



## II-073 - ALTERNATIVAS DESCENTRALIZADAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO: ESTUDO DE CASO VILA DE PARANAPIACABA

### Rafael Vaidotas

Engenheiro Ambiental e Urbano pela Universidade Federal do ABC - UFABC.

### Rodrigo de Freitas Bueno<sup>(2)</sup>

Engenheiro Ambiental e Biólogo. Professor Doutor do Centro de Engenharia, Modelagem Aplicada e Ciências Sociais da Universidade Federal do ABC – UFABC.

**Endereço<sup>(2)</sup>:** Av. dos Estados, 5.001, 09210-580, Santo André – São Paulo, Brazil. E-mail: rodrigo.bueno@ufabc.edu.br

### RESUMO

O saneamento básico atinge apenas 55% dos municípios brasileiros enquanto o abastecimento de água atinge 99%, revelando um grande déficit na coleta de esgoto. A ausência de saneamento promove a disseminação de doenças e impacta o setor de saúde em R\$400 milhões anualmente, além de promover a degradação do meio ambiente. O sistema descentralizado se apresenta como alternativa viável e economicamente atraente, sendo importante para a universalização do saneamento. Este projeto objetiva propor alternativas sustentáveis e descentralizadas de sistemas de tratamento de esgotos sanitários urbanos, para municípios de pequeno porte, efetuar levantamento de dados, em busca do diagnóstico do sistema de tratamento de esgotos domésticos presente na área urbana da região da parte baixa da Vila de Paranapiacaba, Santo André/SP, e propor sistemas de tratamento de esgotos sanitários sustentáveis. O levantamento de dados da parte baixa da Vila de Paranapiacaba revelou sistema de coleta de esgotos sem cadastramento, operando similarmente ao sistema implantado pela SPR na década de 1910, descartando efluentes junto às valas da linha férrea. Devido à escassez de área, as lagoas foram descartadas e optou-se pelas valas de filtração para destinação do efluente devido à altura do lençol freático desconhecida. Foram dimensionados três sistemas com disposição em valas de filtração, onde o sistema 1 contempla tanque séptico e filtro anaeróbico, o sistema 2, tanque séptico e jardins filtrantes e o sistema 3, tanque séptico, reator UASB e jardim filtrante. O sistema 1 se revelou mais barato com eficiência superior a 90% na remoção de matéria orgânica. O sistema 2 apresentou valor e eficiência na remoção de matéria orgânica similar ao do sistema 1, com a adição de remoção de compostos nitrogenados e fósforo. O terceiro sistema apresentou o maior custo de implantação, entretanto, maior grau de polimento do efluente, reduzindo a matéria orgânica em mais de 95% e com eficiência na remoção de compostos nitrogenados e fósforo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tratamento Descentralizado, Esgotamento Sanitário, Alternativas de Tratamento, Vila de Paranapiacaba.

### INTRODUÇÃO

A conservação dos recursos naturais é um dos principais temas de discussão do século XXI, devido à sua importância na manutenção da qualidade de vida e do meio ambiente. A conservação das águas tem sido um dos principais tópicos discutidos dentro deste tema, uma vez que as regiões sudestes e nordestes brasileiras sofrem ou sofreram grande redução na disponibilidade de água para consumo entre os anos de 2012 até os dias atuais (JACOBI et al, 2015). O despejo indevido de esgotos sem tratamento nos ecossistemas aquáticos atua como um dos principais fatores que agravaram esta crise, prejudicando o equilíbrio do ciclo hidrológico e restringindo o uso destas águas para abastecimento. De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2015), o abastecimento de água atinge 99% dos municípios brasileiros, entretanto, apenas 55% possuem coleta de esgoto e 28% possuem sistemas de tratamento de esgoto sanitário. O índice de coleta de esgotos varia de acordo com a região a ser considerada, apresentando índice de coleta global de 50,3% do total de esgoto gerado. Na região Sudeste, este índice atinge 83,7% dos domicílios, entretanto, apenas 64,3% é tratado (SNSA, 2010).

O município de Santo André apresenta índice de coleta urbana de esgoto equivalente a 98,6%, e índice total (contemplando zonas urbana e não urbana) de 85,5%. Tal índice aponta para um menor atendimento do sistema de coleta de esgoto nas regiões mais afastadas do centro urbano. Deste total, apenas 37,1% do esgoto total coletado é tratado. A falta de sistemas de esgotos nas cidades constitui-se em um problema de saúde pública. O instituto TRATA BRASIL através de estudo revelou que quase 400 mil pessoas foram internadas por diarreia no Brasil no ano de 2010, sendo a diarreia responsável por 80% das doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado. Este mesmo estudo apontou que as cidades que investiram em saneamento básico ao longo dos anos gastam cerca de 40 vezes menos em saúde do que as cidades que investiram pouco ou nada. Além da diarreia, a falta de saneamento básico promove a contaminação da população por doenças como hepatite A, febres entéricas, esquistossomose, leptospirose, teníases, micoses dentre outras. Além de doenças, a população também está sujeita a impactos ambientais tais como assoreamentos, deslizamentos, mau cheiro, perda de biodiversidade, eutrofização dos corpos d'água, proliferação de vetores transmissores de doenças entre outros (Instituto Trata Brasil, 2010).

Os gastos no Sistema Único de Saúde (SUS) são mais elevados em cidades com baixo saneamento básico. O gasto com internação para tratamento de diarreia foi superior a R\$140 milhões em 2011. (Instituto Humanitas Unisinos, 2013) Entretanto, outro estudo apontou que a elevação do índice de coleta das cidades mais precárias para o nível das cidades hoje mais bem atendidas, promoveria uma redução de 50% das internações por diarreia. (Instituto Trata Brasil, 2010). De acordo com a FUNASA, 2013, a cada R\$1,00 investido em saneamento, economiza-se R\$4,00 em medicina curativa. Defronte a este cenário, estão sendo criados os Planos Municipais de Saneamento contemplando metas e objetivos adequados a cada cidade brasileira. Estes planos têm como objetivo a universalização da coleta e do tratamento do esgotamento sanitário, se utilizando de técnicas e sistemas de coleta apropriadas para a localização do sistema a ser implantado.

Os sistemas de tratamento de esgotos podem ser centralizados ou descentralizados. O primeiro sistema é o mais adotado no Brasil e é recomendado para grandes aglomerados urbanos, onde um sistema coleta o esgoto produzido por cada ramo de ligação, direcionando todo o esgoto coletado para um sistema central que transporta a grande vazão de águas residuárias para corpos d'água ou para a estação de tratamento de esgoto (ETE). Sistemas de tratamento de esgoto descentralizados são definidos como sistemas autônomos apropriados para o tratamento de pequenas vazões de esgoto, gerados por empreendimentos menores tais como condomínios, construções isoladas e pequenas comunidades. Neste sistema o esgoto é coletado, tratado e descartado ou reutilizado próximo ao local da geração, dispensando a implantação das extensas redes dos sistemas centralizados. Devido à dispersão dos domicílios e à inexistência de rede coletora de esgotos nas regiões mais afastadas dos centros urbanos, o saneamento rural/periurbano apresenta déficit superior, constituindo o sistema descentralizado uma alternativa para estas regiões. Existem métodos alternativos de tratamento de esgotos sanitários que se adequam ao sistema descentralizado. Dentre eles, pode-se citar o uso de tanques sépticos, filtros anaeróbios, lagoas de estabilização, jardins filtrantes e reatores anaeróbios.

A escolha das tecnologias para o sistema deriva das necessidades de atendimento aos critérios legais, das características do esgoto afluente, da área disponível, custo de implantação dentre outros fatores. A Vila de Paranapiacaba, inserida no município de Santo André, está distante dos principais centros urbanos da região do Grande ABC, constituindo-se em uma comunidade isolada. Esta vila possui pouco menos de 1.000 habitantes, estando deteriorada devido à falta de manutenção, apresentando coleta de esgoto sem cadastramento e despejo de efluentes diretamente no meio ambiente.

Dentro do exposto, o objetivo do estudo foi propor alternativas sustentáveis e descentralizadas de sistemas de tratamento de esgotos sanitários urbanos, para municípios de pequeno porte, visando à melhoria da qualidade dos recursos hídricos e saúde pública local. Estudo de caso da Vila de Paranapiacaba, localizado na região de Santo André, São Paulo, Brasil.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

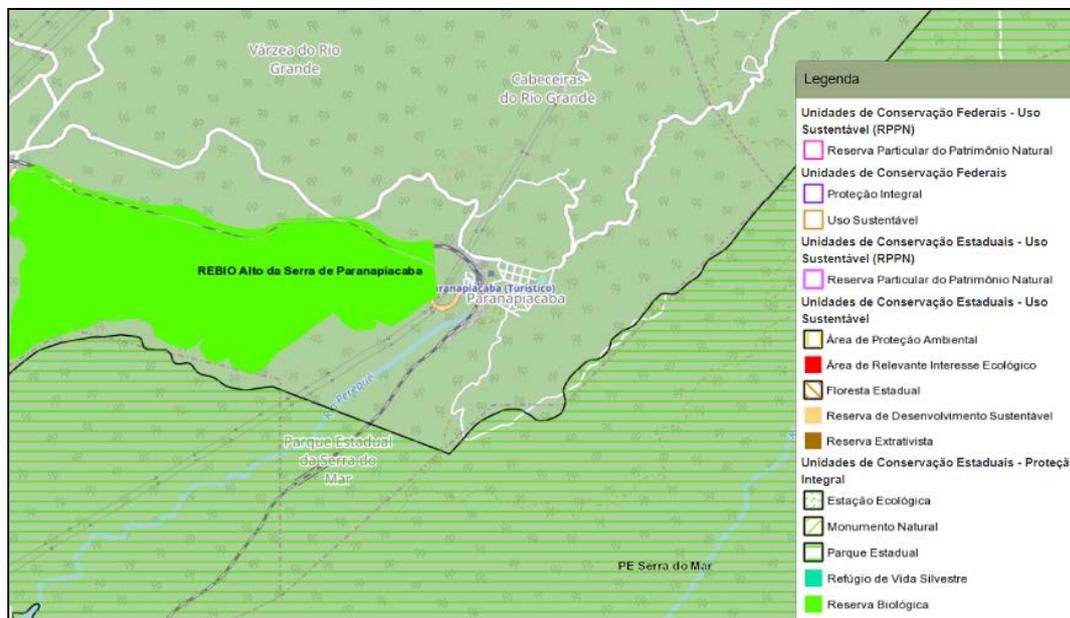
Fora adotado como procedimento metodológico a revisão bibliográfica de materiais de acesso público, livros, artigos, websites e legislações pertinentes ao tema das tecnologias alternativas de tratamento de esgotos. Para a avaliação da aplicabilidade destas tecnologias na comunidade isolada de Vila de Paranapiacaba fora adotado

procedimento metodológico de estudo de caso, contemplando o estudo da vazão de esgotos gerado pela Parte Baixa desta Vila e os sistemas de tratamento possíveis de aplicação na mesma.

## DIAGNÓSTICO

A Vila de Paranapiacaba está situada no meio do Parque Estadual da Serra do Mar, no Município de Santo André. Atualmente possui 949 habitantes, sendo 268 domicílios ocupados de um total de 360 imóveis (IBGE, 2010). Sua origem remonta ao ano de 1860, época em que fora montado o acampamento dos trabalhadores empregados para a construção da ferrovia e instalações provisórias. É dividida em Parte Baixa e Parte Alta. Atualmente, o distrito de Paranapiacaba dispõe de estrutura de esgotamento sanitário deficiente, apesar de sua condição de ponto turístico. As partes Alta e baixa são abastecidas por água captada em represa próxima, devidamente tratada. Os efluentes domésticos são coletados por alguns trechos de rede coletora muito antigas e lançados nas valetas que margeiam os trilhos da estrada de ferro, sem tratamento. A coleta de esgoto atual na Vila de Paranapiacaba ocorre através de sistemas que não possuem base cadastral do SEMASA. (PMSB, 2013).

A Vila de Paranapiacaba está inserida no Parque Estadual da Serra do Mar (Decreto n° 10.251/1977) e é tombada juntamente da área da Serra do Mar e de Paranapiacaba pelo Estado de São Paulo (Resolução n°40 da Secretaria de cultura do Estado de São Paulo) e como Patrimônio histórico pelo CONDEPHAAT (Resolução n°37 de 1987). O tombamento de Paranapiacaba engloba as partes baixa e alta da Vila, área natural do entorno e o conjunto ferroviário da antiga São Paulo Railway (SPR). No entorno de Paranapiacaba encontram-se duas sub-bacias: Rio Grande e Rio Pequeno. O Rio Grande nasce em Paranapiacaba, desenvolvendo percurso bastante acidentado até desenvolver várzea a cerca de 5,0 quilômetros da Vila. O Rio Pequeno apresenta várzea a menos de 500 metros da Vila de Paranapiacaba, tendo sua nascente localizada a mais de 800 metros de cota. Ambos os rios são classificados como classe 1 pela CETESB através da resolução N°357/05 do CONAMA. A figura 1 apresenta o mosaico de unidades de conservação.



**Figura 1: Unidades de Conservação no Estado de São Paulo. Fonte: DATAGEO, 2017.**

A Vila se encontra dentro de Área de Preservação e Recuperação de Mananciais – APRM e em Zona de amortecimento para o Parque Estadual da Serra do Mar, essa de Proteção Integral. Assim, de acordo com a resolução CONAMA n° 396/2008, o despejo de efluentes no solo é permitido. Paranapiacaba apresenta clima tropical de altitude, típico do bioma Mata Atlântica – Floresta Ombrófila Densa, com a formação constante de densos nevoeiros e chuvas torrenciais, resultando em índice pluviométrico de 3400mm anuais e umidade

relativa do ar média de 80%. Não possui estação seca e a temperatura em seu mês mais frio (Julho) varia entre 14 e 15°C de média, não ultrapassando os 18°C (Instituto de Botânica, 2017).

A vila de Paranapiacaba está inserida em um relevo tipicamente montanhoso, variando entre 750 e 890 metros de altitude, atingindo declividade de até 65%. As partes alta e baixa estão inseridas em convexidades (colinas) enquanto que o pátio ferroviário, assim como a linha férrea, está inserido nas concavidades (vales). O solo tem um embasamento geológico cristalino, composto por rochas metamórficas e metassedimentares, com presença de gnaisses, granitoides, filitos e granitos. Apenas nas margens dos rios Pequeno, Grande e afluentes, encontra-se no solo areia, argila e cascalho (OLIVEIRA, 2001).

Devido a seu aspecto longínquo dos centros urbanos, Paranapiacaba apresenta características com aspectos de cidade isolada do interior. O local não apresenta empregos em número suficiente para suprir a população. A oferta de estudos no local se limita até o ensino fundamental. Tais deficiências obrigam os moradores a se deslocarem a centros urbanos vizinhos para desempenharem suas atividades (OLIVEIRA, 2001). O perfil socioeconômico dos moradores de Paranapiacaba pode ser classificado como de padrão baixo.

De acordo com dados do IBGE, aproximadamente 719 habitantes povoam a parte baixa em 203 domicílios ocupados e 230 habitantes povoam a parte alta, distribuídos por 65 edificações ocupadas de um total de 111, conforme apresentado na tabela 1. Através destes dados, é possível determinar a densidade populacional da parte baixa, objeto de estudo deste trabalho, em 3,5 habitantes por edificação. Na parte baixa há cinco tipologias de edificações originárias do projeto original da São Paulo Railway: A a E.

**Tabela 1: Vila de Paranapiacaba: População, edificações e densidade populacional.**

Município:	Santo André
Comunidade:	Vila de Paranapiacaba
População total (IBGE, 2010):	949 habitantes
<b>Parte alta</b>	
Total de edificações:	111
Edificações ocupadas:	65
Domicílios:	65
<b>Parte baixa</b>	
Total de edificações:	360
Edificações ocupadas:	203
Domicílios:	203
Dens. Populacional (calculada) (habitantes/edificação):	3,5

## RESULTADOS

Através dos dados de tipologia das edificações e dos dados de consumo de água *per capita* fornecidos pela NBR 7229/93, fora determinada a estimativa de contribuição de esgoto, por edificação, apresentada na tabela 1.

**Tabela 2: Correlação entre tipologia de edificação, população estimada, contribuição individual de esgoto e vazão total de contribuição de esgotos.**

Tipologia	Nº edificações	Ano	Dens. Populacional :	Pop. Estimada:	Esgoto (C) (L/d)	Q estimado (m³/d):	
A	30	1898	3,5	106	Padrão baixo	100	10,62
B	32	1898	3,5	113	Padrão baixo	100	11,33
D	4	1898	3,5	14	Padrão baixo	100	1,42
E	60	1898	3,5	212	Padrão baixo	100	21,25
Alvenaria	77	1952	3,5	273	Padrão baixo	100	27,27
Igreja	1	1898	-	-	Edifícios públicos ou comerciais	50	0,05
Clube	1	1898-atual	-	-	Edifícios públicos ou comerciais	50	0,05
Escola	1	1898-atual	-	-	Escola	50	0,05
Institucional	3	1898-atual	-	-	Edifícios públicos ou comerciais	50	0,05
Comércio	17	1898-atual	-	-	Edifícios públicos ou comerciais	50	0,05
População estimada:				719	Qmed (m³/d):	72,13	
					Qmax (m³/d):	129,84	

A contribuição de esgotos média e máxima calculada para toda a parte baixa da Vila de Paranapiacaba são de 72,13 m³/d e 129,84 m³/d, respectivamente. Fora proposto um traçado, apresentado na figura 2, inspirado no projeto original de instalação do sistema de abastecimento de água e coleta de esgoto elaborado pelos Ingleses da São Paulo Railway, baseado no condominial, coletando os esgotos de todas as edificações da parte baixa e as direcionando para a jusante do terreno, localizada próximo aos trilhos do trem.



**Figura 2: Rede de coleta de esgotos proposta.**

Serão contemplados três sistemas (1, 2 e 3), apresentados na tabela 3, considerando a aplicação de tratamentos de esgoto. Os sistemas foram avaliados de modo a definir qual apresenta maior aderência às necessidades sanitárias da parte baixa da Vila de Paranapiacaba, considerando variáveis como: A eficiência dos processos, a sua confiabilidade, área requerida e dependência de energia elétrica.

**Tabela 3: Sistemas de tratamento e disposição de esgoto avaliados**

Tecnologias para esgotamento sanitário				
Sistema/Proposta	Etapas			
	1	2	3	4
1	TS	FA	VF	-
2	TS	WET	VF	-
3	TS	UASB	WET	VF
Legenda				
Sigla	Tecnologia			
TS	Tanque séptico			
FA	Filtro Anaeróbio			
WET	Jardins Filtrantes 'wetlands'			
UASB	Reator Anaeróbio UASB			
VF	Vala de filtração			

A proposta 1 contempla a utilização de tanque séptico, filtro anaeróbio de fluxo ascendente e valas de filtração. Este sistema requer pouca manutenção e também tem custo de implantação atraente.

O tanque séptico é uma obra de engenharia que serve como disposição de efluentes, sendo versátil, requerendo pouca área e de custo mais acessível, com necessidade de manutenção baixa. Entretanto, possui necessidade de limpeza periódica para manter sua eficiência, há o risco de vazamento do esgoto em caso de ruptura da parede do tanque e o tratamento do esgoto se resume a uma redução da matéria orgânica e de sólidos, alterando ligeiramente parâmetros como nitrogênio, fósforo e microrganismos patogênicos.

O filtro anaeróbio adotado é de fluxo ascendente e possui as vantagens do tanque, requerendo pouca área e apresentando fácil manutenção. Para manter sua eficiência, requer a utilização de material poroso tal como brita n°4 ou n°5. Como desvantagem apresenta o risco de vazamento do esgoto em caso de ruptura das paredes laterais ou fundo e o fato de não reduzir significativamente as concentrações de nitrogênio e fósforo.

As valas de filtração foram adotadas, pois não é conhecida altura do lençol freático da região. Este sistema requer pouca manutenção e também tem baixo custo de implantação, apesar de superior ao das valas de infiltração.

No geral, esta proposta reúne equipamentos que permitem a sua implantação e manutenção por população de menor renda, resultando em efluente de qualidade aceitável. Tais características possuem aderência ao perfil socioeconômico da Vila de Paranapiacaba. A proposta 1 segue na figura 3.

A dinâmica deste sistema se inicia com o esgoto coletado sendo direcionado para o tanque séptico, formando o lodo através da sedimentação e separando o efluente com menor turbidez que fica na superfície. Este é transportado para o filtro anaeróbio que, através da atividade microbológica, degrada consideravelmente a matéria orgânica e reduz turbidez. O efluente dos filtros então segue para as valas de filtração, sendo dispostos no solo gradualmente.

Este sistema englobaria 16 unidades de tanque séptico com seção superficial de 4,56 m<sup>2</sup>, 16 unidades de filtro anaeróbio com área de 2,69 m<sup>2</sup> e 246 unidades de valas de filtração com área individual de 9,0 m<sup>2</sup>. Os cálculos de dimensionamento e de eficiência deste sistema seguem apresentadas nas tabelas 4 e 5.

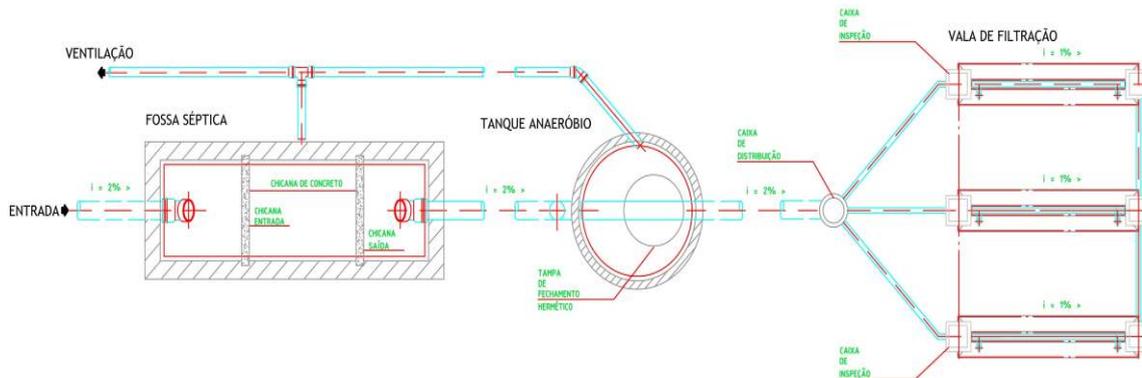
**Tabela 4: Cálculos de dimensionamento dos componentes do sistema 1.**

	Unidade	Tanque séptico	Filtro Anaeróbio	Vala de Filtração
Vazão afluyente total	m <sup>3</sup> /d	72,13	72,13	72,13
Vazão afluyente/unidade	m <sup>3</sup> /d	4,51	4,51	4,51
Largura	m	1,20	1,64	0,5
Comprimento	m	3,80	1,64	18
Profundidade	m	2,00	1,80	1,5
Relação L/B	-	3	1	-
Seção superficial	m <sup>2</sup>	4,56	2,69	9
Volume individual	m <sup>3</sup>	9,10	4,84	13,5
Unidades	unid.	16	16	246
Volume total	m <sup>3</sup>	145,60	77,46	3321,00
Tempo de detenção hidráulica	dias	0,75	0,75	-

Sua eficiência na remoção de DBO<sub>5</sub> atinge até 77,6% e de sólidos em suspensão e sedimentáveis de 80% (JORDÃO&PÉSSOA, 2016). Seu custo estimado é de R\$164.800,00. A este valor deve-se somar ainda os custos com mão-de-obra, transportes, escavação, destinação dos resíduos dentre outros custos relacionados a implantação e operação do sistema.

**Tabela 5: Proposta 1: Eficiência na remoção dos parâmetros de controle da qualidade da água, por equipamento (JORDÃO&PÉSSOA, 2016; CHERNICHARO, 2010)**

Parâmetros	Unidade	Eficiência (%)	
		Tanque séptico	Filtro Anaeróbio
DBO <sub>5,20</sub>	mg/L	30%	68%
Sólidos em suspensão	mg/L	50%	60%
Sólidos Sedimentáveis	mg/L	80%	-
Fósforo total	mg p/L	-	-
Amônia	mg N/L	-	-
NMPcoliformes totais	unid/100ml	1,27 log	-



**Figura 3: Proposta 1: Tanque séptico, filtro anaeróbio e vala de filtração.**

A proposta 2 se assemelha a proposta 1, com a substituição do filtro anaeróbio pelos jardins filtrantes 'wetlands'. Este sistema contempla o mesmo número de unidades, e área, de tanque séptico e valas de filtração do sistema 1. Entretanto, neste serão necessários 16 jardins filtrantes de seção superficial de 22,03 m<sup>2</sup>. Este sistema está apresentado na figura 4.

As principais vantagens da utilização dos jardins filtrantes é a sua baixa área requerida, seu custo de implantação e manutenção acessível e a simplicidade da operação, além da ausência da necessidade de energia elétrica. (MOURÃO *et al*, 2015) Somado a estas vantagens, a possibilidade de se utilizar macrófitas como a *Typha spp.*, que possui uso artesanal, apresenta um viés socioeconômico e de integração do equipamento com a comunidade. Tal fator foi preponderante na escolha deste sistema.

Entretanto, para casos em que a vazão de esgotos é elevada, a área requerida pelo jardim filtrante aumenta consideravelmente, sendo superior ao requerido por filtros anaeróbios (WINCKLER&JESUS, 2015).

O processo deste sistema apresenta bons resultados na remoção de matéria orgânica, porém, apresentando eficiência baixa na remoção de nitrogênio e fósforo.

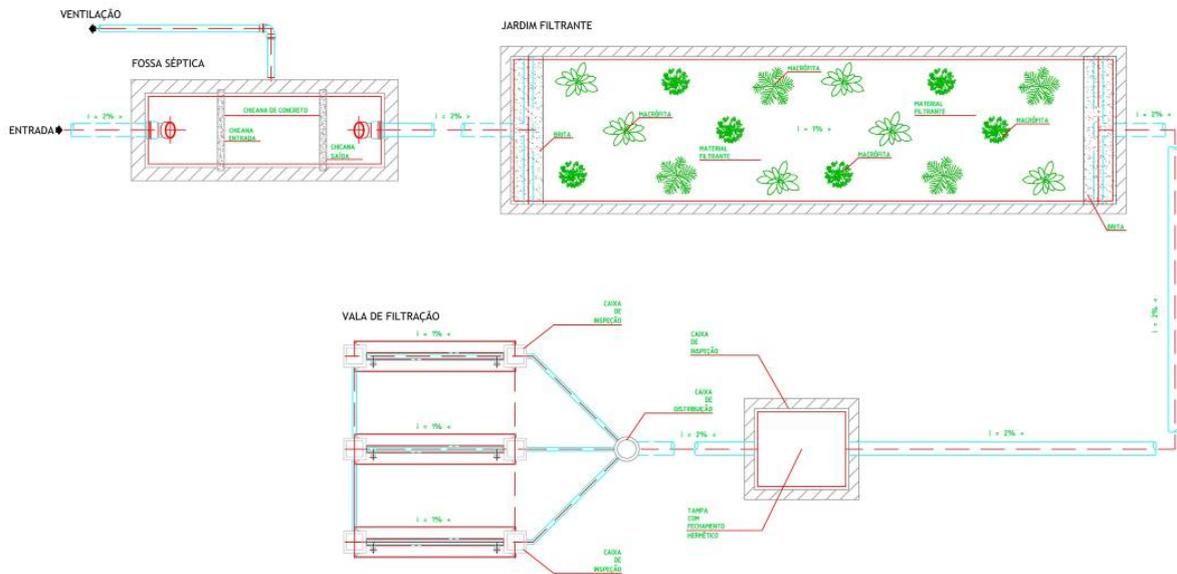
Sua eficiência na remoção de DBO<sub>5</sub> atinge 93%, sólidos em suspensão e sedimentáveis superior a 90%, remoção de fósforo total de 30% e nitrogênio amoniacal de 20% (SEZERINO, P.H., 2015). Seu custo atinge R\$177.744,00, 7,8% superior ao da proposta 1, excluindo-se custos de mão-de-obra, manutenção e transporte. O dimensionamento deste sistema, assim como sua eficiência, seguem apresentados nas tabelas 6 e 7.

**Tabela 6: Cálculos de dimensionamento dos componentes do sistema 2.**

	Unidade	Tanque séptico	Wetland	Vala de Filtração
Vazão afluente total	m <sup>3</sup> /d	72,13	72,13	72,13
Vazão afluente/unidade	m <sup>3</sup> /d	4,51	4,51	4,51
Largura	m	1,20	2,40	0,5
Comprimento	m	3,80	9,60	18
Profundidade	m	2,00	1,20	1,5
Relação L/B	-	3	4	-
Seção superficial	m <sup>2</sup>	4,56	22,03	9
Volume individual	m <sup>3</sup>	9,10	26,43	13,5
Unidades	unid.	16	16	246
Volume total	m <sup>3</sup>	145,60	-	3321,00
Tempo de detenção hidráulica	dias	0,75	2,05	-

**Tabela 7: Proposta 2: Eficiência na remoção dos parâmetros de controle da qualidade da água, por equipamento (JORDÃO&PÉSSOA, 2016; CHERNICHARO, 2010)**

Parâmetros	Unidade	Tanque séptico	Wetland
		Eficiência (%)	
DBO <sub>5,20</sub>	mg/L	30%	90%
Sólidos em suspensão	mg/L	50%	90%
Sólidos Sedimentáveis	mg/L	93%	-
Fósforo total	mg p/L	-	30%
Amônia	mg N/L	-	20%
NMPcoliformes	unid/100ml	1,27 log	-



**Figura 4: Proposta 2: Tanque séptico, jardim filtrante e vala de filtração.**

O sistema representado na proposta 3 é essencialmente o da proposta 2, entretanto, com a adição do reator anaeróbio do tipo 'UASB'. Este consiste em um sistema compacto, com baixa demanda de área, baixo custo de implantação e operação (apesar de superior às demais tecnologias aqui abordadas), baixa produção de lodo e de consumo de energia. Entretanto, estes reatores podem apresentar maus odores, baixa capacidade de tolerar cargas tóxicas e necessidade de pós-tratamento (CHERNICHARO, 2010). A escolha deste sistema deriva de sua capacidade mais elevada que as demais em fornecer um efluente de melhor qualidade, mantendo a aderência a realidade da área de estudo. Este reator também requer um afluente com baixa presença de sólidos grosseiros. Por esta razão, o sistema 3 contempla o uso de tanque séptico na entrada do esgoto coletado, transportando ao reator UASB um efluente clarificado, rico em matéria orgânica, porém, atendendo aos requisitos de retenção de sólidos. O efluente processado no reator UASB, por sua vez, será transportado para os jardins filtrantes, para complementar a remoção de DBO efetuada pelo reator, limitado a 75%. Após ser processado nas 'wetlands', o efluente é disposto no solo através das valas de filtração. Este sistema também possui a capacidade de geração de energia elétrica através da queima do biogás gerado pela digestão do esgoto no reator, energia esta que pode ser utilizada para o seu funcionamento ou para atender a comunidade. O dimensionamento dos equipamentos deste sistema são os mesmos do sistema 2 para tanque séptico, jardins filtrantes e valas de filtração, somando uma unidade de reator anaeróbio do tipo 'UASB' com seção superficial de 6,13 m<sup>2</sup>, volume de 30,63 m<sup>3</sup> e TDH de 10,0 dias. Este sistema segue apresentado na figura 5 e os cálculos do dimensionamento e eficiência nas tabelas 8 e 9. A eficiência na remoção de DBO<sub>5</sub> deste sistema atinge 98%, de sólidos em suspensão e sedimentáveis acima de 90%, remoção de fósforo em 30% e nitrogênio amoniacal em 20% (CHERNICHARO; SPERLING, 2006). O custo do sistema é estimado em R\$242.813,00, 36,6% mais dispendioso do que o sistema 2 e 47,3% mais caro do que o sistema 1, entretanto, apresentando maior eficiência na remoção de matéria orgânica.

**Tabela 8: Cálculos de dimensionamento dos componentes do sistema 3.**

	Unidade	Tanque séptico	UASB	Wetland	Vala de Filtração
Vazão afluyente total	m <sup>3</sup> /d	72,13	72,13	72,13	72,13
Vazão afluyente/unidade	m <sup>3</sup> /d	4,51	72,13	4,51	4,51
Largura	m	1,20	1,75	2,40	0,5
Comprimento	m	3,80	3,50	9,60	18
Profundidade	m	2,00	5,00	1,20	1,5
Relação L/B	-	3	2	4	-
Seção superficial	m <sup>2</sup>	4,56	6,13	22,03	9
Volume individual	m <sup>3</sup>	9,10	30,63	26,43	13,5
Unidades	unid.	16	1	16	246
Volume total	m <sup>3</sup>	145,60	30,06	-	3321,00
Tempo de detenção hidráulica	dias	0,75	10,00	2,05	-

**Tabela 9: Proposta 3: Eficiência na remoção dos parâmetros de controle da qualidade da água, por equipamento (JORDÃO&PÉSSOA, 2016; CHERNICHARO, 2010).**

Parâmetros	Unidade	Eficiência (%)		
		Tanque séptico	UASB	Wetland
DBO <sub>5,20</sub>	mg/L	30%	70%	90%
Sólidos em suspensão	mg/L	50%	-	90%
Sólidos Sedimentáveis	mg/L	93%	-	-
Fósforo total	mg p/L	-	20%	30%
Amônia	mg N/L	-	10%	20%
NMPcoliformes totais	unid/ 100ml	1,27 log	-	-

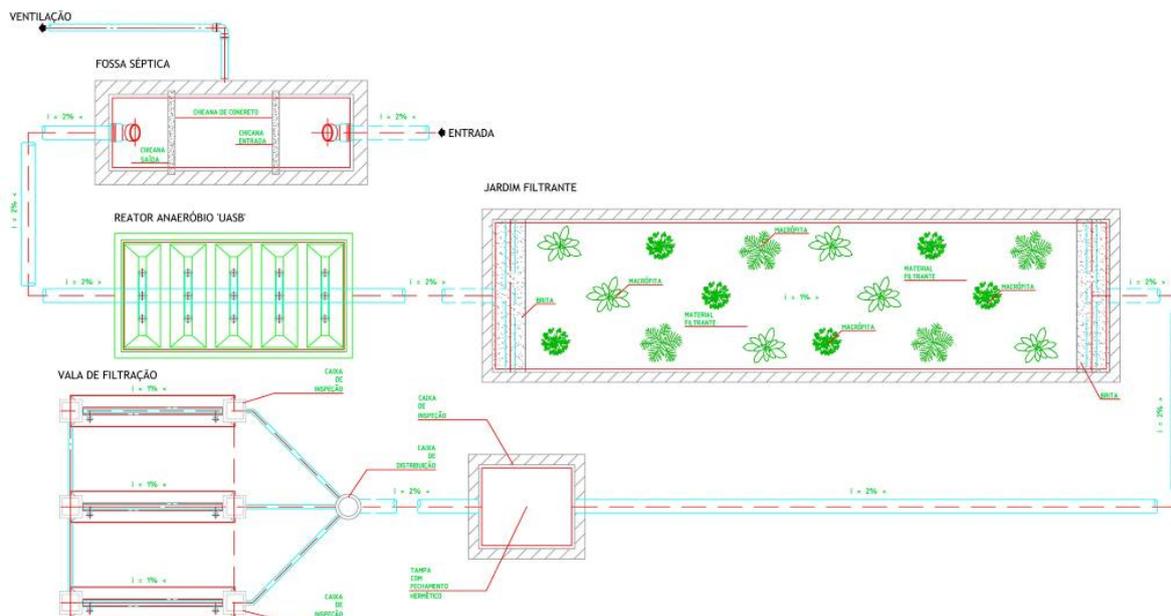


Figura 5: Proposta 3: Tanque séptico, jardim filtrante, reator 'UASB' e vala de filtração.

## CONCLUSÃO

Considerando a importância histórica, patrimonial e ambiental desta Vila, a implantação de um sistema de tratamento de esgotos, especialmente em um momento em que uma ETA compacta fora instalada no local, é importante para preservar aquele ambiente e dar continuidade ao processo de revitalização que se pretende executar nesta Vila.

O estudo de caso executado contemplou, através de revisão da literatura, a análise de três propostas de sistemas de tratamento de esgotos sanitários que poderiam ser implantados na Vila de Paranapiacaba. Para tal, entretanto, é proposta uma reforma do sistema de coleta de esgotos da Vila, inspirado no sistema condominial implantado pelos Ingleses da São Paulo Railway, que transporte todo o efluente para a área além morro, adjacente à Avenida Ford, para onde os sistemas estudados estão designados.

A proposta 01 apresenta elevada aderência às características socioeconômicas da área de estudo, constituindo-se em um sistema de custo baixo (a partir de R\$164.800,00, R\$229,07/habitante) suficiente para tratar os efluentes de toda a Vila. Sua eficiência na remoção de matéria orgânica supera os 90% apesar de reduzir pouco a concentração dos compostos da série nitrogenada, fósforo e microrganismos.

Por sua vez, a proposta 2 apresenta investimento mais elevado, na ordem de R\$177.744,00, R\$247,01/habitante. Entretanto, sua eficiência na remoção de matéria orgânica é equivalente ao do sistema 1 com a adição da remoção de nitrogênio e fósforo em maiores quantidades, entre 20% e 30%, mas ainda pequenas. Esta proposta apresenta um viés socioeconômico através da utilização da macrófita *Typha spp.* que é amplamente utilizada em artesanato por comunidades carentes.

A proposta 3 é a mais completa em termos de tratamento, provendo polimento ao efluente com remoção da matéria orgânica superior a 90%, elevada remoção de sólidos suspensos e adicional de remoção de fósforo e nitrogênio. Adicionalmente, o reator UASB pode gerar energia através da utilização do biogás gerado pela digestão do esgoto. Seu custo de implantação, entretanto, é mais elevado que as demais, atingindo R\$242.813,50, R\$337,71 por habitante.

Das propostas estudadas e do conteúdo abordado neste trabalho, é possível concluir que a utilização de processos mais mecanizados como os reatores anaeróbios 'UASB' exigem maiores investimentos para implantação, porém, entregando efluentes de melhor qualidade. Entretanto os processos mais simples



abordados nas propostas 1 e 2, apesar de menor custo, apresentam boa qualidade final do efluente, devendo ser sempre consideradas para os projetos de sistemas descentralizados.

A escolha das tecnologias a serem adotadas deve ser em função da eficiência do tratamento requerido, da área disponível, facilidades de operação e manutenção, exigências legais e questões ambientais. Assim, a alternativa final a ser adotada deve considerar as maiores vantagens do ponto de vista técnico, econômico e ambiental, devendo-se também buscar o apoio da população atendida a fim de viabilizar a sua implantação de forma integrada, rápida e harmoniosa.

Assim sendo, todas as tecnologias aqui apresentadas são relevantes na aplicação de sistemas descentralizados de esgotamento sanitário, sendo a sua adoção prioritária para a universalização do saneamento no município de Santo André e no Brasil.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. IBGE 2010. Características da população e dos domicílios: resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.
2. PMSB, 2014. Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Santo André. Santo André, 2014.
3. INSTITUTO DE BOTÂNICA. **Paranapiacaba – Informações Gerais**. Acesso em 01/10/2017. Disponível em: < <http://botanica.sp.gov.br/paranapiacaba/informacoes-gerais/> >.
4. OLIVEIRA, A.C. **Revitalização da Vila de Paranapiacaba**. São Paulo: Escola SENAI, 2001.
5. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7229 – **Projeto Construção e Operação de Tanques sépticos**. Rio de Janeiro. 1993.
6. JORDÃO, E.P.; PESSÔA, C.A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. Rio de Janeiro: ABES, 2016.
7. MOURÃO, J.R.; SILVA, M.A.V.; ARRUDA, D.S.; RIBEIRO, L.C.L.J.; PIRES, M.S.G. **Avaliação da eficiência de wetlands construídas, em escala de laboratório, no pós-tratamento de efluentes domésticos**. Universidade de Campinas. Curitiba. 2015. Disponível em: < [http://2sw.ct.utfpr.edu.br/anais/MOURAO\\_JADE.pdf](http://2sw.ct.utfpr.edu.br/anais/MOURAO_JADE.pdf) > Acesso em: 25 de julho de 2017.
8. WINCKLER, V.L.; JESUS, B.M. **Avaliação de um sistema de wetlands construído no pós-tratamento de efluente de frigorífico**. Universidade Tecnológica do Paraná. Curitiba. 2015. Disponível em: < [http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3935/1/CT\\_EC\\_2014\\_2\\_01.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3935/1/CT_EC_2014_2_01.pdf) >. Acesso em: 12 de Agosto de 2017.
9. SEZERINO, P.H.; BENTO, A.P.; DECEZARO, S.T.; MAGRI, M.E.; PHILIPPI, L.S. **Experiências brasileiras com wetlands construídos aplicados ao tratamento de águas residuárias: parâmetros de projeto para sistemas horizontais**. Florianópolis, 2015. GESAD, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.
10. CHERNICHARO, C.A.L. **Reatores Anaeróbios**. Belo Horizonte: Editora UFMG. DESA/UFMG. 2010. 380 p.
11. SPERLING, M.V.; CHERNICHARO, C.A.L.; **Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions: Volume 1**. Londres: IWA Publishing, 2006.