

Análise da economicidade do emprego de tanques sépticos como solução para a gestão dos esgotos sanitários de pequenas comunidades

Economic analysis of using septic tanks as a solution for sanitary sewage management in small communities

- **Data de entrada:**
29/01/2014
- **Data de aprovação:**
15/12/2014

Miguel Mansur Aisse⁽¹⁾ | André Carlos Trafca⁽²⁾ | Anna Carolina Bonilauri Moll⁽²⁾
Micheli Misturin⁽²⁾ | Paulo Vitor Lucca⁽²⁾

DOI: 10.4322/dae.2014.146

Resumo:

O objetivo do trabalho foi comparar os custos de sistemas centralizados e descentralizados de esgotamento sanitário, para pequenas comunidades. Foram escolhidas quatro cidades: Mandirituba, Quitandinha, Bocaiúva do Sul e Agudos do Sul, localizadas na Região Metropolitana de Curitiba – PR. Na concepção do sistema descentralizado, o lodo proveniente dos tanques sépticos é destinado a uma ETE, sendo coletado e transportado por caminhões limpa-fossa. Obteve-se o custo total do sistema descentralizado realizando a soma dos custos de implantação e de operação. Esse valor foi comparado com os custos de implantação, de primeira etapa, e operação do sistema centralizado (sistema convencional, com rede e ETE), para as mesmas cidades. Os resultados mostraram que, com populações de cerca de 1.500 a 5.500 habitantes, o custo total não apresentou diferença significativa na faixa de 1.000 a 2.000 habitantes.

Palavras-chave: Central de Recebimento de Lodo de Tanques Sépticos (CRLTS). Custos de implantação e operação de SES. Tanque séptico. Pequenas comunidades. Sistemas de esgotamento sanitário.

Abstract:

The objective of this work was to compare the cost of centralized and decentralized systems of sanitation, for small communities. Four cities were selected: Mandirituba, Quitandinha, Bocaiúva do Sul and Agudos do Sul, placed in the metropolitan region of Curitiba – PR (Brazil). In designing the decentralized system, the sludge from septic tanks is destined to a WWTP, being collected and transported by sludge transport truck. It was obtained the total cost of the decentralized system performing the sum of the costs of implementation and operation. This value was compared with the costs of implementation, first step, and operation of the centralized system (conventional system, with network and WWTP), for the same cities. The results showed that, with populations of approximately 1,500 to 5,500 inhabitants, the total cost presented no significant difference in the range of 1,000 to 2,000 inhabitants.

Keywords: *Septic Sludge Reception Plant (CRLTS). Costs of implementation and operation of SSS. Septic tank. Small communities. Sanitary sewage systems.*

⁽¹⁾ Engenheiro civil pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Doutor em Engenharia Civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Professor associado da UFPR.

⁽²⁾ Engenheiro civil pela UFPR.

Endereço para correspondência:

Departamento de Hidráulica e Saneamento da Universidade Federal do Paraná; Bloco V – Centro Politécnico – Jardim das Américas - Curitiba - Paraná - CEP 81531-990 - Tel: (41) 3361-3144 - E-mail: miguel.dhs@ufpr.br.

INTRODUÇÃO

A relação entre a saúde pública e o saneamento pode ser expressa por estatísticas da Organização Mundial da Saúde (OMS), que apontam que, para cada um dólar investido em saneamento, se economizam quatro dólares em saúde. Já a relação entre saneamento e meio ambiente associa-se à questão da poluição: é mais oneroso à sociedade recuperar áreas degradadas do que evitar, com medidas de saneamento, que elas se degradem (SANTOS, 2011).

Nesse contexto, nota-se a importância de se estabelecer um sistema de saneamento eficiente, sendo ele imprescindível para a promoção da saúde pública e controle da poluição. O sistema de esgotamento sanitário é composto pelo conjunto de obras, materiais e equipamentos destinados à coleta, transporte e tratamento do esgoto, incorporando, ainda, a destinação correta do efluente e dos resíduos gerados.

Basicamente, existem dois tipos de solução para coleta e tratamento de esgoto: solução centralizada e solução descentralizada. A solução centralizada caracteriza-se pela implantação de rede coletora e todos seus componentes, associada à Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), sendo aplicada preponderantemente em áreas urbanas. Quando implantada em zonas periféricas, cuja configuração urbana apresenta grandes distâncias entre economias e baixas densidades demográficas, seu custo passa a ser, em termos globais, muito oneroso. Nesse caso, a decisão da companhia de saneamento geralmente é não realizar a coleta do esgoto nessas comunidades. Sua destinação final passa a ser responsabilidade de cada morador, que adotará o que lhe for mais conveniente: na melhor das hipóteses, uma solução descentralizada, composta de fossa séptica ou tanque séptico e estruturas complementares (sumidouro, vala de infiltração ou filtro anaeróbio).

Assim, para regiões pouco adensadas e na busca pela universalização do saneamento básico, passa a ser uma alternativa interessante a adoção de sistemas descentralizados operados pelas próprias companhias de saneamento, devendo ser estudadas soluções para uma gestão eficiente e controlada do sistema.

Deve-se enfatizar que o conceito de universalização não deve ser visto exclusivamente como composto por sistema de rede coletora e ETE, mas também por sistemas descentralizados. O próprio Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab), por meio da Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece suas diretrizes, determina: “Na ausência de redes públicas de saneamento básico, serão admitidas soluções individuais de abastecimento de água e de afastamento e destinação final dos esgotos sanitários, observadas as normas editadas pela entidade reguladora e pelos órgãos responsáveis pelas políticas ambiental, sanitária e de recursos hídricos” (BRASIL, 2007).

O mesmo texto ainda deixa margem para uma interpretação do termo ‘universalização’, conceituando-o como a “ampliação progressiva do acesso de todos os domicílios ocupados ao saneamento básico” (BRASIL, 2007).

O tratamento e condicionamento dos lodos provenientes de fossas e tanques sépticos podem ser realizados de forma isolada, o que é uma condição obrigatória nas cidades que não têm sistemas de esgotos. Nas cidades dotadas de sistemas convencionais de esgotos, o tratamento desse tipo de resíduo pode ser feito pela própria ETE, desde que ela tenha sido projetada para tal ou tenha havido um estudo de impacto das descargas de lodos de fossas. Alternativamente, é possível também, dependendo do teor de umidade dos lodos dos tanques e fossas sépticas, fazer o tratamento dos lodos de fossas diretamente no sistema de manejo de lodos das ETES. O tratamento combinado em ETES do lodo de fossas sépticas é uma opção alta-

mente desejável e eficiente, quando possível. Entretanto, para organização do serviço, recomenda-se a criação de uma infraestrutura adequada para a recepção do lodo, nas chamadas centrais de recepção e condicionamento de lodo, cuja função é, entre outras, remover sólidos grosseiros e executar um tratamento químico preliminar, se necessário. O tratamento do lodo na ETE pode ser feito com seu lançamento e diluição na rede de esgoto, na entrada do tratamento da ETE, no sistema de tratamento dos lodos da ETE ou, simultaneamente, no início da ETE e no tratamento do lodo (CAMPOS et al., 2009).

OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é comparar custos de sistemas centralizados e descentralizados de esgotamento sanitário para pequenas comunidades. Os objetivos específicos são: obter o custo de implantação e operação do sistema convencional de redes e tratamento de esgotos sanitários; obter o custo de implantação e operação do sistema de tanques sépticos e de gestão dos lodos sépticos; e elaborar cenários comparativos simulando sistemas centralizados e descentralizados nas cidades estudadas.

METODOLOGIA

Foram escolhidas quatro cidades para a pesquisa: Mandirituba, Quitandinha, Bocaiúva do Sul e Agudos do Sul, todas localizadas na Região Metropolitana de Curitiba (RMC). Na concepção do sistema descentralizado, o lodo proveniente dos tanques sépticos residenciais e comerciais da comunidade é destinado a uma ETE, existente em uma localidade próxima, sendo coletado e transportado por caminhões limpa-fossa. Propôs-se a instalação de uma Central de Recebimento de Lodo de Tanques Sépticos (CRLTS), junto (montante) da ETE, para recebimento do lodo. Da soma dos custos de implantação e operação, obteve-se o custo total do sistema descentralizado. Esse valor foi comparado com a soma dos custos de implantação, de

primeira etapa, e operação do sistema centralizado (sistema convencional, com rede e ETE), para as mesmas cidades.

Para avaliar o custo de implantação da rede coletora de esgotos, foram consultados os projetos executivos dos sistemas de esgotos das cidades, com pequena população e densidade demográfica (1.500 a 5.500 habitantes), fornecidos pela Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar). Coube, então, identificar as variáveis do projeto, como extensão da rede, população de projeto e de saturação, número de ligações atendidas, densidade e custos de implantação do projeto completo da rede, incluindo canteiro de obras, rede coletora, ligações, coletores, travessias e interceptores. A partir desses dados, foi possível gerar índices que relacionam custos com outras variáveis, resultando em informações como: custo por habitante, custo por metro de rede e custo por ligação, permitindo elaborar gráficos de curvas-função para diferentes números de habitantes ou extensão de rede.

Os custos de implantação de ETE foram estimados com base em dados apresentados por Pacheco (2011), relacionando a vazão média de esgoto com o custo médio de implantação de ETE (Tabelas 1 e 2).

Os custos operacionais das redes e de ETE foram obtidos por meio de contato pessoal com engenheiros da Sanepar. Foi utilizada como modelo a ETE Padilha Sul, localizada na zona sul de Curitiba, que possui um sistema de tratamento UASB, seguido de lagoa de polimento. Essa estação foi adotada por utilizar o sistema de custo operacional mais baixo de Curitiba e mais compatível com o fluxograma para o tratamento previsto para as comunidades.

O sistema individual de tratamento de esgotos empregou tanques sépticos e sumidouros. Estipulou-se uma geração de efluente *per capita* de 130 L/hab.dia (valor próximo ao adotado no dimensionamento dos pequenos sistemas conven-

Tabela 1 - Custos de implantação de ETE empregando fluxograma RALF + filtro anaeróbio.

Município	Custo de implantação (R\$) ⁽¹⁾	Vazão média (L/s)	População (hab)
Pato Branco PR - ETE São João	426.660,99	2,44	1.509
Ponta Grossa PR - ETE Santa Bárbara	1.104.012,46	4,08	2.940
Antônio Olinto PR - ETE Colaço	1.017.186,36	5,00	3.600
São José da Boa Vista PR - ETE Pescaria	1.447.586,88	5,00	3.600
Ceú Azul PR	1.429.306,58	10,00	7.200
Marmeleiro PR	2.540.179,32	25,00	18.000

Fonte: Adaptado de Pacheco (2011).

Nota: ⁽¹⁾ Valores atualizados para outubro de 2013.

Tabela 2 - Custos de implantação de ETE empregando lagoa facultativa + maturação.

Município	Custo (R\$) ⁽¹⁾	Vazão média (L/s)	População (hab)
Mirassolândia SP	1.648.969,25	2,50	1.367
Juritis SP	1.702.361,22	4,00	2.304
Nova Cardoso SP	1.702.361,22	5,00	2.880
Guarapiranga SP	2.226.164,67	8,00	4.608
Murutinga do Sul SP	3.142.820,71	15,00	8.640
Borebi SP	2.880.918,99	19,00	10.944

Fonte: Adaptado de Pacheco (2011).

Nota: ⁽¹⁾ Valores atualizados para outubro de 2013.

cionais consultados). Os tanques sépticos foram dimensionados de acordo com a NBR 7229 (ABNT, 1993), com intervalo de limpeza de um ano, coeficientes para temperatura entre 15 °C e 20 °C e respeitando as alturas máximas e mínimas em função do volume. Assim pôde-se obter o volume do tanque e, conseqüentemente, orçar os modelos com os custos de insumos e serviços fornecidos pela tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). Os modelos de tanque orçados foram de alvenaria (para volumes até 6 m³), concreto armado (concreto com fck de 15 MPa), anel de concreto armado (diâmetros comerciais de 1,10 a 3,00 metros) e modelos comerciais.

A disposição final dos efluentes foi considerada como sendo realizada diretamente em sumidouros. Muitos órgãos de meio ambiente exigem o filtro anaeróbio previamente ao sumidouro, para diminuir a possibilidade de colmatação durante a infiltração, mas esse aspecto não foi considerado no trabalho. Os sumidouros foram dimensionados

de acordo com a NBR 13969 (ABNT, 1997), com variação da taxa de infiltração do solo nas faixas 40, 60 e 100 L/m².dia. Foram pré-dimensionados modelos com diferentes diâmetros, para anel de concreto (diâmetros comerciais entre 1,20 e 3,00 metros) e alvenaria. A favor da segurança, a camada de brita (altura de 50 centímetros), colocada no fundo da estrutura, não foi somada à área de infiltração.

Os custos empregados foram baseados nas tabelas do SINAPI, na cidade de Curitiba - PR. Essa cidade foi escolhida por ser o local da pesquisa e pela facilidade de confronto com valores comerciais ou em pesquisas de mercado.

A operação do sistema individual consiste na limpeza dos tanques sépticos, de acordo com o intervalo de limpeza considerado no dimensionamento, e eventual retirada parcial do lodo dos filtros anaeróbios. Para obtenção dos custos de coleta e transporte de lodo, Trafca e Moll (2012) consultaram telefonicamente 14 empresas limpa-fossa, do município de Curitiba, para compor o custo

médio de operação dos sistemas descentralizado e combinado, aperfeiçoando a pesquisa realizada por Lucca e Misturini (2011).

Somado aos custos de implantação dos equipamentos no local de geração do efluente, surge o custo da CRLTS, descrita por Campos et al. (2009) e especificada como estrutura que se destina exclusivamente ao recebimento dos lodos de tanque séptico. As propostas para a localização das centrais foram três: a primeira consiste numa região com ausência de rede coletora, impondo à central a condição de receber e tratar o lodo da cidade; a segunda propõe o atendimento da central de áreas mais periféricas, conectando-se à ETE por meio de canalização; e a terceira corresponde a várias centrais que atendem a regiões periféricas da cidade e se ligam à rede, para que o lodo chegue até a ETE. Pode ser feita ainda uma quarta hipótese de localização, implantando a central junto da ETE. A Figura 1 ilustra o funcionamento do sistema individual desde a fonte geradora, passando pelo transporte e desaguamento em centrais (de desaguamento e tratamento – CDT – ou de recebimento para destinação à ETE – CRLTS) até a destinação final do lodo digerido.

O custo operacional da central foi estimado por meio do cálculo da potência consumida da bomba para transferência do lodo à ETE e da tarifa de energia elétrica vigente para o saneamento. Também foi considerada a necessidade de um funcionário exclusivo para a operação da central.

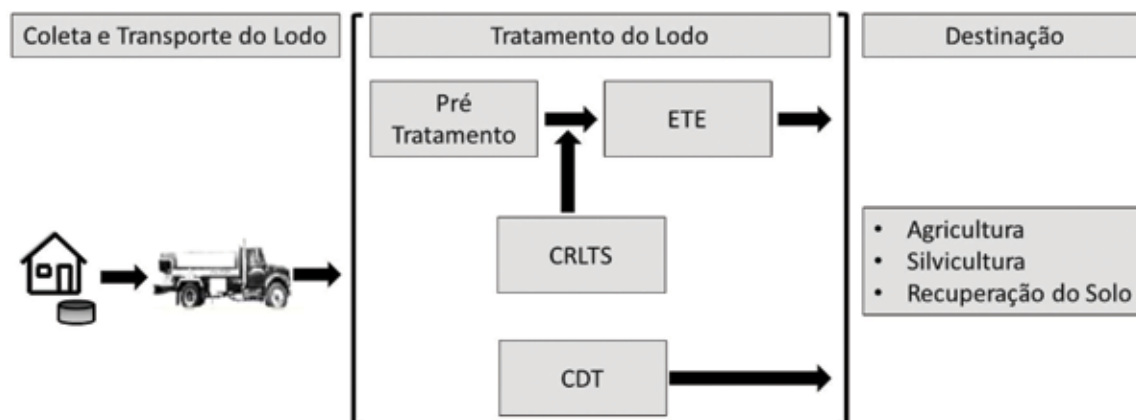
Para concluir, também se estimou o custo do impacto do aporte de lodo dos caminhões na operação da ETE.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1 – Custo de implantação e operação do sistema convencional de redes e tratamento de esgotos sanitários.

Nas quatro cidades estudadas, os custos referem-se ao projeto executivo com implantação em primeira etapa, atualizados para o mês de outubro de 2013. Por se tratar de pequenas cidades, o diâmetro dos coletores não ultrapassou o mínimo estipulado pela companhia, que é de 150 mm (Tabela 3).

Os custos de implantação de ETE, apresentados nas Tabelas 1 e 2, foram interpolados para as populações do final da primeira etapa e os resultados estão citados na Tabela 4. Por ser de menor valor na implanta-



Nota: CDT – Centrais de desaguamento e tratamento; CRLTS – Centrais de recebimento de lodo de tanque séptico; e ETE – Estação de Tratamento de Esgotos.

Figura 1 - Fluxograma conceitual do sistema individual do tratamento de esgoto.

Fonte: Trafca e Moll (2012).

Tabela 3 – Resumo dos custos e índices da implantação da rede coletora em pequenas cidades.

Dados / cidade	Agudos do Sul ⁽¹²⁾	Bocaiúva do Sul ⁽¹²⁾	Quitandinha ⁽¹²⁾	Mandirituba ⁽¹²⁾
População final da 1ª etapa (hab) ⁽¹⁾	1.731	3.270	1.479	5.480
População saturação (hab) ⁽²⁾	6.342	18.218	2.276	14.013
Área da bacia/atendimento (ha) ⁽³⁾	130,16	229,30	127,84	623,89
Densidade - pop. total (hab/ha)	13	14	12	9
Habitantes/residência urbana (hab/res. urb)	3,60	3,67	3,25(4)	3,3(4)
Extensão da rede em 1ª etapa (m)	13.049,00	18.812,15	13.318,30	27.669,65
Extensão dos coletores ⁽⁵⁾	1.998,35	2.027,70	835,45	6.158,55
Topografia	Ondulada	-	-	-
Número de ligações (lig) ⁽⁶⁾	535	1.240	624	1.661
Vazão média (L/s) ⁽⁷⁾	2,88	6,37	-	-
Custo do canteiro de obras (R\$) ⁽⁹⁾	65.456,71	274.188,17	162.630,67	602.767,17
Custo da rede (R\$) ⁽⁹⁾	1.708.797,59	1.966.826,96	1.654.554,21	2.921.073,74
Custo das ligações (R\$) ⁽⁸⁾⁽⁹⁾	155.047,46	157.255,72	86.453,32	219.949,47
Custo dos coletores (R\$) ⁽⁹⁾	346.338,70	658.284,96	191.322,84	1.187.765,29
Custo das travessias (R\$) ⁽⁹⁾	95.319,12	-	-	144.852,25
Custo de interceptores (R\$) ⁽⁹⁾	-	-	-	298.031,99
Custo total (R\$) ⁽¹¹⁾	2.370.959,58	3.056.555,81	2.094.961,04	5.374.439,92
Extensão da rede/habitante (m/hab) ⁽¹¹⁾	7,54	5,75	9,00	5,05
Custo da rede/habitante (R\$/hab) ⁽¹³⁾	987,18	601,47	1.118,70	533,05
Custo da ligação/habitante (R\$/hab) ⁽¹³⁾	89,57	48,09	58,45	40,14
Custo total da rede/habitante (R\$/hab) ⁽¹³⁾	1.369,71	934,72	1.416,47	980,74
Custo da rede por ligação (R\$/lig)	3.194,02	1.586,16	2.975,81	1.758,63
Custo da ligação por ligação (R\$/lig)	289,81	126,82	155,49	132,43
Custo total por ligação (R\$/lig)	4.431,70	2.464,97	3.767,92	3.235,67
Custo da rede por extensão (R\$/m)	130,95	104,55	124,23	105,57
Custo dos coletores/extensão (R\$/m)	173,31	324,65	229,01	192,87
Custo da rede/hab sat (R\$/hab) ⁽¹⁴⁾	269,44	107,96	726,96	208,46
Custo da ligação/hab sat (R\$/hab) ⁽¹⁴⁾	24,45	8,64	37,99	15,69
Custo total da rede/ habit sat (R\$/hab) ⁽¹⁴⁾	373,85	167,78	855,44	383,54

Fonte: Adaptado de Lucca e Misturini (2011).

Notas: (1)(2) (3) Dados referentes aos memoriais descritivos. (4) Dados referentes ao Censo IBGE –2010. (5) Coletores: Agudos do Sul – extensão 807,90 metros – DN200 e 1.190,4 metros – DN 150. Bocaiúva do Sul – extensão: 1.077 metros – DN 150, 219 metros – DN200 e 628 metros – DN 250. Quitandinha – extensão: 835,45 metros – DN 300. Mandirituba – extensão: 3.910,70 metros – DN 200 e 2.247,85 metros – DN 150. (6) Número de ligações: Agudos do Sul e Bocaiúva do Sul: obtido pelo orçamento executivo. Quitandinha e Mandirituba: obtido pela contagem dos projetos executivos. (7) Vazão média obtida pelos memoriais descritivos. (8) Custo da rede de DN 150 mm em todas as cidades. (9) Obtido pelo orçamento executivo fornecido pela Sanepar. (10) Considera a relação entre a população de projeto (DN150 mm) e a extensão para primeira etapa. (11) Inclui todos os elementos: canteiro de obra, rede, ligação, coletores, travessias e interceptores, quando couber; (12) Custos atualizados para outubro de 2013. (13) População da primeira etapa. (14) População de saturação.

Tabela 4 - Custos de implantação das ETEs.

Município	População final da 1ª etapa (hab)	Vazão média (L/s)	Custos de implantação (R\$) ⁽¹⁾		Custos per capita de implantação (R\$/hab)	
			RALF + FAn ⁽²⁾	Lagoas ⁽³⁾	RALF + FAn	Lagoas
Agudos do Sul	1.731	2,88	736.196	1.531.527	425,30	884,76
Mandirituba	5.480	10,78	1.645.703	2.566.419	300,31	468,32
Quitandinha	1.479	2,48	633.158	1.414.284	428,10	956,24
Bocaiúva do Sul	3.270	6,37	1.283.187	2.153.926	392,41	658,69

Fonte: Pacheco (2011 apud TRAFCA; MOLL, 2012).

Notas: ⁽¹⁾ Valores atualizados para outubro de 2013. ⁽²⁾ Equação de custo $y = 588.825 \ln(x) + 6.240,2$. ⁽³⁾ Equação de custo $y = 670.000 \ln(x) - 600.000$ em que (x) é a vazão.

ção, adotou-se para a continuidade dos trabalhos o custo da ETE empregando o sistema RALF + FAn.

O custo operacional das redes foi obtido por meio de contato pessoal com engenheiros da Sanepar e estimado em R\$ 0,39/m³ de esgoto coletado. Esse valor representa o custo médio de operação e manutenção de redes da RMC, não englobando os custos administrativos.

A ETE Padilha Sul tratou, entre os meses de janeiro e agosto de 2012, uma média de 709.473 m³ de

esgoto por mês, a um custo também mensal médio de R\$ 191.288,00. Os custos de operação obtidos foram divididos por área de aplicação, mas não discriminam o valor de operação de cada estrutura de tratamento (UASB e lagoa), nem do tratamento do lodo de ambas as estruturas (Figura 2). O custo de manutenção da lagoa facultativa não está incluído no valor apresentado. Sabe-se que, na prática, essa manutenção (remoção e condicionamento do lodo) é postergada até próximo ao limite de utilização; assim, no contexto deste tra-

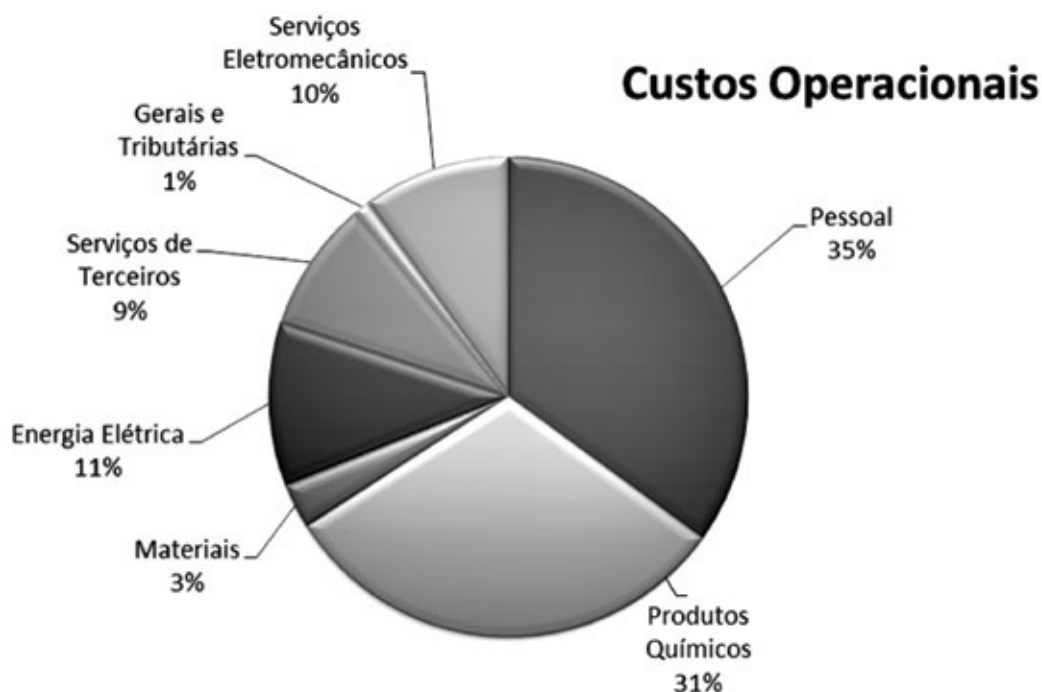


Figura 2 - ETE UASB + lagoa: custos operacionais.

Fonte: Sanepar (apud TRAFCA; MOLL, 2012).

balho, esse custo foi desconsiderado. O gasto com produtos químicos é proveniente do uso da cal hidratada para o tratamento do lodo anaeróbico e de produtos utilizados para o seu desaguamento por centrifugação. Assim, o custo de operação resultou em R\$ 0,27/m³ de esgoto tratado, valor que foi utilizado para o cálculo do custo de operação do sistema centralizado (TRAFCA; MOLL, 2012).

2 – Custo de implantação e operação do sistema de tanques sépticos e de gestão dos lodos sépticos.

Na pesquisa realizada por Lucca e Misturini (2011), foram dimensionados e orçados tanques sépticos e sumidouros, variando a população atendida e a taxa de infiltração do solo. Foram utilizados cinco habitantes por economia e a taxa de infiltração do solo admitida como 70 L/m². dia para toda a bacia de esgotamento. Os custos unitários de implantação das estruturas estão apresentados conforme Tabela 5.

Tabela 5 - Custo de implantação das estruturas do sistema descentralizado.

Estrutura	Custo de implantação (R\$) ⁽³⁾
Tanque séptico tipo anel de concreto armado ⁽¹⁾	2.117,82
Sumidouro em alvenaria ⁽²⁾	1.320,25

Fonte: Adaptado de Lucca e Misturini (2011).

Notas: ⁽¹⁾ 5 hab/economia; *per capita* 130 L/hab.dia e limpeza anual.

⁽²⁾ Taxa de infiltração do solo 70 L/m². dia. ⁽³⁾ Atualizado para outubro de 2013.

No presente trabalho, não se aplicam os modelos de centrais externos à ETE, porque necessitariam

da existência de rede de coleta implantada. O sistema proposto se caracteriza justamente pela implantação de centrais para recepção do lodo, em cidades ou comunidades que não possuam rede de coleta. Assim sendo, a opção estudada foi a de modelos que estão localizados junto à ETE. Os custos de implantação dessas centrais foram obtidos junto à Sanepar, que recomenda essas obras com essa finalidade. A partir de contatos com engenheiros da Sanepar responsáveis por esse dimensionamento, concluiu-se que o critério mais comum a ser utilizado é o volume de lodo recebido diariamente.

Quatro concepções de CRLTS foram pesquisadas para o estudo: a proposta por Campos et al. (2009), dois modelos foram fornecidos pela Sanepar (DALCON, 2006; ECOSOL, 2006; SERENCO, 2007) e outro foi encontrado em consulta bibliográfica (CRIPPEN; GHANTOUS; ANTILL, 2009). A Tabela 6 resume as centrais contempladas na avaliação.

A CRLTS escolhida como modelo para elaboração dos cenários foi a utilizada no município de Contenda – PR. A central possui câmara única e formato circular, sendo a descarga do lodo realizada por bombeamento (Figura 3). Esse modelo foi escolhido por ter concepção versátil, aplicável a qualquer terreno e volume de acumulação de 20 m³, compatível com as necessidades do sistema proposto e suficiente para o atendimento de pequenas comunidades.

Tabela 6 - Custo de investimento de CRLTS.

Modelo	Volume (m ³)	Forma em planta	Transferência do lodo	Custo de implantação (R\$)
SERENCO	60	Quadrada	Gravidade	152.232 ⁽¹⁾⁽⁴⁾
ECOSOL	30	Tronco cônica	Recalque	163.985 ⁽²⁾⁽⁵⁾
DALCON	20	Tronco cônica	Recalque	98.891 ⁽³⁾⁽⁴⁾

Fonte: Adaptado de Trafca e Moll (2012).

Notas: (1) Valor referente a abril de 2009 atualizado para outubro de 2013. (2) Valor referente a junho de 2012 atualizado para outubro de 2013. (3) Valor referente a julho de 2012 atualizado para outubro de 2013. (4) Valor obtido do orçamento do projeto. (5) Valor obtido do contato pessoal com o engenheiro responsável pelo projeto.

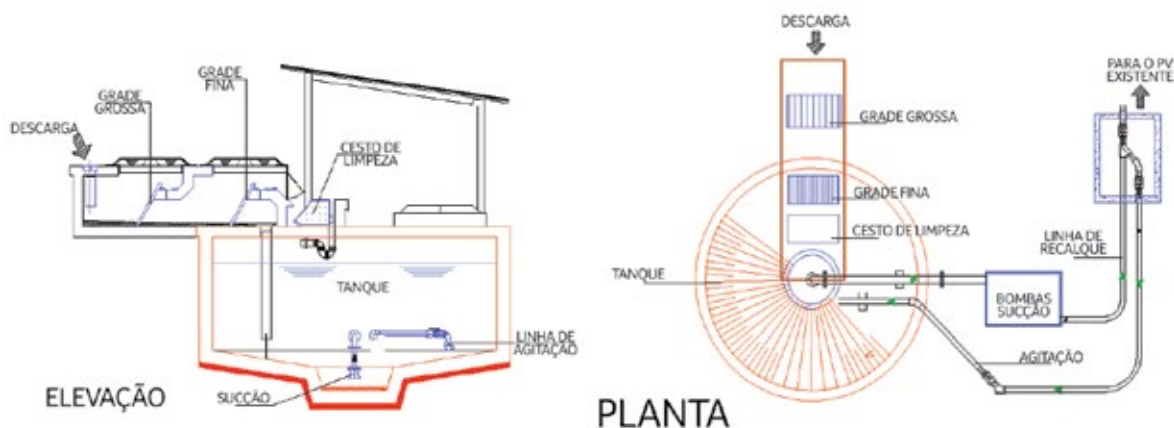


Figura 3 - Desenho em planta e perfil da CRLTS adotada no estudo.

Fonte: Adaptado de Dalcon (2006).

Pode-se concluir, também, que uma CRLTS seria subutilizada se implantada para operar em apenas uma cidade ou comunidade como as usadas nos cenários apresentados. Considerando que o ano tenha 252 dias úteis, uma única CRLTS, como a adotada no trabalho, poderia atender às quatro cidades estudadas (TRAFCA; MOLL, 2012). A Universidade Federal de Goiás estudou a recepção de lodo de tanques sépticos em lagoas de estabilização. Pelo maior porte dos reatores e devido às baixas cargas hidráulicas aplicadas, estruturas muito simples foram previstas para o recebimento desses resíduos (CARVALHO, 2013).

Para a obtenção do custo de coleta e transporte de lodo de tanque séptico, integrante do custo de operação do sistema descentralizado, foi realizada pesquisa com empresas do ramo. A pesquisa revelou que os tipos de caminhão limpa-fossa, utilizados na região de Curitiba são os de descarga

pressurizada e por gravidade. O volume mais comum utilizado é 10 m³. A distância de transporte e o volume de lodo transportado não se revelaram variáveis relevantes para a determinação do custo, sendo considerado apenas o número de viagens (Tabela 7). Com base nesses dados, foi adotado o valor médio de R\$ 270,00 para caminhões de 10 m³. Outro cenário estudado, admitindo uma atividade mais regulamentada, aplicou um desconto de 25%, considerando economia de escala.

O custo operacional da central foi estimado por meio do cálculo da potência consumida da bomba para transferência do lodo à ETE e da tarifa de energia elétrica vigente para o saneamento (Tabela 8). Também foi considerada a necessidade de um funcionário exclusivo para a operação da central, admitindo para ele um custo de R\$ 2.000,00 ao mês (R\$ 26.000,00 ao ano, considerando 13 salários mais custas sociais e previdenciárias). O custo

Tabela 7 - Custo médio da coleta e transporte de lodo de tanque séptico.

Capacidade do caminhão (m ³)	Valor médio cobrado (R\$) ⁽¹⁾	Valor proposto com economia de escala ⁽²⁾
10	270	200
8	260	195
7	255	190
5	240	180
4	180	135

Fonte: Trafca e Moll (2012).

Notas: (1) Custos coletados na cidade de Curitiba. (2) Desconto de 25%.

desse funcionário resultou de muito maior monta que o custo de energia elétrica.

Tabela 8 - Parâmetros adotados para o cálculo do consumo diário de energia em CRLTS.

Tempo de detenção do tanque	12 h
Tempo de operação da bomba	24 h
Altura manométrica da bomba (Hm)	4 m
Densidade do fluido (γ):	1.000 kgf/m ³
Rendimento da bomba (η)	75%
1 cv = 0,736 kW	
Tarifa (Resolução ANEEL nº 1.296/2012): 0,38493 R\$/kWh	

Fonte: Trafca e Moll (2012).

Por ser receptora do lodo, o custo de operação da ETE também compõe os custos do sistema descentralizado. As características do lodo de tanque séptico são bastante diferentes das de um esgoto bruto na entrada da estação; assim, parece evidente que os custos de tratamento desses dois materiais não são os mesmos. Também é conhecido que o que se chama “lodo” do tanque séptico é composto por parte de lodo e parte de água, característica recorrente da prática comum das

empresas limpa-fossa de esgotar a capacidade do tanque séptico quando contactadas para a limpeza. Por essa dificuldade de caracterizar um material heterogêneo e pela ausência de especificação na discriminação dos custos de tratamento (não se sabe qual o custo da parte “água” e qual o custo da parte “lodo”), é muito difícil correlacionar os valores do tratamento dos dois fluidos. Assim, foi admitido o custo do tratamento do lodo igual ao dobro do custo do tratamento do esgoto, ou seja, R\$ 0,54/m³ (TRAFCA; MOLL, 2012).

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados obtidos com a composição dos custos, de ambos os sistemas, são apresentados na forma de curvas custo x população e podem ser visualizados nas Figuras 4 a 7, com custos por habitante e custos totais.

Os resultados apresentados nas Figuras 4 e 5 revelam que o custo de implantação e operação por habitante do sistema descentralizado foi superior ao centralizado e se manteve praticamente constante com o crescimento da população atendida. Deve-se

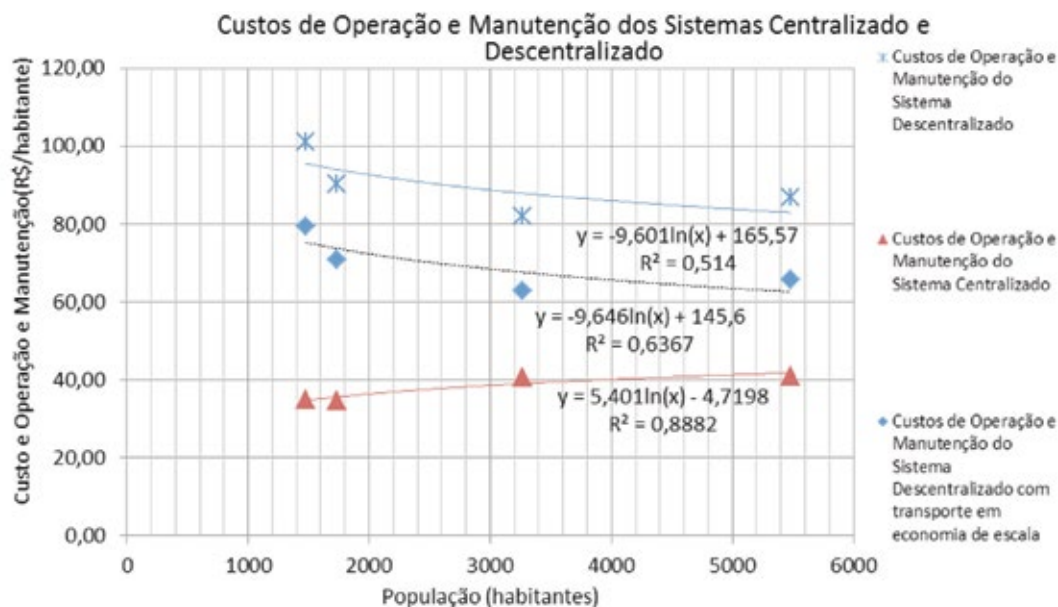


Figura 4 - Custos de operação e manutenção dos sistemas centralizado e descentralizado (R\$/hab/ano).

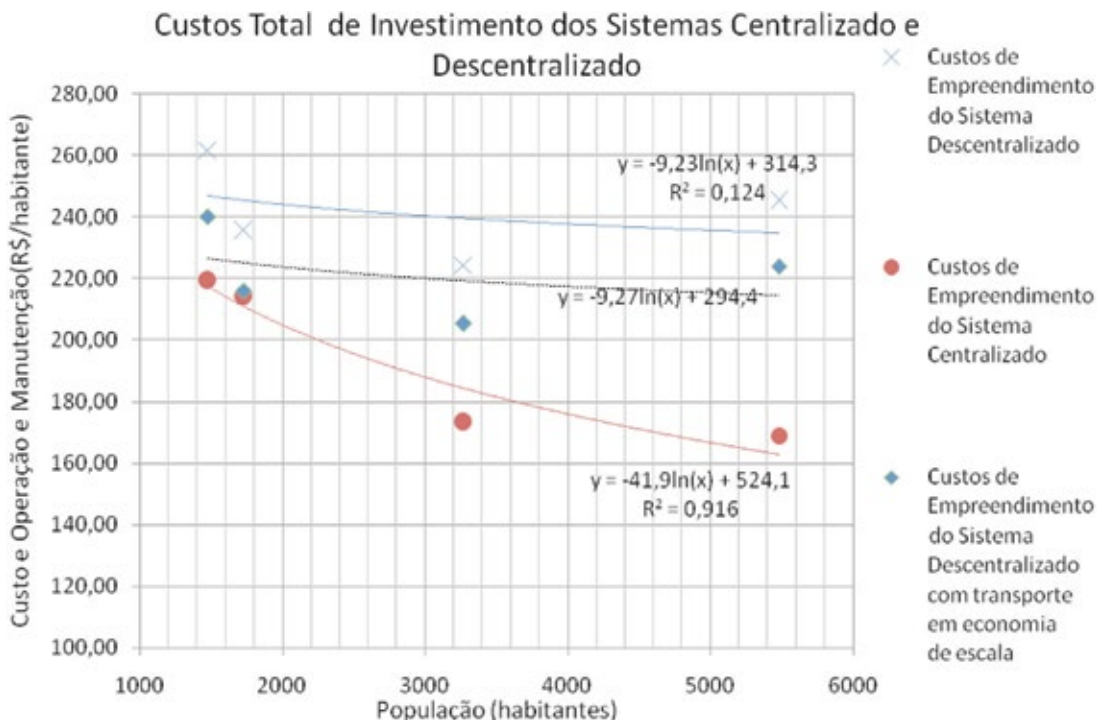


Figura 5 - Custo total de investimento (implantação + operação) dos sistemas centralizado e descentralizado (R\$/hab/ano).

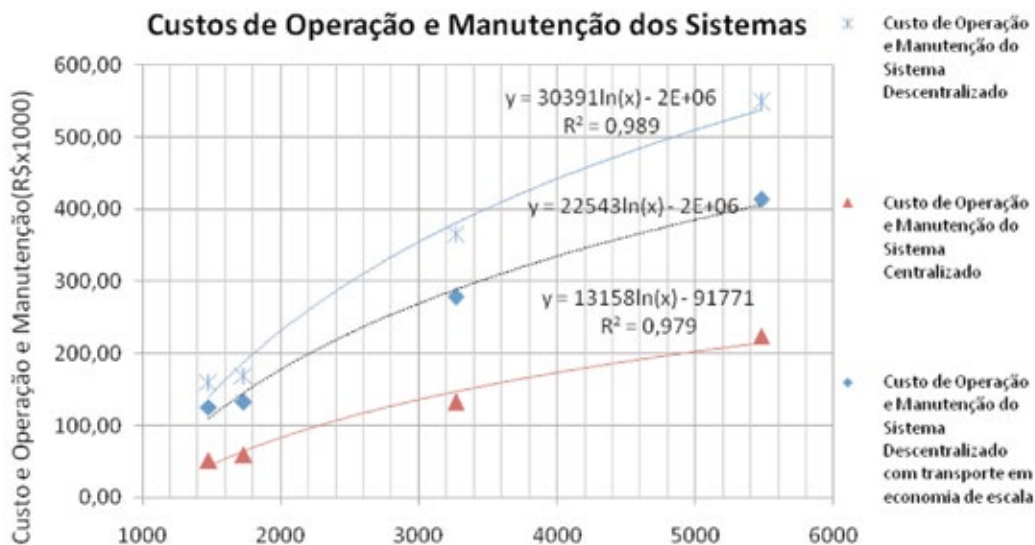


Figura 6 - Custos de operação e manutenção dos sistemas centralizado e descentralizado (R\$/ano).

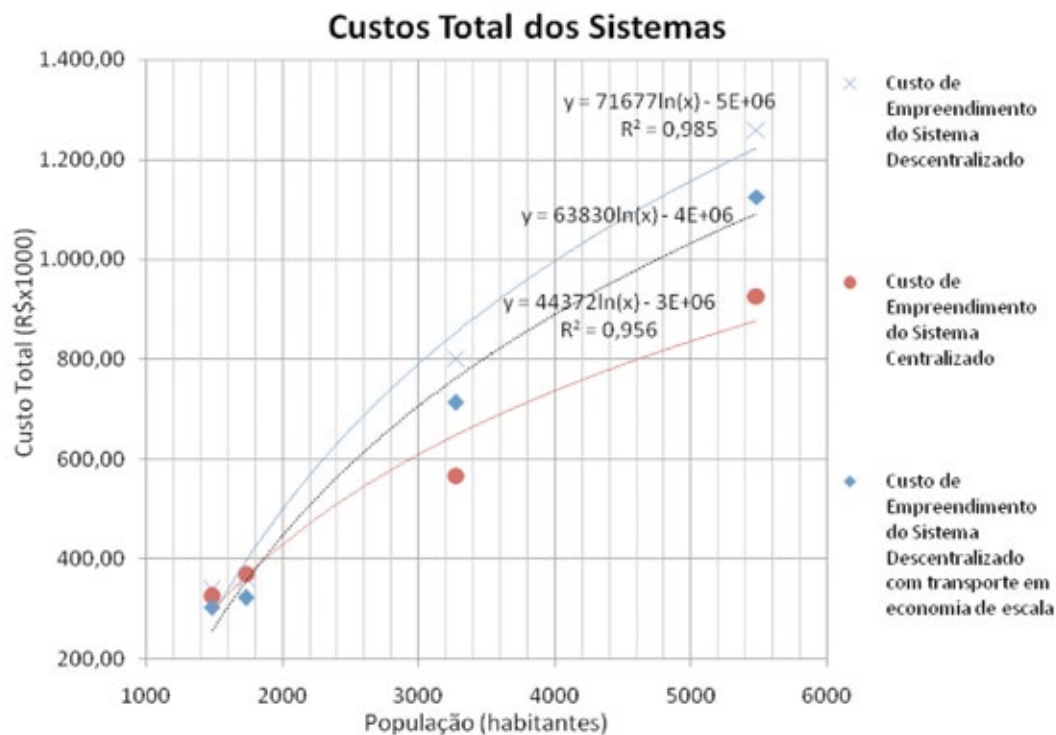


Figura 7 - Custo total de investimento (implantação + operação) dos sistemas centralizado e descentralizado (R\$/ano).

isso principalmente ao custo operacional do sistema descentralizado, superior ao do sistema centralizado. No entanto, o desconto aplicado à coleta e transporte do lodo reduziu de maneira perceptível o custo operacional. Pode-se concluir, então, que o custo por habitante do sistema descentralizado foi superior, para os cenários estudados.

Os resultados apresentados nas Figuras 6 e 7 mostram, no entanto, que para as sedes dos municípios estudados, com populações de cerca de 1.500 a 5.500 habitantes, o custo total do investimento (implantação e operação), totalizado para dez anos, não mais apresenta diferença significativa na faixa de 1.000 a 2.000 habitantes. Esse

fato recomenda a continuidade dos estudos, para uma faixa de população, na bacia de esgotamento, não superior a 2.000 habitantes.

AGRADECIMENTOS

À Sanepar, pela disponibilização de dados e pelo auxílio prestado na realização deste trabalho. À Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), pelo incentivo dado por meio da Chamada Pública MCT/MCIDADES/FINEP/Ação Transversal – Saneamento Ambiental e Habitação - 7/2009. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelas bolsas alocadas aos profissionais como acadêmicos.

REFERÊNCIAS

ABNT, NBR 7.229. Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, Brasil: ABNT, setembro, 1993.

ABNT, NBR 13.969. Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, Brasil: ABNT, setembro 1997.

AISSE, M. M. Sistemas econômicos de tratamentos de esgotos sanitários. Rio de Janeiro, Brasil: ABES, 2000.

BORGES, N. B. Caracterização e pré-tratamento de lodo de fossas e de tanques sépticos. São Paulo, Brasil: Departamento de Hidráulica e Saneamento – USP - Universidade de São Paulo, 2009.

BRASIL. Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA.

CAMPOS, J. R.; POVINELLI S. C. S.; AISSE, M. M.; SOUZA, M. A. A.; SAMWAYS, G.; ALEM SOBRINHO, P. Tratamento combinado de lodo de tanque séptico e de fossas com esgoto sanitário. In: Cleverson V. A. (coordenador) Lodo de Fossa Séptica. Rio de Janeiro, Brasil: ABES, 2009, 181-282.

CARVALHO, E. Comunicação pessoal. Goiania, UFG. 2013.

CRIPPEN, J. N.; GHANTOUS, R.; ANTILL, M.. WWTP for Small Communities Design for Lower Cost Operations Construction & Start-up. In: PNCWA Annual Conference. Boise, Idaho, USA. 2009.

DALCON. Contenda. Sistema de Esgotos Sanitários. Implantação dos Tanques de Equalização Curitiba, Sanepar. 2006.

ECOSOL. Implantação dos Tanques de Equalização. Estação de Tratamento de Esgoto Cambuí. Curitiba, Sanepar. 2006.

Fundação Nacional de Saúde. Manual de Saneamento. 4ª ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, FUNASA. 2007.

LEITE, B. Z. ; INGUNZA, M. P.; ANDREOLI, C. V. Lodo de Decanto - Digestores. In: ANDREOLI, C. V. (Coord.). Alternativas de usos de resíduos do saneamento. Rio de Janeiro: ABES. Cap. 10, 2006, 361p.

LUCCA, P. V. e MISTURINI, M. Estudo dos custos de implantação e operação de sistemas de coleta e tratamento de esgotos a pequenas comunidades. Trabalho de Conclusão de Curso. Curitiba, Brasil: UFPR - Universidade Federal do Paraná. 2011.

LUCCA, P. V.; SAMWAYS, G.; AISSE, M. M.. Estudo dos Custos de Implantação e Operação de Sistemas de Coleta e Tratamento de Esgotos Sanitários para Pequenas Comunidades. In: 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011, Porto Alegre - RS. Anais. Rio de Janeiro : ABES, 2011. p. 1-8.

PACHECO, R. Custos para implantação de Sistemas de Esgotamento Sanitário. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Ambiental), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

SAMWAYS, G. Tratamento do lodo de tanques sépticos combinado com esgoto sanitário bruto em reatores anaeróbios de manta de lodo em escala piloto. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Ambiental), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

SANTOS, D.C. Caderno de Saneamento Ambiental: Sistemas de Esgotamento Sanitário. Universidade Federal do Paraná, 2012.

SERENCO. Projeto de Engenharia da ETE Esperança. Reservatório de Equalização. Curitiba, Sanepar. 2007.

TRAFCA, A. C.; MOLL, A. C. B. Estudo comparativo entre sistemas centralizados e descentralizados de esgoto sanitário para pequenas comunidades. Trabalho de Conclusão de Curso. Curitiba, Brasil: UFPR - Universidade Federal do Paraná, 2012.