

Paulo Roberto dos Santos
RA:3250065 – 10º Semestre

**LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO: SOLUÇÃO PARA O
TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMICILIARES**

Itatiba – SP

2007

Paulo Roberto dos Santos

RA:3250065 – 10º Semestre

**LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO: SOLUÇÃO PARA O
TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMICILIARES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade São Francisco, como um dos requisitos para a obtenção do bacharelado em Engenharia Civil sob a orientação do Prof^a. Cristina das Graças Fassina Guedes.

Itatiba – SP

2007

SANTOS, Paulo Roberto dos. **Lagoas de estabilização: solução para o tratamento de esgotos domiciliares.** Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em 12 de Dezembro de 2.007, pela banca examinadora constituída pelos professores

Prof^a. Ms. Cristina das Graças Fassina Guedes
Orientadora do TCC

Prof. Dr. Derval dos Santos Rosa

Eng^a Civil Maria Auxiliadora Pedro Dib

AGRADECIMENTOS

- À Deus pelo cuidado e pelo guiar dos passos durante mais este trabalho.
- Aos meus pais que sempre me apoiaram, não me deixando desanimar, em especial ao meu pai, que veio a falecer este ano e aos meus irmãos pelas horas de compreensão,
- A minha orientadora, Prof^a. Cristina das Graças Fassina Guedes, pelas horas de prestimoso auxílio que me foi dedicado;
- Aos meus amigos, minha gratidão pela amizade e pela força durante as baixas no caminho;
- Enfim, àqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho fica registrado o meu Muito OBRIGADO.

SANTOS, Paulo Roberto dos. **Lagoas de estabilização: Solução para o tratamento de esgotos domiciliares**. 2007. 59f. Monografia – Curso de Engenharia Civil da Universidade São Francisco, Itatiba.

RESUMO

O déficit de sistemas de tratamento de esgotos no Brasil chega a índices alarmantes. O bairro de Eleutério localiza-se no município de Itapira, São Paulo e vinha apresentando a necessidade de implantação de um sistema de tratamento de esgotos local. Este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo avaliar e indicar um sistema de tratamento de esgotos para o bairro de Eleutério, município de Itapira, São Paulo. Para este estudo procurou-se desenvolver análises de cunho técnico, econômico e social, como facilitadores para a tomada de decisão para a escolha do sistema de tratamento de esgotos mais apropriado para a região. Analisados os parâmetros, feitas as considerações pertinentes, são estabelecidos critérios que demonstraram que a aplicabilidade do processo de lagoa de estabilização para a localidade estudada é viável, sendo a que melhor se apresentava diante das condições locais.

Palavras-chave: Esgotos; Lagoas de Estabilização; Tratamento;

ABSTRACT

The deficit of the sewages treatment systems in Brazil achieves alarming rates. The Eleutério suburb is located in Itapira, São Paulo and had been showing the introduction's necessity of a local sewage treatment system. This assignment of a course conclusion has the intention of assessing and propounding a sewage treatment system to Eleutério, located in Itapira, São Paulo. To this assignment, I tried to develop technical, economical and social analyses, to become the decision easier to choose the best sewage treatment to the region. After analyzing all the relevant considerations, I established some criteria demonstrating that the process of the lagoon stabilization in this area would be possible because the local conditions are favorable.

Key – words: Sewages; Stabilization lagoons; Treatment.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	01
LISTA DE FIGURAS.....	02
LISTA DE GRÁFICOS.....	04
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS.....	05
1. INTRODUÇÃO.....	06
2. UMA VISÃO GERAL DO SANEAMENTO	09
3. METODOLOGIA	15
4. OPÇÕES PARA O TRATAMENTO DE ESGOTOS	16
4.1. Primário.....	17
4.1.1 Tratamento preliminar.....	17
4.1.2 Tratamento primário.....	18
4.2. Secundário.....	18
4.2.1 Lagoas de estabilização e variantes.....	18
4.2.1.1 Lagoa facultativa.....	18
4.2.1.2 Sistemas de lagoas de anaeróbias-lagoas facultativas.....	19
4.2.1.3 Lagoa aerada facultativa.....	20
4.2.1.4 Sistema de lagoas aeradas de mistura completa – lagoas de decantação.....	21
4.2.2 Sistemas de lodos ativados e variantes.....	22
4.2.2.1 Lodos ativados convencional.....	22
4.2.2.2 Aeração prolongada.....	24
4.2.2.3 Fluxo intermitente (batelada).....	25
4.2.3 Sistemas aeróbios com biofilmes.....	26
4.2.3.1 Filtros biológicos de baixa carga.....	26
4.2.3.2 Filtros biológicos de alta carga.....	27
4.2.3.3 Biodisco.....	28

4.2.4 Tratamento anaeróbio.....	29
4.2.4.1 Sistema fossa séptica - filtro anaeróbio.....	29
4.2.4.2 Reator anaeróbio de manta de lodo.....	30
4.2.5 Disposição de efluentes no solo.....	31
4.2.5.1 Infiltração lenta (irrigação).....	31
4.2.5.2 Infiltração rápida.....	32
4.2.5.3 Infiltração subsuperficial.....	33
4.2.5.4 Aplicação com escoamento artificial.....	34
5. LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO.....	36
6. PROJETO DA ETE.....	45
6.1 Cálculos Preliminares.....	45
6.1.1. População.....	45
6.1.2. Vazão.....	45
6.1.3. Concentração de carga orgânica.....	45
6.1.4. Temperatura.....	46
6.1.5. Taxa de aplicação superficial.....	46
6.2 Dimensionamento.....	46
6.2.1. Cálculo da carga afluente de DBO_5	46
6.2.2. Cálculo da área requerida.....	47
6.2.3. Cálculo do volume resultante.....	47
6.2.4. Cálculo do tempo de detenção resultante.....	47
6.2.5. Coeficiente de remoção de $DBO(k)$	47
6.2.6. Correção para temperatura 23°C.....	47
6.2.7. Estimativa de DBO efluente.....	48
6.2.8. Eficiência na remoção da DBO	48
6.2.9. Dimensões da lagoa.....	48
6.2.10. Cálculo do acúmulo do lodo.....	49

7. CONCLUSÃO.....	50
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
9. ANEXOS.....	53

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Evolução da Cobertura dos Serviços no Brasil.....	13
TABELA 2 - Distribuição regional dos Déficits em saneamento no Brasil.....	13
TABELA 3 - Internações hospitalares pela falta de saneamento no Brasil – 1995 a 1999.....	14
TABELA 4 - Processamento do lodo nos principais sistemas de tratamento de esgotos.....	35
TABELA 5 – A temperatura da água na lagoa, em função da temperatura do ar.....	38
TABELA 6 - Comparação dos custos de disposição final do lodo de esgoto para algumas alternativas	43

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Tubulações na cidade assíria de Nimrud.....	9
FIGURA 2 - Aqueduto romano em forma de arco e Termas de Diocleciano.....	10
FIGURA 3 - Boca do coletores da antiga Roma (514aC).....	11
FIGURA 4 - Sistemas de Lagoas de Estabilização	
a) Lagoa facultativa.....	19
b) Sistemas de lagoas de anaeróbias-lagoas facultativas.....	20
c) Lagoa aerada facultativa.....	21
d) Sistema de lagoas aeradas de mistura completa – lagoas de decantação.....	22
FIGURA 5 - Sistemas de lodos ativados	
a) Lodos ativados convencional.....	23
b) Aeração prolongada.....	24
c) Fluxo intermitente (batelada).....	25
FIGURA 6 - Sistemas anaeróbios	
a) Filtros biológicos de baixa carga	27
b) Filtros biológicos de alta carga.....	28
c) Biodisco.....	29
FIGURA 7 - Sistemas aeróbios com biodiscos	
a) Sistema fossa séptica - filtro anaeróbio.....	30
b) Reator anaeróbio de manta de lodo.....	31
FIGURA 8 - Sistemas de Disposição no Solo	
a) Infiltração lenta (irrigação).....	32
b) Infiltração rápida.....	33
c) Infiltração subsuperficial.....	34
d) escoamento superficial.....	35

FIGURA 9 - Temperatura mínima durante período frio (agosto 2005).....	38
FIGURA 10 - Temperatura média mês frio (agosto 2005).....	39
FIGURA 11 - Insolação Anual.....	40
FIGURA 12 - Nebulosidade Anual.....	40
FIGURA 13 - Precipitação Anual.....	41
FIGURA 14 - Velocidade média do vento.....	42

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - Insolação (H) média em São Paulo.....	39
--	----

Lista de Símbolos e Abreviaturas

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

USP – Universidade de São Paulo

USAID – Agência Internacional dos Estados Unidos para o Desenvolvimento

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

ETE – Estação de Tratamento de Esgotos

EESC – Escola de Engenharia de São Carlos

DESA – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental

SABESP – Companhia de Saneamento Básico de Estado de São Paulo

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DBO₅ – Demanda Bioquímica de Oxigênio aos 5 dias (20°C)

PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico

UASB – Upflow Anaerobic Sludge Blanket

RAFA – Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente

1. INTRODUÇÃO

Dentre as prioridades de extrema importância numa administração municipal, encontra-se a de se ter um sistema de esgotamento sanitário configurado com rede coletora atendendo 100% das residências, emissários e interceptores devidamente executados e sistema de tratamento para as águas residuárias domésticas.

O planejamento e a construção de um sistema de esgotamento sanitário eficiente numa cidade seja ela de pequeno, médio ou grande porte é um desafio para os administradores, porém um desafio necessário e urgente, pois aponta para estatísticas de extremo impacto social, já que se alcançam índices favoráveis, fundamentalmente no que se refere à melhoria da qualidade de vida da população atendida.

Com relação ao déficit de tratamento de esgotos, os números não são nada animadores, cerca de 50% da população não conta com destinação final adequada para o esgoto doméstico (Fonte IBGE). Este fato aponta para situações de grave agressão ao meio ambiente, pois os mananciais que cruzam as cidades sem tratamento adequado são atingidos diretamente por vários pontos de descarga de esgoto bruto, causando, além dos danos diretos ao corpo d'água, às vezes, sérios focos de proliferação de doenças.

Sistemas de esgotamento sanitário para atendimento de áreas urbanas devem possuir efetivo planejamento e monitoramento, tendo sua sustentabilidade na forma eficiente e econômica como são implantados, já que as obras a serem realizadas devem possibilitar expansão urbana e o desenvolvimento.

Estima-se de maneira aproximada, que seriam necessários investir hoje, no Brasil, mais de 40 bilhões de reais (cerca de 16,80 bilhões de dólares) em saneamento básico para que fossem alcançadas condições consideradas adequadas e desejáveis.

Dentre o contexto de necessidades de execução, não só de redes coletoras, mas também de estações finais de tratamento dos esgotos, deve-se estabelecer parâmetros para que sejam feitos projetos de forma consciente, que leve em consideração as características locais de onde será estabelecida a estação de tratamento de esgotos. A determinação destes parâmetros permite que a interação dos fatores, diante do crescimento da compreensão dos microorganismos, da biologia, do meio ambiente, da bioquímica, além da arquitetura, das engenharias, da economia, da sociologia, da política, consigam fornecer bases sólidas para a escolha da melhor opção para determinada cidade. Principalmente se levarmos em conta o número de processos de tratamento de esgotos que podem ser instaurados, e dos mais variados custos que podem ser adotados dependendo do projeto que será escolhido na determinada municipalidade. As unidades de tratamento de esgotos, não são mais vistas como simples tanques, que recebem o esgoto bruto e lançam efluentes

tratados, mas como unidades complexas, que se adaptam melhor dependendo das condições (fatores) a que elas forem submetidas, pois não se trata do simples tratamento, mas de microorganismos (agentes biológicos) que sofrem interferências das mais variadas, e que interferem no desempenho da estação de tratamento de esgotos.

Diante de tantas variáveis, torna-se necessário o estudo para à otimização da construção, da operação, e da manutenção do sistema (custo), buscando a melhor relação custo/eficiência do tratamento, embasado em um plano diretor municipal para futuras ocupações residenciais e industriais.

Na elaboração de um projeto um dos primeiros dados a serem levantados é a determinação das vazões de esgoto a serem encaminhadas à estação, possibilitando o trabalho de dimensionamento de um sistema de esgotamento sanitário planejado.

A preocupação em se estabelecer a quantidade da vazão bem como sua projeção futura está em que o despejo final deste depende de criteriosa avaliação, um exemplo simples, lançar os esgotos de uma cidade de 10.000 habitantes no rio Amazonas é algo totalmente diferente do que lançá-lo em um pequeno córrego com 0,50 m de largura. No primeiro caso, os efeitos na vida aquática são quase desprezíveis, porém, no córrego o efeito é catastrófico.

Baseando-se nesse princípio, a legislação estabelece padrões numéricos para que cada localidade possa se adaptar, e tornar possível o tratamento com o despejo do efluente no corpo receptor.

Além das sempre necessárias ampliações na rede coletora de esgoto, as obras de implantação de interceptores e emissários devem ser detalhadamente projetadas, pois o transporte das águas residuárias se configura em obra limitante no que se refere ao planejamento unificado de demanda demográfica. A correta implantação de Interceptores e Emissários desloca os vários pontos de lançamento de esgoto bruto dos mananciais para um único ponto onde o mesmo será devidamente tratado.

A partir de todas estas definições, uma cidade pode planejar a execução das obras necessárias a alcançar o atendimento a 100% de seus habitantes no que se refere ao Esgotamento Sanitário.

Acrescente-se ainda que ações secundárias devem complementar um projeto global de um sistema de esgotamento sanitário de uma massa urbana. Pode-se citar por exemplo, a edição de lei municipal limitando o crescimento da cidade em direção ao sistema de tratamento do esgoto, para que se mantenha sempre uma distância mínima entre o sistema e prováveis habitações, porém isso não deve ser um empecilho para o crescimento organizado da cidade, que possui dispositivos para planejamento e disponibilizarão de áreas, ações estas que trarão benefícios, e qualidade de vida aos moradores da cidade.

Finalmente, percorridas as etapas que se iniciaram num projeto global de implantação de um sistema de esgotamento sanitário eficiente e planejado que atenda à 100% dos habitantes, a municipalidade poderá proceder a escolha da melhor opção para tratamento de esgotos, gerando uma sensível melhora na qualidade de vida de sua população.

2. UMA VISÃO GERAL DO SANEAMENTO

Já se tem conhecimento de que desde os primórdios da humanidade, a água é utilizada para abastecimento das populações. Tal abastecimento requer que os resquícios da utilização dessas águas tenham um fim próprio. E desde a antiguidade esses cuidados vem sendo tomados, os primeiros que se tem conhecimento são datados próximo a 3750aC, são as galerias de esgoto achadas em Nippur, Índia. Ruas com canais de esgoto cobertos por tijolos, casas com banheiras e privadas, com seus esgotos lançados nos canais são datadas de 3200 aC.

Existem algumas ilustrações que ajudam a entender a forma das “redes de coleta”, como na exemplificada figura 1 que expõe antigas tubulações da cidade assíria de Nimrud.

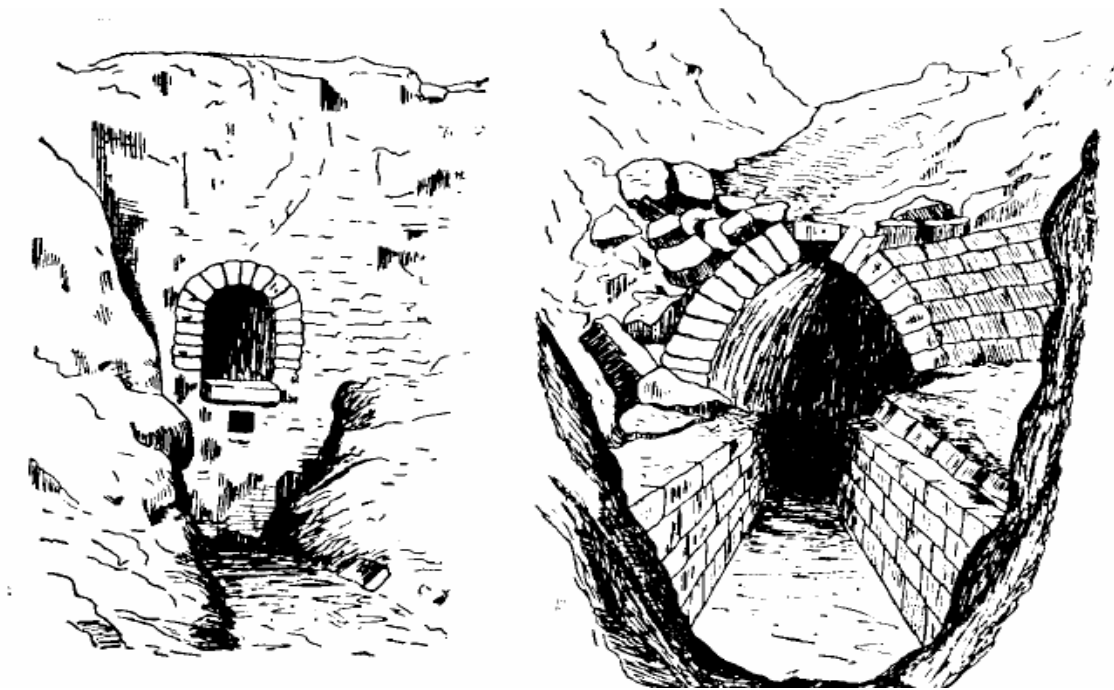


FIGURA 1 - Tubulações na cidade assíria de Nimrud.

Fonte: SABESP

Preocupações com medidas sanitárias podiam ser observadas no séc. III aC, o tratado de Hipócrates - Ares, Águas e Lugares – procurou informar ao médico sobre a relação entre o ambiente e a saúde.

Na Grécia, impulsionada não só pelo mau cheiro que proporcionava, mas também pelo conhecimento acumulados com o tempo, os dejetos (fezes), eram enterrados ou lançados para longe das residências. Entretanto, o povo que mais se conscientizou da

necessidade do saneamento tanto no aspecto de distribuição como no aspecto de coleta das águas servidas, foi o povo romano.

Eles representaram grande evolução ao construir sistemas de distribuição como os aquedutos e as termas (figura 2). Algumas ruas já possuíam encanamentos, porém, estes serviam fontes públicas e lares mais ricos que podiam pagar por esse privilégio. Estima-se que no séc. IV aC existiam 856 banhos públicos e 14 termas, sendo gasto aproximadamente 750 milhões de litros de água por dia. Por volta de 50 dC Roma possuía 10 aquedutos totalizando cerca de 421 km, sendo 87% enterrados, 2% em estruturas baixas e 11% em arcos.



a) Aqueduto romano em forma de arco.

b) Termas de Diocleciano.

FIGURA 2 – Sistemas de Saneamento

Fonte: SABESP

Houve nessa época boa compreensão dos gestores públicos na relação da saúde com o abastecimento de água e afastamento das águas servidas. As coletas eram feitas em tubulações de tijolos na forma de túneis com chaminés que serviam de “caixa de inspeção” (figura 3).

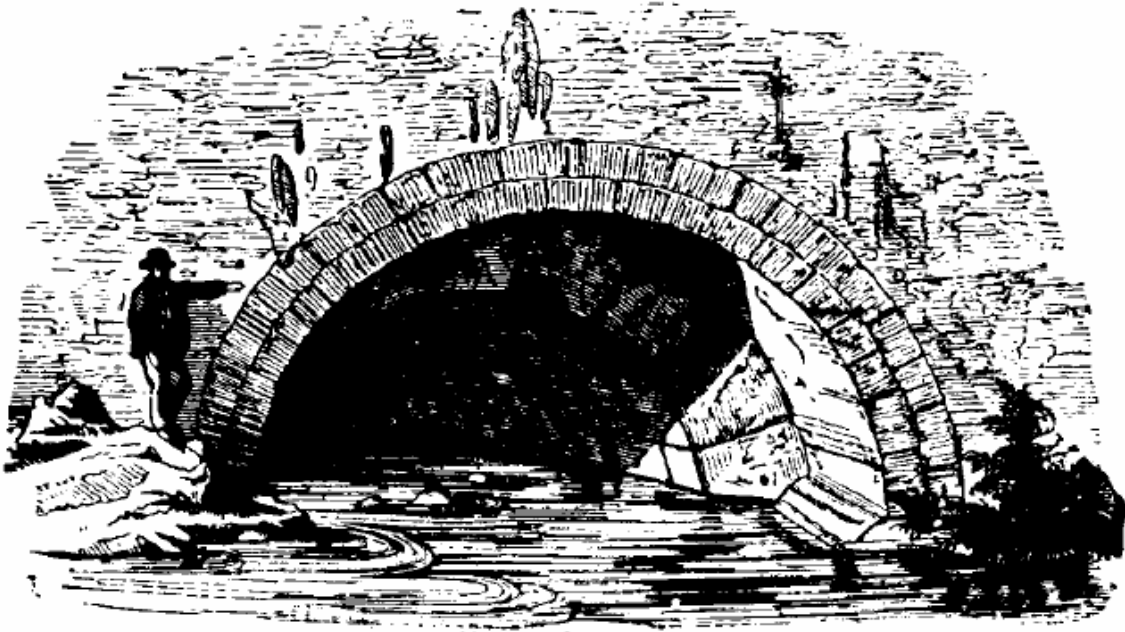


FIGURA 3 - Boca dos coletores da antiga Roma (514aC).

Fonte: SABESP

Com a queda do império romano na idade média, todo progresso sanitário que havia até o momento se tornou retrocesso. Com o conhecimento da área relacionado aos eclesiásticos e alguns poucos senhores, ambas as classes detinham o poder político e econômico relacionado a sua privilegiada condição social, a população passou por crises terríveis devido ao desconhecimento imposto, e teve conseqüências drásticas como a peste que dizimou quase 1/3 da população européia. Essa situação lastimável chegou a tal ponto que foi necessário instaurar a hora do “sai de baixo”. Nessa época a população jogava fezes, urina e água servida no meio da rua, o que causava muitas brigas entre a população. A fim de amenizar este problema, na hora estabelecida era possível se “livrar” dos dejetos não bem vistos sem atingir ninguém. Boa parte da população escavava poços dentro de casa, mas com a presença de fossas e esterco perto dos poços, prática comum neste tempo, os poços se tornavam contaminados.

Na idade moderna conceitos são formados e a água antes nas mãos de alguns poucos volta ao domínio público, são vistos os conceitos de medidor de velocidade de escoamento e de vazões.

A partir da metade do século XIX foram feitas a implantação e administração do saneamento bem como a legislação destes e outros serviços públicos. Nas cidades capitais do velho mundo foram implantadas as redes de coletas de águas servidas que são despejadas nos cursos d’água. Um importante passo dado nessa fase é o renascimento da relação saneamento e saúde pública.

No Brasil, com respeito à questão de saneamento, desde o começo da nossa história os serviços públicos foram terceirizados, inclusive os serviços de saneamento, principalmente em concessão aos ingleses em função dos acordos anteriores à nossa formação como “País”. O Rio de Janeiro foi a 5ª (quinta) cidade no mundo a contar com um sistema de coleta de esgoto sanitário, concluído em 1864. Com o final da primeira guerra mundial o descontentamento foi muito grande principalmente com a questão dos serviços públicos, motivos gerados pela falta de investimentos na ampliação de redes de coleta de esgotos e de distribuição de água.

A partir da década de 50 o aumento dos conflitos sociais, aumento da pobreza, deterioração da qualidade de vida, o êxodo provocado pela mística de crescimento da “cidade grande”, fizeram com que medidas precisassem ser tomadas a fim de não piorar a situação eminente de caos sanitário do cenário que estava se desenhando.

Para cuidar da situação foram criadas as agências ambientais e as companhias estaduais de saneamento. No Brasil existem basicamente 2 (dois) modelos de administração dos serviços de saneamento:

Modelo 1: Serviços Municipais (1.661 municípios) – quando o município administra os serviços de saneamento através:

- da administração direta municipal;
- de entidade autônoma: autarquia, empresa pública ou companhia com controle acionário do município;
- cerca de 60 concessões à iniciativa privada.

Modelo 2: Companhias Estaduais de Saneamento (3.900 municípios – 74% da população urbana).

- São empresas de economia mista, com controle acionário de cada Estado da federação, que operam os serviços de água e esgoto mediante contratos de concessão.

Apesar da criação dessas companhias e das melhoras apresentadas desde então, o Brasil apresenta um quadro bastante preocupante. Cerca de 40% da população em área urbana (aproximadamente 60 milhões de pessoas) não possuem coleta de esgotos. Essa parcela da população pode ser facilmente visualizada quando pensamos nos bolsões das grandes cidades causados pelo crescimento desordenado desses centros urbanos.

Outro fator preocupante está em que, segundo estimativas 50% dos esgotos coletados não são tratados e, portanto, despejados “in natura” nos corpos d’água (IBGE). Em tempos anteriores muitas avaliações eram feitas de forma empírica ou pela apreciação visual, com o passar do tempo os dados estatísticos passaram a possibilitar avaliações mais

eficazes. Os dados apresentados a seguir mostrarão que apesar das melhorias ocorridas, a situação não é das mais agradáveis, pois ainda estamos muito longe do aceitável (tabela 1). Há ainda uma discrepância muito grande dentro do nosso próprio país, regionalmente as condições sanitárias variam muito conforme mostra a tabela 2.

TABELA 1 - Evolução da Cobertura dos Serviços no Brasil.

INDICADOR	1970	1980	1990	2000
ABASTECIMENTO DE ÁGUA				
Domicílios urbanos com rede pública (%)	60,5	79,2	86,3	90,0
Acréscimo de pessoas com rede pública (milhões de pessoas)		32	32	28
ESGOTAMENTO SANITÁRIO				
Domicílios urbanos com rede coletora (%)	22,2	37,0	47,9	56,0
Acréscimo de pessoas com rede pública (milhões de pessoas)		12	24	24
Domicílios urbanos com fossa séptica (%)	25,3	22,9	20,9	16,0

Fonte: Abicalil, M. T. O pensamento do setor de saneamento no Brasil, 2002

TABELA 2 - Distribuição regional dos Déficits em saneamento no Brasil.

REGIÃO	DÉFICIT - ABASTECIMENTO DE ÁGUA ⁽¹⁾ (%)	DÉFICIT - ESGOTAMENTO SANITÁRIO ⁽²⁾ (%)
Norte	52,0	64,4
Nordeste	33,6	62,1
Sudeste	11,7	17,7
Sul	19,9	36,2
C.oeste	26,8	59,2
Brasil	22,2	37,8

Fonte: Abicalil, M. T. O pensamento do setor de saneamento no Brasil, 2002

(1) Domicílios totais sem rede de abastecimento de água

(2) Domicílios totais sem rede coletora ou fossa

As relações da saúde com o saneamento também são evidenciados declarando aquilo que dantes fora apresentado (tabela 3).

TABELA 3 – Internações hospitalares pela falta de saneamento no Brasil – 1995 a 1999.

CAUSAS DE INTERNAÇÕES	NORTE	NORDESTE	SUDESTE	SUL	C.OESTE	BRASIL
Doenças infecciosas intestinais (1)	385.226	1.508.658	729.210	439.182	206.003	3.268.279
Doenças transmitidas por vetores e reservatórios (2)	117.279	29.299	14.100	4.564	11.395	176.637
Totais	502.505	1.537.957	743.310	443.746	217.398	3.444.916
Percentuais	14,5	44,6	21,6	12,9	6,3	100

Fonte: Abicalil, M.T. O pensamento do setor de saneamento no Brasil, 2002

(1) Cólera, diarreia, gastroenterite, febre tifóide, shigelose, amebíase, infecção alimentar, infecções intestinais mal definidas

(2) Dengue, esquistossomose, malária, leptospirose, doenças de Chagas

3. METODOLOGIA

Tendo em vista o objetivo geral desse trabalho, que é o de avaliar e indicar um sistema de tratamento de esgotos para o bairro de Eleutério, município de Itapira, São Paulo, inicialmente procurou-se proceder ao levantamento bibliográfico sobre as principais formas de tratamento de esgotos que fosse compatível com as necessidades da gleba em questão.

Foram obtidas ainda, informações sobre as condições de climáticas, meteorológicas, e de relevo da região por meio de dados previamente publicados.

Além disso, de acordo com a população de fim de plano, procurou-se desenvolver análises de cunho técnico, econômico, social e através do estabelecimento destes parâmetros, tomou-se a decisão para a escolha do tipo de tratamento de esgotos mais viável para o Bairro de Eleutério.

4. OPÇÕES PARA O TRATAMENTO DE ESGOTOS

Não há como falar em tratamento de esgotos sem falar nos processos iniciais que o compõem. Estes processos em cadeia constituem o sistema de tratamento integral, e este tem como base a presença de microorganismos que são oriundos da própria rede inicial de coleta de esgotos chegando finalmente até a jusante do sistema que é a estação de tratamento de esgotos.

Na estação de tratamento o processo biológico instaurado é responsável pelo tratamento do esgoto (tratamento biológico de esgotos). Este se assemelha de certa forma aos processos biológicos naturais que ocorrem num corpo d'água após o lançamento de esgoto. Neste caso a matéria orgânica é transformada em produtos mineralizados inertes, processo este chamado de autodepuração.

Então nos perguntamos: se os processos são parecidos, por que não se “utiliza” simplesmente o despejo de esgoto no corpo d'água? A resposta é mais simples ainda, é que no tratamento de esgoto pela estação é possível que se desenvolva condições controladas (controle da eficiência) e condições de estabelecimento dessa eficiência em taxas mais elevadas.

Os principais organismos que estão presentes no tratamento de esgotos são as bactérias, os fungos, as algas e os vermes. A utilização de determinados organismos dependem do tipo de processo de tratamento a ser utilizado. No caso de lagoas, algas e bactérias são fundamentais, procura-se nesse tipo de tratamento um equilíbrio entre esses dois organismos. Em tratamento de resíduos industriais a capacidade do fungo de sobreviver em baixas taxas de pH o tornam utilizável para esse tipo de tratamento.

Como visto, cada tipo de tratamento tem suas características próprias que serão abordadas mais particularmente a seguir para podermos obter uma visão geral dos sistemas de tratamento atuais.

Dependendo do poluente encontrado no esgoto deve-se utilizar um sistema de tratamento que seja combativo as substâncias encontradas. Os poluentes mais comuns encontrados no esgoto doméstico são: sólidos em suspensão, matéria orgânica biodegradável, poluentes patogênicos, nitrogênio, fósforo.

Parte dos sólidos presentes no esgoto é de origem orgânica e a outra é de origem mineral (inorgânica). Qualquer sistema de tratamento de esgotos visa separar esses sólidos da água e tratá-los para reduzir o seu papel de poluição, antes de dispor-los, de maneira que não se torne um veículo de transmissão de doenças.

Os sólidos voláteis suspensos e dissolvidos, que estão relacionados com o material orgânico presente nos esgotos, serão metabolizados de acordo com cada processo de tratamento. Os sólidos dissolvidos inorgânicos ou fixos passam pelo processo sem qualquer alteração, saindo diretamente pelo efluente. Os sólidos suspensos fixos, por sua vez, serão incorporados na biomassa bacteriana, contribuindo para a formação dos lodos do processo.

A DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio é a medida da quantidade de oxigênio necessária para estabilizar uma determinada quantidade de matéria orgânica biodegradável. Isto significa que a DBO é um indicador e não um elemento ou substância. A sua validade como o principal parâmetro para avaliar a “qualidade” dos esgotos tem sido muito questionada, entretanto, ele se mantém até hoje como padrão para a grande maioria dos estudos e análises do setor.

Para a DQO – Demanda Química de Oxigênio, mede a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar determinada quantidade de matéria orgânica pela oxidação química, através de um forte produto oxidante como o permanganato de potássio. Esta reação oxida não só a fração biodegradável, superestimando a demanda de oxigênio necessária à depuração biológica do despejo.

No caso do sistema de esgoto a ser implantado em Eleutério (bairro da cidade de Itapira que será apresentado mais detalhadamente no capítulo 3), será estudado o tratamento de matéria orgânica biodegradável que é a demanda existente para o tratamento de esgoto.

Os sistemas de tratamento que serão estudados são descritos a seguir:

4.1. Primário

4.1.1. Tratamento preliminar

Esse tratamento destina-se principalmente à remoção de sólidos grosseiros e areia. Os mecanismos utilizados por esse tratamento são de ordem física, com peneiramento e sedimentação. Além disso é comum a instalação de medidor de vazão também na entrada

do sistema. A composição mais comum para o tratamento é uma grade para retenção dos sólidos grosseiros, depois tem um desarenador seguido por um medidor de vazão. A principal função do tratamento preliminar é a proteção dos dispositivos subsequentes, sejam tubulações, bombas, etc.

4.1.2. Tratamento primário

O tratamento primário destina-se à remoção de sólidos em suspensão sedimentáveis e sólidos flutuantes. Os esgotos após passarem pelo tratamento preliminar ainda contêm sólidos em suspensão não grosseiros, que podem ser removidos em unidades de decantação. Uma parte significativa desses sólidos em suspensão é compreendida pela matéria orgânica em suspensão. Assim, a sua remoção por processos simples como a sedimentação implica na redução da carga de DBO dirigida ao tratamento secundário, onde a sua remoção é de certa forma mais custosa. As fossas sépticas são também uma forma de tratamento a nível primário mas como poderá ser observado não será aplicado em todos os processos de tratamento devido a particularidade de cada tipo de tratamento.

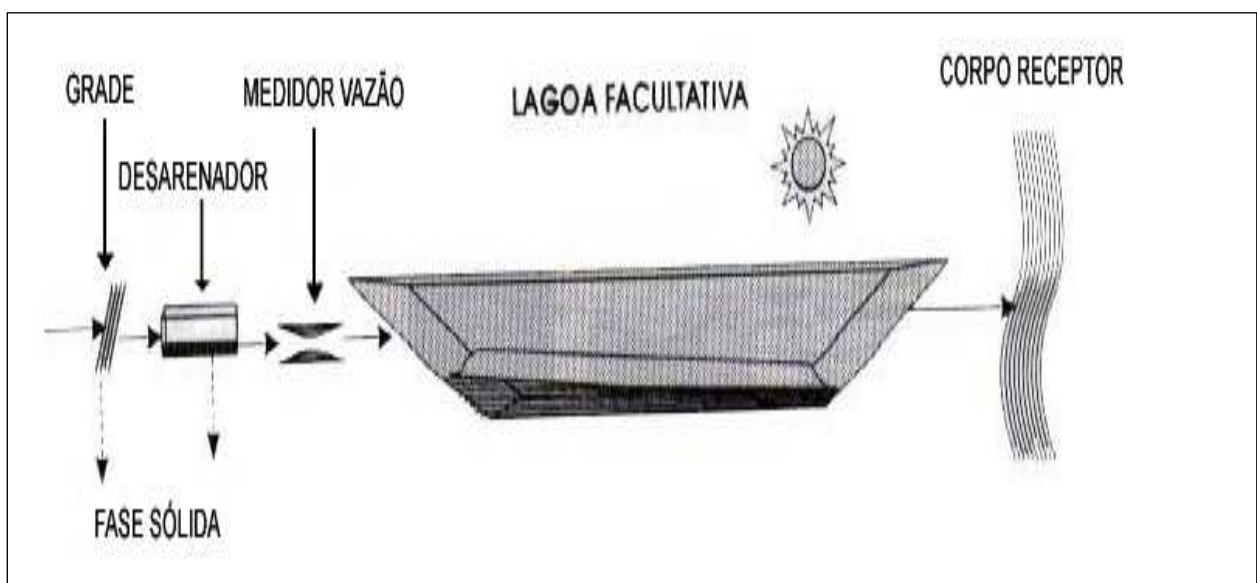
4.2 Secundário

4.2.1 Lagoas de estabilização e variantes

4.2.1.1. Lagoa facultativa

São lagoas para tratamento de esgotos, é de grande facilidade construtiva já que se baseia na movimentação de terra e preparação de taludes, levando-se em consideração uma boa compactação deste solo e se necessário a impermeabilização destas lagoas. Dentre as lagoas este é o processo mais simples dependendo exclusivamente de fenômenos naturais. Neste tratamento a hidráulica é muito importante pois o esgoto entra por uma extremidade e sai pela outra, sendo necessário um controle deste tempo de autodepuração para que neste período os agentes biológicos se encarregam de estabilizar a matéria orgânica. Uma ressalva, entretanto, é que devido ao tempo de tratamento ser da ordem de 20 dias dentro da lagoa, esta requer um espaço considerável para sua construção. A DBO solúvel e finamente particulada é estabilizada por bactérias dispersas no

meio líquido, ao passo que a DBO suspensa tende a se sedimentar, sendo estabilizada anaerobiamente por bactérias no fundo da lagoa. O oxigênio requerido pelas bactérias aeróbias é fornecido pelas algas, através da fotossíntese. De outra forma a decomposição da matéria se dá através de bactérias facultativas (daí o nome do tipo de lagoa) que têm a capacidade de sobreviver tanto na presença quanto na ausência de oxigênio sendo estas bactérias facultativas responsáveis pelo sucesso do tratamento na fase anaeróbia. Essas bactérias utilizam a própria matéria como fonte de energia. Há entre as bactérias e as algas uma “troca”, a bactéria consome oxigênio e produz gás carbônico e a alga produz oxigênio e consome gás carbônico, portanto, completando um ciclo de tratamento de esgotos através de lagoas facultativas.



a) Lagoa facultativa

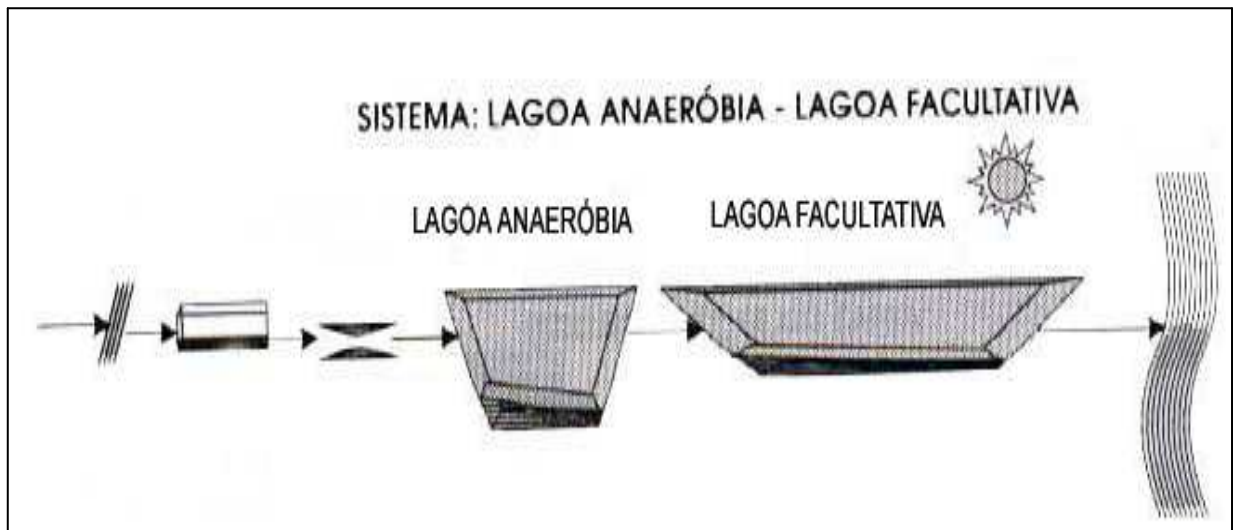
FIGURA 4 - Sistemas de lagoas de estabilização

Fonte: Von Sperling, Marcos. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 2ª ed. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 1996.

4.2.1.2 Sistemas de lagoas de anaeróbias-lagoas facultativas

Esse sistema também conhecido como sistema australiano tem como característica a existência de duas lagoas que apresentam sistemas biológicos de tratamento distintos. Na

primeira lagoa de menor dimensão predomina o sistema anaeróbio fazendo assim um tratamento parcial que alivia sobremaneira o tratamento da segunda lagoa que é uma lagoa facultativa. O sistema mencionado pode reduzir para cerca de 1/3 a área requerida pelo sistema tradicional de lagoas facultativas, entretanto a existência de uma etapa anaeróbia pode ocasionar a liberação de gás sulfídrico, responsável pelos odores fétidos, provocando mau cheiro. É um sistema simples que não requer mão-de-obra especializada sendo esta de simples execução.



b) Sistemas de lagoas de anaeróbias-lagoas facultativas

FIGURA 4 - Sistemas de lagoas de estabilização

Fonte: Von Sperling, Marcos. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 2ª ed. Belo Horizonte : DESA-UFMG, 1996.

4.2.1.3 Lagoa aerada facultativa

Esse sistema é uma solução no caso de se querer ter um sistema totalmente aeróbio. Nele há introdução de aeradores que são suficientes para injetar oxigênio (através do turbilhamento) em maior quantidade, se comparado ao processo biológico tradicional, entretanto não é suficiente para fazer com que os sólidos em suspensão da matéria orgânica fique na massa líquida ocasionando assim, o tratamento do sólido no fundo da

lagoa, daí o nome facultativo. A introdução desse tipo de equipamento se justifica na medida em que a aeração provocada permite que o tempo de detenção do esgoto para o tratamento seja em torno de 5 a 10 dias, no tratamento por lagoas facultativas este tempo é da ordem de 20 dias, requisitando uma área bem menor para a instalação do tratamento. Esse tipo de lagoa, devido a mecanização, é menos simples de operar e fazer manutenção, além do custo com energia elétrica.



c) Lagoa aerada facultativa

FIGURA 4 - Sistemas de lagoas de estabilização

Fonte: Von Sperling, Marcos. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 2ª ed. Belo Horizonte : DESA-UFMG, 1996.

4.2.1.4 Sistema de lagoas aeradas de mistura completa – lagoas de decantação

Uma forma de se reduzir ainda mais o volume da lagoa aerada é de se aumentar o nível de aeração, fazendo com que haja uma turbulência grande o suficiente para que todo o sólido fique em suspensão no meio líquido. A denominação mistura completa vem do fato de toda matéria orgânica além das bactérias ficarem no meio líquido propiciando uma maior concentração das bactérias, aumentando o contato bactérias-matéria orgânica. Devido a esse fato a eficiência no tratamento é aumentada permitindo que o volume da lagoa aerada seja bastante reduzido. O tempo de detenção na lagoa aerada fica bastante reduzido, em

torno de 2 a 4 dias. Apesar da elevada eficiência no tratamento um novo problema passou a ser criado. A biomassa permanece em suspensão e sai juntamente com o efluente para o corpo receptor. Ainda que tratada, a biomassa é matéria orgânica, ocasionando no corpo receptor uma demanda por oxigênio, degradando a qualidade das águas. Para que este fato não ocorra é introduzido a este sistema uma lagoa de decantação onde esta biomassa com o tempo possa decantar no fundo da lagoa onde são acumulados e removidos depois de alguns anos de utilização da lagoa. A área requerida por este sistema é a menor dentre os sistemas de lagoas, os requisitos de energia são similares aos demais sistemas de lagoas aeradas, um dos problemas encontrados neste sistema é a remoção do lodo que é trabalhosa e cara e deve ocorrer no período de 2 a 5 anos.



d) Sistema de lagoas aeradas de mistura completa – lagoas de decantação

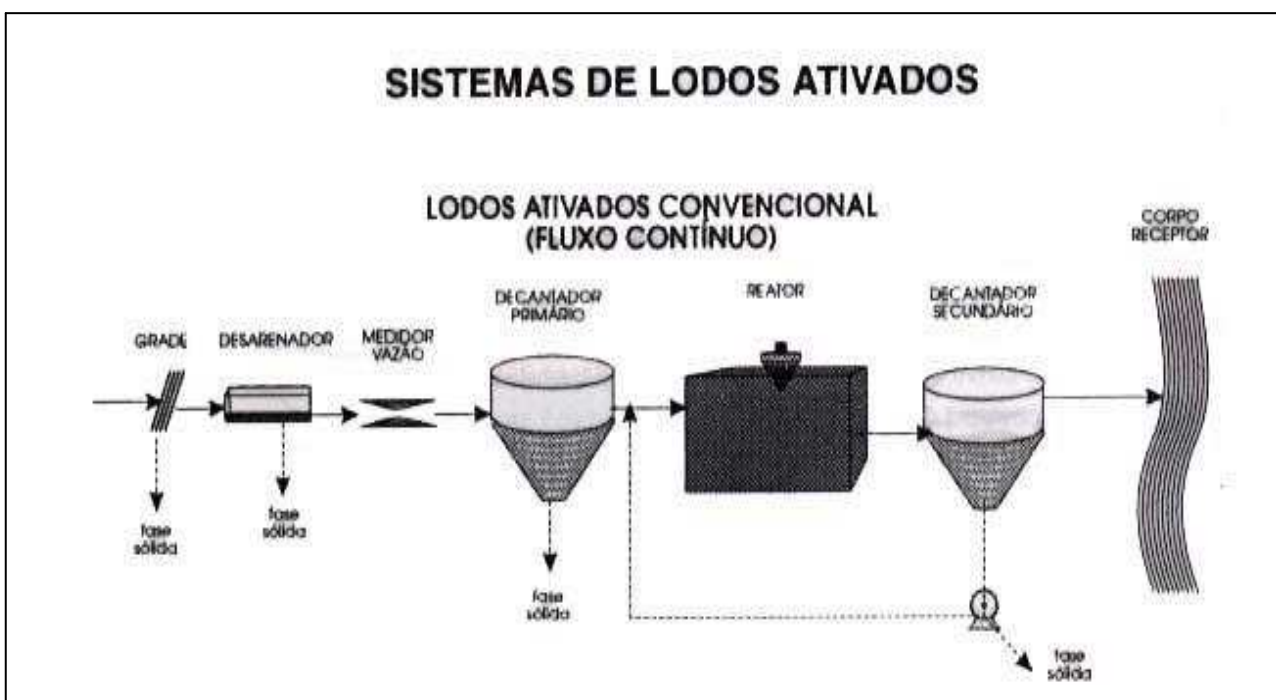
FIGURA 4 - Sistemas de lagoas de estabilização

Fonte: Von Sperling, Marcos. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 2ª ed. Belo Horizonte : DESA-UFMG, 1996.

4.2.2 Sistemas de lodos ativados e variantes

4.2.2.1 Lodos ativados convencional

Ao se analisar os sistemas de lagoas descritos no item precedente, tornou-se evidente que uma redução no volume requerido pode ser alcançada por meio do aumento da concentração de biomassa em suspensão no meio líquido. Quanto mais bactérias houver em suspensão, maior será a avidéz por alimento, ou seja, maior será a eficiência do sistema. O sistema de lodos ativados consiste em se fazer retornar ao tanque de aeração parte da matéria orgânica que será decantada no decantador secundário, fazendo assim com que haja também uma circulação das bactérias aumentando a concentração destas no tanque de aeração. As unidades essenciais nesse sistema são o tanque de aeração, tanque de decantação (decantador secundário), elevatória de recirculação de lodo. A concentração de sólidos em suspensão no tanque de aeração é mais de 10 vezes superior à de uma lagoa aerada de mistura completa. Com um baixo tempo de detenção esse sistema requer uma área bem pequena para a implantação, o tempo de detenção é da ordem de 6 a 8 horas. Com a recirculação, entretanto, os sólidos permanecem por mais tempo, na ordem de 4 a 10 dias. Esse tempo dos sólidos no sistema garante ao lodo ativado a elevada eficiência. Para se economizar em termos de energia para aeração, parte da matéria orgânica é retirada dos esgotos antes do tanque de aeração através do decantador primário. Devido a alta recirculação dos sólidos com o aumento das bactérias, é necessário a presença de mecanismos de controle para fazer com que o sistema fique em equilíbrio, já que o aumento descontrolado das bactérias ocasionaria uma demanda excessiva por oxigênio fazendo com que o sistema não tratasse satisfatoriamente os sólidos. Esse sistema de controle pode ser a retirada do lodo biológico que pode ser extraída diretamente do reator o da linha de recirculação. O sistema de lodos ativados convencional ocupa áreas bem inferiores às do sistema de lagoas, no entanto o fluxograma do sistema é bastante complicado exigindo mão-de-obra especializada para a sua operação, e os gastos com energia elétrica são um pouco superiores aos de lagoas aeradas.



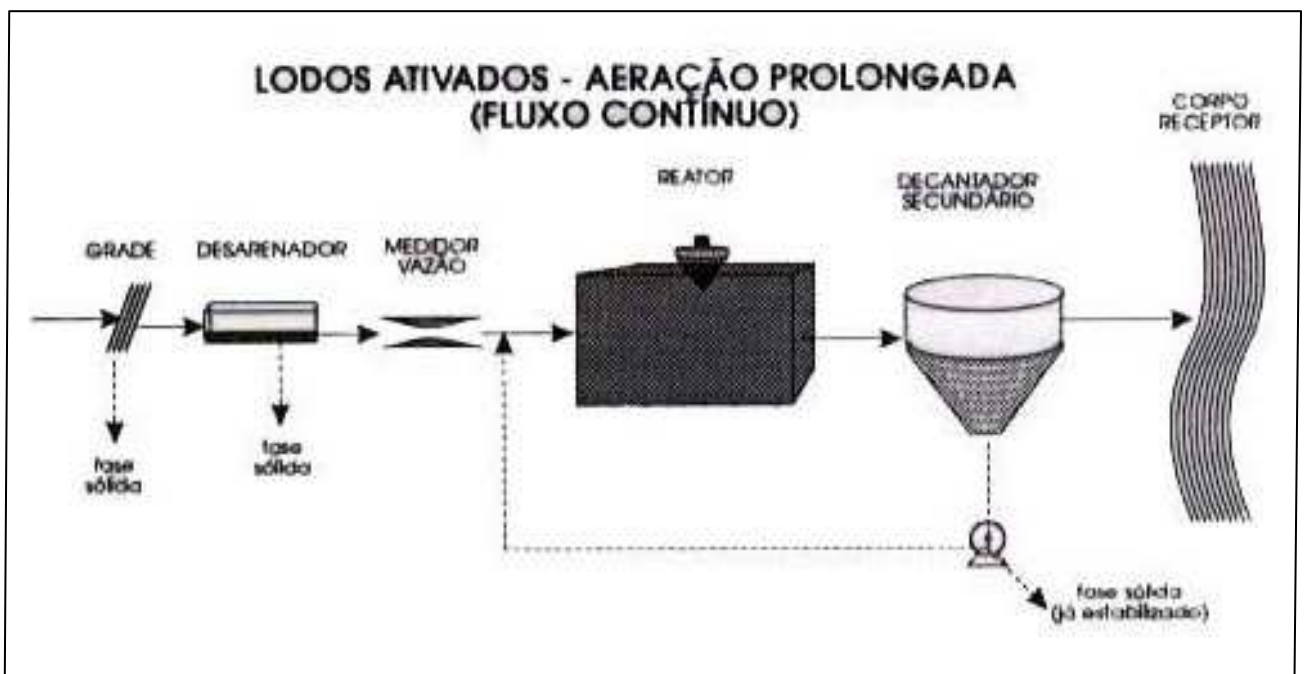
a) Lodos ativados convencional

FIGURA 5 - Sistemas de lodos ativados

Fonte: Von Sperling, Marcos. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 2ª ed. Belo Horizonte : DESA-UFMG, 1996.

4.2.2.2 Aeração prolongada

No sistema de lodos ativados convencional o lodo permanece no sistema de 4 a 6 dias, com esse período a biomassa retirada no lodo excedente requer ainda uma etapa de estabilização no tratamento do lodo, por conter um elevado teor de matéria orgânica na composição de suas células. Caso a biomassa permaneça no sistema mais tempo, na ordem de 20 a 30 dias (daí o nome aeração prolongada), recebendo a mesma carga de DBO do esgoto bruto, haverá uma menor disponibilidade de alimento para as bactérias. Para que a biomassa permaneça mais tempo no sistema é necessário que o aerador seja maior. Portanto há menos matéria orgânica por unidade de volume do tanque de aeração. As bactérias para sobreviver passam a utilizar nos seus processos metabólicos a própria matéria orgânica componente das suas células. Essa matéria orgânica é convertida em gás carbônico e água através da respiração, isto corresponde a uma estabilização da biomassa ocorrendo no próprio tanque de aeração. Com isso não se utiliza o decantador primário simplificando assim, o fluxograma. O preço a ser pago na adoção deste sistema é o aumento com energia para a aeração, já que o lodo é estabilizado aerobiamente no aerador. Por causa do tipo de processo adotado, este é o tratamento mais eficiente na remoção de DBO.



b) Aeração prolongada

FIGURA 5 - Sistemas de lodos ativados

Fonte: Von Sperling, Marcos. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 2ª ed. Belo Horizonte : DESA-UFMG, 1996.

4.2.2.3 Fluxo intermitente (batelada)

O princípio do processo de lodos ativados com operação intermitente consiste na incorporação de todas as unidades constituintes e operações do sistema convencional de lodos ativados, quais sejam, decantação primária, oxidação biológica e decantação secundária, em um único tanque. Utilizando um tanque único, esses processos e operações passam a ser simplesmente seqüências no tempo, e não unidades separadas como ocorrem nos processos convencionais de fluxo contínuos. O processo de lodos ativados com fluxo intermitente pode ser utilizado também na modalidade de aeração prolongada, quando o tanque único passa a incorporar também a unidade de digestão do lodo. O processo consiste em um reator de mistura completa onde ocorrem todas as etapas do tratamento. Isso é conseguido através do estabelecimento de ciclos de operação com durações definidas, a massa biológica permanece no reator durante todos os ciclos, eliminando dessa forma a necessidade de decantadores separados. Os ciclos normais de tratamento são: enchimento (entrada de esgoto bruto ou decantado no reator), reação (aeração/mistura da massa líquida contida no reator), sedimentação (sedimentação e separação dos sólidos em suspensão o esgoto tratado), esvaziamento (retirada do esgoto tratado do reator), repouso (ajuste de ciclos e remoção do lodo excedente). A duração usual de cada ciclo pode ser alterada de acordo com as características do tratamento e afluente. O fluxograma do processo é grandemente simplificado, devido à eliminação de diversas unidades, se comparado ao sistema de lodo ativado de fluxo contínuo.



c) Fluxo intermitente (batelada)

FIGURA 5 - Sistemas de lodos ativados

Fonte: Von Sperling, Marcos. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 2ª ed. Belo Horizonte : DESA-UFMG, 1996.

4.2.3 Sistemas aeróbios com biofilmes

4.2.3.1 Filtros biológicos de baixa carga

O processo tem um conceito bem diferente dos processos anteriores. Ao invés da biomassa crescer dispersa em um tanque ou lagoa, ela cresce aderida a um meio suporte. Um filtro biológico consiste, basicamente em um leito de material grosseiro, tal como pedras, ripas ou material plástico, sobre a qual os esgotos são aspergidos. Após aplicação os esgotos percolam em direção aos drenos de fundo. Essa percolação permite o crescimento bacteriano na superfície da pedra ou do material sintético (material não muito utilizável devido ao alto custo material), promovendo o contato entre os microorganismos e o material orgânico. Os filtros biológicos são sistemas aeróbios, pois o ar circula nos espaços vazios entre as pedras, fornecendo oxigênio para a respiração dos microorganismos. A função do meio é de oferecer suporte para a formação da película microbiana, a medida que a biomassa cresce na superfície o espaço vazio tende a diminuir, fazendo com que a velocidade de escoamento nos poros aumente. Ao atingir um valor determinado, esta velocidade causa uma tensão de cisalhamento, que desaloja parte do material aderido, essa é uma forma natural de controle da população microbiana no meio. O lodo desalojado deve ser removido nos decantadores secundários, de forma a diminuir o nível de sólidos em suspensão no efluente final. Nos sistemas de filtros biológicos de baixa carga, a quantidade de DBO aplicada é menor. Com isso, a disponibilidade de alimentos é menor, o que resulta

numa estabilização parcial do lodo (autoconsumo de matéria orgânica celular) e numa maior eficiência do sistema na remoção da DBO. O sistema de baixa carga é simples conceitualmente, embora a eficiência comparável à do sistema de lodos ativados convencional, a operação é mais simples, porém menos flexível.



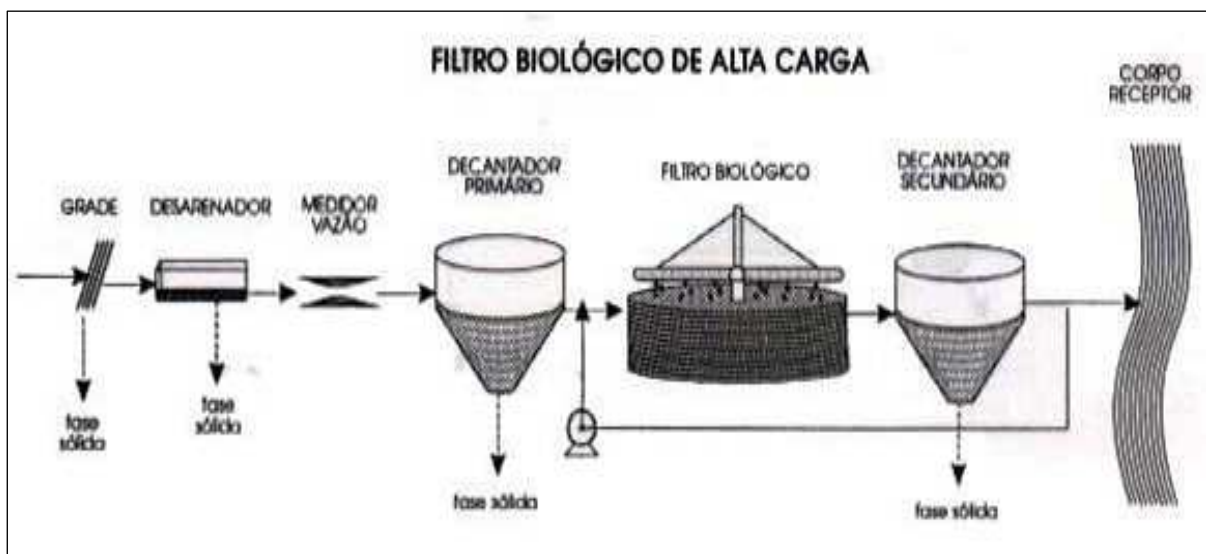
a) Filtros biológicos de baixa carga

FIGURA 6 - Sistemas aeróbios com biofilmes

Fonte: Von Sperling, Marcos. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 2ª ed. Belo Horizonte : DESA-UFMG, 1996.

4.2.3.2 Filtros biológicos de alta carga

Os filtros biológicos de alta carga são conceitualmente similares aos de baixa carga. No entanto, por receberem uma maior carga de DBO por unidade de volume de leito, o requisito de área é menor. Uma outra diferença diz respeito à existência de recirculação do efluente. Essa é feita com os objetivos de: manter a vazão constante durante todo o período, equilibrar a carga afluente e possibilitar uma nova chance de contato matéria-efluente. Outra forma de se melhorar a eficiência dos filtros biológicos, ou de se tratar esgotos mais concentrados em matérias orgânicos, é através da utilização de dois filtros em série, denominado como um sistema de filtros biológicos de dois estágios. Há várias possíveis configurações, com diferentes formas de recirculação do efluente. Neste tipo de tratamento o material utilizado no filtro é muito importante, o material mais utilizado ainda é a brita, porém esta apresenta inconvenientes (limitação de espaços vazios, restringindo a circulação de oxigênio disponível para os microorganismos), materiais sintéticos no entanto representam boa solução para o problema pois apresentam maior área de contato (aproximadamente o dobro das pedras típicas), além de aumentarem significativamente os espaços vazios para a recirculação de ar e serem cerca de 30 vezes mais leves que a brita. Isto proporciona a elaboração de filtros com o dobro da altura dos filtros convencionais com britas.



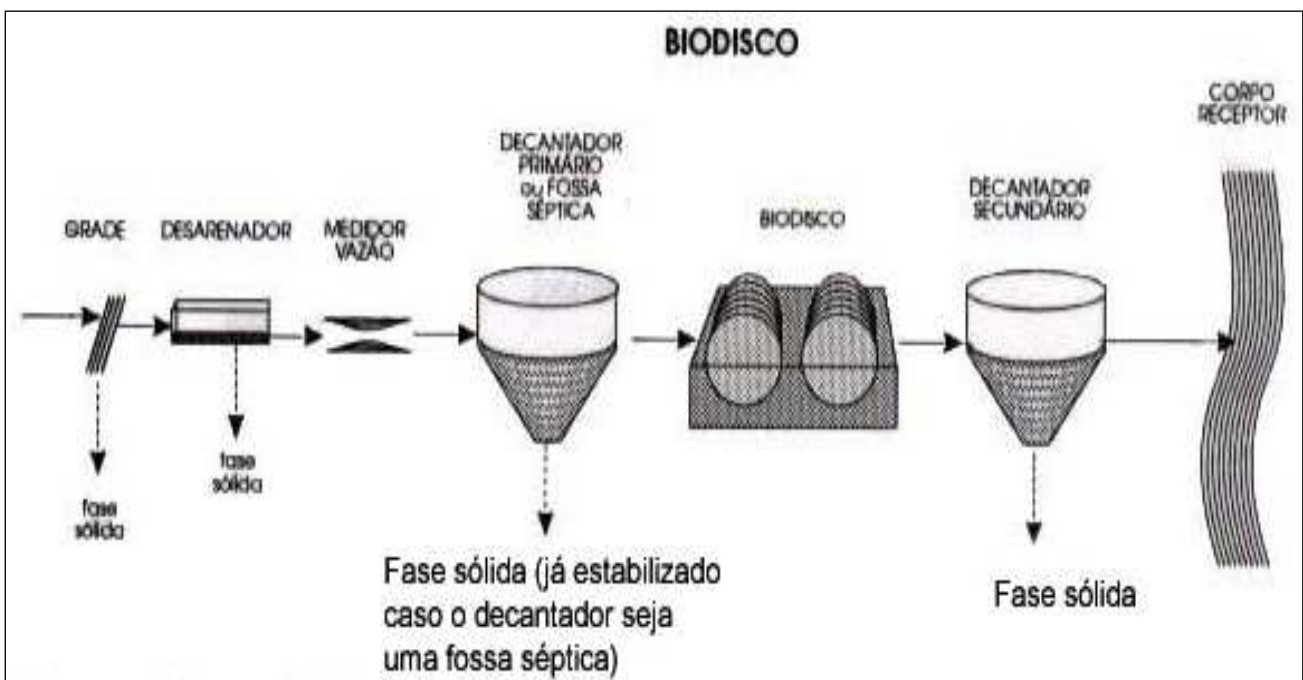
b) Filtros biológicos de alta carga

FIGURA 6 - Sistemas aeróbios com biofilmes

Fonte: Von Sperling, Marcos. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 2ª ed. Belo Horizonte : DESA-UFMG, 1996.

4.2.3.3 Biodiscos

O processo de biodiscos é fisicamente diferente dos outros processos, ele consiste de uma série de discos espaçados, montados num eixo horizontal. Os discos giram devagar, e mantêm, em cada instante, cerca de metade da área superficial imersa no esgoto, e o restante exposto ao ar. Os discos têm usualmente cerca de 3,6 m diâmetro, sendo constituído de plástico de baixo peso. O processo de tratamento está em que os microorganismos dos esgotos começam a aderir aos biodiscos, e ali crescem até que toda superfície dos biodiscos estejam cobertas por uma fina camada biológica. Com o giro do disco é permitida a absorção de oxigênio que é locado com os esgotos parcialmente tratados. Quando a camada biológica atinge determinada espessura ela se desgarra dos discos mas se mantêm em suspensão devido a rotatividade do discos, aumentando a eficiência dos sistemas. Os sistemas de biodiscos são utilizados principalmente para o tratamento dos esgotos de pequenas comunidades. O nível operacional é moderado, e os custos de implantação ainda são elevados.



c) Biodisco

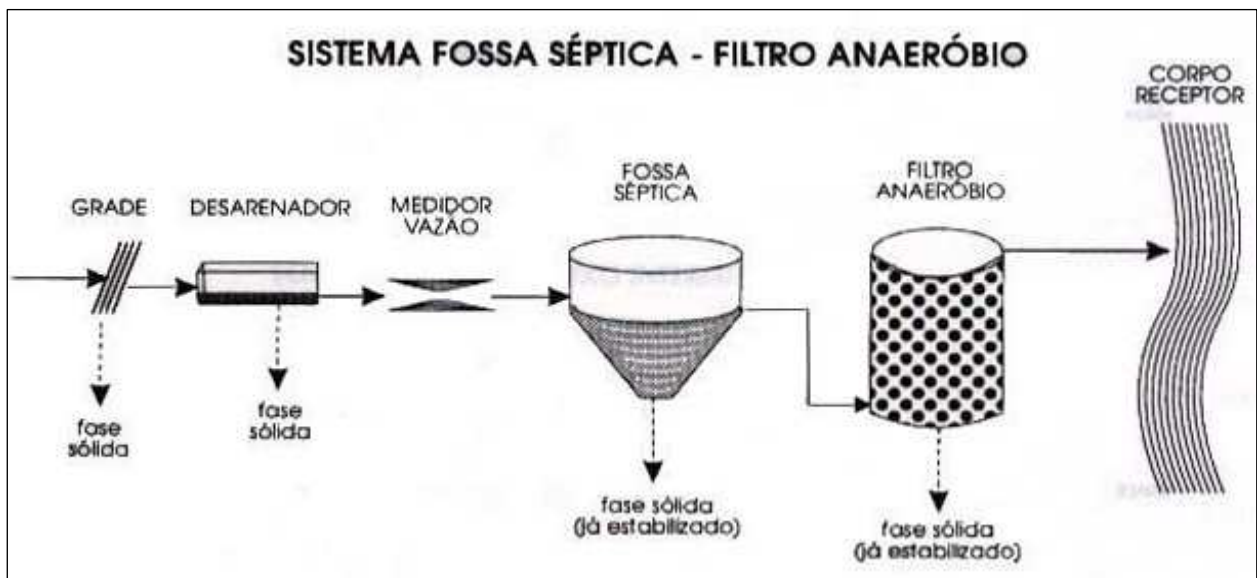
FIGURA 6 - Sistemas aeróbios com biofilmes

Fonte: Von Sperling, Marcos. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 2ª ed. Belo Horizonte : DESA-UFMG, 1996.

4.2.4 Tratamento anaeróbio

4.2.4.1 Sistema fossa séptica - filtro anaeróbio

O sistema de fossas seguidas de filtros anaeróbios tem sido amplamente utilizado em nosso meio rural e em comunidades de pequeno porte. A fossa séptica, usualmente do tipo tanque Imhoff, remove a maior parte dos sólidos em suspensão, os quais sedimentam e sofrem o processo de digestão anaeróbia no fundo do tanque. A matéria orgânica efluente da fossa séptica se dirige ao filtro anaeróbio, onde ocorre a sua remoção, também em condições anaeróbias. O filtro anaeróbio apresenta alguma igualdade conceitual com os filtros biológicos aeróbios: em ambos os casos, a biomassa cresce aderida a um meio suporte (pedras). No entanto, o filtro anaeróbio apresenta algumas importantes diferenças: entrada do afluente na parte inferior do filtro, o filtro trabalha submerso, a carga de DBO aplicada por unidade de volume é bastante elevada, o que garante as condições anaeróbias e repercute na redução de volume do reator, a unidade é fechada. A eficiência é usualmente inferior à dos processos aeróbios. A produção de lodo é bem baixa e este já sai estabilizado. Por ser anaeróbio, corre-se sempre o risco de maus odores que podem ser bastante reduzidos por uma boa fase de projetos.



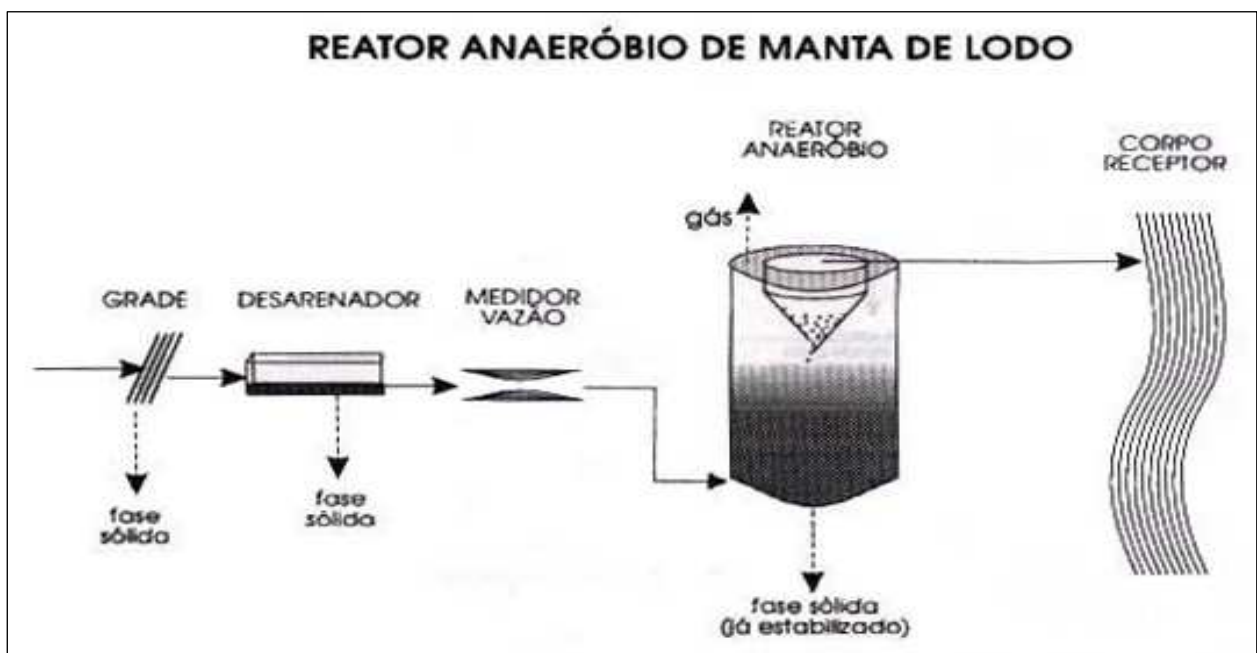
a) Sistema fossa séptica - filtro anaeróbio

FIGURA 7 - Sistemas aeróbios com biodiscos

Fonte: Von Sperling, Marcos. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 2ª ed. Belo Horizonte : DESA-UFMG, 1996

4.2.4.2 Reator anaeróbio de manta de lodo

Os reatores anaeróbios de manta de lodo são também conhecidos como reatores anaeróbicos de fluxo ascendente (RAFA ou UASB). Nesses reatores a biomassa cresce dispersa no meio líquido, mas com a alta concentração desta biomassa no meio há tendência de se aglutinarem formando pequenos grânulos, que serviram de suporte para o crescimento de bactérias. Devido há grande concentração, a área do reator pode ser bem pequena. O fluxo do líquido é ascendente, como resultados da atividade anaeróbia são formados gases (principalmente metano e gás carbônico), as bolhas apresentam também uma tendência ascendente. De forma a reter biomassa no sistema, impedindo com que ela saia com o efluente, a parte superior dos reatores de manta de lodo apresentam uma estrutura que possibilita as funções de separação e acúmulo de gás e de separação e retorno dos sólidos (biomassa). O gás é recolhido na parte superior para reaproveitamento ou queima. Os sólidos sedimentam na parte superior desta estrutura cônica ou piramidal escorrendo pelas suas paredes, até retornarem ao corpo do reator. A produção de lodo é bem baixa e o lodo já sai estabilizado. Como em todo processo anaeróbio há sempre o risco da liberação de maus odores, que podem ser minimizados por um bom projeto.



b) Reator anaeróbio de manta de lodo

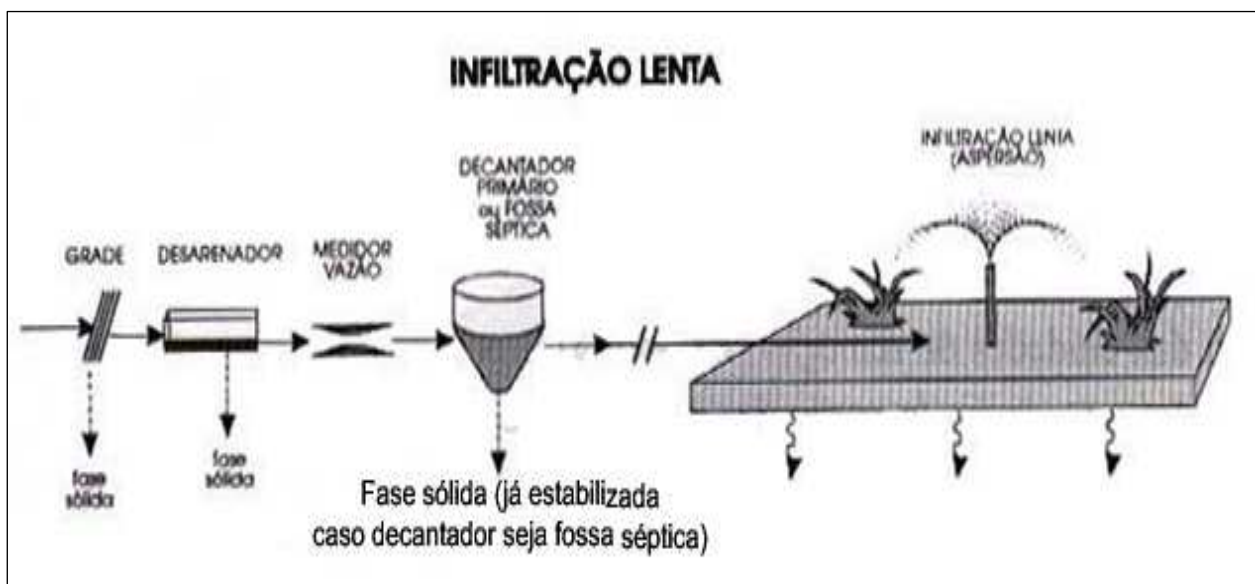
FIGURA 7 - Sistemas aeróbios com biodiscos

Fonte: Von Sperling, Marcos. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 2ª ed. Belo Horizonte : DESA-UFMG, 1996

4.2.5 Disposição de efluentes no solo

4.2.5.1 Infiltração lenta (irrigação)

Na irrigação lenta, os esgotos são aplicados no solo para fornecer a água e os nutrientes necessários para aumentar o crescimento das plantas. Algum líquido pode ser perdido por evaporação ou percolado além do alcance das raízes das plantas, mas a maior parte é incorporada ao tecido vegetal ou transpirado para a atmosfera, os tipos comuns de infiltração lenta são: aspersão, alagamento, crista e vala. Este é o sistema que requer a maior área superficial por unidade de esgoto tratado.



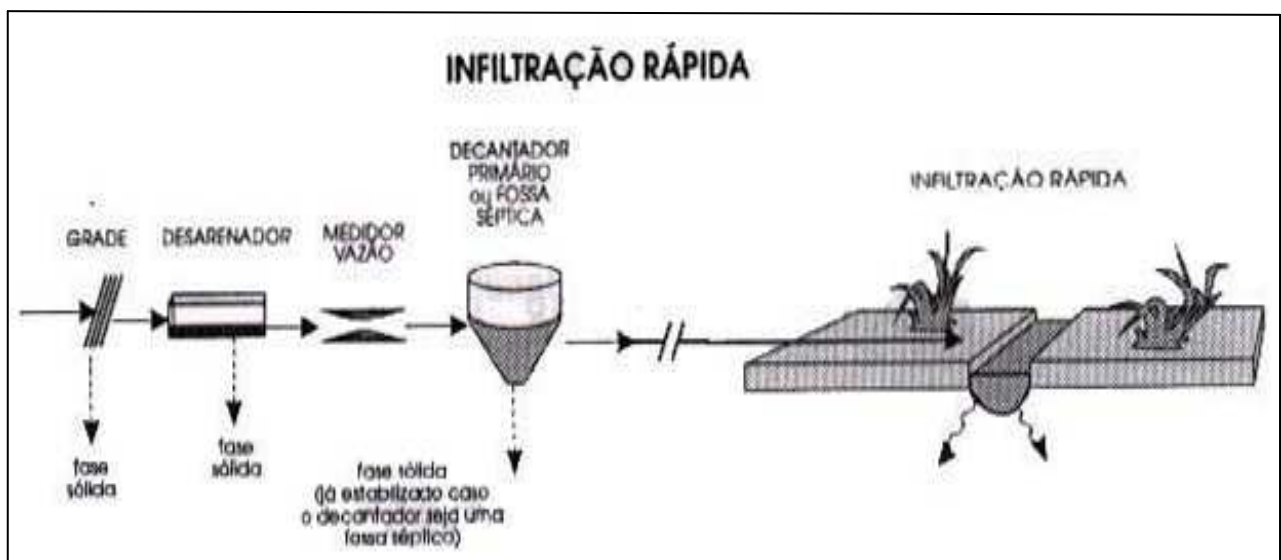
a) Infiltração lenta (irrigação)

FIGURA 8 - Sistemas de Disposição no Solo

Fonte: Von Sperling, Marcos. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 2ª ed. Belo Horizonte : DESA-UFMG, 1996

4.2.5.2 Infiltração rápida

Na infiltração rápida, os esgotos são dispostos em bacias construídas em terra, rasas e sem revestimento, o líquido passa através do fundo poroso e percola em direção à água subterrânea, a aplicação é feita de forma intermitente, para permitir um período de descanso para o solo. Neste período, o solo seca e restabelece as condições aeróbias. Devido a taxas de aplicação serem mais elevadas, as perdas por evaporação são pequenas, e a maior parte do líquido percola pelo solo, sofrendo assim o tratamento.



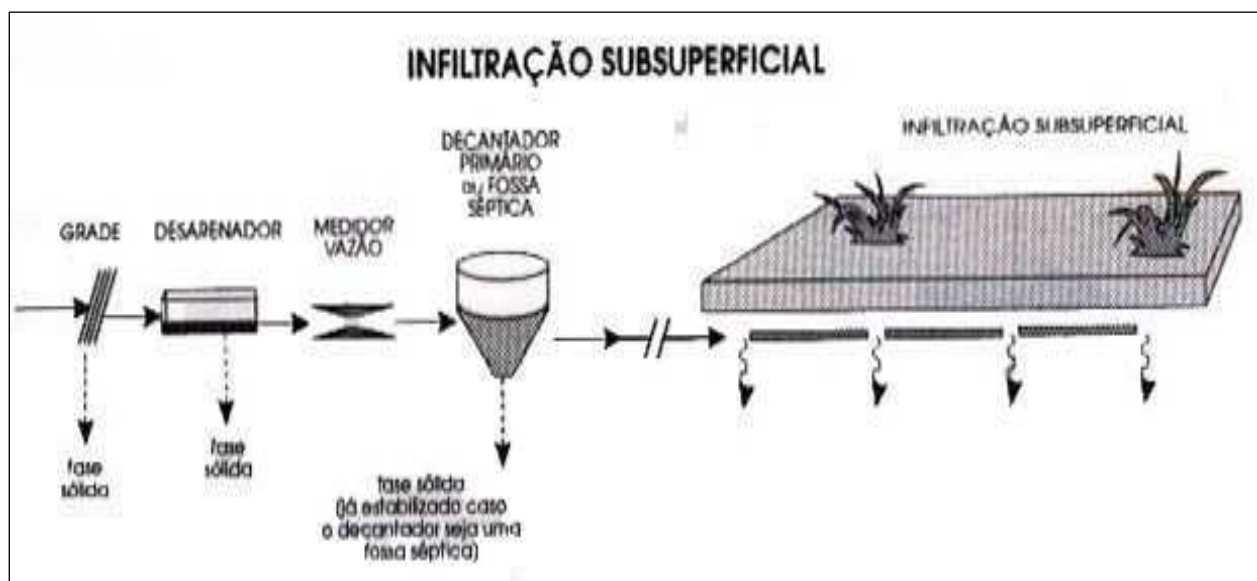
b) Infiltração rápida

FIGURA 8 - Sistemas de Disposição no Solo

Fonte: Von Sperling, Marcos. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 2ª ed. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 1996

4.2.5.3 Infiltração subsuperficial

Nos sistemas de infiltração subsuperficial, o esgoto pré-tratado é aplicado abaixo do nível do solo. Os locais de infiltração são preparados em escavações enterradas, preenchidas com um meio poroso. O meio de enchimento mantém a estrutura da escavação, permite o livre fluxo dos esgotos e proporcionem o armazenamento dos mesmos durante vazões de pico. O esgoto penetra no solo, onde ocorre o tratamento complementar. Ao final, os esgotos tratados juntam-se à água subterrânea local, fluindo com a mesma. Os tipos de infiltração variam conforme o nível da superfície de aplicação: superfície abaixo do nível do terreno (sistema convencional), superfície acima do nível do terreno encobertas por uma elevação (sistema de elevação artificial). Geralmente este sistema é ligado a um sistema primário de fossas sépticas.



c) Infiltração subsuperficial

FIGURA 8 - Sistemas de Disposição no Solo

Fonte: Von Sperling, Marcos. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 2ª ed. Belo Horizonte : DESA-UFMG, 1996

4.2.5.4 Aplicação com escoamento artificial

Os esgotos são distribuídos ao longo de uma faixa superior de terrenos com uma certa declividade, através do qual escoam, até serem coletados por valas na parte inferior. Os terrenos utilizados possuem normalmente uma baixa permeabilidade. A percolação pelo solo é, portanto, baixa, com a maior parte do líquido escoando superficialmente. Parte do líquido é também perdida por evapotranspiração. A aplicação dos esgotos é intermitente. Os tipos de aplicação são: aspersores de alta pressão, aspersores de baixa pressão, tubulações ou canais de distribuição com abertura intervalada.



d) Escoamento superficial

FIGURA 8 - Sistemas de Disposição no Solo

Fonte: Von Sperling, Marcos. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de*

TABELA 4 - Processamento do lodo nos principais sistemas de tratamento de esgotos.

Sistemas de tratamento	Frequência de remoção	Adensamento	Digestão	Desidratação	Disposição final
Tratamento primário	Variável (a)	X	X	X	X
Lagoa facultativa	> 20 anos				
Lagoa anaeróbia-lagoa facultativa	> 10 anos				
Lagoa aerada facultativa	> 10 anos				
Lagoa aer.mist.completa-lagoa decantação	< 5 anos				X
Lodos ativados convencional	~ contínua	X	X	X	X
Lodos ativados (aeração prolongada)	~ contínua	X		X	X
Lodos ativados (fluxo intermitente)	~ contínua	X		X	X
Filtro biológico (baixa carga)	~ contínua	X		X	X
Filtro biológico (alta carga)	~ contínua	X	X	X	X
Biodiscos	~ contínua	X		X	X
Reator anaeróbio de manta de lodo	Meses			X	X
Fossa séptica-filtro anaeróbio	Meses			X	X
Infiltração lenta /Infiltração rápida	-				
Infiltração subsuperficial	-				
Escoamento superficial	-				

Fonte: Von Sperling, Marcos. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. DESA-UFMG, Belo Horizonte, 1996.

5. LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

Após o reconhecimento dos tipos de tratamento de esgotos que são utilizados para o tratamento de matéria orgânica biodegradável, verifica-se a necessidade de que alguns fatores que sejam levados em consideração. Existem muitos fatores que influenciam na escolha do tipo de tratamento de esgotos a ser estabelecido, seja no aspecto técnico, ou no aspecto social.

O bairro de Eleutério localiza-se nas proximidades de Itapira, na margem esquerda da estrada que interliga Itapira a Jacutinga, SP 352 Km 181 + 500 m e margem esquerda do rio Mogi Guaçu.

O projeto da ETE do bairro de Eleutério, será construída em uma área total de cerca de 1,4 ha, área esta comprada para execução da ETE pela Prefeitura Municipal já alguns anos atrás, onde já se previu uma ampliação futura se necessário. (anexo 1).

O bairro de Eleutério, conta com infra-estrutura, apresentando índices de atendimento de cerca de 100% para abastecimento de água e para a coleta de esgotos e eletrificação.

Informações do cadastro municipal, e em função do número de ligações e de economias existentes na área do projeto, considerando um índice de ocupação média de 5hab/dom. A população atual de Eleutério é de 1420 habitantes.

Tendo em vista a necessidade de projetarem-se obras complementares do sistema de esgotos sanitários, no que diz respeito ao encaminhamento e tratamento dos despejos, foi efetuada a projeção populacional para o horizonte de projeto para o ano de 2035, com média de crescimento anual de 3%.

A Área disponibilizada para a ETE (1,4 ha), abrange toda a faixa ocupada entre o ramal ferroviário e a estrada vicinal, acrescidas das áreas de expansão, situa-se próximo a malha urbana, dista cerca de 500 m, localiza-se na região noroeste e junto a margem esquerda do córrego Santana. A topografia do terreno é acidentada e apresenta declive no sentido da estrada vicinal para o córrego e a via férrea, com variação altimétrica de cerca de 25 m, sendo a cota mais alta de cerca de 125 m e a mais baixa 100 m, a referência de nível é arbitrária (anexo 2).

Será considerada que para o bairro de Eleutério existe apenas uma parcela que constitua a vazão de contribuição da estação de tratamento de esgotos, a vazão de esgotos domésticos, considerando o fator das águas pluviais residenciais muitas delas interligadas nas redes de esgotos, não existindo na área considerada indústria ou consumidor de grande porte que gere contribuição pontual relevante, sendo então considerado seu lançamento como doméstico.

O sistema existente consta apenas de rede coletora de esgotos e lançamento final no córrego Santana, em local próximo da malha urbana ocupada. O lançamento é feito a jusante do loteamento ocupado por casas, posicionado na margem esquerda do córrego Santana, e afeta a população ali residente.

Em função dos aspectos apontados pode-se constatar a necessidade de execução de uma ETE para sanar este quadro de poluição do córrego Santana. Diante das pequenas vazões, disponibilidade de significativa área para implantação de ETE, pequena população e outros fatores a serem analisados posteriormente neste capítulo, se justifica a implantação de uma lagoa de estabilização, sendo que dentre os tipos de lagoa de estabilização conhecidos foram descartadas as lagoas aeradas e as lagoas australianas devido ao seu alto custo operacional. A melhor opção que se apresentou para a localidade apontada foi a lagoa facultativa com chicanas, pois além de operação simplificada, dispensam a instalação de qualquer equipamento eletromecânico, apresentam boa eficiência na remoção de cargas poluidoras como poderá ser observado a seguir, pois não somente os aspectos sócio-econômicos devem ser vistos, mas também os aspectos técnicos (anexo 1).

Um fator para se chegar a esta decisão foi a topografia local, que apresenta desnível e é favorável a execução de obras com terra, minimizando os custos de

implantação da ETE. Outro ponto com relação aos custos é de que devido a simplicidade de execução da obra, empresas em maior número puderam apresentar suas planilhas (concorrência pública, devido tratar-se de obra pública), tornando mais competitivo e barato a implantação devido a concorrência. Em termos gerais, falando em custos, enquanto os custos de implantação de uma lagoa de estabilização giram na média de R\$ 25,00 a R\$ 50,00 por pessoa, o custo da implantação de reatores anaeróbios mecanizados necessitam em torno de R\$ 60,00 a R\$ 150,00 por pessoa atendida. Numa relação hipotética, se levarmos em conta os extremos, teremos uma diferença de 84,4 % nos custos de implantação.

Dentre os principais fatores ambientais que afetam o desempenho de lagoas de estabilização estão a temperatura, a ação dos ventos, a insolação e a precipitação pluviométrica. Esses fenômenos meteorológicos não são controlados pelo homem, e portanto, suas ocorrências devem ser determinadas para as condições locais onde ocorrerá a implantação do processo de tratamento.

Com relação à temperatura, o período mais frio (inverno) é considerado o mais crítico para a velocidade das reações bioquímicas, portanto, deve ser o período considerado para efeito de cálculo. O inverno no município tem uma média em torno de 18°C (ver fig. 9 e 10), o que permite que a temperatura dentro da lagoa apresente bom desempenho da atividade bioquímica. A temperatura onde o processo ocorre com seu potencial máximo se situa na ordem de 30°C. É bom salientar que a temperatura externa do ar é diferente da temperatura no meio líquido (tabela 3.1).

TABELA 5 - Temperatura da água na lagoa, em função da temperatura do ar.

Temperatura do ar (°C)	Temperatura média do líquido (°C)
15	20,8
20	23,5
25	26,2
30	28,9
35	31,6

Fonte: Von Sperling, Marcos. Lagoas de Estabilização . DESA-UFMG, Belo Horizonte, 1995.

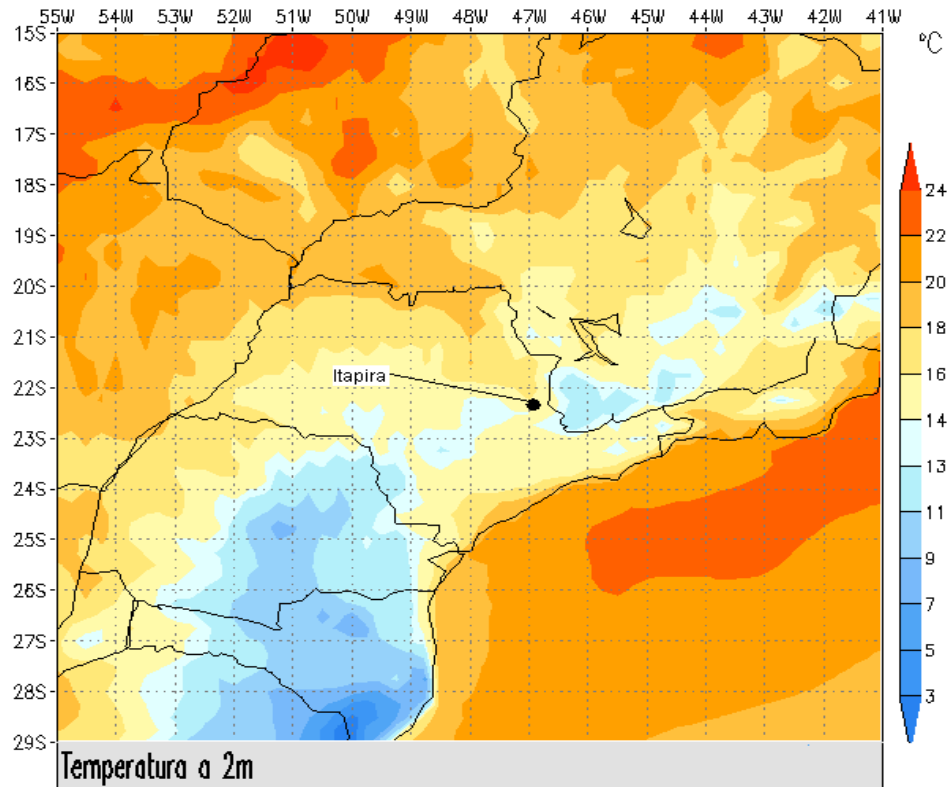


FIGURA 9 - Temperatura mínima durante período frio

Fonte: INMET (agosto/2005)

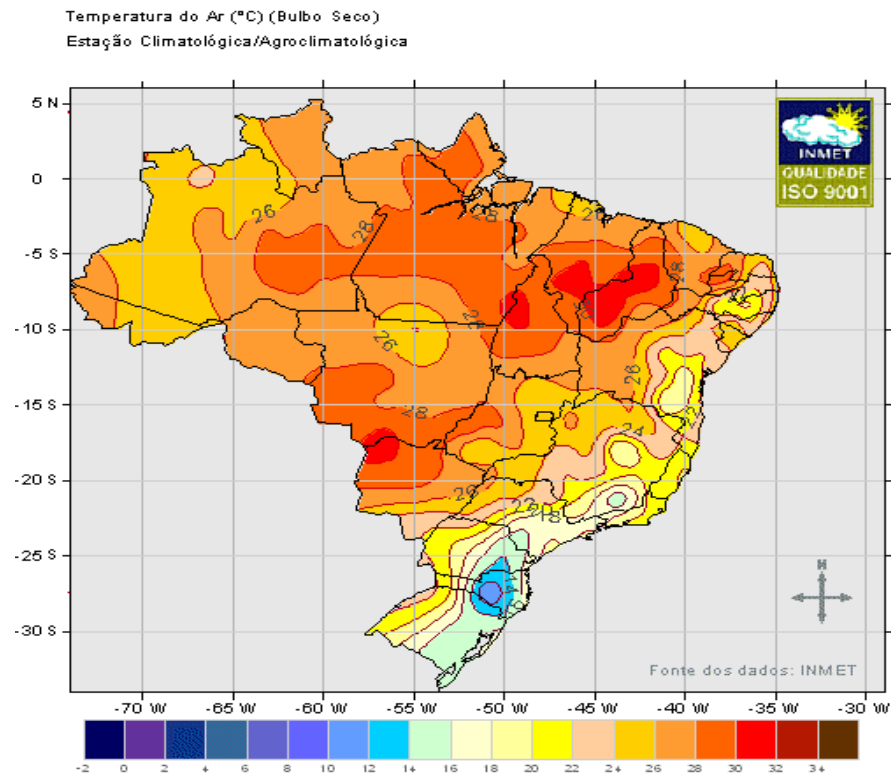
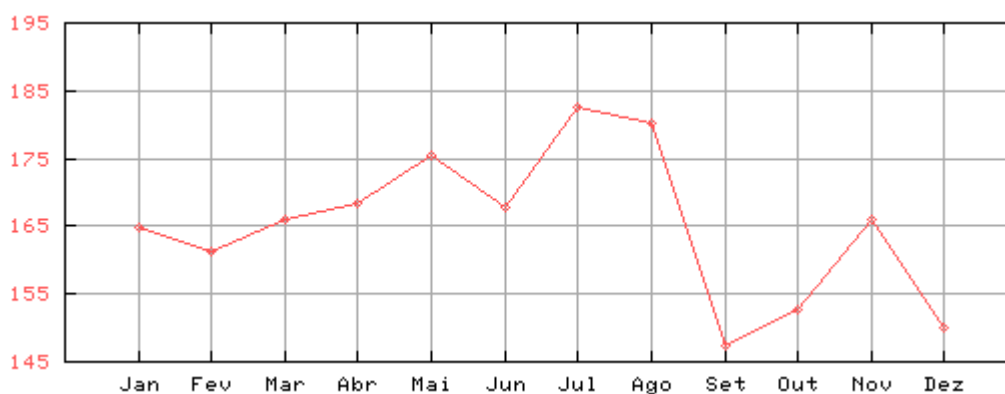


FIGURA 10 - Temperatura média mês frio

Fonte : INMET (agosto 2005)

A insolação está diretamente ligada a temperatura, quanto maior for a intensidade da insolação maior será a temperatura, o que interfere de forma direta na velocidade da reação bioquímica, não podendo-se esquecer que a baixa nebulosidade é uma característica desejável para a implantação deste projeto. Características que podem ser visualizadas no gráfico 1 e nas figuras 11 e 12.

GRAFICO 1 – Insolação média em São Paulo



— Insolação (H) média em São Paulo

Fonte: INMET (agosto 2005)

Apesar de setembro ser o mês com a menor insolação média, a média anual para a região é bastante satisfatória, e se aliarmos isto à baixa nebulosidade, temos condições muito favoráveis para a implantação de lagoas de estabilização.

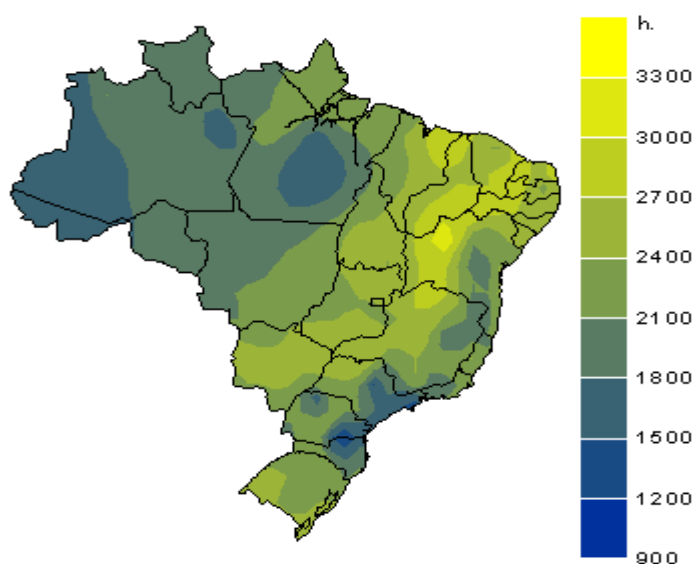


FIGURA 11 – Insolação anual

Fonte: INMET (1931/1990)

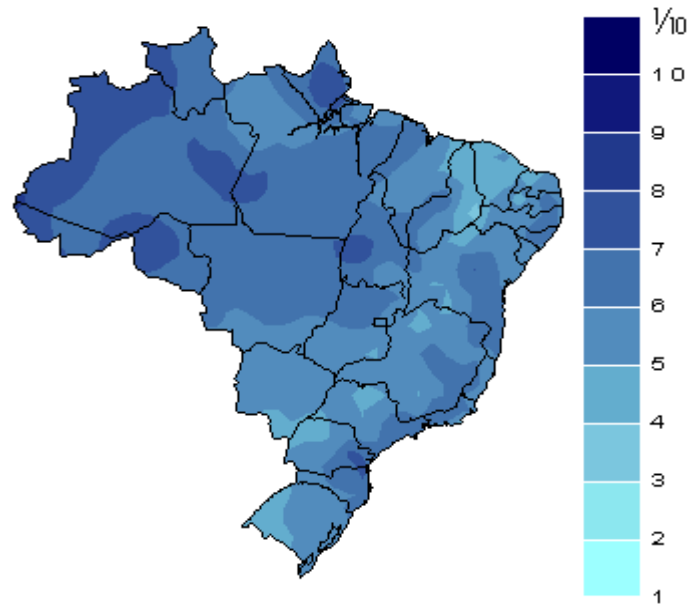


FIGURA 12 - Nebulosidade anual

Fonte: INMET (1931/1990)

A precipitação pluviométrica também é uma característica bastante importante, pois a ocorrência de muita chuva interfere na velocidade das reações, e portanto, prejudica o tratamento a céu aberto como é o caso de lagoas de estabilização. Conforme mostra a figura 13, a precipitação na região de interesse é média – baixa sendo esta característica desejável para o projeto.

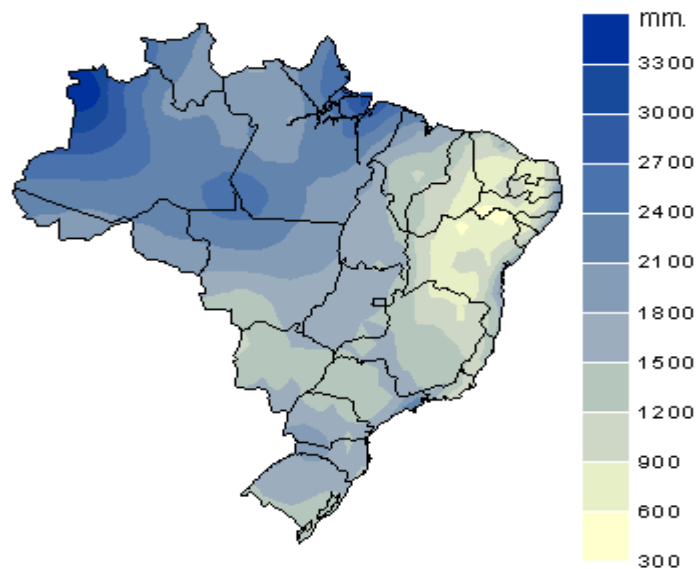


FIGURA 13 – Precipitação anual

Fonte: INMET (1931/1990)

Outro fator importante para a velocidade da reação bioquímica é o vento, este se relaciona com os outros dois fatores citados anteriormente. A ação dos ventos pode causar efeitos adversos sobre dois diferentes aspectos, são eles:

Danos físicos causados por erosão dos taludes internos devido à formação de ondas: para solucionar este problema é executado placas de concreto onde possam existir as variações das ondas, cuidados que foram e devem ser tomados principalmente onde há grande incidência de vento, ou em grandes lagoas onde os efeitos podem ser maiores.

Acúmulo de material flutuante em pontos localizados da lagoa: a formação de caminhos preferenciais ou zonas mortas pode afetar a eficiência da lagoa pela redução do tempo médio de retenção hidráulica. Portanto, é aconselhável que os dispositivos de entrada e saída sejam posicionados de forma que a direção dos ventos dominantes ocorra no sentido de saída para a entrada.

Uma questão importante relacionada ao vento diz respeito a estratificação e inversão térmica, através destes dois processos pode haver uma separação das camadas (durante o dia) e uma mistura das camadas da lagoa durante o período frio (noite – em se tratando de lagoa de profundidade baixa) respectivamente. Ajudando desta maneira na eficiência do tratamento. Para a região estudada o vento é de média - baixa intensidade não significando nenhum transtorno para o tratamento por lagoas de estabilização conforme pode ser verificado na fig. 14.

A remoção do lodo é um aspecto crítico, que deve pesar na tomada de decisão. O lodo acumulado no fundo da lagoa é resultado dos sólidos em suspensão do esgoto bruto, incluindo areia, microorganismos (bactérias e algas) sedimentados, além de apresentar características nada desejáveis como odores desagradáveis, presença de microorganismos patogênicos, elementos tóxicos de origem orgânica ou mineral e dificuldade de desidratação. A fração orgânica do lodo é estabilizada anaeróbiamente, sendo convertida em água e gases. A taxa de acúmulo médio de lodo em lagoas facultativas é da ordem de 0,03 a 0,08 m³/hab.ano (Arceivala, 1981). As lagoas de estabilização apresentam elevação média da camada de lodo em torno de 1 a 3 cm/ano¹.

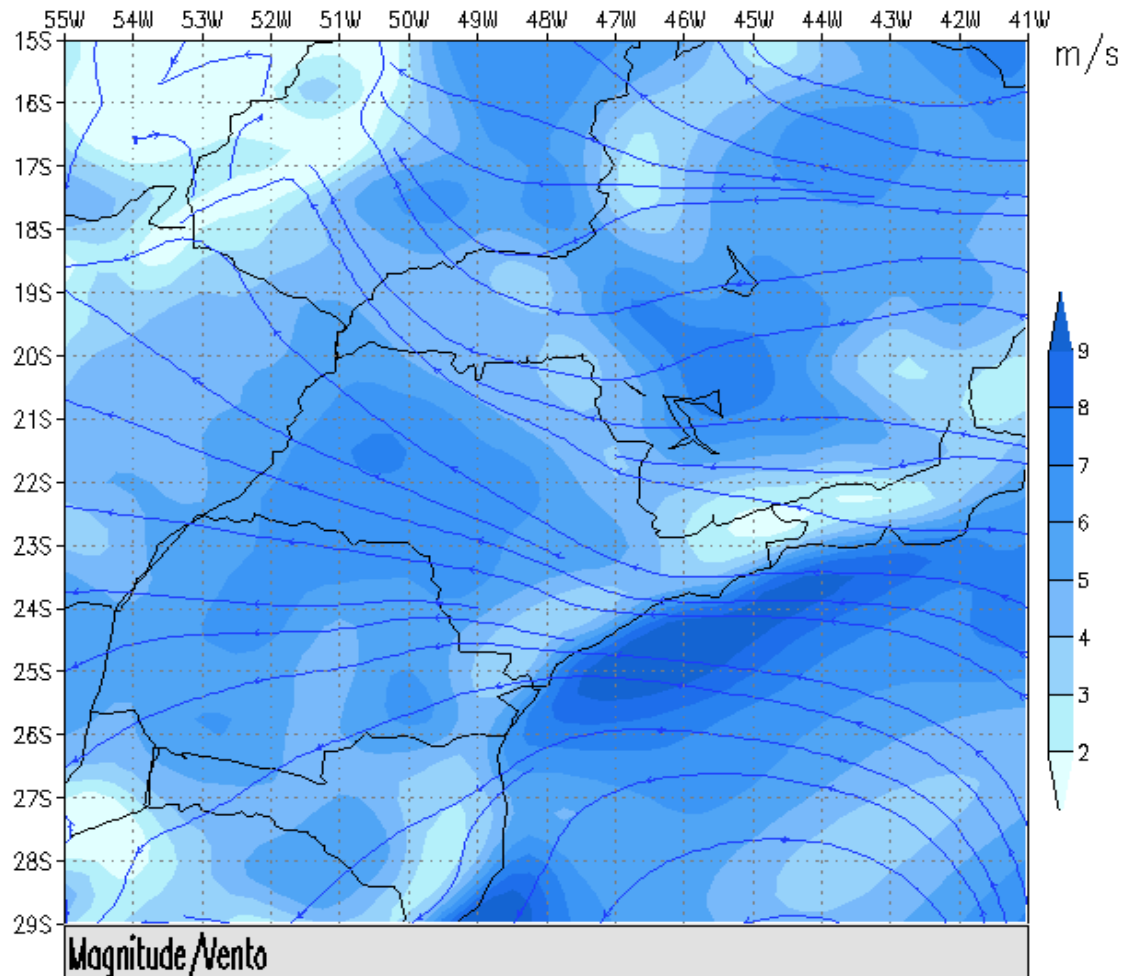


FIGURA 14 - Velocidade média do vento

Fonte: INMET (1931/1990)

As lagoas de estabilização apresentam tempo de remoção deste lodo superiores a 20 anos (tabela 4), o que representa boa solução, já que a remoção deste lodo sugere graves complicações ambientais, e financeiras como poderá ser visto na tabela 6.

TABELA 6 - Comparação dos custos de disposição final do lodo de esgoto para algumas alternativas.

Alternativas de disposição final	Custo (US\$/ton)
Oceânica	12 a 50
Aterros sanitários	20 a 60
Incineração	55 a 250
Reciclagem agrícola	20 a 215

Fonte: Carvalho & Barral (1981), citado por PROSAB – tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo, ABES – Rio de Janeiro, 1999.

Os potenciais impactos ambientais devem ser observados na hora de se definir as alternativas para a disposição final do lodo de esgotos. Os principais problemas estão

relacionados ao odor, à presença de vetores, à lixiviação e a conseqüente contaminação do lençol freático com elementos e nutrientes nocivos. Exige também grandes áreas com características muito especiais no que se refere a impermeabilização, disponibilidade de condições geológicas que permitam a disposição do lodo, locais estes próximos a centros urbanos a fim de se minimizar gastos com o transporte do lodo.

O fato de se tratar de uma lagoa de estabilização não priva de ter que retirar este lodo, entretanto, permite que esta remoção se dê ao longo de grande período de tempo, tempo este, muito minimizado em relação a outros processos de tratamento.

Além de todos estes aspectos os riscos de mau cheiro são reduzidos, pelo fato da camada aeróbia oxidar química e bioquimicamente o gás sulfídrico gerado na decomposição anaeróbia.

Este estudo busca atender as necessidades de eficiência do tratamento de esgotos a ser implantado, tanto em aspectos de remoção da DBO, como na remoção de bactérias, vírus, etc, através da implantação de uma lagoa de estabilização. Com a utilização desse sistema, pode-se alcançar as seguintes eficiências de remoção:

Bactérias: até 6 unidades logarítmicas (99,9999%)

Vírus: até 4 unidades logarítmicas (99,99 %)

Cistos de protozoários: 100%

Ovos de helmintos: 100%

Como diretriz básica, em relação a DBO, deve-se sempre procurar alcançar eficiência na remoção superior a 80%. Exemplos práticos, onde há a utilização de ETE fazendo uso de lagoa de estabilização e por experiência com lagoa facultativa submetidas a características semelhantes as de Eleutério (referente a ETE de Barão Ataliba Nogueira, Itapira), a remoção de DBO ficou em torno de 93%.

Diante dos esclarecimentos acima descritos é possível verificar que a escolha por lagoa facultativa com chicanas é uma solução viável, tanto nos aspectos sociais como nos aspectos técnicos, apresentando boa solução para o tratamento de esgotos domésticos do distrito, apresentando números bastante satisfatórios no que diz respeito aos índices de eficiência do tratamento de esgotos.

6. PROJETO DA ETE

6.1 Cálculos Preliminares

6.1.1 População

Segundo dados do cadastro municipal, o último levantamento dava conta de uma população de cerca de 1420 habitantes. Baseado na necessidade do projeto é feita uma projeção da população para daqui a 30 anos. Tendo uma taxa de crescimento anual de 3% a população no ano de 2035 é de 3447 hab.

$$- \text{População Total} = P \times (1 + aa)^{30} = 1420 (1 + 0,03)^{30} = 3447 \text{ hab.}$$

6.1.2 Vazão

Considerando que a taxa de retorno do esgoto é de $C = 0,80$, temos:

Segundo estudos, podemos admitir consumo per capita de 200 L/hab.dia

$Q = \text{Pop. Total} \times \text{Cons. Médio} \times \text{Taxa de retorno}$

$$Q = 3447 \times 200 \times 0,8 = 551.520,00 \text{ L/dia} = 551,52 \text{ m}^3/\text{dia}$$

6.1.3 Concentração de carga orgânica

Carga orgânica per capita adotada $C_0 = 54 \text{ g DBO/hab.dia}$

- Carga orgânica diária total

$$- \text{Pop. Total} \times \text{Carga Org} / 1000 = 3447 \times \frac{54}{1000} = 186,14 \text{ KgDBO} / \text{dia}$$

- Concentração da carga orgânica

$$- \text{Conc.} = \text{Carga Organica diária total} / \text{Vazão} - S_0 = \left(\frac{186,14}{551,52} \right) \times 1000 = 337,50 \text{ mg} / \text{l}$$

6.1.4 Temperatura

Dado uma média de 18°C (ar) no mês mais frio, tem-se uma temperatura do líquido na ordem de $t = 23^\circ\text{C}$

6.1.5 Taxa de aplicação superficial

Para regiões com inverno e insolação moderados L_s varia entre 120 a 240 $\text{kgDBO}_5/\text{ha.dia}$

Valor adotado $L_s = 200\text{kgDBO}_5 / \text{ha.dia}$

Dados referentes ao projeto:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{População} = 3447 \text{ hab.} \\ Q = 551,52 \text{ m}^3 / \text{dia} \\ S_0 = 337,50 \text{ mg / l} \\ T = 23^\circ\text{C} (\text{líquido no mês mais frio}) \\ L_s = 200 \text{ kgDBO}_5 / \text{ha.dia} \end{array} \right.$$

6.2 Dimensionamento

6.2.1 Cálculo da carga afluyente de DBO_5

$$\text{Carga} = \text{concentração} \times \text{vazão} / 1000 = \frac{337,5 \times 551,52}{1000} = 186,14 \text{ kg / dia}$$

6.2.2 Cálculo da área requerida

$$\text{Área} = \text{carga afluyente} / \text{carga orgânica} - A = \frac{L}{L_s} = \frac{186,14}{200} = 0,9 \text{ ha} = 9.000 \text{ m}^2$$

- A faixa de profundidade que melhor se relaciona à lagoa de estabilização situa-se entre 1,5m e 2,0m, adota-se $H = 1,50\text{m}$ e borda livre de 0,50m

6.2.3. Cálculo do volume resultante

$$\text{Volume} = \text{Área requerida} \times \text{prof.} - V = A \times H = 9.000 \times 1,5 = 13.500 m^3$$

6.2.4 Cálculo do tempo de detenção resultante

$$\text{Tempo de detenção} = \text{volume} / \text{vazão} - T = \frac{V}{Q} = \frac{13.500}{551,52} = 24,5 \text{ dias}$$

6.2.5 Coeficiente de remoção de DBO (k)

$$\text{Valor de } k(20^\circ\text{C}) \text{ para } L_s = 200 \text{ kg DBO}_5 / \text{ha.dia}, k = 0,132 d^{-1}$$

6.2.6 Correção para temperatura 23°C

coeficiente de temperatura adotado $\theta = 1,035$

$$k_t = k_{20} \times \theta^{(t-20)} = 0,132 \times 1,035^{(23-20)} = 0,15 d^{-1}$$

6.2.7 Estimativa de DBO efluente

- Número de dispersão d

$$d = \frac{(l/b)}{-0,261 + 0,254 \times (l/b) + 1,014(l/b)^2} = \frac{2,5}{-0,261 + 0,635 + 6,338} = 0,372$$

$$a = \sqrt{1 + 4.k.t.d.} = \sqrt{1 + 4 \times 0,15 \times 24,5 \times 0,372} = 2,543$$

- Cálculo de S

$$S = S_0 \times \frac{4ae^{1/2d}}{(1+a)^2 e^{a/2d} - (1-a)^2 e^{-a/2d}} = \frac{39}{382,975 - 0,078} = 337,50 \times 0,102 = 34 \text{ mg / l}$$

6.2.8 Eficiência na remoção da DBO

$$E = \frac{S_0 - S}{S_0} \times 100 = \frac{337,50 - 34}{337,50} \times 100 = 90\%$$

6.2.9 Dimensões da lagoa

- Área da lagoa = 9.000 m²

$$A = l \times b = (2,5b)b = 2,5b^2$$

$$9.000 \text{ m}^2 = 2,5b^2$$

$$b = \sqrt{\frac{9000}{2,5}} = 60 \text{ m}$$

$$l = (l/b)b = 2,5 \times 60 = 150 \text{ m}$$

- comprimento : $l = 150 \text{ m}$
- largura : $b = 60 \text{ m}$

- Área total requerida para todo o sistema

$$A_t = 30\% \times A_{liquida} = 1,3 \times 9000 = 11.700m^2 = 1,17ha$$

- Área per capita

$$\frac{11700}{3447} = 3,39m^2 / hab$$

6.2.10 Cálculo do acúmulo do lodo

O acúmulo de lodo segundo (Arceivala, 1981), varia na ordem de 0,03 a 0,08 m³/hab.ano. Valor adotado de 0,05 m³/hab.ano

$$\text{Acúmulo anual} = 0,05 \times 3447 = 172,35m^3 / ano$$

- Espessura em 1 ano

$$\text{espessura} = \frac{172,35}{9000} = 0,019m / ano = 1,9cm / ano$$

- Espessura em 20 anos de operação

$$\text{espessura} = 1,9 \times 20 = 38cm$$

Após 20 anos de o lodo acumulado ocupa apenas 25% (0,38m/1,80m) da profundidade útil das lagoas.

7. CONCLUSÃO

Diante da necessidade em se estabelecer uma estação de tratamento de esgotos, que solucionasse o problema do despejo “in natura” de esgotos sanitários no córrego Santana, corpo d’água que passa pelo bairro de Eleutério (Itapira-SP), e cientes do problema de poluição que sofre a bacia do rio Mogi-Guaçu, bacia da qual este córrego é pertencente, foi efetuado o estudo de parâmetros que possibilitassem um melhor entendimento do processo de tratamento a ser estabelecido para a questão.

Em relação aos parâmetros de custos, se adotarmos os valores médios de R\$35,00 para lagoas facultativas e R\$100,00 para reatores anaeróbios mecanizados, teremos para uma população de 3447 habitantes, um custo de R\$120.645,00 para lagoas de estabilização e de R\$344.700,00 para os reatores, uma diferença bastante considerável.

Os resquícios do tratamento de esgotos sanitários, os lodos, também contribuíram para que a decisão por lagoa de estabilização fosse tomada, pois além da remoção do lodo só se fazer necessária após um período de 20 anos, o lodo já sai estabilizado, não tendo que passar por etapas posteriores de tratamento, como ocorre em processos como lodos ativados, filtros biológicos e tratamento anaeróbio (reatores).

O tratamento do esgoto sanitário por lagoas de estabilização (lagoa facultativa) apresentou boa eficiência na remoção de DBO (90%), nenhum equipamento eletromecânico, apresenta índices incisivos na remoção de bactérias, vírus, cistos de protozoários, ovos de helmintos, não tem grandes interferências na eficiência operacional, não apresenta maus odores, a remoção do lodo só se faz necessária após um período superior a vinte anos e fundamentalmente, possui simplicidade de operação.

Outro aspecto importante de se ressaltar é que de maneira geral, as lagoas de estabilização são bastante indicadas para as condições brasileiras, devido à suficiente disponibilidade de área em um grande número de cidades e o clima favorável (temperatura e insolação elevadas).

No que se refere ao bairro de Eleutério, as condições se desenharam positivamente para a utilização de lagoas facultativas, conforme pôde ser observado dos dados apresentados.

Além disto a instalação de um tratamento de esgotos, trará melhoria na qualidade de vida das populações ali residente à medida que os livra da ação de doenças transmitidas por vetores e propicia um panorama futuro sem problemas com contaminações oriundas dos sistemas de esgotamento sanitários.

Devido a temperatura média de trabalho da estação de tratamento de esgotos, as condições favoráveis de insolação e média-baixa nebulosidade, as baixas médias horárias dos ventos, e em função dos outros parâmetros estabelecidos, permite-se concluir que nos aspectos técnico/econômico e social a opção por lagoa facultativa foi a melhor que se apresentava para o momento.

Este trabalho foi desenvolvido mediante condições específicas da localidade estudada, levando em consideração uma área de ampliação futura do sistema de tratamento de esgotos. Entretanto, não é levada em conta neste estudo a inclusão de uma vazão de despejo industrial significativa, preocupação gerada pela falta de um plano diretor que regularize as zonas industriais do município, sendo que estudos complementares devem ser elaborados diante da ocorrência da instalação de alguma indústria no bairro de Eleutério.

Por se tratar de um processo bastante vantajoso em termos gerais, a aplicabilidade da lagoa de estabilização em outras situações deve ser merecedora de criteriosa avaliação, levando-se em conta que os parâmetros a serem estudados podem apresentar grande variabilidade devido às particularidades de cada local.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Von Sperling, Marcos. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 2ª ed. Belo Horizonte : DESA-UFMG, 1996.

Von Sperling, Marcos. *Princípios básicos do tratamento de esgotos*. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 1996.

Von Sperling, Marcos. *Lagoas de Estabilização*. 2ª ed. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 1995.

PROSAB. *tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo*. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

Jordão, E. P.; Pessoa. *Tratamento de esgoto doméstico*. 4ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 2005.

Azevedo Neto, José Martiniano. *Manual de Hidráulica*. 6ª ed. Vol. 2. São Paulo: Pini 1991.

USAID. *Projeto de instalação de tratamento de esgotos*. Rio de Janeiro.

Universidade de São Paulo. *Conceitos gerais sobre técnicas de tratamento de Águas de Abastecimento, Esgotos Sanitários e Desinfecção*. São Carlos: EESC, 1999.

Teixeira, Marcelo. *Tratamento de Esgoto e Gestão Operacional e Ambiental do Sistema de Esgotamento Sanitário*. FUNASA – Fundação Nacional da Saúde/ASSEMAE – Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento, 2007.

ETE, *tratamentos adotados*.

Disponível em http://www.casan.com.br/saude_ete_lagoa.htm

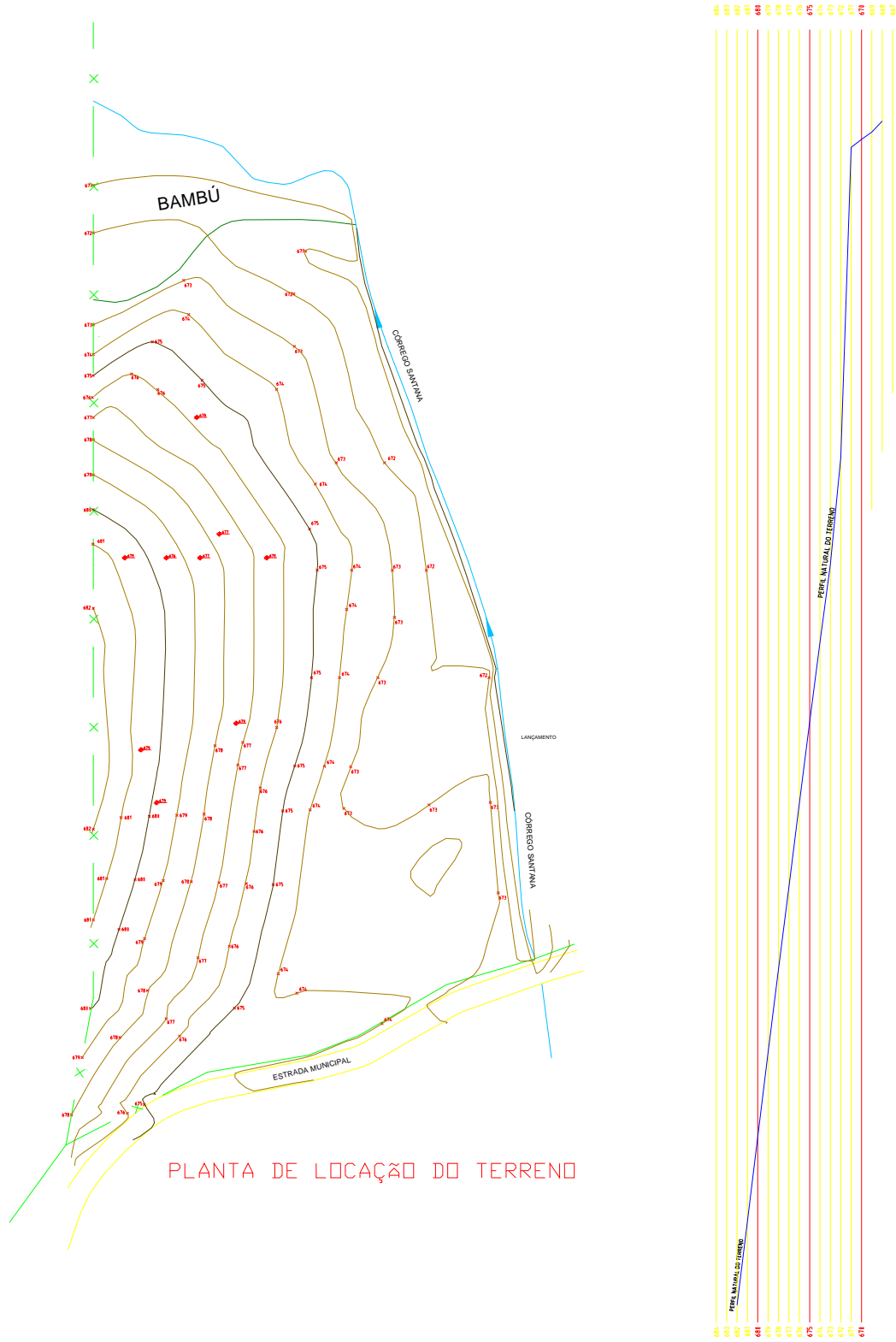
SABESP. *Tratamento de esgotos*. Disponível em http://www.sabesp.com.br/o_que_fazemos/coleta_e_tratamento/tratamento_de_esgoto.htm,2005.

INMET. *Instituto Nacional de Meteorologia*. Disponível em

<http://www.inmet.gov.br/climatologia.htm>

INFOTEMPO. *Dados Meteorológicos*. Disponível em

<http://www.infotempo.com.br>



ANEXO 2 - Perfil do terreno

Perfil do terreno

