e rurais exige a implantação de sistemas de tratamento individual ou que agrupe certo número de unidades residenciais, pois a desinfecção dos esgotos domésticos é fundamental para evitar a contaminação do solo e da água evitando a propagação de doenças e a poluição dos corpos d’água que recebem o esgoto (JORDÃO; PESSÔA, 2009).

Os principais problemas encontrados em pequenas comunidades segundo Metcalf & Eddy (1995), estão relacionados com:

- normas restritas para disposição final do esgoto;
- alto custo envolvido nos sistemas de tratamento;
- orçamentos limitados de operação e manutenção.

De acordo com Jordão e Pessôa (2009), nos meio rurais e áreas mais isoladas, pode acontecer de não existir uma rede coletora e um sistema de tratamento de esgotos assim como não há rede de distribuição de água obrigando a população a buscar o recurso em poços artesianos e rios, o que enfatiza mais ainda a necessidade de se tratar os esgotos domésticos a fim de evitar a contaminação da água utilizada pela população.

Segundo Jordão e Pessôa (2009), nos países em desenvolvimento, muitas vezes a taxa de crescimento populacional e das cidades não é acompanhada pelo saneamento básico de modo que os esgotos são lançados *in natura* nas galerias de águas pluviais ou no solo, contaminando os rios e lençóis freáticos.

Outra prática condenável é o uso de técnicas e processos construtivos descuidados, assim como a utilização de materiais de baixa qualidade. Não se deve confundir a busca por um processo simplista de menor custo/benefício possível, com processos negligentes e descaso de operação (ANDRADE NETO, 1997).

2.4 O TANQUE SÉPTICO

Os registros de caráter histórico apontam como inventor do tanque séptico “Jean Louis Mouras” que, em 1860, construiu, na França, um tanque de alvenaria, no qual passava o esgoto, restos de comida e águas pluviais, antes de seu destino final. Esse tanque fora aberto 12 anos mais tarde e não apresentava acumulada a quantidade de sólidos que foi previamente estimada em função da redução apresentada no efluente líquido do tanque (JORDÃO; PESSÔA, 2009).

De acordo com a NBR 7229 (1993) a definição para tanques sépticos é: “unidade cilíndrica ou prismática retangular de fluxo horizontal, para tratamento de esgotos por processos de sedimentação, flotação e digestão” (NBR 7229, 1993, p. 2).

Em complemento à norma, Jordão e Pessôa (2009) definem que os tanques sépticos são unidades de tratamento de esgoto que recebem os efluentes de um ou mais domicílios tratando-os com um grau de eficiência compatível com sua simplicidade e custo. Constituem-se câmaras convenientemente dimensionadas e construídas de modo a reter o esgoto por um período de tempo pré-estabelecido de modo a permitir a decantação dos sólidos e a retenção de material graxo contido nos esgotos transformando-os através de processos físicos químicos e biológicos em compostos mais simples e estáveis.

A grande utilização de tanques sépticos deve-se, principalmente, à construção e operação muito simples. Sendo que não se fazem necessárias técnicas construtivas especiais e equipamentos, e num âmbito geral a operação não exige a presença de um operário especializado (ANDRADE NETO, 1997).

Segundo Jordão e Pessôa (2009) a eficiência dos tanques sépticos, assim como outros processos de tratamento, na maioria das vezes é medida pelos parâmetros de sólidos em suspensão e DBO, e outros parâmetros podem ser usados em casos particulares. Outro fator importante para manter a eficiência prevista é respeitar os tempos de limpeza considerados em projeto.

A NBR 7229 (1993) estabelece que a remoção de DBO em tanques sépticos pode variar entre 30 e 50%, e 70% ou mais para sólidos sedimentáveis.

De acordo com Andrade Neto (1997) o Brasil possui larga experiência no método de tanques sépticos, entretanto, a falta de acompanhamento da execução,

dos projetos e de registros de informações, dificultam uma avaliação mais precisa da situação real no país.

Quando comparado com outros sistemas similares, os tanques sépticos se distinguem pelo fato de serem mais resistentes as variações do afluente, e não necessitarem de um alto grau de pré-tratamento (ANDRADE NETO, 1997).

Com relação às desvantagens do sistema de tanques sépticos, vale ressaltar que o sistema se classifica como primário, não conseguindo ultrapassar os patamares de redução: de 50% de sólidos em suspensão, e ficando muito próximos dos mínimos 30% de DBO (JORDÃO; PESSÔA, 2009).

Segundo ainda os mesmos autores alguns fatores comuns que atrapalham o funcionamento eficiente dos tanques sépticos são:

- Incapacidade ou descaso com a necessidade de se efetuar a limpeza periódica do material acumulado no tanque (lodo) e alem de descaso ou desconhecimento da necessidade de não poluição do meio ambiente.
- Localização inadequada e dificuldade na destinação correta de seus efluentes.
- Inexistência de caixas de gordura para retenção do excesso de gordura.

2.4.1 Funcionamento do Tanque Séptico

De acordo com Jordão e Pessôa (2009), as fases de desenvolvimento do processo de funcionamento dos tanques sépticos, podem ser divididas nas seguintes etapas:

- Retenção do esgoto;
- Decantação do esgoto;
- Digestão anaeróbia do lodo;
- Redução de volume do lodo;

2.4.1.1 Retenção do esgoto

O esgoto é retido no tanque por um período entre 12 e 24 horas dependendo do volume de contribuição afluente.

Tabela 1 - Período de Detenção dos Despejos, por Faixa de Contribuição Diária

CONTRIBUIÇÃO DIÁRIA EM (L)	TEMPO DE DETENÇÃO	
	DIAS	HORAS
ATÉ 1500	1	24
DE 1501 A 3000	0,92	22
DE 3001 A 4500	0,83	20
DE 4501 A 6000	0,75	18
DE 6001 A 7500	0,67	16
DE 7501 A 9000	0,58	14
MAIS DE 9000	0,5	12

Fonte: NBR 7229/93.

2.4.1.2 Decantação do esgoto

Simultaneamente ao processo anterior ocorre a sedimentação de 60 a 70% dos sólidos em suspensão formando uma substância conhecida como lodo. Parte dos sólidos não decantados formados por óleos, graxas, gorduras e outros materiais, misturados com gases, ficam retidos na superfície do liquido no interior do tanque séptico, os quais são conhecidos como escuma (JORDÃO; PESSÔA, 2009).

2.4.1.3 Digestão anaeróbia do lodo

Nessa fase, tanto a escuma como o lodo, são processados por bactérias anaeróbias, provocando uma destruição total ou parcial de materiais orgânicos.

2.4.1.4 Redução de volume do lodo

Do fenômeno anterior, digestão, resultam gases, líquidos e acentuada redução do volume dos sólidos retidos e digeridos, que adquirem características estáveis capazes de permitir que o efluente líquido dos tanques sépticos possa ser lançado em melhores condições de segurança dos que o do esgoto bruto (JORDÃO; PESSÔA, 2009).

2.4.2 Efluentes do Tanque Séptico

O tanque séptico não purifica o esgoto, apenas reduz a carga orgânica a níveis aceitáveis para tratamentos posteriores. Após passar pelo tanque, os esgotos ainda possuem sólidos e produtos solúveis gerados a partir da digestão do lodo, o efluente é escuro e com um odor característico devido à presença de gases gerados na digestão da matéria orgânica e as bactérias e agentes patogênicos ainda estão presentes e em grande quantidade, portanto é necessário que se faça um refinamento no tratamento dos efluentes do tanque séptico (JORDÃO; PESSÔA, 2009).

2.5 ALTERNATIVAS PARA O RECEBIMENTO DO EFLUENTE DO TANQUE SÉPTICO

O efluente de tanques sépticos na maioria das vezes apresenta ainda um alto grau de patogênicos e matéria orgânica dissolvida, e para tanto se faz necessário um sistema complementar para esse efluente (BORGES, 2009).

De acordo com Batalha (1989) a escolha de uma alternativa adequada depende de critérios que variam desde a aceitação cultural até testes experimentais empíricos. Diversos fatores são determinantes na escolha do local, dentre eles: taxa

de infiltração do solo, disponibilidade de espaço, inclinação do terreno, altura do lençol freático, variação das vazões de esgoto, entre outros.

Segundo Jordão e Pessôa (2009), o tipo de tratamento dado ao efluente do tanque séptico depende das características do local onde o tanque foi instalado, principalmente da natureza e utilização do solo e da altura do lençol freático. As principais alternativas, de acordo com os autores, são as seguintes:

- Diluição em corpos d'água receptores;
- Sumidouro;
- Vala de infiltração;
- Vala de filtração;
- Filtro de areia;
- Filtro biológico anaeróbio.

2.5.1 Diluição em Corpos de Água Receptores

Segundo Imhoff (1985) os efluentes de esgotos só poderão ser lançados em corpos de água receptores, se seguirem as seguintes diluições mostradas na Tabela 2:

Tabela 2 - Tipos de Pré-condicionamento dos Afluentes

Diluição (esgoto/água)	Tipo de pré-condicionamento
acima de 1:500	Remoção do material grosseiro e areia
de 1:500 até 1:300	Remoção do material sedimentável (simples)
de 1:300 até 1:150	Remoção do material sedimentável (precipitação)
abaixo de 1:150	Tratamento biológico completo

Fonte: Tratamento de Esgotos Domésticos (JORDÃO; PESSÔA, 2009).

A vazão do efluente do tanque séptico deve ser 40 vezes menor que a vazão do corpo d'água receptor (IMHOFF, 1985).

Para que se tenha uma melhor noção dos critérios requeridos é necessário um bom conhecimento da Resolução 357/2005 do CONAMA, e as respectivas leis, normas, diretrizes, a nível estadual e municipal.

Como exemplo o artigo 34 da Resolução 357/2005 estabelece as condições e os padrões que devem ser seguidos caso se queira lançar diretamente efluentes poluidores em corpos receptores d'água, dentre as condições se destacam (RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357, 2005):

- o efluente não pode causar, ou ter efeito tóxico nos organismos aquáticos do corpo receptor;
- pH entre 5 e 9;
- regime de lançamento deve ser 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor.

2.5.2 Sumidouros

O sumidouro consiste em uma escavação, cilíndrica ou prismática, na qual as paredes são revestidas por tijolos, pedras ou materiais aplicados em uma disposição tal que permita a infiltração do liquido para o solo (Figura 3). Os sumidouros têm a função de poços absorventes, recebendo os efluentes diretamente dos tanques sépticos e permitindo sua infiltração no solo (JORDÃO; PESSÔA, 2009).

O lançamento de esgoto no solo acarretará um transporte (vertical e horizontal) das matérias poluidoras, cuja distância e direção variarão principalmente com a porosidade do solo, fluxo subterrâneo e a localização do lençol freático.

Segundo a NBR 13969 o uso de sumidouros é favorável somente em áreas onde o lençol freático seja profundo, respeitando sempre a distância mínima de 1,50 metros entre o fundo do sumidouro e o nível aqüífero máximo.

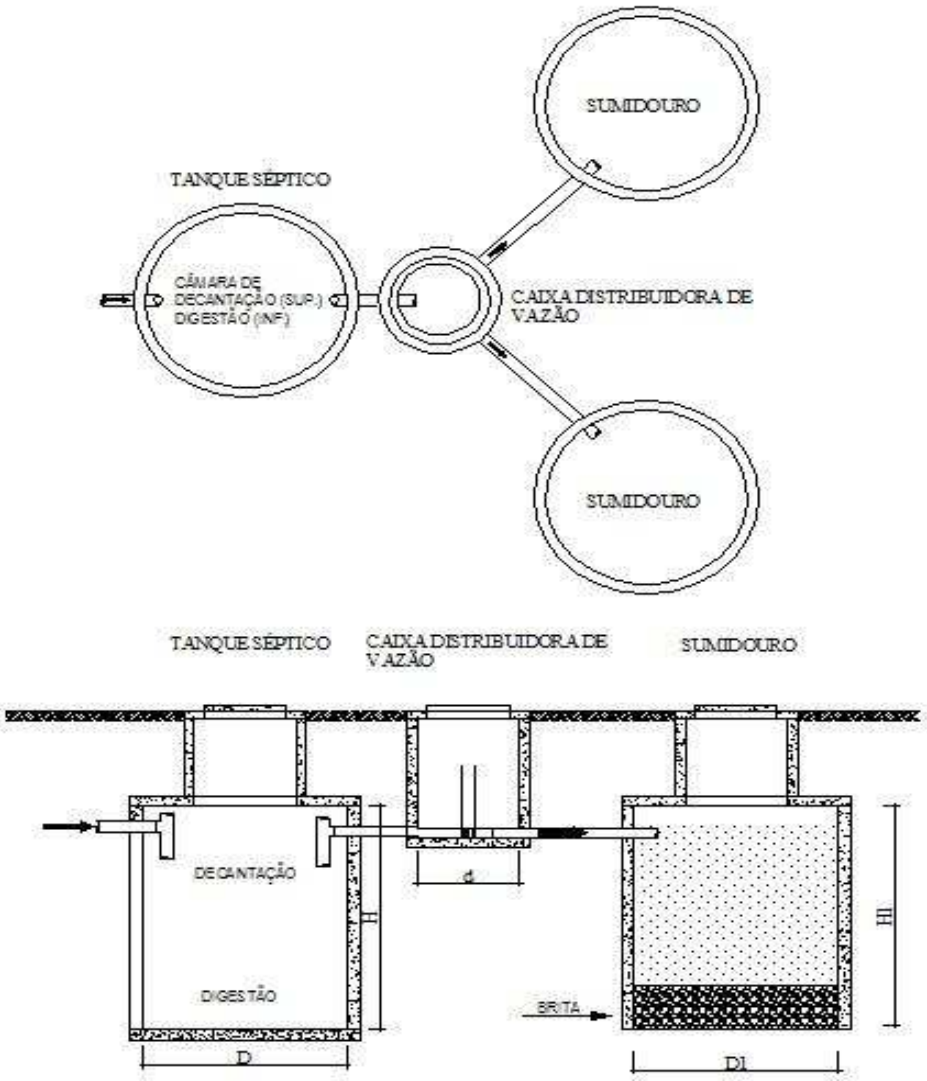


Figura 3 – Planta e corte de sumidouro tradicional
Fonte: Adaptado de NBR 13969 (1997, P. 45).

Caso sejam respeitados os tempos de manutenção dos tanques sépticos, o sumidouro não necessitará de manutenção periódica. Uma vistoria semestral teria a função de garantir que o solo está mantendo as características de permeabilidade, e se ainda essas condições não forem mantidas, novas unidades deverão ser construídas (JORDÃO; PESSÔA, 2009).

2.5.3 Valas de Infiltração

A NBR 7229 (1993) define que vala de infiltração é o sistema de disposição do efluente que orienta sua percolação no solo, e consiste em um conjunto ordenado de caixa de distribuição, caixa de visita e tubulação perfurada, tudo assentado em camada de pedra britada.

Conforme Jordão e Pessôa (2009), o sistema de valas de infiltração deve ser adotado quando o solo em questão possua as características necessárias para o recebimento do afluente do tanque séptico. A infiltração do liquido no solo permitirá a mineralização do esgoto, antes que esse contamine lençóis freáticos inferiores à vala.

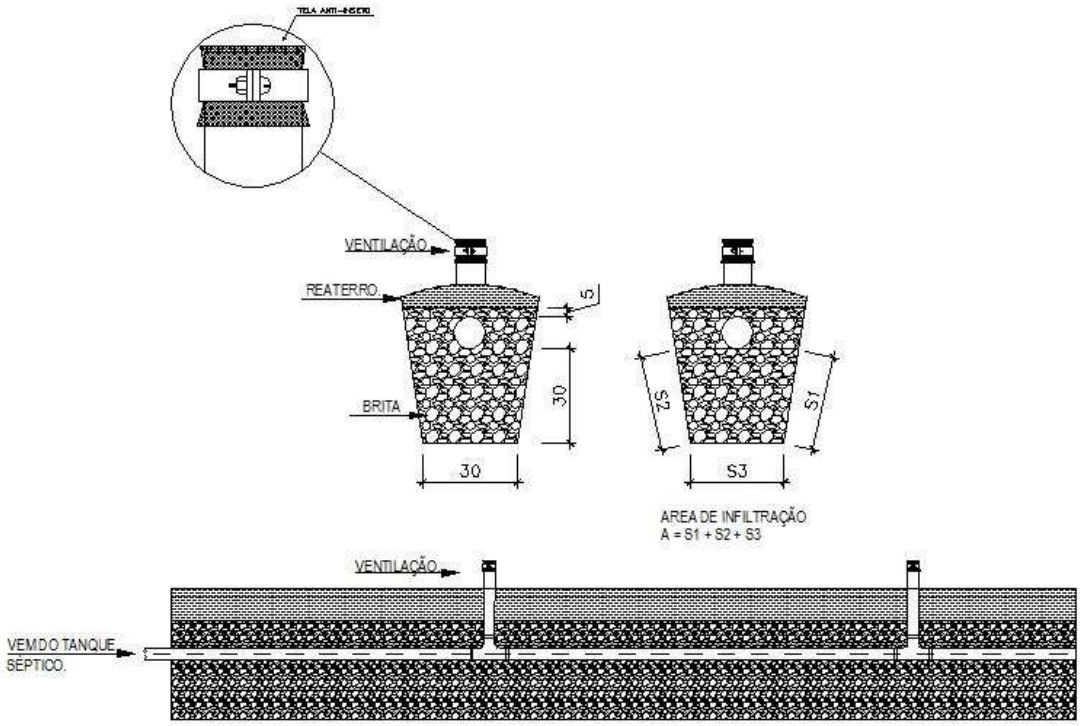


Figura 4 – Detalhes vala de infiltração
Fonte: Adaptado de NBR 13969 (1997, P. 42).

De acordo com Jordão e Pessôa (2009) as recomendações de projeto das valas de infiltração que constavam na NB 41, hoje substituída pela NBR 7229, ainda valem ser ressaltadas.

i. deverá haver pelo duas valas de infiltração;
ii. o comprimento máximo de cada vala será de 30 metros;
iii. o espaçamento mínimo entre as valas deverá ser de 1 metro;
iv. para tanques sépticos domiciliares adotar-se-á 7 a 10 metros de tubulação por pessoa, e para maiores vazões o valor decresce entre 1 a 4 metros;
v. a tubulação utilizada no despejo do efluente deverá estar assentada em uma camada de pedra brita com diâmetro no intervalo de 1 a 6cm. E essa camada deverá estender-se por até 10cm abaixo dos tubos, e 5cm acima;
vi. para evitar o entupimento, as frestas deverão estar cobertas por papel alcatroado;
vii. evitar proximidade com árvores;
viii. a área de absorção necessária dependerá das características do solo, obtidos de acordo com os testes de infiltração do solo.

2.5.4 Valas de Filtração

De acordo com a NBR 7229, define-se como vala de filtração:

> Sistema de tratamento biológico do efluente do tanque séptico, que consiste em um conjunto ordenado de caixa de distribuição, caixas de inspeção, tubulações perfuradas superiores, para distribuir o efluente sobre leito biológico filtrante, e tubulações perfuradas inferiores, para coletar o filtrado e encaminhá-lo à disposição final (NBR 7229, 1997, p. 3).

Esse sistema deverá ser utilizado quando o solo apresentar características de quase impermeável ou saturado de água, não permitindo a utilização de sistemas mais viáveis como as valas de infiltração ou sumidouros (JORDÃO; PESSÔA, 2009).

Segundo Jordão e Pessôa (2009), as recomendações de projeto para esse tipo de vala são as mesmas de que para as valas de infiltração, exceto as especiais desse caso, quais sejam:

i. a areia da camada filtrante intermediaria deverá ser grossa e limpa, com diâmetro compreendido entre 0,25 e 0,50mm;
ii. a largura do fundo das valas não deverá ultrapassar os 50cm;
iii. a declividade das tubulações estará contida no intervalo de 1:300 e 1:500;

iv. as valas devem ter extensão mínima de 6 metros por pessoa, sendo necessário pelo menos duas valas para cada tanque séptico.

2.5.5 Filtro de Areia

São sistemas utilizados quando deseja-se que os efluentes do tanque séptico sejam tratados de uma maneira mais criteriosa, sendo por esse fato um unidade mais dispendiosa se comparada com as outras já citadas (JORDÃO; PESSÔA, 2009).

A principal causa para a pouca utilização dessa técnica no ponto de vista de Jordão e Pessôa (2009) é a atenção da equipe de operação em todos os detalhes relativos a esse método, sendo que ainda a mesma equipe fica sobrecarregada tendo que cuidar também da manutenção periódica.

Esse tipo de filtro pode ser prismático e cilíndrico, e ainda é classificado pela sua posição de instalação:

a) Subsuperficial: instalado abaixo do solo natural;

b) Superficial: construída acima do solo.

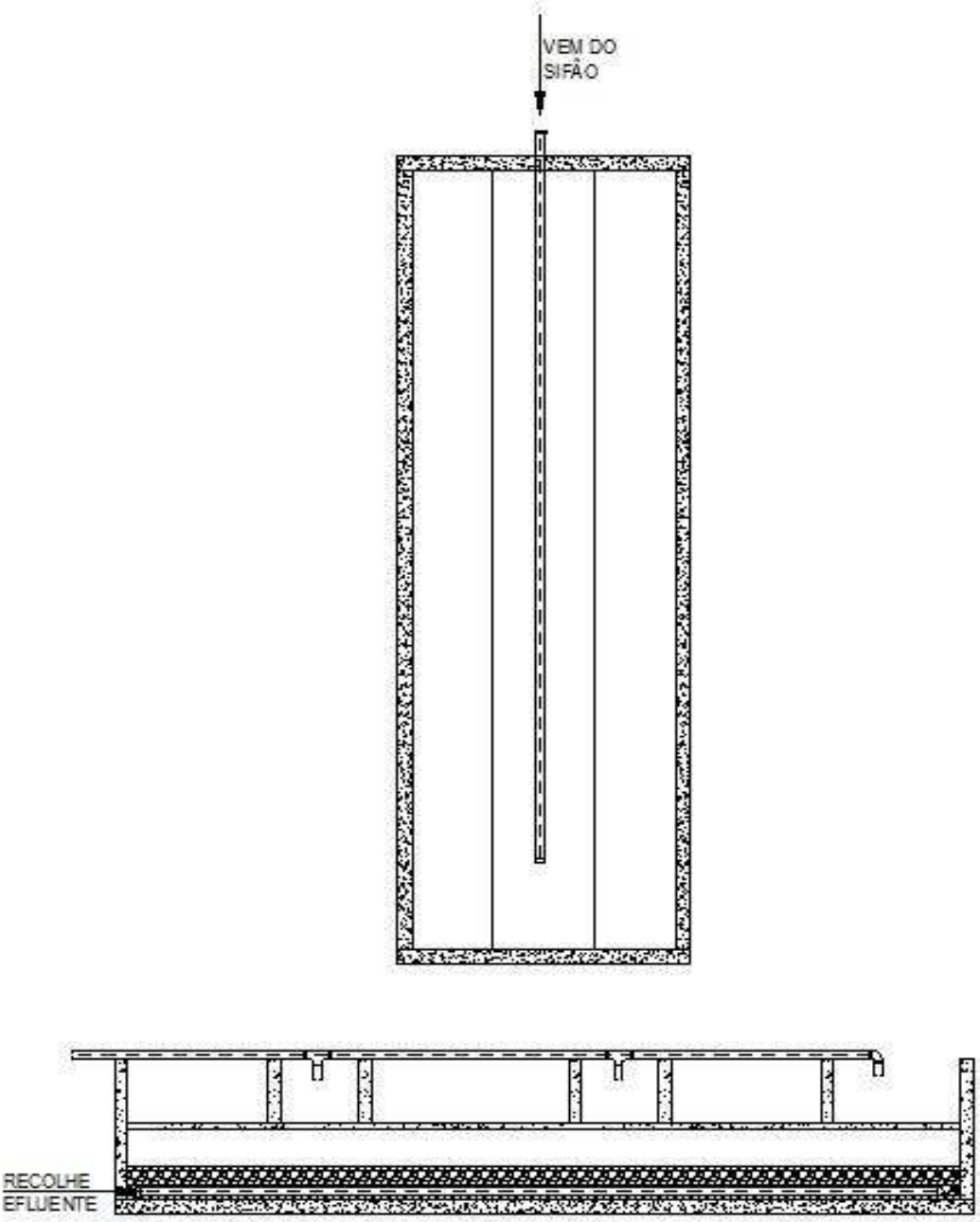


Figura 5 – Exemplo de filtro de areia prismático com seus respectivos componentes
Fonte: Adaptado de NBR 13969 (1997, P. 35).

2.5.6 Filtro Biológico Anaeróbio

A NBR 13969 possui uma definição bastante sucinta para esse tópico: “unidade destinada ao tratamento de esgoto, mediante afogamento do meio biológico filtrante” (NBR 13969, 1997, p.2).

A maior aplicação de filtros anaeróbios se deu a partir de 1963 com experiências realizadas por Perry L. McCarty, na Califórnia (EUA), Após algum tempo, mais exatamente em 1972, V. Raman e N. Chakladar obtiveram resultados mais expressivos, tornando o filtro anaeróbio em um sistema melhor com relação a qualidade final do efluente (JORDÃO; PESSÔA, 2009).

Para Andrade Neto (1997) a idéia de filtros anaeróbios começou a ser difundida no Brasil, a partir da inclusão desse sistema nas Normas ABNT, com isso o sistema foi amplamente utilizado em pequenos conjuntos habitacionais e condomínios em geral espalhados pelo país.

2.6 ALGUNS TRABALHOS CIENTÍFICOS ENVOLVENDO O TANQUE SÉPTICO

Com relação a artigos científicos, teses e dissertações, a maioria deles estuda os problemas de lançamento incorreto do efluente de tanques sépticos, seja o lançamento no solo ou corpos d'água.

De acordo com Valentim (1999), em seu estudo sobre o uso de leitos cultivados para tratamento de efluente de tanques sépticos, entende-se que o uso de tanques sépticos em série, não demonstra melhor eficiência de que o caso do uso de somente um único tanque, visto que a maior parte da remoção usual de um tanque séptico se deu no primeiro tanque utilizado, sendo a remoção nos tanques subseqüentes desprezível.

Estudos demonstram que o lançamento de efluentes tratados no solo possui grande potencial como alternativa ao lançamento em corpos d'água, e ainda viriam a contribuir na agricultura como adubos orgânicos (BARBOSA, 2009). Entretanto a autora destaca que deve haver um controle rigoroso dos parâmetros qualitativos do efluente, principalmente, no que se diz respeito a microorganismos patogênicos e compostos tóxicos.

Nesse estudo de Barbosa (2009) foi utilizado um reator anaeróbio de manta de lodo e fluxo ascendente, também conhecido como reator UASB, para controlar o experimento. E os resultados obtidos foram de importante significância, afinal uma profundidade de 40cm de solo conseguiu remover praticamente 100% da matéria orgânica, e 85% do nitrogênio remanescente da água residuária utilizada.

Uma tentativa de aplicação de um sistema de Saneamento Ambiental em comunidades isoladas obteve insucesso em sua implantação devido à falta de engajamento das autoridades públicas competentes. Esse fator culminou no ceticismo e imobilidade da população na busca de soluções ambientais para sanar o déficit de saneamento encontrado na região da pesquisa (QUIANTE, 2008).

O mesmo autor ainda destaca que a população dessas comunidades isoladas, pela falta de educação, está mais preocupada com a falta de tratamento de esgotos de que com a qualidade da água consumida. Não observando o fato de que esses pontos estão intimamente ligados.

Um tratamento para o efluente doméstico, feito previamente ao tanque séptico e composto de grade, desarenador e flotador, com objetivo de remover sólidos grosseiros, areias e materiais flutuantes; se mostrou eficiente de forma a se tornar requisito básico em projetos futuros de unidades semelhantes (BORGES, 2009).

2.7 CUSTOS VINCULADOS AO TANQUE SÉPTICO

Segundo relatórios de orçamento da empresa Purex Engenharia Ambiental Ltda., uma empresa que atua no ramo da construção civil projetando, produzindo e instalando sistemas de tratamento de esgotos, os métodos de execução de sistemas de tratamento de esgoto, para residências unifamiliares, mais utilizados atualmente são os de alvenaria de tijolos e os constituídos por anéis de concreto armado pré-moldado.

Para os sistemas construídos com o método de anéis pré-moldados, ainda segundo os relatórios da empresa, os custos mais influentes na composição do preço final da obra é o dos anéis pré-moldados, do equipamento mecânico necessário para a instalação dos anéis e o frete dos mesmos. Como as peças são industrializadas e a instalação é mecanizada existe uma economia significativa no valor da mão de obra necessária a instalação do sistema de tratamento.

De acordo com a TCPO (2008), para os sistemas de tratamento de efluentes executados com alvenaria de tijolos o principal custo é o da mão de obra, tanto para a execução das paredes de alvenaria quanto para a execução das tampas e fundos de concreto armado moldado in-loco.

A Funasa para casos de sistemas de tratamento individuais, conta com um orçamento para licitações padrão. Nesse orçamento o sistema é constituído de alvenaria com revestimento de argamassa, e as dimensões são de 1,70 x 0,85 metros com 1,20 m de profundidade, ou cilíndrica com 1,10 metros de diâmetro com 1,70 m de profundidade. O preço licitado está por volta de R$ 1.400,00 (MANNICH, 2011).

3 METODOLOGIA

Esse trabalho se refere ao estudo da viabilidade de implantação dos tanques sépticos para atender às demandas para o tratamento de esgotos nas diversas regiões do país, que ainda não possuem saneamento básico, de maneira eficiente, de baixo custo e de fácil instalação e operação ao longo do tempo.

Para o cumprimento dos objetivos, foram estabelecidas as seguintes etapas: definição do local de estudo e as principais características; estabelecimento dos parâmetros de dimensionamento do tanque séptico; levantamento das condições locais para escolha da técnica que vai receber o efluente (teste de infiltração do solo); método construtivo; análise econômica.

3.1 DEFINIÇÃO DA HIPÓTESE

O tanque séptico para tratamento de efluentes, executado com placas e montantes pré-moldados de concreto armado foi produzido na fábrica da Purex Engenharia Ambiental Ltda., à Rua Cascavel nº 2066 Curitiba – PR.

Para analisar os resultados do sistema construtivo foi executado um tanque séptico com o dimensionamento adequado e a mesma será testada quanto à capacidade de resistir aos esforços do terreno sobre as placas pré-moldadas e quanto a sua estanqueidade de acordo com a NBR 7229.

Como a análise do funcionamento de um sistema de tratamento leva muito mais tempo do que o disponível para a conclusão desse trabalho, não pode ser feito um teste que permita medir a eficiência de remoção de resíduos para um sistema de tratamento executado a partir do método construtivo proposto.

Mesmo não gerando esses dados, ao final pode-se concluir que o método funciona caso os testes realizados sejam favoráveis. Isso se deve ao fato, do método atender a todos os requisitos da NBR 7229 e da NBR 13969 e de que esse tipo de sistema já foi amplamente testado e aprovado através de outros métodos construtivos.

O teste da taxa de percolação do solo e a execução do tanque séptico a ser testado, foram realizados no município de Quatro Barras no bairro de Papanduva-Cerne. O local foi escolhido por ser uma região predominantemente rural, onde a maioria dos lotes são chácaras, e ainda por apresentar uma população que se encaixa no padrão que precisa usar sistemas de tratamento semelhantes.

O lote selecionado está localizado a aproximadamente 800 metros da rodovia BR 116, e como ilustrado na Figura 6, pertence a uma região isolada e propícia para o estudo.

Figura 6 – Local definido para testes no município de Quatro Barras
Fonte: Arquivo pessoal (05/05/11).

3.2 PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO

O dimensionamento dos tanques deve seguir a NBR 7229.

Segundo Jordão e Pessôa (2009) o tanque séptico deve ser projetado de modo a satisfazer as vazões afluentes de esgoto, proporcionando ainda uma manutenção fácil, rápida e econômica.

A NBR 7229 demonstra que o cálculo do volume do tanque, leva em consideração o volume correspondente ao período de detenção do afluente, e o volume correspondente à acumulação do lodo digerido, a expressão do cálculo do volume está expresso na Equação 1:

$$V = 1000 + N(C \times T + K \times Lf) \qquad \text{Equação (1)}$$

Onde:

V: volume útil em litros;

N: número de contribuintes, ou população equivalente;

C: contribuição de esgotos em litros por pessoa e por dia (Tabela 3);

T: período de detenção em dias (Tabela 1);

K: taxa de acumulação de lodo (em dias), de acordo com o intervalo entre limpezas do tanque e a temperatura do mês mais frio (Tabela 2);

Lf: contribuição de lodo fresco em litros por pessoa e por dia (Tabela 3).

Tabela 3 - Taxa de Acumulação de Lodo (k) em Dias, por Intervalo entre Limpezas e Temperatura do Mês mais Frio

INTERVALO ENTRE LIMPEZA EM ANOS	VALORES DE (K) POR FAIXA DE TEMPERATURA AMBIENTE (t) EM (°C)		
	t ≤ 10	10 < T ≤ 20	T > 20
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	154	225	217

Fonte: NBR 7229/93.

3.2.1 Contribuição de Esgotos

No cálculo da contribuição de esgoto, a NBR 7229 mostra que devem ser levados em consideração três fatores:

i. Número de pessoas a serem atendidas;
ii. 80% do consumo local de água. Em casos justificados podem ser adotados valores diferentes de 80%, e na falta de dados locais podem ser adotados valores conforme Tabela 4;
iii. Em edificações que o ocorra o caso de ocupantes temporários e permanentes, o volume de contribuição é igual a soma das contribuições referentes a cada um desses casos.

3.2.2 Período de Contribuição Efetiva de Esgotos

Em termos práticos, para efeito de cálculo são considerados os seguintes períodos:

i. prédios residenciais, hotéis, hospitais e quartéis – 24 hrs;
ii. outros tipos de edificações – regimes próprios de funcionamento.

3.2.3 Contribuição de Lodo Fresco

Na ausência de dados locais, serão considerados os volumes mínimos referentes à Tabela 4.

Tabela 4 - Contribuição de Esgoto (C) e de Lodo Fresco (Lf) por Tipo de Prédio e de Ocupante

	PRÉDIO	UNIDADE	CONTRIBUIÇÃO DE ESGOTO	CONTRIBUIÇÃO DE LODO FRESCO
1	OCUPANTES PERMANENTES			
	RESIDENCIAS			
	BAIXO PADRÃO	PESSOA	160	1
	MEDIO PADRÃO	PESSOA	130	1
	ALTO PADRÃO	PESSOA	100	1
	HOTEL (sem lav. e coz.)	PESSOA	100	1
	ALOJAMENTO PROVISÓRIO	PESSOA	80	1
2	OCUPANTES PROVISORIOS			
	FABRICAS EM GERAL	PESSOA	70	0,3
	ESCRITÓRIOS	PESSOA	50	0,2
	EDIFICIO PÚBLICO COMERCIAL	PESSOA	50	0,2
	ESCOLAS E LOCAIS DE LONGA PERMANENCIA	PESSOA	50	0,2
	BARES	PESSOA	6	0,1
	RESTAURANTES E SIMILARES	REFEIÇÕES	25	0,1
	CINEMAS TEATROS E LOCAIS DE CURTA PERMANENCIA	LUGAR	2	0,02
	SAITARIOS PÚBLICOS	BACIA SANITÁRIA	480	4

Fonte: NBR 7229/93.

3.2.4 Período de Detenção dos Despejos

Os tanques sépticos são projetados com períodos que variam no intervalo entre 12 e 24 horas, de acordo com a Tabela 1.

3.2.5 Volume Mínimo da Câmara de Sedimentação

Para tanques sépticos convencionais prismáticos ou cilíndricos, o volume mínimo fixado pela NBR 7229 é de 1250 litros, nesse cálculo estão inclusas as áreas com destino a sedimentação e digestão do esgoto.

Com relação às profundidades úteis, segundo Jordão e Pessôa (2009) os seguintes intervalos são recomendados:

- Volume útil até 6m³: 1,20m a 2,20m;
- Volume útil de 6 até 10m³: 1,50m a 2,50m;
- Volume útil acima de 10m³: 1,80m a 2,80m.

3.3 ENSAIOS DE INFILTRAÇÃO DO SOLO E ESTANQUEIDADE

Para esse tipo de ensaio devem-se escolher três pontos do terreno próximos ao local onde será lançado o efluente do tanque séptico e realizar escavações em profundidades diferentes e no fundo de cada uma das três escavações, abrir uma cova de seção quadrada de 30 cm de lado e 30 cm de profundidade. (a escolha das profundidades pode ser feita a partir do pré-dimensionamento utilizando os coeficientes de infiltração apresentados na Tabela 7 da Norma NBR-7229). É importante raspar o fundo e os lados da cova, de modo que fiquem ásperos, retirar da cova todo material solto e cobrir o seu fundo com uma camada de 5 cm de brita nº 1 (JORDÃO E PESSÔA, 2009).

Após preparar as covas deve-se iniciar o teste de infiltração propriamente dito. O procedimento inicial é manter as covas cheias de água durante 4 horas, no dia seguinte, devem-se encher as covas com água e aguardar que essas se infiltrem totalmente, e em seguida encher novamente as covas com água até a altura de 15 cm e cronometrar o período de rebaixamento de 15cm até 14cm, correspondente às alturas da água em cada cova (JORDÃO E PESSÔA, 2009).

Quando este intervalo de tempo para rebaixamento de 1cm se der em menos de 3 minutos, refazer o ensaio cinco vezes, adotando o tempo da quinta medição. Com os tempos determinados no processo de infiltração das covas, é possível obter

os coeficientes de infiltração do solo (L/m²xdia) na curva apresentada na Figura 7. Ressalte-se que se adota o menor dos coeficientes determinados no ensaio.

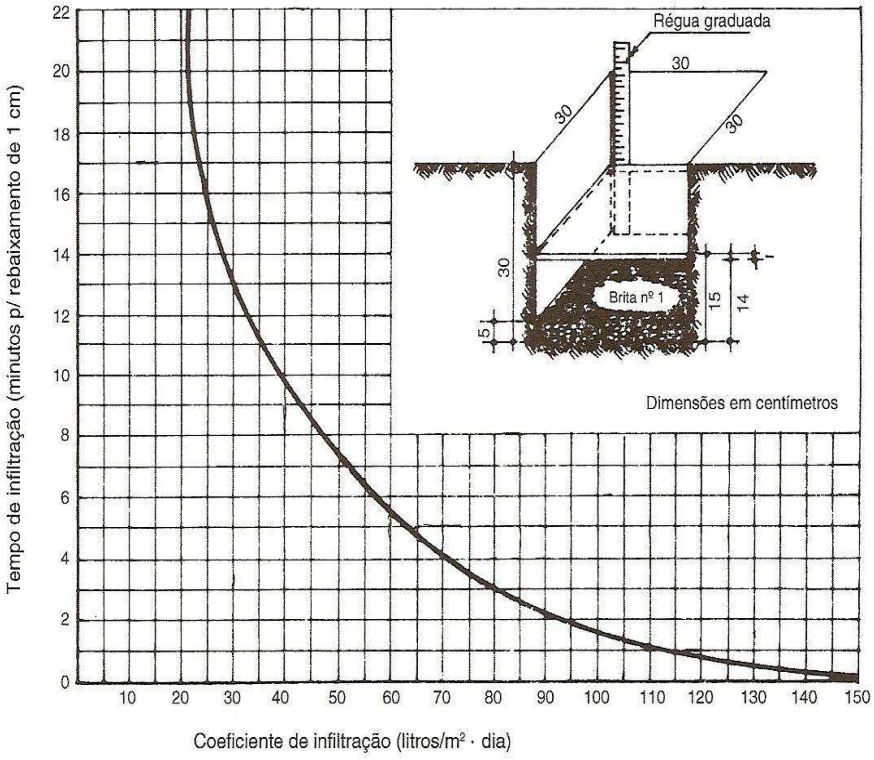


Figura 7 – Prova para determinação de absorção de um solo
Fonte: Jordão e Pessôa (2009, P. 428).

Para o ensaio de estanqueidade a NBR 7229 prevê que o tanque deve estar previamente saturado por no mínimo 24 horas antes de se efetuar o ensaio. A estanqueidade é medida pela variação do nível de água. Enche-se com água até a geratriz inferior do tubo de saída, e após 12 horas, mede-se a diferença de nível, e essa deve ser inferior a 3% da área útil. Caso ocorra maior diferença, reparam-se as trincas e fissuras, ou restauração de juntas, e refaz-se o teste novamente.

3.4 MÉTODO CONSTRUTIVO

O método construtivo consiste basicamente em montantes e placas de concreto armado pré-moldado. As placas são parafusadas ou encaixadas nos montantes conforme o detalhamento no APÊNDICE A. As placas terão dimensões de 1,5m de comprimento por 0,5m de largura por 0,03m e um segundo tipo de placa terá seu comprimento ajustável para permitir ajustes no dimensionamento das unidades de tratamento.

As placas de 1,50 x 0,50 x 0,03 metros pesam aproximadamente 50 kg. Isso permite uma montagem fácil e independente de equipamentos mecânicos. Todo o sistema foi projetado de forma a necessitar apenas de ferramentas simples e baratas.

3.4.1 Descrição das Peças do Tanque Séptico

3.4.1.1 Montantes

Existem dois tipos de montantes. O primeiro tem a seção transversal em formato de “L” e é utilizado nos vértices do retângulo formado pelo conjunto tanque, sumidouro ou tanque, filtro anaeróbio; e pode ser observado pela Figura 8. O segundo tipo de montante é retangular e é usado para permitir o encaixe das placas que formam a divisória do sistema escolhido.

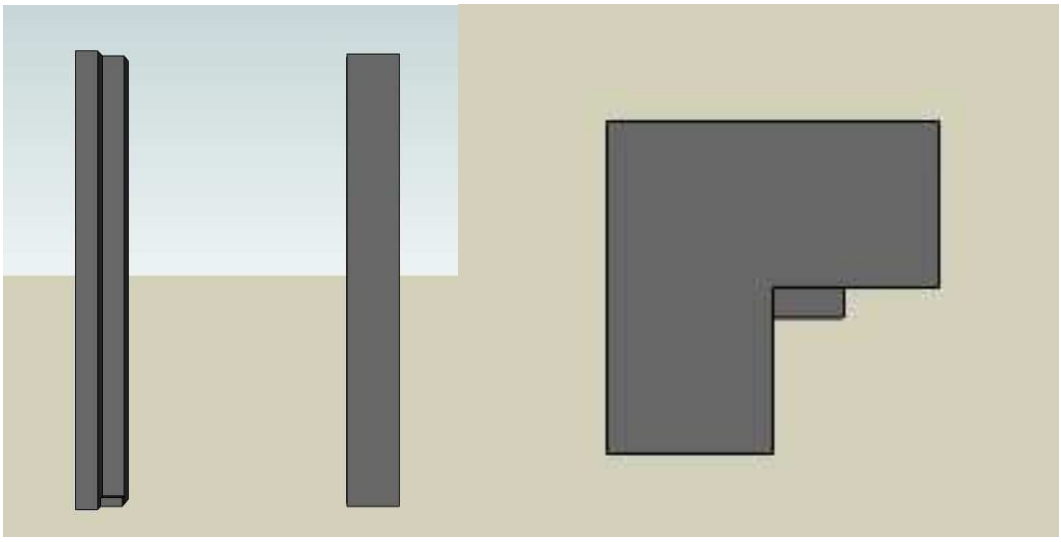


Figura 8 – Vista frontal e superior dos montantes em formato “L”.
Fonte: Dados da pesquisa

3.4.1.2 Placas

Existem seis tipos de placas que formarão as paredes do tanque e do sumidouro, o fundo do tanque e a tampa das duas unidades. Porém todas as placas, com exceção das com comprimento ajustável, tem o mesmo tamanho de 1,5m de comprimento por 0,5 m de largura por 0,03 m de espessura possibilitando que todas sejam produzidas sobre a mesma forma diferenciando-se apenas por uma unidade de forma adicional que é anexada a forma principal para produzir as diferentes placas necessárias para a execução do sistema.

O primeiro tipo de placa é totalmente liso e possui apenas dois orifícios destinados a receber os parafusos que as fixarão nos pilares (ver APÊNDICE A desenho da placa e desenho dos encaixes). Essas placas serão utilizadas no fundo e nas paredes do tanque ou do filtro, e estão exemplificadas na Figura 9.

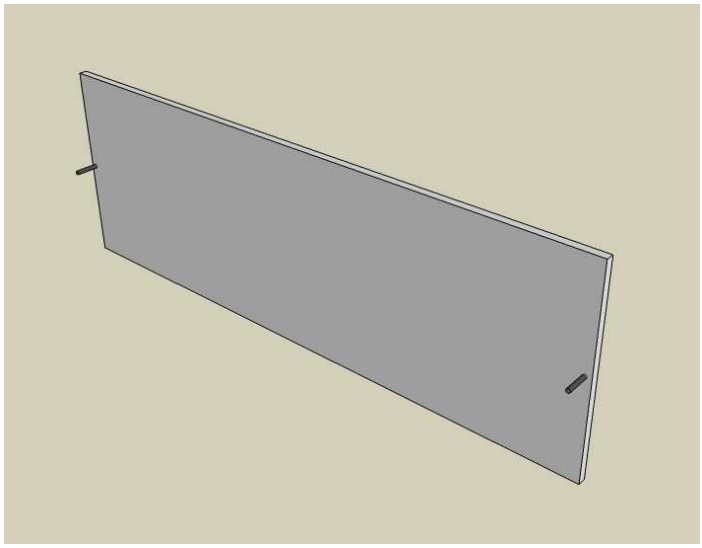


Figura 9 – Placa para fundos e laterais.
Fonte: Dados da pesquisa

O segundo tipo de placa é similar ao primeiro porem tem um recorte circular de 100 mm de diâmetro. Essa placa é utilizada na parede frontal do tanque e receberá o tubo por onde chegam os efluentes das residências (Figura 10).

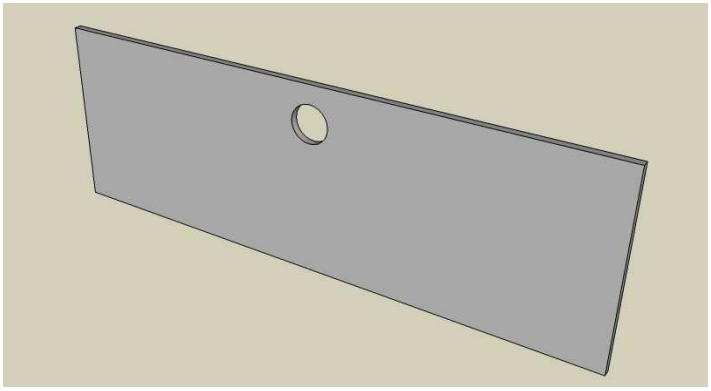


Figura 10 – Placa com orifício para tubulação.
Fonte: Dados da pesquisa

O terceiro tipo de placa é parecido com o segundo diferenciando-se apenas pela maior distância do recorte circular da aresta superior da placa. Essa diferença de 5 cm destina-se a gerar um desnível entre a entrada e a saída do esgoto no tanque. Essa placa será usada na parte superior da parede de divisa entre o tanque e o sistema de disposição final.

O quarto tipo de placa possui furos de 2 cm de diâmetro espaçados de 2 cm em 2 cm conforme APÊNDICE B. Essa placa será usada nas paredes do sumidouro e tem a função de permitir que o esgoto infiltre no solo, conforme Figura 11.

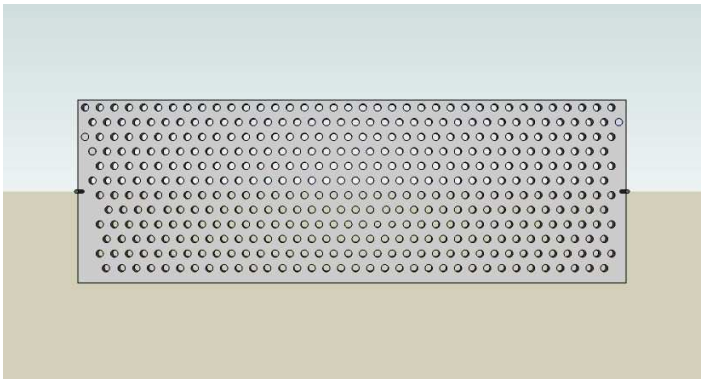


Figura 11 – Placa com furos para sumidouro.
Fonte: Dados da pesquisa

O quinto tipo de placa receberá um reforço estrutural, pois será usado na tampa dos reservatórios. Esse reforço é gerado por duas vigas transversais localizadas no centro da placa, e podem ser visualizados na Figura 12.

O sexto tipo de placa é igual ao quinto porem recebe um orifício de 100 mm de diâmetro que servira para se instalar uma tubulação de limpeza.

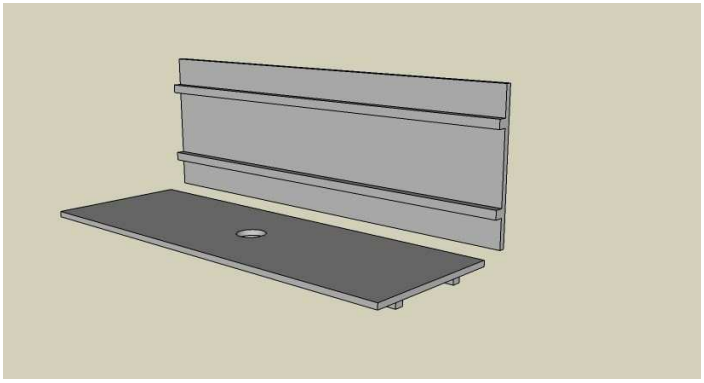


Figura 12 – Placas para tampa.
Fonte: Dados da pesquisa

3.4.2 Montagem

A montagem do sistema de tratamento inicia-se pela escolha do local onde o mesmo será instalado.

É prudente observar o caimento da tubulação de esgoto a fim de garantir que o mesmo chegue ao tanque por gravidade e a topografia e o tamanho do local a fim de garantir que o sistema de tratamento caiba e possa ser instalado no local. O segundo passo é a escavação do local. Nesse passo deve-se observar a cota mínima que a tubulação terá a fim de ter o caimento necessário. Conhecendo a cota deve-se considerar uma altura mínima, a fim de garantir o volume mínimo do tanque séptico, a partir da base do tubo, para o fundo do buraco.

Feita a escavação deve-se garantir a planicidade do fundo do buraco e lançar uma camada de aproximadamente 3 cm de areia sobre a área do fundo do tanque e, se for o caso, do filtro, a fim de assentar as placas que formarão o fundo.

O próximo passo é posicionar as placas que constituirão o fundo do tanque, e em seguida os montantes dos vértices do sistema de tratamento e da divisa entre o tanque e o sumidouro. Feito isso deve-se parafusar as placas que, conforme o APÊNDICE A, precisam de parafusos. Estas placas, quando parafusadas deixarão um vão que servira para o encaixe das demais placas.

A partir desse ponto é importante atentar para colocar as placas com os orifícios circulares em suas posições corretas para não impossibilitar o funcionamento do tanque. Também se deve tomar cuidado para não colocar nenhuma placa com orifícios circulares de 2 cm nas paredes do tanque. Após instalar todas as placas que formam as paredes do tanque e do sumidouro, pode se instalar a tubulação de entrada, de saída e as tubulações de limpeza, sendo muito importante chumbar as tubulações nas placas a fim de evitar movimentos futuros que possam romper a membrana de impermeabilizante.

Assim que todas as paredes estiverem montadas e as tubulações devidamente posicionadas e chumbadas, deve-se efetuar a impermeabilização do tanque. Essa impermeabilização é executada com cimento polimérico rígido e deve ser aplicada no mínimo três camadas sendo necessária apenas na junta entre as placas e nos vértices do tanque e do filtro anaeróbio se for o caso. A

impermeabilização deve seguir as recomendações do fabricante do cimento polimérico a ser utilizado.

Depois de feita a impermeabilização é só assentar as placas que servem de tampa. A primeira placa tampa a ser colocada no lugar é a que recebe a tubulação de limpeza, pois será necessário ajustar a tubulação após a colocação dessa placa. Depois disso as demais placas tampa podem ser posicionadas e deve-se então fazer uma faixa impermeabilizante na junta entre as placas tampa e na junta entre as tampas e a parede. Outra precaução importante é chumbar a tubulação de limpeza na placa que a recebe a fim de evitar danos a impermeabilização.

3.5 ANÁLISE ECONÔMICA

Para analisar a viabilidade econômica de implantação de sistemas de tratamento a partir do método construtivo proposto, é realizado um comparativo de custos de um sistema padrão, dimensionado a partir dos resultados obtidos com os testes feitos na região de Quatro Barras, e envolvendo três métodos construtivos diferentes.

O primeiro método orçado é o modelo proposto que utiliza placas e pilares de concreto armado pré-moldado.

O segundo método é amplamente utilizado atualmente e consiste na execução do sistema a partir de alvenaria de tijolos e fundos e tampas concretadas no local da obra.

O terceiro método estudado também já foi amplamente utilizado em Curitiba e na região metropolitana e é o método utilizado pela Purex Engenharia, que consiste em anéis pré-moldados de concreto armado.

Os orçamentos levam em conta as tabelas para composição de preços do livro TCPO (2008) editado e revisado pela editora PINI, e a experiência da Purex Engenharia no que diz respeito à produção de peças pré-moldadas e valores para mão-de-obra conforme o sindicato da construção civil do Paraná. Os resultados são demonstrados a partir de tabelas com o demonstrativo de todos os valores relacionados a cada método construtivo analisado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse capítulo serão abordados os resultados dos testes propostos na metodologia, assim como serão feitos levantamentos referentes ao assunto.

4.1 DIMENSIONAMENTO DO TANQUE

O dimensionamento do tanque séptico obedeceu aos requisitos estipulados na NBR 7229, sendo assim o volume encontrado para o tanque séptico do estudo foi:

$$V = 1000 + N(C \times T + K \times Lf)$$
$$V = 1000 + 5(130 \times 1 + 65 \times 1)$$
$$V = 1975 \text{ litros}$$

Os parâmetros definidos para se obtivesse o referido valor foram:

- N = 5; número de integrantes de uma família;
- C = 130; contribuição de esgoto para habitações de médio padrão;
- T = 1; a contribuição diária é menor que 1500 litros (130 x 5 = 650 litros);
- K= 65; temperatura média da cidade 18ºC, e período de limpeza estipulado de 1 ano;
- Lf = 1; contribuição de lodo fresco para habitações de padrão médio;

Esse volume corresponde a 1,975 m³; aproximadamente 2 m³ e servirá para determinação final do tamanho das placas.

No presente estudo foram utilizadas placas com tamanho 1,5m x 0,5m; resultando em um total de volume bruto de 2,225 m³.

4.2 ENSAIOS DE INFILTRAÇÃO E ESTANQUIEDADE

4.2.1 Ensaio de Infiltração

O ensaio de infiltração do solo foi realizado no dias 17 e 18 de setembro de 2011, sendo que no primeiro dia foram executadas as escavações das covas nas profundidades de 0,30 metros; 0,80 metros e 1,30 metros; visualizando a Figura 13, pode-se observar que foram deixados alguns centímetros de folga, na escavação, para colocação da brita 01. Ainda no primeiro dia as covas ficaram completamente preenchidas de água durante um período de 4 horas, conforme a Figura 14.

Figura 13 – Covas nas profundidades de 0,30; 0,80 e 1,30 metros
Fonte: Dados da pesquisa (17/09/11).

Figura 14 – Covas sendo saturadas com água
Fonte: Dados da pesquisa (17/09/11).

No segundo dia, foram realizados os ensaios de infiltração propriamente ditos. Previamente foram preenchidas com água, todas as covas, até o nível do solo e esperado a água se infiltrar completamente pelas três covas. É importante ressaltar que o fundo das covas estavam cobertos com uma camada de 5 cm de brita nº 01.

Após isso foi testado à infiltração na cova de 0,30 metros. Com auxilio de uma régua foi colocado água até uma profundidade de 15 cm e anotados os tempos de rebaixamento pra 14 cm. A segunda cova testada foi a de 0,80 metros; e por último o teste foi realizado na cova de 1,30 metros. Em todas as covas foram feitas 5 medições e para cada profundidade foi adotado o tempo da última medição. Os resultados obtidos estão resumidos na tabela 5:

Tabela 5 - Tempos das Medições Realizadas no Dia 18 de Setembro de 2011 em Minutos

Profundidade da cova	1ª Medição	2ª Medição	3ª Medição	4ª Medição	5ª medição
0,30 metros	6,89	6,91	6,91	6,93	6,95
0,80 metros	7,12	7,15	7,16	7,17	7,20
1,30 metros	7,35	7,35	7,35	7,38	7,39

Fonte: Dados da pesquisa.

Como prevê a NBR 7229 (1993), foi feita a média aritmética entre os valores da 5ª medição nas três profundidades, resultando em um tempo de infiltração igual a 7,18 minutos ou aproximadamente 7 minutos e 3 segundos. Observando o ábaco da Figura 8, nota-se que o Coeficiente de Infiltração do solo em estudo se aproxima dos 50 litros x m^{-2} x dia^{-1}, com esse coeficiente pode-se utilizar um sumidouro como sistema de recebimento do afluente do tanque séptico.

4.2.2 Ensaio de Estanqueidade

Para o teste de estanqueidade da unidade de tratamento, foi construído um protótipo, com peças similares as que serão utilizadas no tanque séptico proposto nesse trabalho. A única diferença foi que na construção do protótipo foram utilizadas somente placas lisas, sem as placas com orifícios para instalação da tubulação. Como o teste exigia apenas que o tanque deveria estar cheio de água até a geratriz inferior da tubulação de saída, o protótipo atendeu as exigências necessárias.

O ensaio de estanqueidade ocorreu no dia 06 de novembro, o protótipo já estava com água que havia sido deixada, desde o dia anterior, para saturação do mesmo. Na seqüência, o protótipo foi preenchido de água até 80 cm em relação ao fundo, esse medida foi escolhida pelo fato de atender a cota mínima de uma futura tubulação de saída.

Após terem se passado 12 horas, foi medido o nível de água novamente, e pode-se visualizar na Figura 15 que a mesma encontrava-se a 79,7 cm do topo do protótipo. Essa variação de 0,3 cm está dentro dos parâmetros estabelecidos pela NBR 7229 (1993).

Figura 15 – Profundidade de água no final do teste
Fonte: Dados da pesquisa.

4.3 A CONSTRUÇÃO DO SISTEMA

A construção do sistema foi realizada nos dias 02, 05 e 06 de novembro; na fábrica da empresa Purex Engenharia Ambiental Ltda, situada na Rua Cascavel, nº 2066 - Boqueirão.

A montagem das placas seguiu os passos estabelecidos no Manual de Montagem que segue em cópia no APÊNDICE C. Para uma melhor observação de trincas e fissuras durante o teste de estanqueidade, foi decidido construir o sistema no nível do terreno.

Primeiramente, como é recomendada, uma camada de areia foi criada para regularização do terreno, conforme se verifica na Figura 16.

Figura 16 – Camada de areia para regularização do terreno
Fonte: Dados da pesquisa (02/11/11).

Para maior estabilidade do sistema, foi definido que os pilares seriam concretados 50 cm maiores que o previsto inicialmente, sendo assim foram abertas covas de 20 cm de diâmetro com 50 cm de profundidade nos quatro cantos do sistema.

A partir do posicionamento desses pilares, a montagem das placas seguiu o procedimento descrito no Manual de Montagem, conforme as Figuras 17 e 18.

Figura 17 – Montagem das placas laterais
Fonte: Dados da pesquisa (02/11/11).

Figura 18 – Montagem das placas laterais superiores
Fonte: Dados da pesquisa (02/11/11).

Com todas as placas montadas foi feito acabamento com argamassa de areia e cimento nas juntas entre as placas, principalmente nas placas posicionadas no fundo do sistema. O resultado desse processo está registrado na Figura 19.

Figura 19 – Acabamento com argamassa nas placas do fundo
Fonte: Dados da pesquisa (02/11/11).

E por fim, foi feita a impermeabilização do tanque séptico com argamassa polimérica rígida. Nesse caso a argamassa utilizada foi a Denvertec 540, do fabricante Denver Impermeabilizantes. Essa argamassa foi aplicada sobre todas as juntas entre as placas, inclusive nas juntas que haviam sido tratadas com argamassa de cimento e areia.

Alguns aspectos construtivos são de grande relevância e foram sendo descobertos durante a execução das placas e a montagem do sistema. Com o objetivo de maior economia, inicialmente foi utilizada uma tela de galinheiro muito fina em associação com o concreto, ambos representados na Figura 20.

Figura 20 – Primeira tela de galinheiro utilizada
Fonte: Dados da pesquisa (02/11/11).

A referida tela se mostrou frágil como elemento construtivo, não resistindo em alguns casos sequer na desforma das placas. Assim, foram utilizadas novas espessuras de telas, retratadas na Figura 21.

Figura 21 – Telas de galinheiro com maior espessura.
Fonte: Dados da pesquisa (02/11/11).

Durante a montagem as placas elaboradas com as telas de maior espessura apresentaram um melhor desempenho, resistindo aos esforços de desforma e aos choques mecânicos decorrentes do mencionado processo (Figura 22).

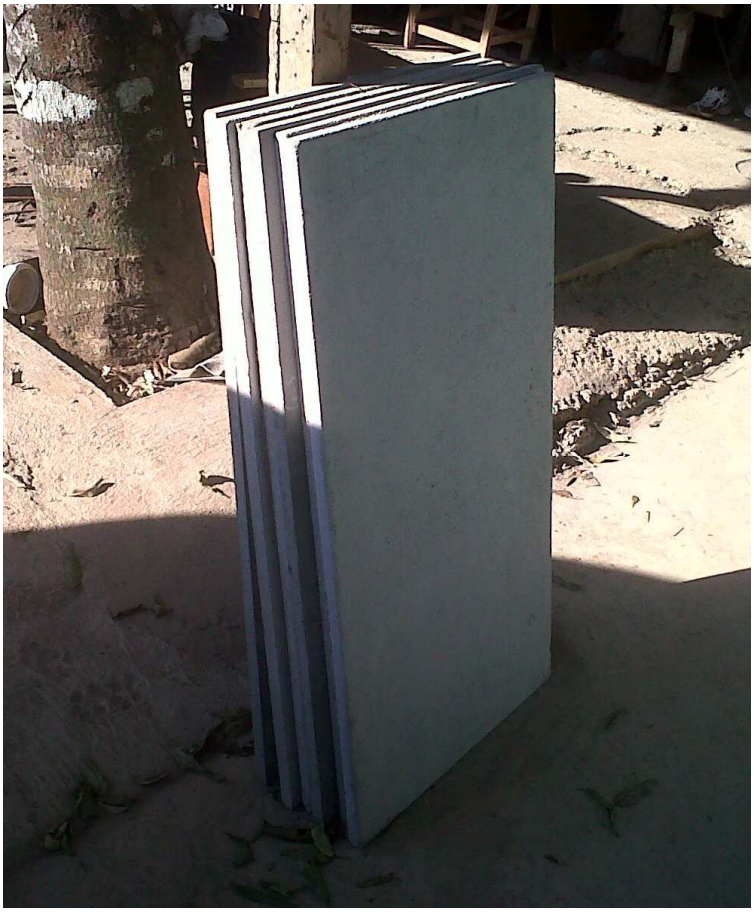


Figura 22 –Placas que apresentaram resultados satisfatórios
Fonte: Dados da pesquisa (02/11/11).

4.4 ANÁLISE ECONÔMICA

Como fora proposto na Metodologia, a análise econômica foi feita com base em três sistemas construtivos. A seguir, serão apresentados resumos dos custos de cada sistema. Para a composição de preços de Mão de obra foi levado em consideração todas às leis sociais, o salário do Sindicato da Construção Civil do Paraná (SINDUSCON/PR) e os quantitativos para composição de preços de serviços contidos nas tabelas da TCPO (2008).

4.4.1 Análise 1º Método – Placas Pré-moldadas

As tabelas 06, 07, 08 e 09 representam os orçamentos levantados para o sistema proposto de placas pré-moldadas de concreto. O concreto utilizado é o de traço 1:2:3 com fator água cimento 0,5, e utilizando areia fina e brita 1, a tela utilizada para armar as placas foi a mostrada a direita da figura 15 por apresentar resultados de resistência melhores e um custo compatível com o projeto. A forma utilizada é de madeira compensada revestida por uma fórmica que ajuda na desforma, no acabamento das peças e na resistência da forma. Os pilares receberam uma armadura composta por barras de 6,3 mm e estribos de 4,2 mm a cada 15 cm.

Tabela 06 - Orçamento das Placas de Concreto

Serviço/Material	Quantidade	Unidade	R$/un	Total
Concreto	0,023	m³	366,00	8,42
Armadura	0,750	m²	9,03	6,77
forma com montagem desmontagem, limpeza e aplicação de desmoldante	0,220	h.s - horas servente	2,63	0,58
			TOTAL =	15,59

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 07 - Orçamento dos Montantes de Seção Retangular

Serviço/Material	Quantidade	Unidade	R$/un	Total
Concreto	0,023	m³	366,00	8,42
Armadura	1,020	kg	9,03	9,21
forma com montagem desmontagem, limpeza e aplicação de desmoldante	0,200	h.s.	2,63	0,53
			TOTAL =	18,15

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 08 - Orçamento dos Montantes de Seção em Formato "L"

Serviço/material	Quantidade	Unidade	R$/un	Total
Concreto	0,023	m³	366,00	8,42
Armadura	1,400	kg	9,03	12,64
forma com montagem desmontagem, limpeza e aplicação de desmoldante	0,200	h.s.	2,63	0,53
			TOTAL =	21,59

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 09 - Orçamento da Montagem do Sistema Tanque Séptico-Sumidouro

Serviço/Material	Quantidade	Unidade	R$/un	Total
placas pré-moldadas	30,000	un	15,58	467,40
pilares de seção retangular	4,000	un	18,15	72,60
pilares de seção em "L"	4,000	un	21,59	86,36
montagem das placas e pilares	38,000	un	8,19	311,29
joelho 90 100mm	2,000	un	6,36	12,72
cap 100mm	1,000	un	6,16	6,16
tubo 100mm	2,100	M	10,99	23,08
Impermeabilização	8,250	m²	8,92	73,59
brita 02	0,900	m³	57,08	51,37
			TOTAL =	1104,57

Fonte: Dados da pesquisa.

Observa-se que o custo total, com material e mão-de-obra, nesse método seria de R$ 1104,57 (um mil cento e quatro reais e cinqüenta e sete centavos).

4.4.2 Análise 2º Método – Alvenaria

As tabelas a seguir representam os custos levantados para o sistema tanque-sumidouro para uma construção em alvenaria. O tijolo considerado é o de seis furos com 9 cm x 14 cm x 14 cm. O concreto dos fundos e tampas tem um traço de 1:3:3 e

utiliza brita 2 e areia média. O aço considerado foi de uma tela soldada Q138 que é uma malha de 10 cm x 10 cm com barras de 4,2 mm. Os valores de mão de obra levam em consideração o salário do SINDUSCON/PR, e os demais dados das tabelas são referentes à TCPO (2008) para execução de alvenaria com tijolos de 9cm x 14cm x 14cm.

Tabela 10 - Orçamento para Tanque Séptico-Sumidouro de Alvenaria

Serviço/material	Quantidade	Unidade	R$/un	Total
tijolos 6 furos	372,000	un	0,27	100,44
argamassa de assentamento	0,189	m³	312,00	58,97
mão de obra de assentamento	13,500	m²	39,36	531,36
Chapisco	27,000	m²	4,02	108,54
emboço	27,000	m²	21,00	567,00
formas fundo e tampas	10,000	m²	42,00	420,00
concreto fundo e tampas	0,450	m³	366,00	164,70
aço fundo e tampas	3,200	kg	9,03	28,90
joelho 90 100mm	2,000	un	6,36	12,72
cap 100mm	1,000	un	6,16	6,16
tubo 100mm	2,100	M	10,99	23,08
brita 02	0,900	m³	57,08	51,37
				2073,24

Fonte: Dados da pesquisa

O custo total para o sistema de alvenaria seria de R$ 2073,24 (dois mil e setenta e três reais e vinte e quatro centavos).

4.4.3 Análise 3º Método – Anéis Pré-moldados de Concreto

Para a análise desse caso foi utilizado um orçamento da empresa Purex Engenharia Ambiental Ltda. O custo total apresentado foi de R$ 7.150,00 (sete mil cento e cinqüenta reais). Segue no ANEXO, o orçamento completo e detalhado. É

importante lembrar que o orçamento da Purex inclui o BDI para a execução da estação de tratamento de efluentes, o que não foi considerado nas alternativas anteriores. De acordo com a empresa o BDI utilizado em seu orçamento é de aproximadamente 30% a mais que o valor do serviço. Outro ponto relevante é o fato de que o sistema orçado pela empresa considerou um sistema de tratamento completo, com filtro biológico e clorador, o custo somente para o tanque séptico foi de R$ 2.430,00 (dois mil e quatrocentos e trinta reais).

Na Tabela 11 pode-se observar um resumo com o preço dos três métodos orçados.

Tabela 11 - Comparativo de preços entre os três sistemas

Tipo do sistema	Total (R$)
Placas pré-moldadas	1104,57
Alvenaria	2073,24
Anéis pré-moldados de Concreto	2430,00

Fonte: Dados da pesquisa

5 CONCLUSÃO

A proposta de fabricar e executar tanques sépticos utilizando placas e montante de concreto armado pré-moldado mostrou-se viável.

A fabricação de cada peça demanda pouco material e mão-de-obra, e a montagem do sistema apresentou-se como uma hipótese simplificadora, mesmo para quem não tem experiência alguma com construção civil e com trabalhos manuais. Isso permite que o método seja simples, e eficiente o suficiente para ser viável tanto em termos construtivos, como em termos econômicos, se comparado aos métodos convencionais.

Mostrou-se possível também a instalação de pequenas fábricas, dentro do canteiro de obras de empreendimentos residenciais ou em qualquer cidade ou bairro que tenha uma carência em redes coletoras e estações de tratamento de esgotos, sem necessidade de grandes investimentos para infraestrutura e para recursos humanos.

O sucesso para implantação de sistemas similares depende de alguns cuidados importantes, dentre eles se destacam:

- utilização de concreto no traço adequado para peças pré-moldadas;
- utilização de telas de aço com diâmetro e resistência para superar os esforços impostos;
- seguir as recomendações impostas no Manual de Montagem; e,
- respeitar todos os parâmetros estabelecidos pelas normas que regulamentam a matéria de tanques sépticos.

Por fim, conclui-se que os objetivos idealizados inicialmente foram atingidos de forma plena. O sistema de tratamento de esgoto produzido nesse trabalho apresentou-se como uma alternativa de construção simples, e principalmente com custos de produção e manutenção significativamente reduzidos, podendo ser uma opção para diminuir o déficit de saneamento básico que atinge as classes menos favorecidas.

Como sugestões para trabalhos futuros, recomendam-se:

- avaliação da eficiência do sistema de tratamento proposto;
- efetuar análise para modulações do sistema proposto a fim de aumentar a capacidade do mesmo;
- estudo de utilização de diferentes agregados para redução do peso das placas de concreto;
- estudo de implantação do sistema proposto em uma situação real;
- avaliar a interação dos diferentes efluentes de esgoto com os materiais utilizados no sistema;
- desenvolvimento de técnicas construtivas para sistemas similares que facilitem a impermeabilização do mesmo;
- analisar se os parâmetros de profundidade útil descritos na NBR 7229 influenciam na eficiência de um sistema similar;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE NETO, Cícero Onofre de. **Sistemas simples para tratamento de esgotos sanitários**: experiência brasileira. 1ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 1997

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969: Tanques sépticos – unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos**: projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

_____.**NBR 7229: Projeto, construção e operação de tanques sépticos.** Rio de Janeiro, 1993.

AZEVEDO NETTO, José Martiniano de. **Manual de saneamento de cidades e edificações.** 1. ed. São Paulo: Pini, 1991.

BARBOSA, Amanda Fernandes. **Análise Preliminar do tratamento de água residuária sintética em reator UASB seguido de filtro preenchido com solo natural.** 2009. 53 f. Programa de Iniciação Cientifica – Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Maringá, Umuarama, 2009.

BATALHA, B. H. L. **Séries Manuais: fossa séptica.** 2ª Ed. São Paulo: CETESB, 1989.

BORGES, Nayara Batista. **Caracterização e pré-tratamento de lodo de fossas e tanques sépticos.** 2009. 128 f. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

DALTO, Luiz Antônio; HERNANDEZ, Fernando Braz Tangerino. **Administração dos recursos hídricos para o próximo século.** A voz do povo, Ano I, Número 25, 14/06/2001. UNESP, Ilha Solteira. Disponível em: http://www.agr.feis.unesp.br/avp140601.htm. Acesso em: 04/06/11.

Denver Impermeabilizantes. Membranas Poliméricas – Denvertec 540. Disponível em: http://www.denverimper.com.br/produtos.php?id=1. Acesso em: 21/11/11.

Diagnóstico dos serviços de água e esgotos - 2008. Tabelas de informações e indicadores: Ministério das Cidades – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2008. Disponível em: http://www.snis.gov.br. Acesso em: 07/06/11.

FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE – FUNASA. Ministério da Saúde. **Manual de saneamento**. Brasil, 2007.

GARCEZ, Lucas Nogueira. **Elementos de engenharia hidráulica e sanitária**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1988.

GLOBO, O. **Menos de 60% da população tem esgoto nas cidades brasileiras.** PNAD 2007, Brasília. Disponível em: http://g1.globo.com/Noticias/Brasil/0,,MUL806230-5598,00-MENOS+DE+DA+POPULACAO+TEM+ESGOTO+NAS+CIDADES+BRASILEIRAS.html. Acesso em: 04/06/11.

IMHOFF, Karl. **Manual de tratamento de águas residuárias.** 26. ed. São Paulo: E. Blucher, 1985.

JORDÃO, Eduardo P.; PESSÔA, Constantino A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 5. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

MANNICH, Priscila Karina Altvater. **Preço orçado pela Funasa para tanques sépticos.** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por: <guibds@hotmail.com> em 10 dez. 2011.

METCALF & EDDY, Inc. **Wastewater engineering**: treatment, disposal and reuse. 3. ed. Nova York: McGraw-Hill, 1995.

PHILIPPI JUNIOR, Arlindo; MALHEIROS, Tadeu Fabrício. **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desen**

volvimento sustentável. Barueri: Manole, 2005.

QUIANTE, Domingos. **Procedimentos para apropriação de tecnologias para a implantação de sistemas de Saneamento Ambiental em comunidades isoladas e com poucos recursos financeiros e humanos.** 2008. 155 f. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

Relatório do Desenvolvimento Humano 2006. A água pra lá da escassez: poder, pobreza e a crise mundial da água. New York, New York: Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, 2006. Disponível em: http://www.pnud.org.br/rdh/. Acesso em: maio de 2011

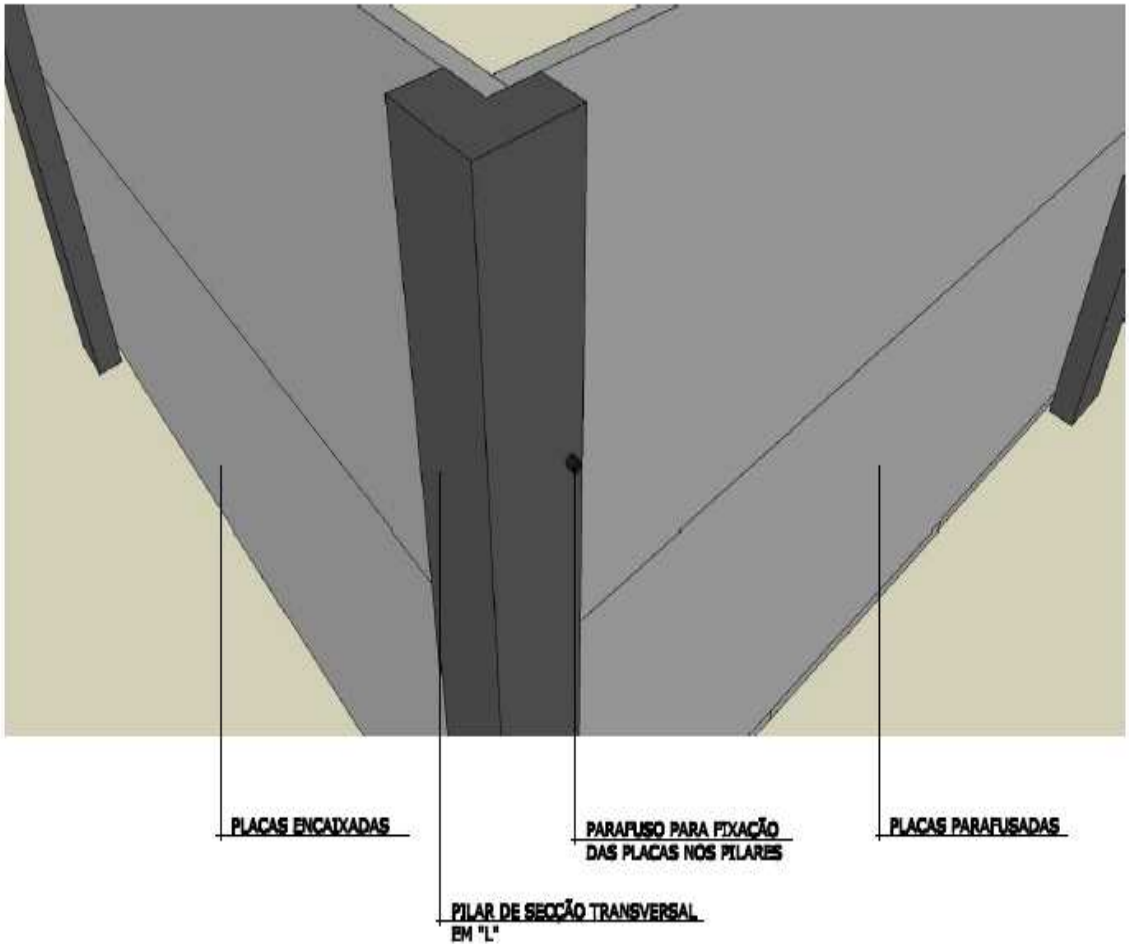
Resolução Conama nº357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Brasília, 2005. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/. Acesso em: 18 abr. 2011.

SAMPAIO, Rafael. **Levar esgoto para todos requer US$ 200 bi.** Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, Nova York, 24 jan. 2008. Disponível em: http://www.pnud.org.br/saneamento/reportagens/index.php?id01=2868&lay=san. Acesso em: 14 mai. 2011.

TCPO – Tabela de Composição de Preços para Orçamentos. 13ª Ed. São Paulo: PINI, 2008.

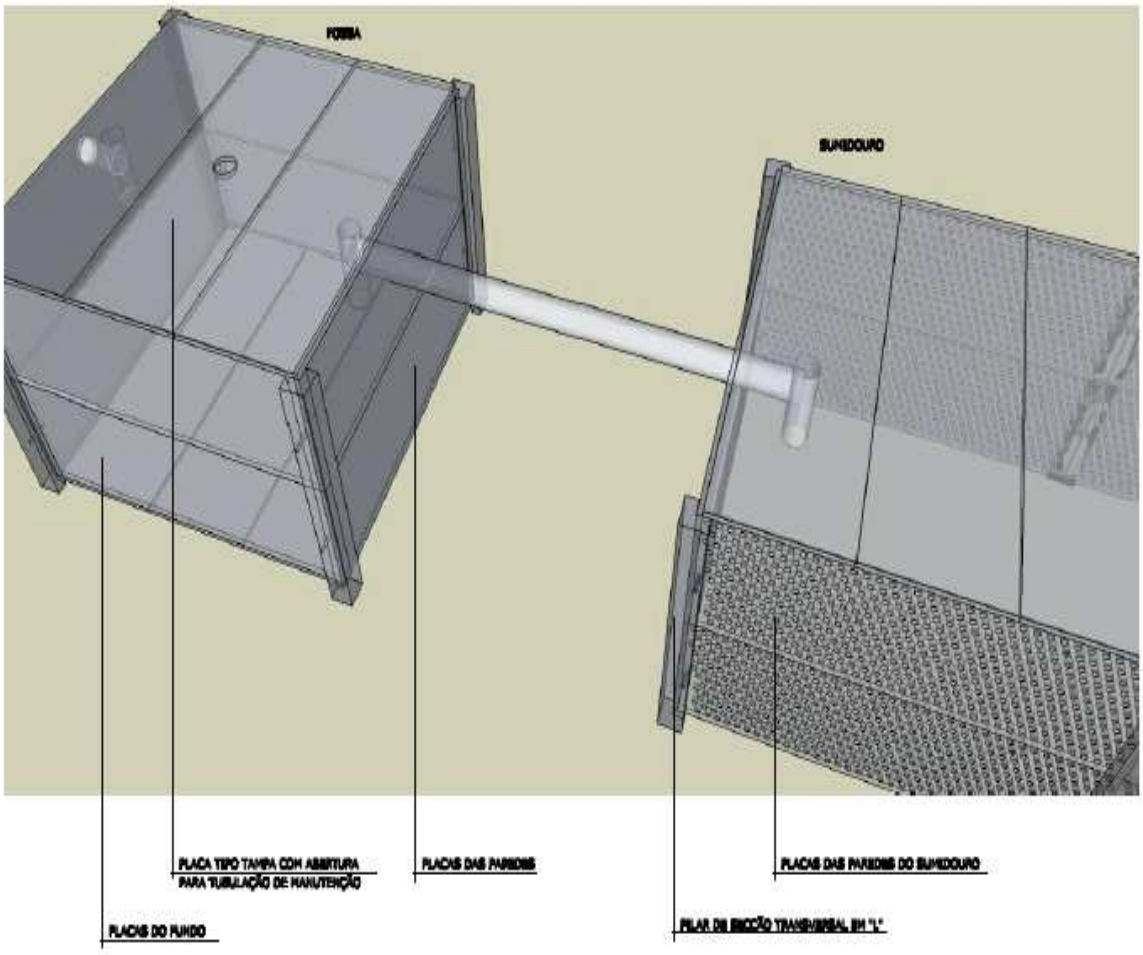
VALENTIM, Marcelus Alexander Acorinte. **Uso de leitos cultivados no tratamento de efluente de tanque séptico modificado.** 1999. 120 f. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

APÊNDICE A - Perspectiva de um dos vértices do sistema de tratamento



PERSPECTIVA DE UM DOS VÉRTICES DO SISTEMA DE TRATAMENTO

APÊNDICE B - Perspectiva do encaixe entre o tanque e o sistema de disposição



SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTE DO TIPO FOSSA - SUMIDOURO

APÊNDICE C – Exemplo para manual de montagem

MANUAL DE MONTAGEM

APRESENTAÇÃO DO PRODUTO:

O presente sistema de tratamento de efluentes de esgoto é formado por placas de concreto pré-moldado, e possui como capacidade máxima aproximadamente 2.000 litros. Essa capacidade pode atender no máximo 05 pessoas.

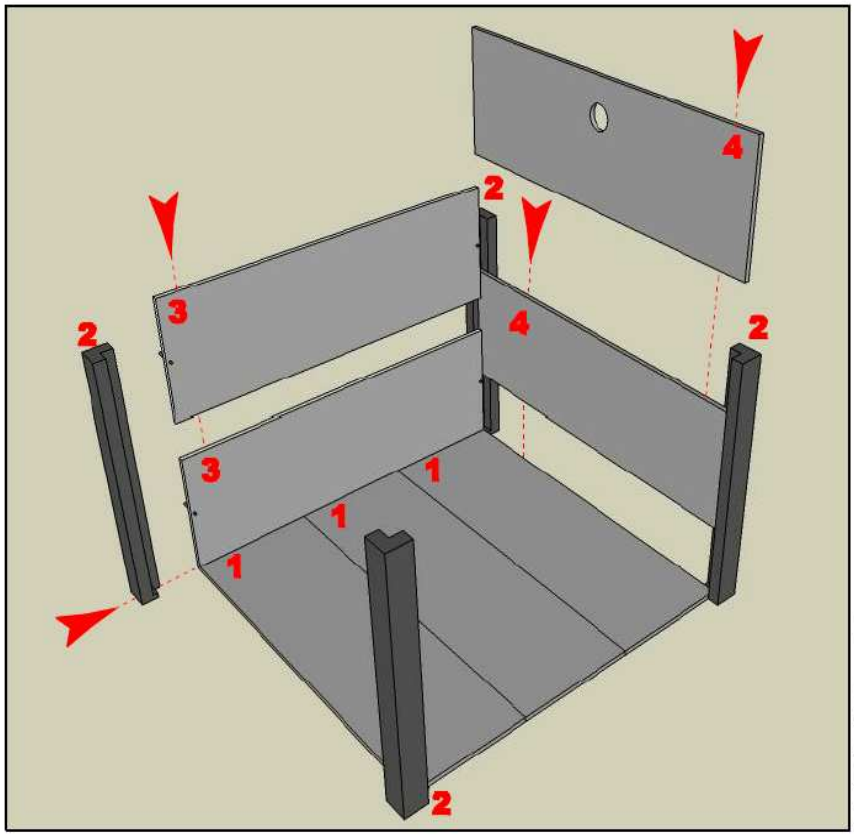
RECOMENDAÇÕES INICIAIS:

Para que o sistema funcione em perfeitas condições alguns itens devem ser atendidos:

- Observar as cotas necessárias na entrada e saída do sistema, antes de efetuar a escavação;
- Após escavação, preencher o fundo com camada de 5 cm de areia, para regularização do terreno;
- Escavar covas de 50 cm de profundidade nos quatro cantos do sistema, para equilíbrio dos montantes;

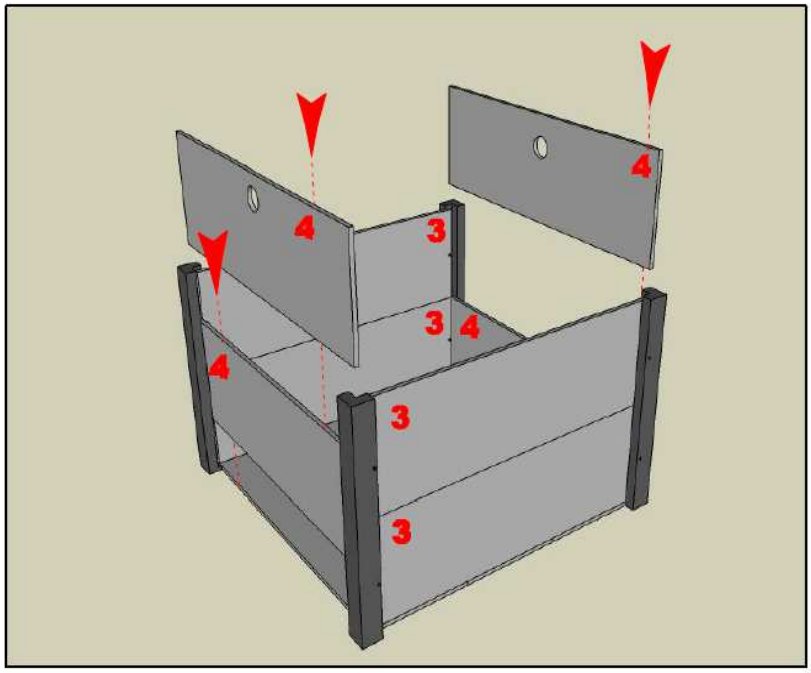
MONTAGEM:

A montagem deve seguir os passos das figuras a seguir:



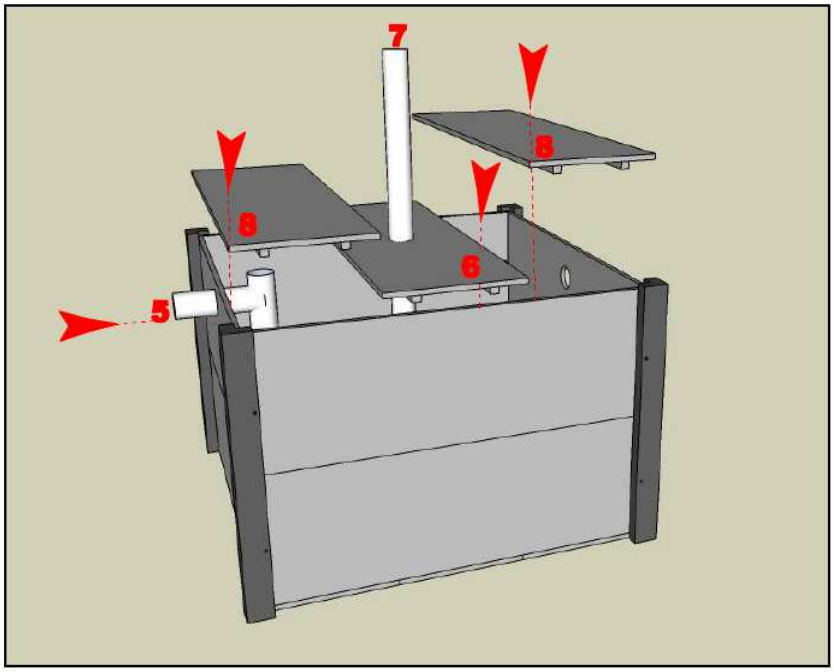
LEGENDA:

1 - POSICIONAMENTO DAS PLACAS DE FUNDO
2 - POSICIONAMENTO DOS PILARES
3 - POSICIONAMENTO DAS PLACAS LATERAIS PARAFUZADAS NOS PILARES
4 - ENCAIXE DO RESTANTE DAS PLACAS LATERAIS



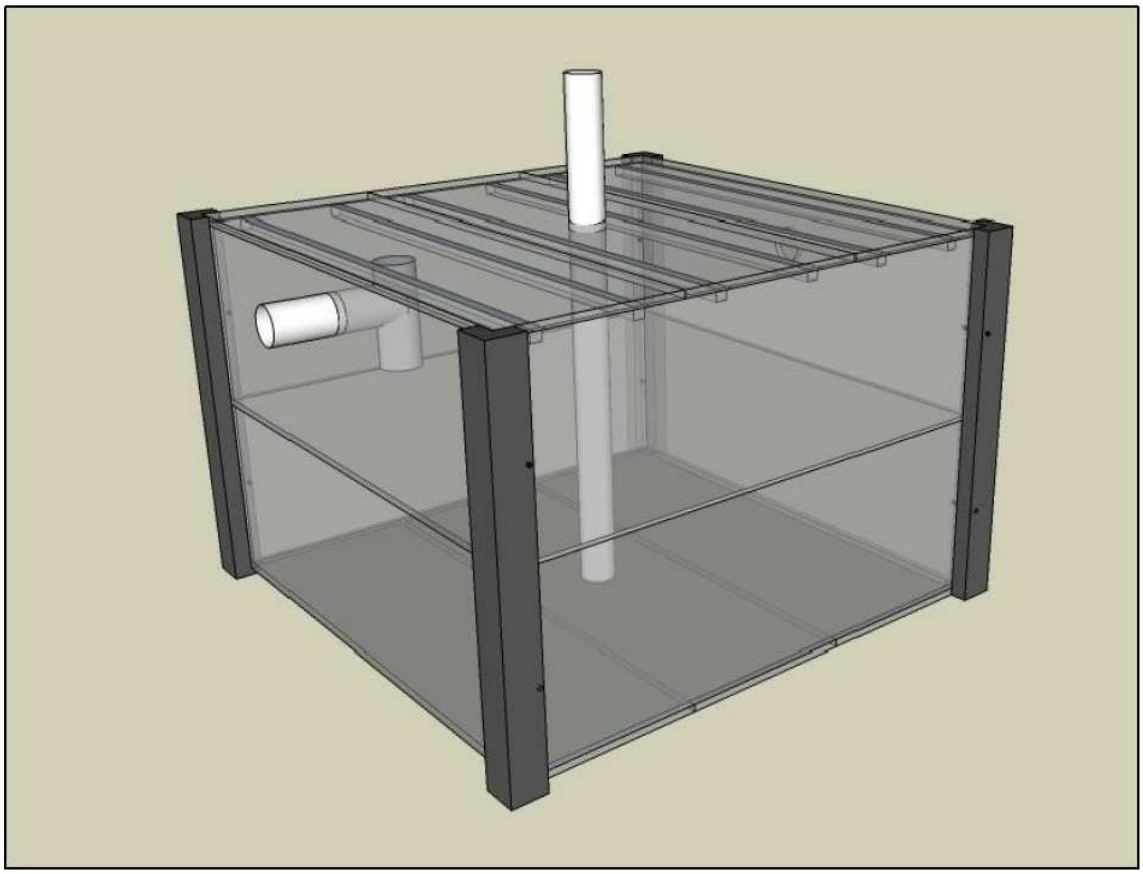
LEGENDA:

3 - POSICIONAMENTO DAS PLACAS LATERAIS PARAFUZADAS NOS PILARES
4 - ENCAIXE DO RESTANTE DAS PLACAS LATERAIS



LEGENDA:

5 - POSICIONAMENTO DA TUBULAÇÃO, EXECUÇÃO DOS ACABAMENTOS E DA IMPERMEABILIZAÇÃO
6 - POSICIONAMENTO DA TAMPA CENTRAL
7 - POSICIONAMENTO DA TUBULAÇÃO DE LIMPEZA
8 - POSICIONAMENTO DAS OUTRAS TAMPAS



ANEXO – Orçamento de sistema similar composto de anéis de concreto

PRÉ-MOLDADOS PUREX

ORÇAMENTO PARA FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

Data : 10/10/2011
Cliente : TOCANTINS ENGENHARIA
Contato : Sr. PEDRO
Endereço : CURITIBA
Fone – email : (41) 3329-6164

Atendendo a solicitação verbal de V. Sa., estamos enviando nosso orçamento para fornecimento de um sistema de tratamento de efluentes PUREX, pré-moldado em concreto armado.

LOCAL DA OBRA: CURITIBA - PR.

DESCRIÇÃO DO SISTEMA: Um sistema de tratamento de efluentes PUREX, pré-moldado em concreto armado, do tipo TS/FAN/CL, constituído das seguintes unidades;
01 Tanque séptico tipo câmara única de 1,60m de diâmetro interno por 1,00m de profundidade **com instalação completa**.
01 Filtro biológico anaeróbio de 1,60m de diâmetro interno por 1,00m de profundidade **com instalação completa**.
01 Clorador de pastilhas de 0,80m de diâmetro interno por 1,00m de profundidade **com instalação completa**.

O sistema acima descrito foi dimensionado de acordo com as especificações do contratante, será executado em anéis de concreto armado pré-moldado e segue as normas da ABNT.

PREÇOS DOS SERVIÇOS: material/mão de obra.

UNIDADE	**MATERIAL/UN**	**MONT. PRÉ. M/UN**	**PREÇO TOTAL**
01 FOSSA (∅1,60 x 1,00)	R$ 1.360,00	R$ 1.070,00	R$ 2.430,00
01 FILTRO (∅1,60 x 1,00)	R$ 1.860,00	R$ 1.720,00	R$ 3.580,00
01 CLORAD.(∅0,80 x 1,00)	R$ 320,00	R$ 420,00	R$ 740,00
SUB-TOTAIS	*R$ 3.540,00*	*R$ 3.210,00*	*R$ 6.750,00*
Transporte das peças pré-moldadas			*R$ 400,00*
CUSTO TOTAL DAS PEÇAS / MÃO DE OBRA / FRETE			***R$ 7.150,00***

(Sete mil cento e cinqüenta reais).

FORMA DE PAGAMENTO:

33% na assinatura do contrato

34% trinta dias após assinatura do contrato, na entrega dos pré moldados.

33% sessenta dias após assinatura do contrato.

VALIDADE DA PROPOSTA: Este orçamento é válido até 30/11/2011

PRAZO DE ENTREGA: O prazo total para a execução dos serviços é de trinta e cinco dias úteis a partir da assinatura do contrato, salvo por motivos de força maior e/ou intempéries. **O prazo de execução só será válido se os pagamentos forem realizados em dia**.

OBSERVAÇÕES GERAIS:

1 - Caso seja do interesse do CONTRATANTE, esta firma reserva-lhe a opção de executar por seus próprios meios os seguintes serviços: (já presentes no orçamento).

a - locação do equipamento de montagem

b - transporte das peças pré-moldadas

2 - O presente orçamento não inclui o valor suplementar para execução de sistema de tratamento em terreno turfoso, rochoso ou arenoso saturado. Caso isto ocorra deverá ser avençado um novo preço para escavação em tais tipos de solo.

3 - Não está incluído no preço acima eventual rebaixamento do lençol freático no local da obra, execução de poços de visita para acesso as unidades, tampões de ferro fundido e interligações com outros sistemas ou redes de esgotos existentes .

4 - Não está previsto neste orçamento o bota fora do material excedente.

5 - A denominação instalação completa significa que as unidades de tratamento serão entregues prontas para uso.

6 - Preço para serviços eventuais não previstos no orçamento:

a - Horas normais de bomba - R$4,50/hora

b - Poços de visita para acesso as unidades R$ 550,00un de (0,80 x 1,00m)

c - Escavação em solo lamacento, turfoso e arenoso saturado - R$15,90/m3 acrescidos aos valores já previstos, para escavações mecânicas e R$20,50/m3 para escavações manuais.

d - Escavação em solo de 2º categoria - R$24,50/m3 acrescidos aos valores já previstos.

e - No caso de paralisação dos serviços por motivos que dependam de soluções pelo cliente, será cobrada uma taxa de R$195,56 por hora parada de equipamento e pessoal.

SERVIÇOS A CARGO DO PROPRIETÁRIO

Sondagem geológica;

Aprovação nos órgãos competentes;

Energia e água no local da obra;

Condições para montagem do sistema;

Escavações necessárias à instalação do sistema;

Atenciosamente,

PUREX ENGENHARIA AMBIENTAL LTDA

Eng. João Orlando