



## Processos alternativos de tratamento de esgoto sanitário em condomínios e loteamentos de Caxias do Sul - Análise de viabilidade

**Lia Barreto Gedoz<sup>1</sup>, Romualdo Nunes Vanacôr<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>UCS/ Universidade de Caxias do Sul (lia\_gedoz@hotmail.com)

<sup>2</sup>UCS/ Universidade de Caxias do Sul (rnvanacor@ucs.br)

### Resumo

Este trabalho tem como objetivo apresentar a comparação entre três sistemas de tratamento de esgotos domésticos e realizar a verificação da viabilidade destes. Em loteamentos e condomínios que não são ligados às grandes estações de tratamento de efluentes (ETE) do município, necessitam de uma ETE local.

Em Caxias do Sul, usualmente, é utilizado, como sistema local de tratamento de efluente (SLTE), o tanque séptico seguido de filtro anaeróbio. Assim, foi realizado o dimensionamento de três sistemas sendo o primeiro o sistema tradicionalmente utilizado, o segundo um sistema híbrido de tanque séptico e filtro anaeróbio e o terceiro sendo um reator UASB seguido de filtro biológico aerado submerso.

A análise de viabilidade foi realizada comparando os dois sistemas ao tradicional. A partir disto verificou-se que os sistemas são viáveis. Sendo o UASB viável tanto economicamente quanto ambientalmente, devido à sua maior eficiência de tratamento do efluente e o sistema híbrido apresentou-se viável somente financeiramente, pois a sua eficiência é similar à do sistema tradicional.

**Palavras-chave:** Efluentes domésticos. Sistema de tratamento local. Tanque séptico. Filtro anaeróbio

**Área Temática:** Águas Residuárias

## Alternative methods of sewage treatment in condominiums and subdivisions of Caxias do Sul -Availability Analysis

### Abstract

*This paper aims to present a comparison between three domestic sewage treatment systems and realize verification of viability.*

*In subdivisions and condominiums that are not linked to large wastewater treatment plants in the municipality, require a local treatment.*

*In Caxias do Sul, usually is used, as a local system of wastewater treatment, septic tank followed by anaerobic filter. Therefore, the sizing of the three systems was realized, being the first the traditional system used, the second a hybrid system to a septic tank and anaerobic filter and the third being an UASB reactor and submerged aerated biofilter.*

*The viability analysis was held comparing the two to traditional systems. From this it was observed that the systems are viable. As the UASB viable both economically and environmentally, because of its greater efficiency and effluent treatment and the hybrid system is only financially viable, because its efficiency is similar to the traditional system.*



**Key words:** *Domestic effluents. Local treatment system. Septic tank. Anaerobic filter*  
**Theme Area:** *Effluent*

## 1 Introdução

O crescimento urbano, quando não planejado, pode representar ameaças à saúde e à preservação do meio ambiente. Devido a isto, o tratamento adequado de esgotos se faz essencial. A busca da universalização do tratamento adequado de efluentes, também leva à adoção de tecnologias alternativas, visando atender à maior população possível. Sabei e Bassetti (2013) afirmam que investimentos no desenvolvimento de tecnologias alternativas de baixo custo e de boa eficiência para o tratamento das águas residuárias são imprescindíveis.

Em Caxias do Sul, o plano diretor de esgotamento sanitário, Lei nº 189 (CAXIAS DO SUL, 2002) institui a utilização de redes de sistema separador absoluto que direcionam os efluentes a uma estação de tratamento de esgoto (ETE) da cidade. Em loteamentos afastados, onde não existem redes coletoras, se faz necessária a instalação de um sistema local de tratamento de efluentes (SLTE). A Lei nº 6810 (CAXIAS DO SUL, 2007) e a Portaria da SEMA nº 045 (RIO GRANDE DO SUL, 2007) estabelecem que os SLTE devem ser constituídos por Tanques Sépticos e Filtros Biológicos Anaeróbios.

No entanto, têm sido frequentes relatos de problemas de funcionamento destes sistemas, resultando, na maioria das vezes, em baixas eficiências de remoção de matéria orgânica e decaimento da eficiência com a falta de manutenção (SOUSA e CHERNICHARO, 2004).

Dessa forma, foram propostas alternativas aos sistemas de tratamentos locais atualmente aceitos pela concessionária de Caxias do Sul. Estas alternativas devem atender aos padrões legais exigidos de emissões de efluentes, dando a futuros empreendedores opções de sistemas aos tradicionalmente adotados.

O projeto tem como objetivo propor duas alternativas tecnológicas, sendo a primeira uma tecnologia nova e a outra, para contrabalancear, uma já consolidada. As alternativas propostas são um sistema híbrido de tanque séptico e filtro anaeróbio, e um reator UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) seguido de filtro biológico aerado submerso, estes foram comparados com o método de tratamento tradicional de tratamento e verificado a viabilidade dos sistemas.

A comparação dos sistemas de tratamento pode auxiliar na tomada de decisão pelo sistema que mais se adeque a situação encontrada. A melhora da qualidade dos efluentes tratados propicia uma maior proteção aos mananciais do município e agrega melhorias ao meio-ambiente e à qualidade de vida da população.

## 2 Metodologia

Inicialmente foi feita uma criteriosa seleção e definidos os dois sistemas alternativos a serem analisados. Para o dimensionamento dos sistemas de tratamento, considerou-se que os esgotos sanitários residenciais são constituídos por águas cinzas e águas negras. Foi admitido um loteamento com 210 lotes com 5 hab/lote e residências unifamiliares de padrão médio. Para a determinação da vazão lançada, considerou-se o consumo de água de 200 L/hab.dia e contribuição de despejo de 130 L/hab.dia.

### 2.1 Tanque séptico e filtro anaeróbio

O tanque séptico e o filtro anaeróbio foram dimensionados de acordo com a NBR 7229 (ABNT, 1993) e a NBR 13969 (ABNT, 1997), apresentando volumes totais de



## 5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 05 a 07 de abril de 2016

137,5 m<sup>3</sup> e 109,2 m<sup>3</sup> respectivamente. Estes volumes foram divididos em 6 (seis) tanques para cada um. Apresentando as seguintes dimensões:

Tabela 1 - Principais dimensões do tanque séptico e filtro anaeróbio

Item	Tanque séptico	Filtro anaeróbio
Quantidade de tanques	6	6
Volume por tanque	23 m <sup>3</sup>	18 m <sup>3</sup>
Diâmetro do tanque	3,5 m	3,5 m
Altura útil do tanque	2,5 m	2,0 m

Fonte: AUTOR (2015)

### 2.2 Sistema híbrido

O dimensionamento do sistema híbrido foi realizado da mesma forma que o tanque séptico, através da NBR 7229 (ABNT, 1993). Como o sistema é muito similar ao tanque séptico e filtro anaeróbio, adotou-se que as limpezas teriam a mesma frequência dos tanques. Sendo assim, foi utilizado 6 sistemas híbridos de mesmo volume da fossa, ou seja, um volume de 23 m<sup>3</sup>, tendo como vantagem a não necessidade do filtro. As principais dimensões são apresentadas a seguir.

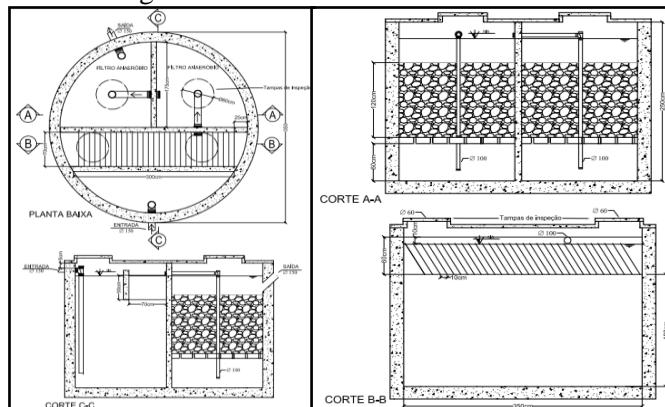
Tabela 2 - Principais dimensões do sistema híbrido

Item	Híbrido
Quantidade de tanques	6
Volume por tanque	23 m <sup>3</sup>
Diâmetro do tanque	3,5 m
Altura útil do tanque	2,5 m

Fonte: AUTOR (2015)

A partir disto, é determinado o volume de cada câmara em que o volume total do tanque é dividido para 3 compartimentos, onde metade do volume é destinada a um tanque séptico modificado e a outra metade dividida entre dois reatores anaeróbios híbridos operando em série. A primeira câmara (tanque séptico de fluxo ascensional e com módulo lamelar na parte superior) ocupará a metade do volume total e os outros compartimentos, seguintes, ocupando, cada um, um quarto do volume total.

Figura 1 - Desenho do sistema híbrido



Fonte: AUTOR (2015)



## 2.3 UASB e filtro biológico aerado

O dimensionamento do reator UASB e do filtro biológico aerado submerso resultou nas seguintes dimensões:

Tabela 3 - Principais dimensões do reator UASB

Item	UASB	FBAS
Volume	113 m <sup>3</sup>	84,72 m <sup>3</sup>
Área	25,6 m <sup>2</sup>	24,2 m <sup>2</sup>
Diâmetro	6 m	5,5 m
Altura	4 m	3,5 m

Fonte: AUTOR (2015)

## 3 Análise de viabilidade

A análise de viabilidade econômica foi feita através do método do Valor Presente Líquido (VPL), para um período de vinte e cinco anos. Os benefícios tangíveis deste projeto estão relacionados a arrecadação financeira através da cobrança pelos serviços prestados pelo SAMAE. Atualmente o valor cobrado é de R\$ 18,52/m<sup>3</sup> de efluente tratado. Para realizar a simulação da ocupação do loteamento, foi considerado 10% de ocupação ao ano e assim calculada a arrecadação equivalente. Esse retorno financeiro será considerado nas simulações dos cenários para verificar a viabilidade econômica do projeto.

O SAMAE é responsável somente pela operação, a implantação dos sistemas de tratamento compete ao empreendedor. No entanto, para possibilitar a comparação dos sistemas, os cenários a seguir apresentam a avaliação dos custos totais envolvidos abrangendo o custo de construção, além dos gastos com a operação e manutenção.

Para ajustar ao valor presente foi considerada a taxa Selic de 14,2% ao ano e o IGPM (Índice Geral de Preços do Mercado) de 10,1% a.a.

### 3.1 Cenário 1 – Tratamento tradicional tanque séptico/filtro anaeróbio

No cenário 1 é apresentado a avaliação dos custos totais envolvidos no projeto de um sistema composto por tanque séptico seguido de filtro anaeróbio.

Ao final dos 25 anos haverá um déficit de R\$ 1.074.208,86, no entanto a receita arrecadada é de R\$ 1.664.485,73, apresentando um VLP correspondente a R\$ 590.276,87 frisando que o custo apresentado é o total e a receita arrecada é destinada ao município.

A Taxa interna de retorno deste sistema é de 33,01% e a relação benefício/custo de 1,55.

Gráfico 1: Fluxo de caixa x Saldo de caixa do tanque séptico e filtro anaeróbio



Fonte: AUTOR (2015)



Neste é possível verificar que o maior investimento é o inicial e que no decorrer dos anos há a diminuição dos custos, sendo assim o fluxo de caixa é caracterizado por uma curva de diminuição anual. No saldo de caixa verifica-se que a partir do sexto ano a receita passa a ser positiva.

### 3.2 Cenário 2 – Tratamento UASB/Filtro aerado submerso

No cenário 2 foi avaliado a viabilidade de um sistema de tratamento com um reator UASB seguido de filtro aerado submerso. Neste cenário foi possível observar que o valor inicial de implantação é maior quando comparado ao cenário 1, e ao contrário do que se pensava, mesmo havendo gasto com energia elétrica, o custo da operação é menor, apresentando-se como uma vantagem. Percebe-se também que a partir do sexto ano a receita passa a ser positiva.

Gráfico 2: Fluxo de caixa x Saldo de caixa do UASB e filtro aerado.



Fonte: AUTOR (2015)

Ao final dos 25 anos o déficit será de R\$ 871.131,44, que é menor do que o do sistema convencional, sendo assim, além das vantagens ambientais o reator UASB seguido de filtro aerado também é viável economicamente. O VLP deste sistema corresponde a R\$ 793.354,29, a taxa interna de retorno também é maior do que o sistema tradicional, 36,80% e a relação benefício/custo de 1,91, provando assim a sua viabilidade financeira.

### 3.3 Cenário 3 – Tratamento com sistema híbrido

No cenário 3 é apresentado a avaliação dos custos totais envolvidos no projeto do sistema híbrido. Conforme os outros cenários, este também abrange o custo de construção, além dos gastos com a operação e manutenção do sistema, considerando neste o alcance do projeto.

A partir do gráfico observa-se que este sistema é o mais viável financeiramente, o custo de implantação e operação é menor do que os outros, apresentando um déficit de R\$ 350.710,38, o VLP corresponde a R\$ 1.313.775,35, a taxa interna de retorno é de 64,91%, é o que apresenta maior benefício/custo, de 4,75 e a receita passa a ser positiva no quarto ano de operação.

No entanto, ressalta-se que este sistema não apresenta melhorias no tratamento quando comparado ao sistema tanque séptico seguido de filtro anaeróbio e que é necessário a realização de testes para verificar a sua real eficiência.

Quando analisado a área ocupada pelos SLTE, os dois sistemas alternativos apresentam-se viáveis, pois ocupam uma área menor do que o tradicional. Apresentando-se

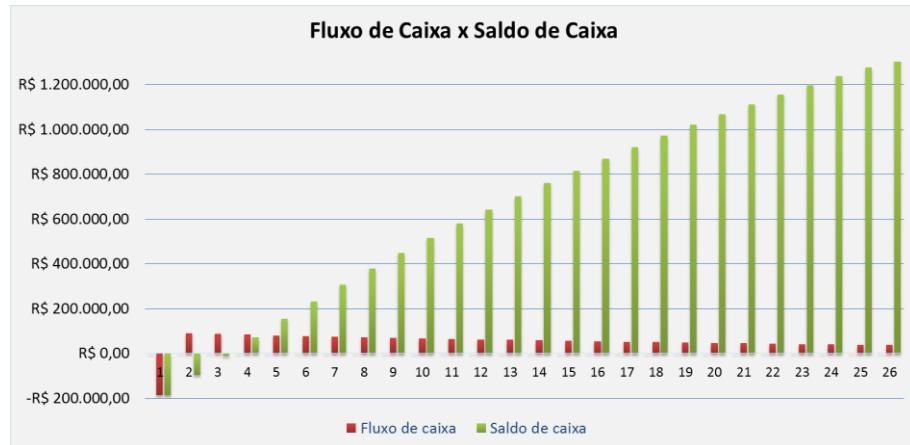


## 5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 05 a 07 de abril de 2016

como vantagem ao empreendedor, pois este poderia vender a área que seria ocupada pelo SLTE.

Gráfico 3: Fluxo de caixa x Saldo de caixa do sistema híbrido



Fonte: AUTOR (2015)

### 3.4 Cenário 4 – Comparaçāo dos custos

O cenário 4 apresenta quanto que os sistemas de tratamento representam no valor final do lote. Foi estimado que cada lote custa R\$ 150.000,00 e foi considerando somente os custos de implantação dos sistemas.

A tabela a seguir apresenta a porcentagem relativa de cada sistema sobre o loteamento. Nela é possível visualizar que para o empreendedor o sistema mais viável financeiramente é o híbrido. No entanto percebe-se que os sistemas de tratamento não são muito representativos quando comparados a um custo total de implantação de um loteamento, considerando todos as despesas relacionadas a obra.

Tabela 1: Custo dos sistemas relativo ao loteamento

Implantação	Custo total implantação	Porcentagem relativa ao loteamento
<b>Loteamento (210 lotes)</b>	R\$ 31.500.000,00	-
<b>Tanque séptico/filtro anaeróbio</b>	R\$ 246.863,10	0,78%
<b>UASB/filtro aerado</b>	R\$ 270.453,40	0,86%
<b>Sistema híbrido</b>	R\$ 186.694,30	0,59%

Fonte: AUTOR (2015)

Devido a isto cabe aos órgãos públicos determinarem o tipo de tratamento que desejam que a sua cidade disponha. Para o SAMAÉ o sistema UASB/filtro aerado é o que se apresenta apresenta-se mais viável, pois além do custo de operação ser menor, quando comparado ao sistema tanque séptico/filtro anaeróbio, ele apresenta uma grande vantagem, que é ter maior eficiência de tratamento do que o sistema tradicional. Melhorando a qualidade dos efluentes lançados e assim diminuindo o impacto ambiental.

## 4 Conclusão

No gráfico 4 é apresentado a comparação dos custos totais com os três sistemas de tratamento, não foram apresentados aqui as receitas, pois estas são iguais para os três cenários.

Avaliando os cenários apresentados, os dois sistemas propostos apresentaram-se viáveis. No reator UASB seguido de filtro biológico aerado há um investimento inicial maior,



## 5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 05 a 07 de abril de 2016

mas o custo de operação é menor quando comparado ao tratamento atual. Os custos totais de operação podem ser verificados na tabela a seguir.

Gráfico 4: Comparação dos custos relativos aos três sistemas



Fonte: AUTOR (2015)

Tabela 4 - Comparação das despesas de operação

Sistema de Tratamento	Custo relacionado a operação
TS + FA	R\$ 827.345,76
Híbrido	R\$ 164.016,08
Reator UASB +FBAS	R\$ 600.678,04

Fonte: AUTOR (2015)

No reator UASB/FBAS têm-se, o que se considera como maior vantagem, que é o aumento na eficiência do tratamento do efluente lançado. A tabela a seguir, apresenta uma comparação das eficiências relativas aos sistemas.

Tabela 5 - Comparação entre eficiência de remoção dos 3 sistemas de tratamento

Parâmetro	TS + FA (%)	Híbrido (%)	Reator UASB +FBAS (%)
DBO <sub>5,20</sub>	40 a 75	40 a 75	85 a 95
DQO	40 a 70	40 a 70	80 a 90
Sólidos sedimentáveis	70 ou mais	70 ou mais	85 a 95

Fonte: AUTOR (2015)

No entanto, decidindo-se pela utilização do sistema híbrido têm-se uma economia financeira total, tanto na implantação quanto na operação. Às vezes o fator financeiro parece ser o mais importante, podendo ser custoso mais adiante. Ressalta-se que o protótipo do sistema híbrido não apresentou melhorias no tratamento quando comparado ao tanque séptico e o filtro anaeróbico, no entanto para o porte do projeto não houve testes, ou seja, a eficiência deste sistema não foi comprovada, podendo apresentar-se melhor do que o tratamento tradicional.

Finalizando, as duas propostas alternativas proporcionam vantagens e desvantagens, cabendo ao empreendedor e aos órgãos reguladores definirem a suas prioridades. Caso o sistema UASB/FBAS não se apresente como prioridade, ele pode vir a ser utilizado em locais fora do plano diretor em que a desativação do sistema seja indeterminada. Porém o reator UASB pode apresentar entupimento dos tubos de distribuição, por isto se faz necessário uma manutenção periódica, mas por ser uma situação simples de ser resolvida, propõe-se que haja um operador sob demanda, que faça rondas nos loteamentos e realize os desentupimentos, pois além disso não há a necessidade de um funcionário fixo aumentando os custos de operação.



## 5 Referências

**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 sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.

**CAXIAS DO SUL. Lei nº 6893**, de 11 de dezembro de 2008. Altera e acresce parágrafos ao art. 47 da Lei nº 6.810, de 20 de dezembro de 2007, que disciplina o parcelamento do solo para fins urbanos, a regularização fundiária sustentável e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.camaracaxias.rs.gov.br/Leis/LO/LO-06893.pdf>> Acesso em: 27 maio 2015.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 6810**, de 20 de dezembro de 2007. Disciplina o parcelamento do solo para fins urbanos, a regularização fundiária sustentável e dá outras providências. Disponível em: <[https://www.caxias.rs.gov.br/\\_uploads/legislacao/lei\\_39.pdf](https://www.caxias.rs.gov.br/_uploads/legislacao/lei_39.pdf)> Acesso em: 27 maio 2015.

**RIO GRANDE DO SUL (Estado). SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. Portaria SEMA nº 045**, de 30 outubro de 2007. Dispõe sobre implantação de sistemas simplificados de esgotamento sanitário nas zonas urbanas e de expansão urbana dos Municípios do Rio Grande do Sul. Disponível em: <[http://www.sema.rs.gov.br/upload/Portaria%2045\\_2007\\_Implant%20Sist%20Simplific%20Esgotamento%20Sanit%C3%A1rio\\_Zonas%20urbanas.pdf](http://www.sema.rs.gov.br/upload/Portaria%2045_2007_Implant%20Sist%20Simplific%20Esgotamento%20Sanit%C3%A1rio_Zonas%20urbanas.pdf)> Acesso em: 21 abr. 2015.

**SABEI, T. R; BASSETTI, F. de J.** Alternativas ecoeficientes para tratamento de efluentes em comunidades rurais. In. **IX FÓRUM AMBIENTAL DA ALTA PAULISTA**, 2013, São Paulo. **Revista Saúde, Saneamento e Meio Ambiente**. v. 9, n. 11, 2013, pp. 487-503. Disponível em: <[http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum\\_ambiental/article/view/69/2716](http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/69/2716)> Acesso em: 11 abr 2015.

**SOUSA, V.P., CHERNICHARO, C.A.L.** Efeito da alimentação intermitente de vazões sobre a Estabilidade operacional de um sistema compacto de Tratamento de esgotos. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**, 23º, 2005, Campo Grande. **Anais Eletrônico...** Campo Grande: ABES, 2005. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/II-203.pdf>> Acesso em: 12 abr. 2015.