



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Câmpus de Presidente Prudente

Laís Jerônimo De Santi

Orientador: Professor Doutor José Tadeu Garcia Tommaselli

**EFEITOS DAS LAGOAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO  
SOBRE SEU ENTORNO: CASOS NO PONTAL DO  
PARANAPANEMA**

**Presidente Prudente**

**2015**

LAÍS JERONIMO DE SANTI

**EFEITOS DAS LAGOAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO  
SOBRE SEU ENTORNO: CASOS NO PONTAL DO  
PARANAPANEMA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós  
Graduação em Geografia – Área de Concentração:  
Dinâmica e Gestão Ambiental, como parte dos  
requisitos para a obtenção do título de Mestre em  
Geografia.

Orientador: Professor Doutor José Tadeu Garcia  
Tommaselli

**Presidente Prudente**

**2015**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Santi, Laís Jerônimo de.

S226e Efeitos das lagoas de tratamento de esgoto sobre seu entorno : casos no Pontal do Paranapanema / Laís Jerônimo de Santi. - Presidente Prudente : [s.n.], 2015

127 f.

Orientador: José Tadeu Garcia Tommaselli

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia

Inclui bibliografia

1. Índice de qualidade das águas. 2. Lagoas de tratamento de esgoto. 3. Permeabilidade. I. Tommaselli, José Tadeu Garcia. II. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. III. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Campus de Presidente Prudente

### BANCA EXAMINADORA

PROF. DR. JOSÉ TADEU GARCIA TOMMASELLI  
ORIENTADOR

PROFA. DRA. RENATA RIBEIRO DE ARAUJO  
(UNESP/FCT)

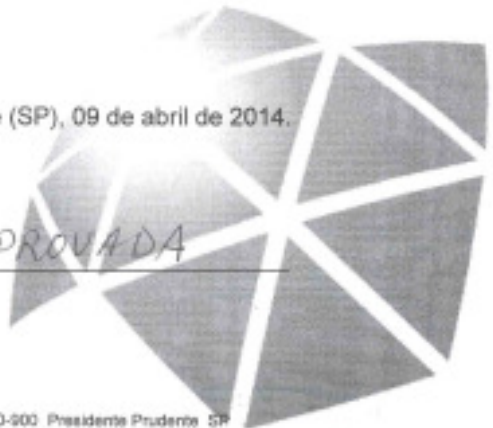
PROF. DR. EMERSON GALVANI  
(USP)

LAÍS JERONIMO DE SANTI

Presidente Prudente (SP), 09 de abril de 2014.

RESULTADO: APROVADA

Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Seção Técnica de Pós-Graduação  
Rua Roberto Simonsen, 305 CEP 19060-200 Presidente Prudente SP  
Tel 16 3229-5417 fax 16 3223-4519 posgrad@fct.unesp.br



*Dedico com alegria esta obra aos meus pais*

*Lismar e Márcia, que dedicaram o seu tempo contribuindo sempre com a minha formação, pelo exemplo, pela criação, pelo amor, pela humildade e pela união.*

*Aos irmãos*

*Gabee, Leandro e Luigi, que sirva de exemplo para que eles possam trilhar os próprios caminhos*

*Ao meu finado avô materno*

*Antero Jerônimo, que mostrou que só conseguimos atingir nossos objetivos através de muito trabalho e perseverança*

*Ao meu finado avô paterno*

*Vitório De Santi, que esteve presente comigo em toda a minha caminhada, me recordo com amor o carinho que tinha em seus olhos*

## AGRADECIMENTOS

O trabalho torna-se ameno quando o dividimos com amigos, companheiros e parceiros de formação. Sempre acreditei que um bom trabalho não se constrói da noite para o dia e é preciso muita garra e disposição para atingir bons resultados, afirmação que trago como exemplo de meu avô Antero Jerônimo. As "pontes" construídas ao longo do caminho servem de atalho para a caminhada em direção ao sucesso.

Agradeço às pessoas e instituições que contribuíram direta e indiretamente para a elaboração desta dissertação, todas foram fundamentais e igualmente importantes para mim. São eles:

- Meu querido orientador, o Prof. José Tadeu Garcia Tommaselli, que sempre me incentivou e me apoiou com palavras amigas e gentis;
- À FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), instituição que financiou esta pesquisa;
- À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior);
- Ao PPGG (Programa de Pós-Graduação em Geografia), que permitiu meu desenvolvimento acadêmico;
- Aos professores João Osvaldo, Paulo Cesar, Renata Araújo, Cristina Rizk, que em um primeiro momento de dificuldade e dúvidas sempre estiveram dispostos a me atender;
- Ao professor Antonio Cezar Leal e ao GADIS, que me forneceram gentilmente as imagens de satélite compradas do IBGE;
- Aos meus companheiros e amigos do GAIA, que me ensinaram a importância das "pontes", foram e continuarão sendo pessoas muito especiais. Aprendi muito nas rodas de discussões, nos cafés, nas tardes juntos e no silêncio;
- À Sandra Medina, pois sem ela eu desconheceria a oportunidade de ministrar as aulas para a Engenharia Ambiental, e também a Lúcia do departamento de Geografia pelo total apoio e cordialidade que dispensava a mim;
- À Tânia, que trabalha no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), pela excelente recepção e atendimento;
- Ao Adolpho Padilha, Fernanda Pedretti e Abel Brondi, pelas conversas, amizade, incentivos, ideias, apoio e cumplicidade;
- Ao Cesar Nunes, pelas críticas, pelo apoio, pelos ensinamentos;

- Ao Marcel Martins, por permitir que a minha viagem ao IAC ocorresse de maneira tranqüila e pela sua disposição de sempre se prontificar a ajudar;
- Ao Eivelton, pelos momentos partilhados e discutidos sobre o município de Teodoro Sampaio;
- Ao Sidnei, moto taxista de Teodoro Sampaio, além de contribuir com o meu traslado entre as idas e voltas nas secretarias e na área de estudo, me indicou restaurantes, hotéis e lugares na cidade, o que me economizou tempo;
- A Diana, por sua iniciativa em disponibilizar seu carro e sua ajuda para a ida de campo a Teodoro Sampaio;
- Ao Bruno, meu amigo que se dispôs a ir para campo comigo nas cidades de Marabá Paulista e Regente Feijó, cuja ajuda foi essencial para a elaboração desta dissertação;
- Ao Rodrigo, que me ajudou nas análises químicas dos parâmetros da água;
- A Edna, responsável pela limpeza do GAIA, que sempre nos abordava de uma maneira alegre e efusiva, permitindo-nos estudar em um ambiente agradável;
- Obrigada a minha família, que sempre me forneceram as bases, obrigada por sempre me entregarem apenas os tijolos e me deixarem encarregada pela construção.

## RESUMO

Os municípios de Teodoro Sampaio, Marabá Paulista e Regente Feijó, além de serem municípios de pequeno porte, possuem a característica em comum de tratarem seus esgotos através de lagoas de estabilização. O objetivo desta pesquisa é avaliar o reflexo do tratamento no corpo hídrico receptor e os efeitos em seu entorno, apresentando a caracterização física dos locais e a qualidade das águas. Para tal, foram realizados ensaios de permeabilidade e tamanho dos grãos nos solos antropogênicos, análise da carga orgânica afluyente e efluente às lagoas e aplicação do IQA (índice de qualidade das águas) a montante, no ponto de lançamento e à jusante. Os resultados obtidos evidenciaram solos, no entorno das lagoas, arenosos e permeáveis e, qualidade das águas, classificadas de ruim a péssimas. Em relação ao potencial de autodepuração dos corpos hídricos ficou evidente que, após determinada distância, há recuperação do meio, visualizada e comprovada pelas análises químicas. O tratamento realizado pelas lagoas de estabilização é satisfatório, no entanto a eficiência do tratamento pode ser melhorada, através de verificação e correção de todas as variáveis operacionais, bem como revisão de projeto.

**Palavras Chave:** Índice de qualidade das águas, lagoas de tratamento de esgoto, permeabilidade.



## ABSTRACT

The municipalities of Teodoro Sampaio, Marabá Paulista and Regente Feijó, like the majority of small municipalities, have the common characteristic of treat their sewage through stabilization ponds. The objective of this research is to evaluate the effects of treatment in the receiving water body and the effects on its surroundings, with the physical characterization of the sites and of the water quality. To this purpose, permeability tests and grain size in anthropogenic soils, analysis of influent organic loading and effluent ponds and the implementation of IQA index (water quality) were performed upstream, at the point of release and downstream. The results showed that soil surrounding the lagoons are sandy and permeable, and water quality, classified bad to very bad. Regarding the potential for self-purification of water bodies became evident that, after a certain distance, there is recovery of the water stream which is visualized and confirmed by chemical analysis. The treatment by stabilization ponds is satisfactory, however the treatment efficiency can be improved through verification and correction of all operating variables and design review.

**Keywords:** Quality index of water, sewage treatment ponds, permeability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: <i>Croqui de localização dos municípios estudados.</i> .....	34
Figura 2: <i>Evolução da população urbana e rural (habitantes x anos) do município de Teodoro Sampaio/SP.</i> .....	36
Figura 3: <i>Evolução da população urbana e rural (habitantes x anos) do município de Marabá Paulista/SP.</i> .....	37
Figura 4: <i>Evolução da população urbana e rural (habitantes x anos) do município de Regente Feijó/SP.</i> .....	39
Figura 5: <i>Quantidade de água no mundo e suas reservas.</i> .....	40
Figura 6: <i>Ciclo Hidrológico.</i> .....	41
Figura 7: <i>Regiões hidrográficas do Brasil.</i> .....	42
Figura 8: <i>Proporção de municípios sem saneamento básico, por tipo de serviço (%) – 2008.</i> .....	46
Figura 9: <i>Pontos de amostragem da qualidade das águas e dos esgotos.</i> .....	50
Figura 10: <i>Processo de tratamento de esgotos por lagoa facultativa.</i> .....	56
Figura 11: <i>Carta Geológica do Oeste Paulista.</i> .....	57
Figura 12: <i>Carta de Solos do Oeste Paulista.</i> .....	59
Figura 13: <i>Visualização dos diques em Regente Feijó.</i> .....	60
Figura 14: <i>Carta Geomorfológica do Oeste Paulista.</i> .....	63
Figura 15: <i>Perfil de elevação do relevo, do ponto de saída da lagoa até o corpo hídrico – Teodoro Sampaio.</i> .....	64
Figura 16: <i>Perfil de elevação do relevo, do ponto de saída da lagoa até o corpo hídrico – Marabá Paulista.</i> .....	65
Figura 17: <i>Perfil de elevação do relevo, do ponto de saída da lagoa até o corpo hídrico – Regente Feijó.</i> .....	65
Figura 18: <i>Visualização do município de Teodoro Sampaio e o corpo receptor dos efluentes.</i> .....	66
Figura 19: <i>Rio Paranapanema.</i> .....	66
Figura 20: <i>Visualização do município de Marabá Paulista e o corpo hídrico receptor dos efluentes.</i> .....	67
Figura 21: <i>Córrego Sagui.</i> .....	67
Figura 22: <i>Visualização do município de Regente Feijó e o corpo hídrico receptor dos efluentes.</i> .....	68
Figura 23: <i>Córrego da Represa.</i> .....	68
Figura 24: <i>Perfuração do solo (A) e profundidade do furo (B) utilizando o trado manual.</i> .....	69
Figura 25: <i>Encaixe do Permeâmetro de Guelph no solo.</i> .....	70
Figura 26: <i>Permeâmetro de Guelph.</i> .....	70
Figura 27: <i>Desenho esquemático do permeâmetro de Guelph (A) e de seus principais componentes, frisando que a carga hidráulica aplicada satura o solo em função do tempo; permeâmetro de Guelph sendo utilizado no campo com a sua extremidade inferior dentro de um furo (B); e detalhe do marcador da carga hidráulica H aplicada no solo (C).</i> .....	70
Figura 28: <i>Classes Texturais do Solo – Triângulo Americano (Atterbeg).</i> .....	73
Figura 29: <i>Curvas de valoração da condição de cada parâmetro do IQA-NSF.</i> .....	75
Figura 30: <i>Evolução do município de Teodoro Sampaio 1972 (A) – 2005 (B).</i> .....	79
Figura 31: <i>Localização dos pontos que foram realizados os ensaios de permeabilidade.</i> .....	80
Figura 32: <i>Evolução do município e alteração da paisagem em Marabá Paulista 1972 (A) – 2014 (B).</i> .....	84
Figura 33: <i>Voçoroca existente após a nascente do Córrego Sagui.</i> .....	85

Figura 34: <i>Localização dos pontos que foram realizados os ensaios de permeabilidade.</i> .....	85
Figura 35: <i>Evolução do município e alteração da paisagem em Regente Feijó 1972 (A) – 2014 (B).</i> .	89
Figura 36: <i>Localização dos pontos que foram realizados os ensaios de permeabilidade.</i> .....	90
Figura 37: <i>Durante medidas com o PG foi observado o empoçamento da água.</i> .....	90
Figura 38: <i>Localização das lagoas de tratamento de esgoto de Teodoro Sampaio.</i> .....	95
Figura 39: <i>Tratamento Preliminar - Gradeamento da ETE de Teodoro Sampaio.</i> .....	95
Figura 40: <i>Tratamento Preliminar – Desarenador da ETE de Teodoro Sampaio.</i> .....	96
Figura 41: <i>Chegada do esgoto bruto, após o tratamento preliminar, às lagoas de tratamento de Teodoro Sampaio.</i> .....	96
Figura 42: <i>Presença de sólidos flutuantes nas proximidades da tubulação de chegada do afluente.</i> ..	96
Figura 43: <i>Lagoa Facultativa de Teodoro Sampaio.</i> .....	97
Figura 44: <i>Saída do efluente - Teodoro Sampaio.</i> .....	97
Figura 45: <i>Ponto de lançamento e mistura com as águas do rio Paranapanema.</i> .....	97
Figura 46: <i>Localização das lagoas de tratamento de esgoto de Marabá Paulista.</i> .....	103
Figura 47: <i>Tratamento preliminar do esgoto que chega à estação de Marabá Paulista.</i> .....	103
Figura 48 <i>Chegada de afluente à estação de Marabá Paulista.</i> .....	103
Figura 49: <i>Vista das lagoas de tratamento de esgoto de Marabá Paulista.</i> .....	104
Figura 50: <i>Vista da lagoa aeróbia de Marabá Paulista.</i> .....	104
Figura 51: <i>Efluente com presença de algas devida sua coloração esverdeada - Marabá Paulista.</i> ....	105
Figura 52: <i>Nascente do Córrego Sagui.</i> .....	105
Figura 53: <i>Córrego Sagui, corpo hídrico receptor do efluente tratado da ETE de Marabá Paulista.</i> .....	105
Figura 54: <i>Localização das lagoas de tratamento de esgoto de Regente Feijó.</i> .....	110
Figura 55: <i>Tratamento preliminar: gradeamento e caixa de areia da chegada do afluente às lagoas de Regente Feijó.</i> .....	111
Figura 56: <i>Lagoa anaeróbia e aeróbia de Regente Feijó.</i> .....	111
Figura 57: <i>Lagoa anaeróbia de Regente Feijó.</i> .....	111
Figura 58: <i>Lagoa aeróbia de Regente Feijó.</i> .....	112
Figura 59: <i>Caixa coletora de efluente localizada no final da passarela.</i> .....	112
Figura 60: <i>Saída do efluente tratado das lagoas de Regente Feijó.</i> .....	112
Figura 61: <i>Lançamento do efluente no corpo hídrico receptor.</i> .....	113
Figura 62: <i>Ponto a jusante - dispersão da espuma saponácea.</i> .....	113

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: <i>Classificação da disponibilidade hídrica segundo o UNEP.</i> .....	41
Tabela 2: <i>Retiradas médias por habitantes e por faixas populacionais.</i> .....	43
Tabela 3: <i>Consumo de água por região no Brasil.</i> .....	43
Tabela 4: <i>Amostragem para verificação do impacto do lançamento de esgotos e do atendimento à legislação.</i> .....	50
Tabela 5: <i>Parâmetros e condições para os corpos d'água.</i> .....	51
Tabela 6: <i>Classes de Antropossolos.</i> .....	61
Tabela 7: <i>Valores Típicos do coeficiente de permeabilidade.</i> .....	62
Tabela 8: <i>Qualidade da água segundo o NSF (National Sanitation Foundation).</i> .....	76
Tabela 9: <i>Coordenadas dos pontos de coleta.</i> .....	77
Tabela 10: <i>Concentração da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) na entrada e saída do efluente da ETE de Teodoro Sampaio.</i> .....	99
Tabela 11: <i>Determinação do índice de qualidade das águas em Teodoro Sampaio.</i> .....	101
Tabela 12: <i>Concentração da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) na entrada e saída do efluente da ETE de Marabá Paulista.</i> .....	107
Tabela 13: <i>Determinação do índice de qualidade das águas em Marabá Paulista.</i> .....	109
Tabela 14: <i>Concentração da demanda bioquímica de oxigênio na entrada e saída do efluente da ETE de Regente Feijó.</i> .....	115
Tabela 15: <i>Determinação do índice de qualidade das águas em Regente Feijó.</i> .....	117

## SUMÁRIO

RESUMO .....	8
ABSTRACT .....	9
LISTA DE FIGURAS .....	10
LISTA DE TABELAS .....	12
1. INTRODUÇÃO .....	15
1.1. Histórico do problema e justificativa .....	17
1.2. Objetivo .....	19
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	20
2.1. A paisagem, o espaço e o meio ambiente .....	20
2.1.1. A paisagem sob a ótica geográfica .....	20
2.1.2. O espaço e o meio ambiente, uma dicotomia? .....	22
2.1.3. A relação sociedade-natureza .....	25
2.1.4. A questão sócio econômica e ambiental: repercussões na produção do espaço .....	28
2.1.5. A estrutura e expansão do meio urbano: geração dos impactos ambientais .....	30
2.1.5.1. Área de estudo .....	33
2.1.5.2. Teodoro Sampaio .....	35
2.1.5.3. Marabá Paulista .....	36
2.1.5.4. Regente Feijó .....	38
2.2. Saneamento básico: qualidade das águas e o tratamento de esgotos .....	39
2.2.1. Disponibilidade dos recursos hídricos e o consumo de água .....	39
2.2.2. Poluição das águas e padrões de qualidade .....	45
2.2.3. Lagoas de estabilização .....	53
2.3. Características físicas dos locais de implantação das lagoas .....	57
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	69
3.1. Ensaio de permeabilidade .....	69
3.2. Espectro de tamanho das partículas .....	71
3.3. Análise do índice de qualidade das águas (IQA), afluente e efluente .....	74
3.3.1. Locais de coleta .....	76
3.3.2. Coleta e análise dos parâmetros de monitoramento .....	77
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	78
4.1. O entorno das lagoas de tratamento de esgoto .....	79
4.1.1. Teodoro Sampaio .....	79

4.1.2. Marabá Paulista .....	84
4.1.3. Regente Feijó.....	89
4.2. Tratamento de esgoto e qualidade das águas.....	94
4.2.1. Teodoro Sampaio .....	94
4.2.2. Marabá Paulista .....	102
4.2.3. Regente Feijó .....	110
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	118
REFERÊNCIAS .....	120
GLOSSÁRIO .....	123

## 1. INTRODUÇÃO

O IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) lançou no ano de 2011 o *Atlas de Saneamento 2011* que publica a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) de 2000 e 2008 tornando possível o entendimento da situação atual que se encontra o Brasil quando se discute o quadro de saneamento no país.

Os sistemas de tratamento de esgoto se enquadram no sistema de saneamento básico que as cidades devem contemplar, são serviços que promovem a garantia da qualidade de vida à população, principalmente quando se pensa em higiene, erradicação de doenças, abastecimento de água potável, um meio ambiente equilibrado e saudável onde as pessoas possam viver em harmonia.

A situação do sistema de esgotamento sanitário se revelou alarmante, pois se verificou a falta de rede coletora de esgoto em 2.495 municípios (45,7% dos municípios brasileiros) distribuídos pelas Unidades da Federação, com exceção do estado de São Paulo, onde apenas uma cidade, Itapura (no noroeste do estado), não apresentava o serviço de esgotamento através da rede coletora (ATLAS DE SANEAMENTO 2011, 2011).

Segundo a PNSB 2008, a distribuição da rede de esgotos do país apresenta-se assim: na Região Sudeste mais da metade dos domicílios (69,8%) tinham acesso à rede geral. A segunda região em cobertura do serviço foi a Centro-Oeste (33,7%), com resultado próximo ao da Região Sul (30,2%). Seguem-se as Regiões Nordeste (29,1%) e Norte (3,5%).

Na região Sudeste, especificamente no estado de São Paulo, o órgão responsável pela maioria dos serviços fornecidos em saneamento é a Sabesp (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), ela contempla, de acordo com o município, alguns tipos de tratamento de esgoto, entre eles: reator anaeróbio de fluxo ascendente (RAFA), baias e valas de infiltração, flotação e as lagoas de tratamento, divididas em lagoa facultativa, lagoa anaeróbia, aeradas e de maturação, cada uma com suas particularidades.

O tipo de tratamento realizado por lagoas, normalmente requerem uma grande área para serem construídas, se baseando principalmente em movimento de terra (corte e aterro) e preparação dos taludes (VON SPERLING, 2005, p. 274). O tratamento do esgoto é realizado por bactérias que irão estabilizar a matéria orgânica e como é um processo natural está associado a uma maior simplicidade operacional, fator de fundamental importância em países em desenvolvimento (VON SPERLING, 2005, p. 275).

Como as lagoas necessitam de uma área relevante elas são construídas, normalmente, em locais um pouco afastados da área urbana, mas não deixam de impactar o meio ambiente e a sociedade em questão, elas alteram a paisagem e a ocupação do espaço, engendrando uma relação sociedade e natureza que deve ser estudada a fim de contribuir para o entendimento da dinâmica territorial.

De acordo com Manuel Correia de Andrade (SOUZA *et al*, 1997):

Dentro da visão geográfica, a sociedade não é encarada a partir apenas das relações sociais entre classes e grupos, mas também de sua integração à natureza, daí ser necessário que o geógrafo esteja atento a problemas ligados à posição geográfica, ao relevo, ao clima, à hidrografia e à vegetação, e, ao mesmo tempo, não deixe de perceber os problemas sociais e econômicos ligados à população. Os fatos físicos naturais e os socioeconômicos devem ser encarados de forma integrada para que não se caia em áreas de outras ciências naturais ou sociais.

Antonio Christofolletti (SOUZA *et al*, 1997, p. 133) afirma que:

Se a urbanização diretamente cria ambientes que são avaliados como positivos à saúde e ao bem-estar das pessoas, ao mesmo tempo geram efeitos que podem promover a desestabilização do ecossistema. Muitos impactos indiretos encontram-se associados à urbanização, normalmente imprevistos e não planejados, ocasionando consequências positivas ou negativas, tanto a curto quanto em longo prazo.

O autor define impacto ambiental como aquele considerado os efeitos e as transformações provocadas pelas ações humanas nos aspectos do meio ambiente físico e que se refletem, por interação, nas condições ambientais que envolvem a vida humana, sendo catalogadas como indesejáveis tanto social quanto economicamente (SOUZA *et al*, 1997, p. 132).

Como visto anteriormente, o estado de São Paulo é modelo em relação aos outros por tratar 99% dos seus efluentes domésticos coletados, porém mesmo sendo modelo, pode apresentar falhas. Estas falhas são evidenciadas quando realizadas avaliações de impacto ambiental geralmente caracterizado por fragilidade no sistema ou não enquadramento à legislação ambiental específica.

O sistema de esgotamento sanitário é fundamental no contexto da organização de uma cidade, além do mais é preciso que os efluentes domésticos gerados sejam tratados antes de serem lançados no corpo d'água receptor, pois os impactos ambientais devem ser mínimos para a manutenção de um ambiente ecológico saudável.

As lagoas de tratamento de esgoto, localizadas nos municípios de Teodoro Sampaio, Marabá Paulista e Regente Feijó podem estar causando impacto ambiental devido à não existência da membrana de impermeabilização do solo, e é a partir desta premissa que este estudo inicia sua investigação e contextualização do efeito destas lagoas em seu entorno.



Este trabalho contempla duas frentes que podem ser definidas como sendo: A preocupação com a alteração da paisagem e ocupação do espaço dado pela urbanização em Teodoro Sampaio, Marabá Paulista e Regente Feijó, caracterizando o seu entorno e onde estão inseridas as lagoas de tratamento de esgoto destas cidades, e, ii), qual é a eficiência, forma de tratamento e qualidade das águas dos corpos receptores.

### **1.1. Histórico do problema e justificativa**

O precedente desta pesquisa constituiu em um alarme dado pelo Ministério Público do Estado de São Paulo, que indagou a respeito da não impermeabilização das lagoas de tratamento de esgoto, instigando o questionamento a respeito de que as mesmas pudessem causar depauperamento da qualidade da água e dos solos.

O questionamento a respeito da qualidade no sistema de tratamento é apresentado no "Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios" lançado em 1995 pelo Departamento de Engenharia Sanitária da UFMG, o qual evidencia as condições precárias a que está exposta grande parte da população brasileira (BARROS, 1995).

No Brasil, segundo o Manual citado anteriormente, as áreas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário apresentam particularidades que as diferenciam das demais. Essas particularidades na gestão dos serviços originaram-se com o Plano Nacional de Saneamento – PLANASA –, formulado em 1971 (BARROS, 1995). O objetivo de tal plano é descrito no seguinte trecho:

Em função do panorama institucional iniciado com o PLANASA, diversos sistemas foram concedidos às companhias estaduais, por períodos estabelecidos nos contratos de concessão, em geral próximos a 30 anos. Através dessa modalidade de gestão, as companhias estaduais são responsáveis pela implementação dos sistemas, sua ampliação, operação e manutenção. Em contrapartida, estabelecem as tarifas julgadas necessárias para a sua viabilidade financeira (BARROS, 1995).

É devido a este plano que as diferenças nos níveis de saneamento entre estados e regiões são perceptíveis. No estado de São Paulo, a concessão foi dada à Sabesp (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), portanto ela é a encarregada por dispor uma água de qualidade e um esgoto tratado aos municípios do estado sob sua concessão e cobrar os cidadãos por seus serviços, ou seja, instituir a tarifa aos paulistanos necessária à sua manutenção.

Esta pesquisa trata especificamente da parte do saneamento referente ao tratamento do esgoto sanitário. A principal finalidade dos sistemas de tratamento de esgoto é a captação dos resíduos domésticos gerados (normalmente de má qualidade) para serem, através de uma série de processos, purificados o máximo possível e devolvidos ao ciclo hidrológico com um nível mínimo de qualidade (estabelecido por legislação específica) a fim de não causarem nenhum dano às águas, à biota e a saúde da vida humana e animal.

A qualidade da água é resultante de fenômenos naturais e da atuação do homem (VON SPERLING, 1996). É resultante de fenômenos naturais devido à composição do solo, processos de assoreamento que acarretam em sólidos em suspensão, dissolução de rochas incorporando íons, entre outros. A atuação do homem geralmente causa uma maior alteração na qualidade da água, embora dependam da água para a sobrevivência e para o desenvolvimento econômico, as sociedades humanas poluem e degradam este recurso (TUNDISI, 2003).

A geração de despejos domésticos é designada pelos autores que se referem à qualidade da água como um dos principais processos poluidores da água. A água ocupa o primeiro lugar da demanda fisiológica dos seres vivos. As necessidades humanas de água potável são inegáveis, segundo Tundisi (2003) cerca de 60 a 70% do peso de um ser humano, em média, é constituído por moléculas de água, que atua como solvente e para o funcionamento do organismo. Também é utilizada na preparação de alimentos e cozimento, no banho, toalete e lavagem em geral. Sem água não há vida, portanto a manutenção da sua qualidade é vital.

Tundisi (2003) afirma que a degradação dos recursos hídricos está entre os 8 principais problemas ambientais do planeta, sendo as principais causas as seguintes: crescimento populacional e rápida urbanização, diversificação dos usos múltiplos, gerenciamento não coordenado dos recursos disponíveis e não reconhecimento de que saúde humana e qualidade de água são interativos.

A degradação dos recursos hídricos pode ser minimizada quando se tem um eficiente sistema de tratamento de esgotos, portanto é importante o conhecimento destes e da comunidade geradora dos efluentes de uma estação que os trata. Segundo Braga (2005) a quantidade de esgoto sanitário produzido diariamente pode variar bastante não só referente ao tamanho da população, mas também em função dos hábitos e condições socioeconômicas.

A exploração da história do município, características socioeconômicas e ambientais nada mais é do ponto de vista metodológico, uma distinção entre o estrutural e o histórico, mas a estrutura representa o resultado final de processos históricos e sobre ela paira a ameaça das

contradições de forças que constituem os elementos motores da história contemporânea (GEORGE, 1978).

Os conceitos geográficos serão utilizados, pois as relações entre a natureza e a cidade pedem a integração efetiva, a contextualização, e não apenas a simultaneidade dos processos sociais, econômicos, culturais e naturais que contribuem para estruturar o urbano (SOUZA, 1994). A organização do espaço pela sociedade resulta na sua interação com a natureza.

A procura de uma investigação dos impactos ambientais causados por sistemas de tratamento de esgoto não se pode deixar de lado a relação sociedade-natureza e suas factuais, pois o entendimento da ocupação do espaço na produção da paisagem irá inferir sobre o porte, as características, construção, lugar escolhido, necessidade e características ambientais locais dos sistemas de esgotamento sanitário.

Sendo assim, que este trabalho sirva de modelo para o destaque da importância da qualidade da água, para gestão e planejamento urbano, para o enlace de diversas disciplinas e profissionais, sempre visando o melhoramento contínuo.

## **1.2. Objetivo**

O objetivo desta pesquisa é avaliar como as lagoas de tratamento de esgoto dos municípios de Teodoro Sampaio, Marabá Paulista e Regente Feijó refletem na qualidade das águas dos corpos hídricos receptores por intermédio da caracterização física do entorno das lagoas e da análise dos efluentes destas lagoas.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. A PAISAGEM, O ESPAÇO E O MEIO AMBIENTE**

#### **2.1.1. A paisagem sob a ótica geográfica**

Tudo aquilo que nós vemos, o que nossa visão alcança, é a paisagem. Esta pode ser definida como o domínio do visível, aquilo que a vista abarca (SANTOS, 1996). A paisagem, descrita por Milton Santos, ganha uma dinamicidade, movimento. Hoje, sintetizada como um cotidiano reduzido à rotação do instante, a paisagem é o mundo fluido (SOUZA, 1994).

A paisagem se metamorfoseia com tal frequência que em sua fluidez de movimentos mais se parece uma tela de cinema (SOUZA, 1994). A paisagem não é dada para todo o sempre é um resultado de adições e subtrações sucessivas. É uma espécie de marca da história do trabalho e das técnicas (SANTOS, 1996).

Milton Santos afirma que com o passar do tempo da história, da evolução do homem, novas técnicas ou novos modos de produção vão sendo criados e substituídos, alguns mantidos, mas todos em uma conjuntura nova de maneiras e ideias de inovação que se incorporam ao estilo de vida das populações, e é devido a isto que a paisagem é um conjunto de formas heterogêneas, de idades diferentes, pedaços de tempos históricos representativos das diversas maneiras de produzir as coisas, de construir o espaço (SANTOS, 1996).

Segundo Souza (1994), repositório do ato da criação, a paisagem no seu todo é o registro das tensões, sucessos e fracassos da história de uma sociedade. Nela encontra-se todas as marcas da evolução histórica de um povo.

Parafrazeando Milton Santos, inseridas nesse contexto onde a discussão aponta para mudanças, encaixam-se as mudanças previsíveis: envelhecimento dos materiais, e as mudanças imprevisíveis: o envelhecimento moral, que passa a ser entendido através do quadro econômico, social e cultural, portanto a paisagem em sua inconstância muda de região para região, de lugar para lugar, nunca produzindo o mesmo espaço.

Henri Lefebvre já nos advertia sobre isso, referindo-se ao cotidiano urbano (SOUZA, 1994). Com mais detalhes no trecho:

A teoria de Vidal de La Blache concebia o homem como hóspede antigo de vários pontos da superfície terrestre, que em cada lugar se adaptou ao meio que o envolvia,

criando, no relacionamento constante e cumulativo com a natureza, um acervo de técnicas, hábitos, usos e costumes, que lhe permitiram utilizar os recursos naturais disponíveis. A diversidade dos meios explicaria a diversidade dos 'gêneros de vida' MORAES (1968).

A evolução histórica promovendo novas técnicas ou modos de produção, como vistos anteriormente, é a marca do homem sobre a natureza, chamada de socialização por Marx (SANTOS 1996).

Milton Santos divide a paisagem em dois tipos: paisagem natural e paisagem artificial. A paisagem artificial é a paisagem transformada pelo homem, enquanto grosseiramente podemos dizer que a paisagem natural é aquela ainda não mudada pelo esforço humano (SANTOS, 1996).

Pode-se estabelecer paralelismo entre o avanço da exploração dos recursos naturais com o cada vez mais complexo desenvolvimento tecnológico, científico e econômico das sociedades humanas (ROSS, 2006).

O professor Jurandy L. S. Ross deflagra o vigor do desenvolvimento econômico principalmente nos últimos 80 anos, a busca por recursos naturais se intensifica progressivamente levando a “processos degenerativos profundos da natureza” (ROSS, 2006).

Dentro dessa perspectiva, os espaços naturais vão progressivamente dando lugar a “novos espaços produzidos”, onde a natureza modificada cede lugar às atividades econômicas diversas (ROSS, 2006). O autor destaca neste ponto que quando se estuda a interação da sociedade com a natureza deve-se definir a escala, os níveis taxonômicos, para fins de gestão e planejamento. Destaca:

O planejamento ambiental articula-se convergente ao desenvolvimento sustentável, o que significa permear todos os níveis das relações sociais e econômicas das sociedades humanas e dos vínculos que estas estabelecem com a natureza (ROSS 2006).

A modificação da paisagem contextualizada como momentos históricos distintos, infere substancialmente no discernimento da relação sociedade-natureza produzindo espaço e alterando a paisagem natural, cujas perspicácias influem na busca atualmente do desenvolvimento sustentável e mitigação dos impactos ambientais alçando um paralelismo na compreensão dos fenômenos.

A importância do conceito de paisagem nessa pesquisa é bem sintetizada no trecho abaixo:

Conhecer adequadamente a dinâmica ambiental, por meio das características comportamentais do relevo, dos solos, das rochas e minerais, das águas de superfície e subterrâneas, do clima e dos vegetais, como também dos aspectos sociais e econômicos das sociedades humanas é fundamental para aprimorar o desenvolvimento sustentável. Para cada ambiente natural, é possível e desejável o desenvolvimento de atividades produtivas, que sejam compatíveis com suas potencialidades, de um lado, e com suas fragilidades ambientais, de outro. Nesse contexto, o relevo funciona como variável importante, indicador dos diferentes ambientes que favorecem ou dificultam as práticas econômicas, responsáveis pelos arranjos espaciais e pelo processo de produção dos espaços (ROSS 2006).

O momento atual que se deseja compreender o porquê da construção de sistemas de esgotamento sanitário, a gênese da escolha dos locais apropriados para inserção, que ponto na história começaram a operar e a influência socioeconômica e ambiental das cidades na fluidez da paisagem, alterando-a e compondo-a, engendram um quadro dialético para a contribuição do pensar geográfico.

### **2.1.2. O espaço e o meio ambiente, uma dicotomia?**

A partir de 1970 a representação geográfica assume o modo histórico – materialista de Marx, seu esquema afirma que a relação homem – meio é uma relação de troca metabólica, em que homem e natureza intercambiam matéria e energia, numa geografia que não se separa em física e humana (MOREIRA, 2007).

Ruy Moreira em seu livro “Pensar e Ser em Geografia” afirma que o meio ambiente se constitui espacialmente, organizando a sociedade ambientalmente. As relações homem – homem e homem – meio se enchem do antagonismo social presente na relação de propriedade das forças produtivas, tensionando social e ambientalmente a organização da sociedade pela base (MOREIRA, 2007).

A discussão a qual se pretende debater se apoia nas bases conceituais necessárias, primeiro entender o espaço, depois compreender onde a palavra meio ambiente está contextualizada na geografia e por fim relacioná-las ao estudo e responder a questão que nos interessa.

Milton Santos, em um primeiro momento, através de seu livro “Por uma Geografia Nova” – 1978, diz que o espaço é constituído de fixos e fluxos. Em 1988, com a 1ª edição publicada de “Metamorfoses de um Espaço Habitado” ele refina a definição de fixos e fluxos como sendo: “Os fluxos são um resultado direto ou indireto das ações e atravessam ou se

instalam nos fixos, modificando a sua significação e o seu valor, ao mesmo tempo em que, também se modificam” (SANTOS, 1988).

Em 1996, no livro “A Natureza do Espaço” Milton Santos apresenta o espaço como sendo um sistema de objetos e um sistema de ações, ele inclui a tecnificação, a artificialidade, cada vez mais presentes nos dias de hoje.

Sistemas de objetos e sistemas de ações interagem. De um lado os sistemas de objetos condicionam a forma como se dão as ações e, de outro lado, o sistema de ações leva à criação de objetos novos ou se realiza sobre objetos preexistentes. É assim que o espaço encontra a sua dinâmica e se transforma (SANTOS, 2008).

O conjunto dos dois sistemas, de objetos e de ações, sempre aponta um contra senso, um diferente pensar, um diferente foco, mas acaba por dizer que para os geógrafos, os objetos são tudo o que existe na superfície de Terra, toda herança da história natural e todo resultado da ação humana que se objetivou (SANTOS, 2008).

Os objetos que interessam à Geografia não são apenas objetos móveis, mas também imóveis tal uma cidade, uma barragem, uma estrada de rodagem, um porto, uma floresta, uma plantação, um lago, uma montanha. Tudo isso são objetos geográficos. Esses objetos geográficos são do domínio tanto do que se chama a Geografia Física como do domínio do que se chama a Geografia Humana e através da história desses objetos, isto é, da forma como foram produzidos e mudam, essa Geografia Física e essa Geografia Humana se encontram. O espaço dos geógrafos leva em conta todos os objetos existentes numa extensão contínua, todos sem exceção (SANTOS, 2008).

Aliado ao sistema de objetos na definição de espaço tem-se o sistema de ações. Ação é o ato de agir, é um ato regulado que se dá em algumas situações onde envolve certo grau de esforço. As ações resultam de necessidades, naturais ou criadas. Essas necessidades: materiais, imateriais, econômicas, sociais, é que conduzem os homens a agir e levam a funções (SANTOS, 2008).

Cabe aqui ressaltar a inseparabilidade dos objetos e das ações, termo que o próprio autor usa para definir espaço. Para satisfazer a episteme e concatenar as ideias do texto anterior deve-se lembrar que paisagem e espaço não são sinônimos (SANTOS, 2008).

A paisagem é o conjunto das formas que, num dado momento, exprimem as heranças. O espaço são essas formas mais a vida que as anima (SANTOS, 2008). Seria como se estivéssemos assistindo a uma cena na tela da TV, ao apertarmos o botão *pause* do controle remoto, veríamos uma imagem congelada dotada de heranças das relações homem e natureza, seria esta a paisagem, ao acionarmos o *play* a cena ganha movimento com a interação do homem com o meio, representando o espaço.

Já o meio ambiente é definido, no Brasil, segundo a Constituição Federal de 1988 como a soma total das condições externas circundantes no interior das quais um organismo, uma condição, uma comunidade ou um objeto existe. O meio ambiente não é um termo exclusivo; os organismos podem ser parte do ambiente de outro organismo.

Para PRIMAVESI (1997), meio ambiente é o espaço do qual vivemos.

Meio Ambiente é toda relação, é multiplicidade de relações. É relação entre coisas, como a que se verifica nas reações químicas e físico-químicas dos elementos presentes na Terra e entre esses elementos e as espécies vegetais e animais; é a relação de relação, como a que se dá nas manifestações do mundo inanimado com a do mundo animado (...) é especialmente a relação entre os homens e os elementos naturais (o ar, a água, o solo, a flora e a fauna), entre homens e as relações que se dão entre as coisas; entre os homens e as relações que permite, abriga e rege a vida, em todas as suas formas. Os seres e as coisas, isoladas, não formariam meio ambiente, porque não se relacionariam TOSTES (1994).

A definição de meio ambiente muito se assemelha com a de espaço. Para os geógrafos a importância fundamental é entender como o homem se relaciona com a natureza, a Biogeografia estuda as interações, a organização e os processos espaciais, dando ênfase aos seres vivos – vegetais e animais – que habitam determinado local: o biótopo, onde constituem geobiocenoses (TROPMAIR, 1987).

Dessa forma, quando há o pressuposto de pesquisar os impactos ambientais por lagoas de tratamento de esgoto, é inerente contextualizar o espaço em que as mesmas estão inseridas, visto que, do ponto de vista geográfico, o sistema de objetos e o sistema de ações promove o tratamento do efluente doméstico através da lagoa e esta deve ser monitorada e operada de forma que devolva ao meio ambiente uma água de qualidade e que não cause poluição hídrica e dos solos.

A organização de dado espaço envolve variáveis que serão estudadas, variáveis ambientais, físicas, químicas, biológicas, sociais, econômicas, que quando cruzadas revelarão o desempenho do esgotamento sanitário de cada município.

O homem cria e modifica a natureza conforme suas necessidades de acordo com o surgimento e aperfeiçoamento das técnicas, o espaço e o meio ambiente são indissociáveis, mas o conceito arraigado em um apenas serve de apoio ao outro, tanto espaço quanto meio ambiente apresentam multiplicidades, no entanto não há como considerar um mais importante que o outro.

É no espaço que foram construídas as lagoas de tratamento de esgoto onde ocorrem todos os processos necessários para a remoção da matéria orgânica do efluente doméstico e,



inserido nesse espaço, temos a relação entre o homem e os elementos naturais, solo, clima, vegetação, rio, ou seja, o meio ambiente interagindo com a dinamicidade da configuração espacial. É essa nova alteração do espaço que remete à paisagem e ambos não podem ser dissociados do meio ambiente.

Espaço e meio ambiente não se separam, eles são partes únicas que se compõem, se somam, se interagem, fazendo com que a determinação das condições de tal espaço seja explicada pelas características e eventos do meio ambiente envolvente.

### **2.1.3. A relação sociedade-natureza**

Geografia é a ciência “*que busca a compreensão do espaço produzido pela sociedade, suas desigualdades e contradições, as relações de produção que nele se desenvolve, bem como a apropriação que essa sociedade faz da natureza*” (CASTROGIOVANNI e GOULART, 1990). A Geografia começa a existir quando reconhece o verdadeiro sentido das relações entre a natureza e o homem e sua evolução histórica (SODRÉ, 1982).

A geografia, segundo Andrade (1922), se tornou uma ciência autônoma a partir do século XIX, graças aos trabalhos dos geógrafos alemães Alexandre Von Humboldt e Karl Ritter. O conhecimento geográfico remonta desde a época da pré história, momento em que:

{...} o conhecimento e aplicação que foram expandindo-se à proporção que a civilização foi desenvolvendo-se e a sociedade aumentando a sua capacidade de dominar e modificar a natureza, para melhor desfrutar dos recursos nela disponíveis. (ANDRADE, 1922).

A geografia surge, segundo Conti (2002), quando o homem passa a ter consciência espacial. É definida pelo autor como sendo o setor da ciência que estuda a Terra enquanto morada do homem e diz respeito ao espaço terrestre, sua interpretação e seu entendimento (CARLOS, 2002).

A interpretação das relações entre a sociedade e a natureza de acordo com Manuel Correia de Andrade se desenvolveu com a evolução das estruturas econômico-sociais. Obras como as de Varenius, E. Kant e também Montesquieu, no seu livro “O Espírito das leis”, mostrou preocupações de ordem geográfica, relacionando sociedade e natureza (ANDRADE, 1922).

O geógrafo francês Élisée Reclus (que viveu no fim do século XIX e início do XX) deu uma grande contribuição ao tema com o seu livro “O homem e a terra”, ele analisava

detalhadamente fatos físicos procurando assinalar as interações com o processo de ação do homem, da sociedade, e as transformações que ele realizava na natureza para melhor utilizá-la (ANDRADE, 1922)

Manuel Correia de Andrade dizia:

A preocupação central da Geografia é a formação da sociedade e os tipos de intervenção que esta sociedade executa na natureza. {...}. A sociedade é quem determina as metas a serem atingidas, o tipo de espaço que deseja construir, modificando, transformando este desejo à proporção que mudam as formas de relação e as disponibilidades de capital e de técnica. É bem verdade que a sociedade não pode transformar a natureza arbitrariamente, da forma que se desejar, mas tem grande capacidade de modificá-la (ANDRADE, 1922).

Em face da necessidade de bem conhecer o palco em que a sociedade está instalada e onde atua (ANDRADE, 1922) a geografia tem um grande relacionamento interdisciplinar com as ciências da natureza. Porém a geografia é uma ciência social, pois ela é uma ciência eminentemente política, devendo indicar caminhos à sociedade, nas formas de utilização da natureza.

É interessante entender como cada sociedade humana estrutura e organiza o espaço físico territorial em face das imposições do meio natural, de um lado, e da capacidade técnica, do poder econômico e dos valores socioculturais, de outro (ROSS, 2001). As diferentes formas de ocupação retratam essa organização da sociedade, emergindo em uma paisagem alterada que produz determinado espaço.

A investigação das formas de ocupação se dispõe exatamente de acordo com a dinâmica dos processos físicos e dos agentes sociais acerca do modelado de superfície em que estão inseridos.

A preocupação tardia pela natureza e as influências pelo homem em sua formação original, deriva do consumo exacerbado dos recursos naturais pelos modos de produção e tecnificação do homem, designado “trabalho”<sup>10</sup>, quando este visualizava estes recursos como bens “infinitos”, ou seja, os recursos naturais começam a ser explorados de forma intensiva e continua em benefício do homem e ele os usa, não se preocupando, ou simplesmente imaginando que aqueles nunca iriam acabar.

---

<sup>10</sup> Milton Santos em “Natureza do Espaço” e Sodré em “Introdução a Geografia (Geografia e Ideologia)” afirmam que é o trabalho do homem o principal modificador da natureza, ou seja, não há produção, criação, vida e nem ação humana sem trabalho.

O futuro chega e a natureza começa a se manifestar. A modernização, o intenso processo capitalista, a mídia influenciando os indivíduos, o aumento das populações, das cidades, do consumo, dos produtos, a globalização, os computadores, a internet, a competitividade, são alguns dos fatores que vão, involuntariamente, dando margens à depreciação da natureza *naturata*.

Os bens naturais, que antes eram encontrados em abundância, hoje, no século XXI, já vão se tornam escassos.

A urbanização e o crescimento acelerado da população resultaram em necessidades. Necessidades de trabalho, de produção, de moradia, de alimentação, de sistemas políticos, de leis, de ordenamento. As pessoas se organizam e a natureza fornece os meios, o que acabam justificando os fins.

A natureza sofre com as diferentes formas de poluição, com os resíduos humanos que são descartados em qualquer lugar, com a ocupação irregular, com o lançamento indiscriminado de gases tóxicos na atmosfera, matéria orgânica e inorgânica em rios, enfim, com seu uso irracional.

Durante o passar dos anos, os cientistas e os *think tanks*<sup>11</sup> começam a avaliar relatórios, se apoiar em bases estatísticas ambientais, avaliar o efeito estufa, o aquecimento global, o crescimento populacional (que atingiu em 2012 a marca de 7 bilhões de pessoas no mundo) as catástrofes ambientais, cada vez mais recorrentes, são uma amostra de que o meio ambiente está sufocado.

As preocupações ambientais surgem então, pois sem a natureza o homem moderno não vive (sempre preocupado com sua sobrevivência), começam a serem elaboradas leis contra poluições, regulamentos que protegem os recursos ambientais minimizando a forma de exploração, criação de políticas de educação ambiental nas escolas, todas evidenciando significativo progresso, mesmo ainda com muito a se fazer.

A explosão e concentração populacional acarretou nas cidades uma mudança brusca, deixando os sistemas subterrâneos sobrecarregados, sendo os projetos de saneamento básico os principais afetados, por isso é tão comum ocorrerem enchentes, alagamentos, má distribuição e coleta de água, má eficiência da rede coletora de esgotos, em sistemas de tratamento, entre outros.

---

<sup>11</sup> Termo adotado por Octavio Ianni em sua obra Teorias da Globalização, o conceito se refere aos grandes estudiosos e pesquisadores acadêmicos.

Muitas vezes a elevada produção de bens de consumo, não permite que o meio ambiente seja salvaguardado, há consumo irracional e as pessoas têm uma visão errônea, se preocupando com o meio ambiente apenas para cumprirem a lei e não serem afetados no bolso e não pensando na sua sustentabilidade e no futuro das próximas gerações<sup>12</sup>.

A sociedade precisa se colocar além de um ser racional, também deixar que o emotivo influencie sobre sua atuação na natureza, pois recebe dela o mesmo tratamento a que a submete. É como um espelho, onde enxerga-se o que se está produzindo no momento atual. A partir do momento em que sociedade e natureza forem tratadas igualmente, haverá o respeito mútuo, o homem saberá aproveitar e usufruir dos recursos naturais com sustentabilidade e por sua vez conseguirá extrair dela o que precisa. Deve prevalecer a consciência de que somos nós quem carece dela e não ela quem precisa de nós.

#### **2.1.4. A questão sócio econômica e ambiental: repercussões na produção do espaço**

O espaço geográfico está tão atrelado ao cotidiano e à vida dos indivíduos que passa a ser introduzido na academia como o produto das relações sociais estabelecidas nos lugares ou de outra maneira “o espaço é a cara da sociedade” (KAERCHER, 2003).

A sociedade nada mais é do que uma forma organizada de convivência em grupo, onde cada ser ocupa o seu espaço e exerce uma função, se diferenciando pela classe social, sexo, raça, língua, cultura e lugar geograficamente ocupado.

O lugar está no mundo e o mundo se reproduz nos lugares, de diferentes maneiras. Daí a necessidade de compreender essa rede de relações entre o próximo e o distante e suas implicações para o espaço geográfico (GOMES, 2008).

O próximo e o distante se relacionam globalizadamente, cada um com suas peculiaridades e produzindo o espaço voltado para suas condições e necessidades, a compreensão da produção de qualquer espaço possui algumas premissas, sendo que é preciso basicamente elencar as características históricas, socioeconômicas e culturais da sociedade ali existente.

---

<sup>12</sup> A constituição federal, no seu art. 225 – do meio ambiente, diz que: Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

A evolução histórica do homem imprime com o passar dos anos marcas na natureza, ele está conectado a ela por ligações de inúmeras interdependências (ROSS, 2009), sendo assim, observa-se apropriação dos recursos naturais modificando o ambiente ecológico.

A dinamicidade entre o meio ambiente e suas interações com o homem estão sujeitas às diferenciações devido as influências de estruturas sociais e econômicas, as quais promovem modificações diferenciadas diante de sua distribuição geográfica e suas necessidades de demanda (ROSS, 2009).

A história econômica brasileira remonta desde os séculos XVI e XVII, com a cana de açúcar. Já no século XVIII tem-se a introdução da mineração, seguida pelo café dos séculos XIX e XX e soja a partir da década de 1970, variando conforme o lugar.

Esse intenso uso dos bens ambientais causou surtos econômicos significativos (o que foi positivo em termos de economia), mas acompanhados de vigorosos processos de degradação da natureza e agressivos processos de exploração irracional com grandes desperdícios dos recursos naturais (ROSS, 2009).

O Professor Jurandyr Ross comenta:

Em função de todos os problemas ambientais, decorrentes das práticas econômicas predatórias, que tem marcado a história deste país e que, obviamente, tem implicações para a sociedade a médio e longo prazos, diante do desperdício dos recursos naturais e da degradação generalizada, com perda de qualidade ambiental e de vida, tornam-se cada vez mais urgente o planejamento físico-territorial não só com perspectiva econômico-social, mas também ambiental (ROSS, 2009).

A dinâmica da natureza provocada pela contribuição do homem causa alterações historicamente grafadas na produção do espaço, como mencionado por Milton Santos em “Por uma Geografia Nova”: O espaço é condicionado pelas instancias sócio-econômicas que nele se estabelecem e criam vida, ao mesmo tempo em que também as condiciona (SANTOS, 1978).

A ocupação do Pontal teve o seu início, marcado na história, com a corrida para o Oeste Paulista, no século XX, em busca de terras para o cultivo do café, sendo que até por volta de 1930 o cultivo desse grão era a principal atividade econômica da região (com a queda da bolsa de valores em Nova Iorque em 1929, a fragilidade e baixa fertilidade dos solos da região houve o declínio da produção).

A região do Pontal do Paranapanema é conhecida também como Alta Sorocabana, devido à estrada de ferro Sorocabana que corta o Sertão Paulista em direção ao Mato Grosso. Sua expansão se deu, por fins políticos e militares, no início do século XX, chegando a

Presidente Prudente em 1919. A presença da cafeicultura e da ferrovia intensificou o desmatamento e começavam a surgir os primeiros povoados.

Presidente Prudente foi o primeiro povoado criado no Pontal, sua criação começou com a união de duas vilas – a Vila Marcondes (fundada em 1917) e a Vila Goulart (fundada em 1919). Do vasto território de Presidente Prudente nasceram os outros municípios da Alta Sorocabana, dentre eles destaca-se (para fins desta pesquisa) Teodoro Sampaio (1964), Marabá Paulista (1953) e Regente Feijó (1935).

No período anterior a Segunda Guerra Mundial (1939-1945) houve um aumento do mercado internacional a procura de algodão, sendo assim essa cultura teve bastante êxito na região nesta época, porém, conseqüentemente, o solo se empobreceu e com o surgimento das fibras sintéticas o algodão passou a não ter tantas vantagens e, a partir disto, a principal atividade de expansão passava a ser a pecuária de corte.

Segundo EMUBRA (2003), a região possui um dos maiores rebanhos bovinos do país e Presidente Prudente é considerada a capital do Nelore Mocho.

As terras do Pontal, além de serem majoritariamente degradadas pela agricultura, devastação e exploração das matas, são devolutas e griladas por latifundiários. Ocorre grande número de ocupações pelos sem-terra e acontecem conflitos fundiários frequentemente (EMUBRA, 2003).

### **2.1.5. A estrutura e expansão do meio urbano: geração dos impactos ambientais**

É evidente, mesmo partindo das observações mais casuais que a cidade moderna desempenha uma variedade de funções (CLARK, 1985). Desenvolvendo-se ao redor do núcleo inicial, a cidade articula-se de maneira diversa, em elementos de dimensões variáveis, com maior ou menor continuidade, bairros ou grupos de bairros (GEORGE, 1983).

A estrutura do meio urbano exerce funções como: a prestação de serviços, manufatura, responsabilidades políticas administrativas, gerencial, e essas funções estão fardadas pelo tempo decorrido desde sua fundação. A idade das diferentes partes da cidade desempenha um fator de diferenciação, a paisagem urbana é mais heterogênea quando dois períodos de desenvolvimento dinâmico são separados por um período de desenvolvimento fraco, por exemplo (GEORGE, 1983).

Essa mudança de períodos de desenvolvimento imprime nos meios urbanos uma visualização de diferenças de estilos e técnicas de construção que, segundo George (1983) opõe-se muito mais claramente. Existe uma heterogenia quando se observa o centro urbano seguindo uma linha radial até a periferia, também podem ser observadas diferenças temporais da evolução das funções e das necessidades.

David Clark relata sobre essa diferença temporal da funcionalidade, por exemplo, a economia pré-industrial estava orientada para servir às necessidades de agricultura, então o povoamento se dava em locais seguros e de acessibilidade aos mercados mais amplos (CLARK, 1985). Outro exemplo que o autor dá é a manufatura desenvolver-se como centro de serviços ou centro industrial, e por último ele apresenta a atividade gerencial, fonte importante de empregos nos negócios, expressa uma preferência pelas áreas centrais, dando a esses locais um perfil ocupacional bem mais amplo (CLARK, 1985).

Quando há a pronúncia de estrutura urbana caracterizam-se algumas definições das diversas partes lembrando que os processos de evolução se devem ao desenvolvimento de cada uma delas.

Análogo aos bairros e aos limites administrativos da cidade. O que está fora deste limite normalmente é caracterizado como subúrbio e ele escapa às taxas e obrigações da cidade, mas também de seus privilégios e de sua proteção (GEORGE, 1983).

Clark (1985) diz que um dos traços mais característicos das cidades modernas é o seu alto nível de diferenciação interna. Isso se dá devido a diferentes classes sociais e de localização. Outro componente do meio urbano é a periferia, alocadas em áreas distantes do centro, desprovidas de quadro financeiros, administrativos, culturais, acima da escala estritamente local (GEORGE, 1983).

Em uma estrutura urbana, mormente visualiza-se os bairros nobres, cujo poder aquisitivo é maior, em áreas de topo, áreas arborizadas, onde se tem um bom sistema de saneamento básico e um maior desenvolvimento. As áreas periféricas estão fadadas a locais inapropriados, fundos de vale, zonas de vetores devido ao baixo saneamento, distantes do desenvolvimento, onde moram pessoas de escolaridade e rendimento baixos.

A compreensão da estrutura urbana é a base para a compreensão do crescimento urbano e da urbanização brasileira, quando se estuda uma cidade e seus componentes os profissionais envolvidos na elaboração de mapas, como o geógrafo e o engenheiro cartógrafo, elaboram um instrumento de planejamento datado no tempo, imposto a mudanças cuja variável expressiva é o crescimento.

Note que crescimento urbano e urbanização não é a mesma coisa.

O crescimento urbano é um processo espacial e demográfico e refere-se à importância crescente das cidades como locais de concentração da população numa economia ou sociedade particular. {...} A urbanização, por outro lado, é um processo social e não espacial que se refere às mudanças nas relações comportamentais e sociais que ocorrem na sociedade, como resultado de pessoas morando em cidades (CLARK, 1985).

O crescimento urbano ainda segundo Clark (1985), instala-se quando o número de habitantes em cidades cresce relativamente à população como um todo.

O Brasil, como os demais países da América Latina, apresentou intenso processo de urbanização, especialmente na segunda metade do século XX (MARICATO, 2002). Segundo a autora, em 1940, a população urbana era de 26,3% do total (18,8 milhões de habitantes). Em 2000 ela era de 81,2% (138 milhões de habitantes). Em 2010 essa população urbana já chega a 84,35% (160,8 milhões de habitantes)<sup>13</sup>.

Ora, se a população cresce a zona urbana também cresce. A zona de expansão urbana é a área de reserva para o crescimento horizontal da cidade (CARVALHO, 2001). Essa zona de expansão urbana é contemplada pela lei que proíbe o parcelamento do solo para fins urbanísticos nos seguintes casos:

- I – em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações;
- II – em terrenos que tenham sido aterrados com materiais nocivos à saúde;
- III – em terrenos com declividade superior a 30%;
- IV – em terrenos com condições geológicas impróprias;
- V – em áreas de preservação ecológica (Lei Federal 6.766/79, modificada pela lei 9.785/99).

Já a ABES (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental) recomenda a escolha preferencial de áreas com as seguintes características:

- Terrenos permeáveis ou adequados para concepção e tratamentos estáticos de esgotos sanitários (fossas sépticas, fossa e sumidouro, vala de infiltração e filtro anaeróbico);
- Topografia que facilite a construção de redes de coleta e transporte de esgotos sanitários por declividade natural, minimizando ou evitando ao máximo a adoção de sistemas elevatórios desses esgotos;
- Preservação de áreas no entorno do aquífero que possuam potencial como recurso para captação de água para abastecimento público;
- Preservação de mananciais e nascentes (CARVALHO, 2001).

---

<sup>13</sup> Dados divulgados pelo Censo 2010 do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).



Como se pode observar e segundo Carvalho (2001), em tais casos, os critérios essenciais para a delimitação da zona de expansão urbana são de natureza eminentemente ambiental.

Em muitos municípios brasileiros a ocupação irregular e o crescimento desordenado são fatores que contribuem para a geração dos impactos ambientais, pois nem sempre a sociedade faz o que se espera e isso resulta em gastos de energia interna.

É fácil notar a deturpação da lei de parcelamento do solo quando se observa construções em morros, em margens de rios, próximas a canalizações irregulares e, em cima de lixões. Um mau planejamento da estrutura urbana, juntamente com seu crescimento progressivo, causa danos ao meio ambiente.

Uma alta densidade populacional<sup>14</sup> traz vantagens como: eficiência na oferta de infraestruturas, uso eficiente da terra, geração de receitas, maior controle social, maior acessibilidade ao emprego e facilidade de acesso aos consumidores, mas também traz problemas, como: sobrecarga nas infraestruturas, criminalidade, congestionamentos e saturação do espaço, poluição e maiores riscos de degradação ambiental (CARVALHO, 2001) Note, novamente, o meio ambiente em desvantagem.

Segundo Carvalho (2001) é necessário retomar a necessidade de uma reforma urbana que incorpore a questão do acesso à terra e à cidade levando em consideração os paradigmas do desenvolvimento sustentável. Evitando assim, as contradições elencadas no subitem "A relação sociedade-natureza".

#### ***2.1.5.1. Área de estudo***

Os municípios motivadores das preocupações com o sistema de esgotamento sanitário e os impactos ambientais que possivelmente ocorreriam estão localizados no Pontal do Paranapanema. Teodoro Sampaio, Marabá Paulista e Regente Feijó são cidades de pequeno porte que apresentam algumas semelhanças e pequenas diferenças.

No croqui seguinte, são apresentadas as localizações desses municípios no Estado de São Paulo/Brasil (Figura 1).

---

<sup>14</sup> Segundo o IBGE, é a relação entre a população e a superfície do território, expressa geralmente em habitantes por quilometro quadrado.

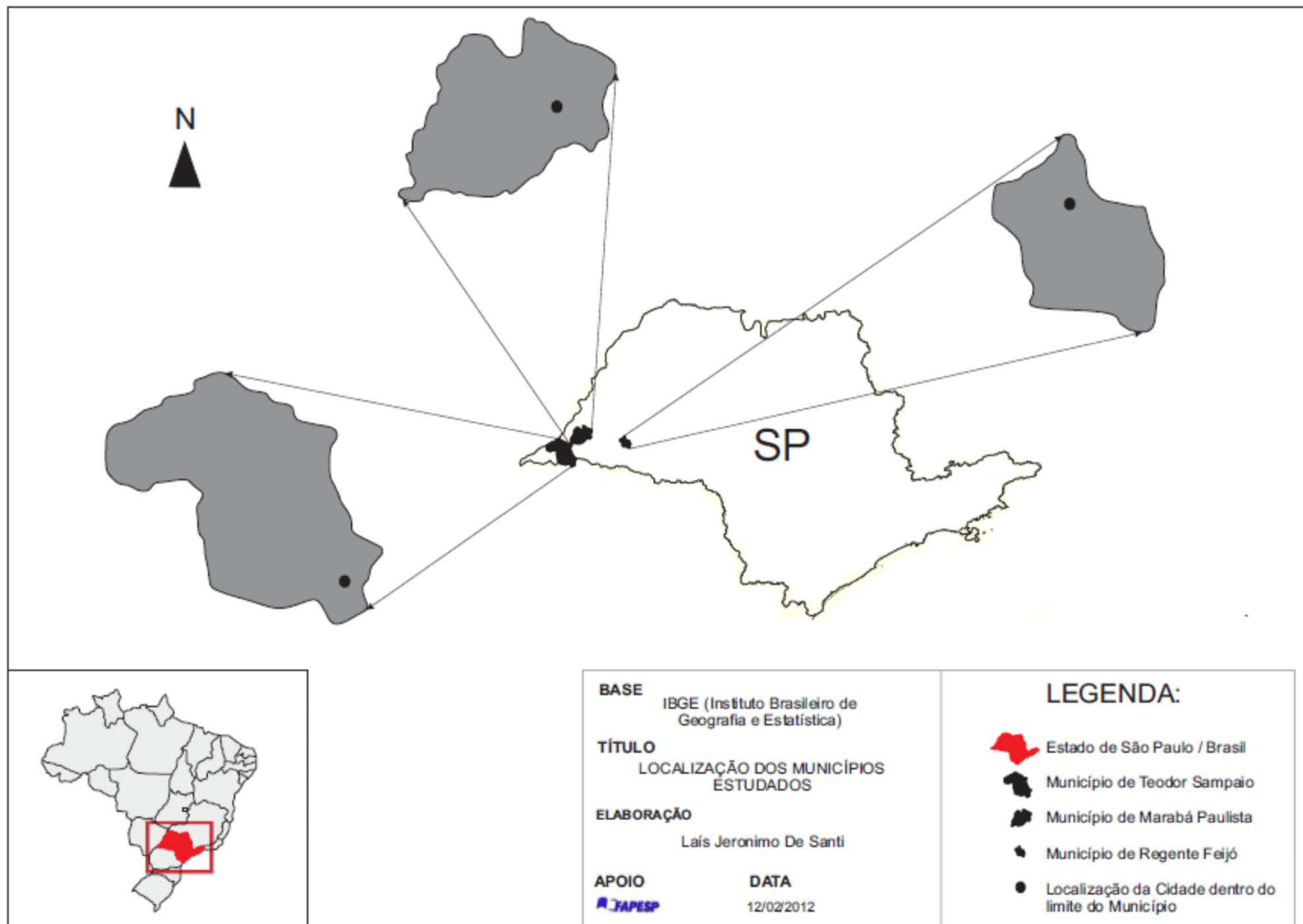


Figura 1: Croqui de localização dos municípios estudados. Elaboração: Santi (2012).

### **2.1.5.2. Teodoro Sampaio**

Teodoro Sampaio está localizada geograficamente no extremo oeste paulista, no Pontal do Paranapanema. Ocupa hoje, terras que faziam parte da fazenda Cuiabá, pertencente à 10ª Região Administrativa de Presidente Prudente e ocupa uma área de 1.556,6 quilômetros quadrados ou 0,62% da área total do Estado de São Paulo (EMUBRA, 2003). Uma de suas características é possuir em seu município o Parque Estadual do Morro do Diabo.

A história de ocupação do município se inicia com a exploração, em 1886, por um engenheiro/geógrafo de nome não menos comum, Theodoro Fernandes Sampaio, que percorreu o Rio Paranapanema da nascente até a Foz do Rio Paraná. Em sua exploração, o engenheiro deixou como legado os seus relatos. Publicou em 1890 “Considerações Geográficas e Econômicas sobre o Vale do Paranapanema”.

Sua publicação trouxe contribuições importantes. Por volta de 1.900 a 1.910, o Pontal ainda era virgem (EMUBRA, 2003) e Theodoro Sampaio descreveu a existência de duas tribos, os Kaigangs e os Guaranis Caiuás. Essas tribos foram exterminadas pelos colonizadores e posseiros. Posteriormente, na década de 1930, grandes grileiros contratavam os “quebra milhos”, capangas que expulsavam os posseiros das terras.

Em 1950, aparecem os primeiros moradores, estes eram sitiantes, que inicialmente enfrentaram muitas dificuldades pela falta de estradas, existência de mata fechada e animais selvagens, ao mesmo tempo, cultivavam café, amendoim, algodão, arroz e milho. A falta de infra-estrutura, iluminação, serviços médicos e estabelecimentos comerciais eram aparentes. O agrimensor Manoel de Camargo desenhou a primeira planta da nova cidade, traçando as duas primeiras ruas - depois denominadas avenidas Cuiabá e Paranapanema (EMUBRA, 2003).

Em 1955 cerca de 30 casas de madeiras foram construídas no município e em 1960 a população já atingia 8.461 habitantes. A partir de 1959, Teodoro Sampaio ganha a categoria de distrito, pertencendo ao território de Marabá Paulista, em 1962 prova sua força através da política e consegue se emancipar em 1964.

Atualmente, o município está formado com a sede, o distrito de Planalto do Sul, os bairros rurais do Córrego Seco, Alcídia, Agrovila Emídio Furlan (Varjão) e 17 assentamentos (EMUBRA, 2003). Sua população, segundo o censo 2010 do IBGE, é de

21.386 habitantes no total. A figura 2 ilustra, de maneira geral, a projeção da população urbana e rural de 1970 até 2010.

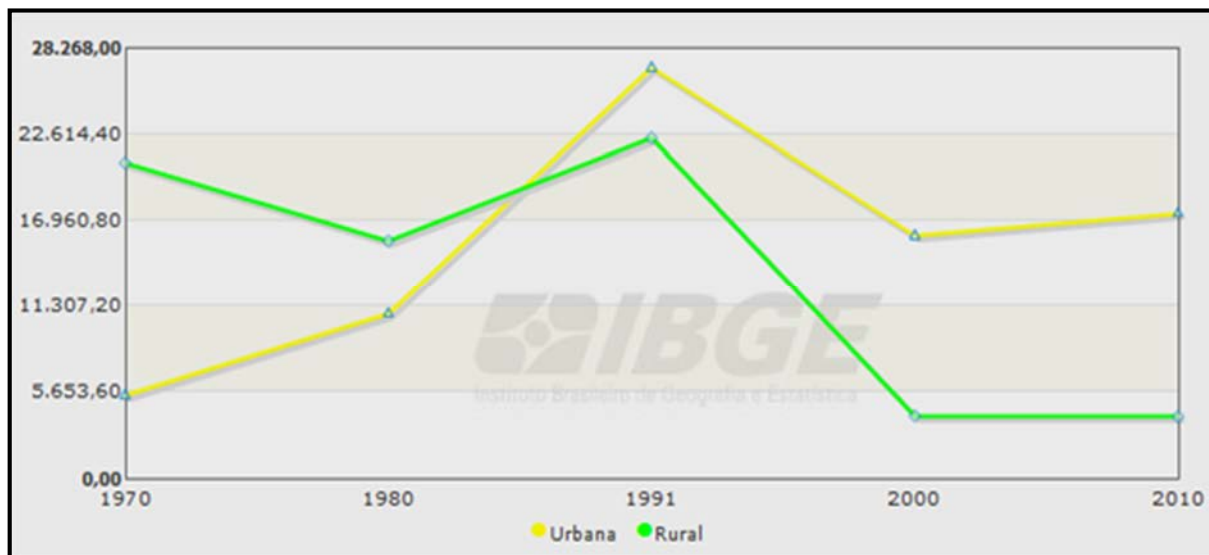


Figura 2: Evolução da população urbana e rural (habitantes x anos) do município de Teodoro Sampaio/SP.  
Fonte: IBGE (2010).

As primeiras atividades econômicas do município, foram as culturas de algodão e café, atualmente o setor conta com a criação de gado bovino de corte e leiteiro. Em 1978 ocorre a inauguração da Destilaria Alcídia S.A. do grupo Odebrecht, que passa a empregar cerca de 750 funcionários fixos (setor agrícola, industrial e administrativo) e no período do plantio e da safra este número aumenta para cerca de 1.600.

Há no município a presença de 13 olarias, que empregam 110 funcionários. Em 1979 inaugura-se o Laticínio Quatá, empregando, também, 110 funcionários, entre outros, como o Parque Agro Industrial da COCAMP, Indústria e Comércio de Móveis Primavera Ltda., Madetintas (Fábrica de móveis), Gráficas: Gonçalves e Arte Color, Globo Indústria e Comércio de Rações para Aves, CONFATS - Cooperativa de Confecção de Facas de Teodoro Sampaio e Região e Fábrica de Artefatos de Cimento Pisom - Indústria e Comércio Ltda.

### 2.1.5.3 Marabá Paulista

Marabá Paulista está localizada na região oeste do estado de São Paulo. A cidade começou com um pequeno povoado, em 1938, pertencente ao município de Presidente Venceslau, denominado “Areia Dourada” - cujo nome designava a grande quantidade de

areia encontrada naquela região, faziam parte deste povoado agricultores nordestinos e comerciantes imigrantes da Itália, Espanha e Japão.

A instalação do município de Marabá Paulista ocorreu em 1º de janeiro de 1954, onde passou a pertencer a 102ª zona eleitoral. A origem do nome "Marabá" é desconhecida. Mas segundo o Pequeno Dicionário da Língua Portuguesa de Aurélio Buarque de Holanda, a palavra significa "mestiço de francês com índio" ou "filho de índio com branco" (EMUBRA, 2003).

O município ocupa uma área de 917 quilômetros quadrados. Devido à reforma agrária, duas fazendas foram desapropriadas, pelo Incra e pelo Itesp, respectivamente, Fazenda Areia Branca (1989) e Santo Antônio (1999), cujas terras serviram para o assentamento de 73 famílias.

Quando da sua fundação, as primeiras casas construídas eram de madeira, hoje em dia a maioria é de alvenaria, porém o índice de construções é muito baixo, devido à carência financeira da população. Segundo dados do censo de 2010 do IBGE, Marabá conta com 4.812 habitantes no total. A figura 3 ilustra a projeção da população entre 1970 e 2010 e apresenta a divisão da população urbana e rural do município.

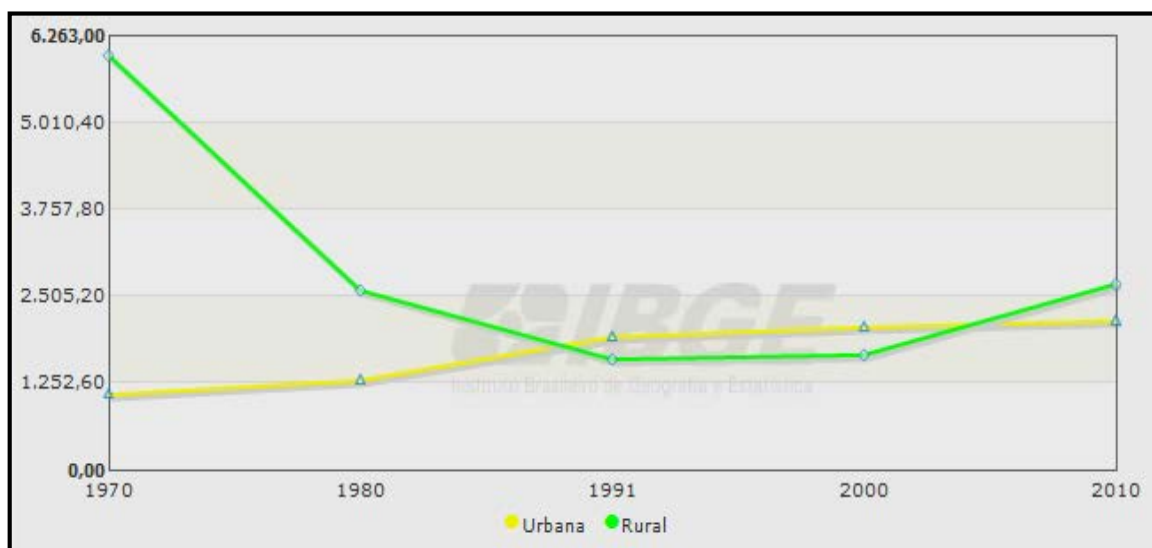


Figura 3: *Evolução da população urbana e rural (habitantes x anos) do município de Marabá Paulista/SP.*  
Fonte: IBGE (2010).

Note que, depois da reforma agrária da Fazenda Santo Antônio, em 1999, a população rural passa a ser maior que a urbana, sendo 2.670 hab. da zona rural e 2.142 hab. da zona urbana.

Na época em que se originou o povoado de Areia Dourada havia o predomínio da cultura de algodão, depois a economia de Marabá foi movimentada pelo milho e pela soja e, atualmente se tem o predomínio da pecuária. Em relação ao comércio, existem no município de Marabá Paulista, três bazares, duas oficinas mecânicas, seis mini mercados, três postos de gasolina, três açougues, uma padaria, duas lanchonetes, duas farmácias, três salões de cabeleireira e oito bares (EMUBRA, 2003). Não existem restaurantes na cidade.

O setor industrial de Marabá Paulista, é fortalecido pelas oficinas de costura, só no município são quatro: Lincohn Gonçalves de Sá (fundada em 1999), emprega cerca de 30 funcionários; Jean Carlo Rodrigues Costa (fundada em 1991) emprega cerca de 88 funcionários; Bi & Gu (fundada em 2000), com sete funcionários e a Vitória Confecções (fundada em 2002), que emprega cinco funcionários. Em parceria com a prefeitura, em 2003, foi fundada uma cooperativa de oficina de costura.

Além das oficinas de costura, Marabá conta com o Grupo Durval Guímaro Filho, empregando 800 funcionários. Esse grupo surgiu em 2003 e suas atividades consistem no plantio de cana de açúcar, produção de álcool e açúcar.

#### **2.1.5.4. Regente Feijó**

A cidade de Regente Feijó se ergueu devido à estrada de ferro Sorocabana, pelo Vale do Paranapanema. Os boiadeiros que iam para o Mato Grosso paravam em um pouso localizado às margens do Ribeirão Memória. Em 1922, a viação São Paulo – Mato Grosso loteou uma gleba de 10 alqueires, surgindo então o patrimônio Memória, conseqüentemente, em 1935, o município de Regente Feijó.

A cidade foi projetada de forma inclinada para facilitar o escoamento das águas pluviais. Foi planejada para ter quadras rigorosamente iguais, de 100 x 100m. Localiza-se a uma latitude 22°13'17" sul e a uma longitude 51°18'10" oeste e, estando a uma altitude de 504 metros.

Segundo dados do IBGE, a sua população cresceu de acordo com a Figura 4, totalizando 18.494 habitantes, prevalecendo a população urbana (17.049 habitantes).

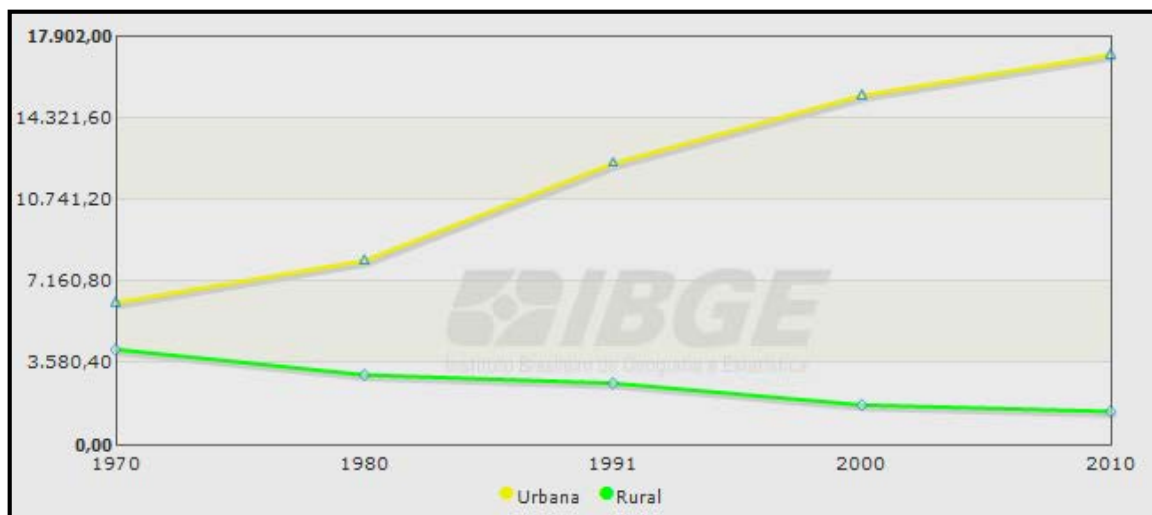


Figura 4: Evolução da população urbana e rural (habitantes x anos) do município de Regente Feijó/SP. Fonte: IBGE (2010).

Além da pecuária no início da criação do município, e das plantações de algodão e café, Regente teve as indústrias como principal fator na economia (EMUBRA, 2003). As primeiras atividades industriais foram as serrarias, depois vieram as olarias. Atualmente destacam-se a fábrica de bebidas Wilson, a fábrica de laticínios Doces Silva Ltda., a fábrica de Produtos Alimentícios Vigor e a Prepon Industrial Ltda.

A partir de 1980, segundo a figura 3, a população da zona urbana começou a crescer progressivamente, passando aproximadamente de 7.200 habitantes para 17.000 em 2010.

De acordo com o IBGE, para o ano de 2013 a previsão é de que Regente atinja uma população de 19.468 habitantes.

## 2.2. SANEAMENTO BÁSICO: QUALIDADE DAS ÁGUAS E O TRATAMENTO DE ESGOTOS

### 2.2.1. Disponibilidade dos recursos hídricos e o consumo de água

A água sempre foi considerada de suma importância na existência do ser vivo, sobretudo, a água potável.

Todas as atividades humanas dependem da água, ou seja, ela é insumo indispensável à produção e é recurso estratégico para o desenvolvimento econômico. Atualmente, ela é dotada de valor econômico, possui legislação que regimenta seu uso (Lei 9.433/97) e é tema norteador de diversos estudos.

A escassez de água em regiões faz sofrer grandes contingentes populacionais, mas não se trata apenas de uma realidade brasileira. Dentre as principais causas está o crescimento populacional. O Brasil no ano de 2010 atingiu uma população de aproximadamente 190.732.694 habitantes (dados do IBGE – Censo 2010).

Segundo Costa e Junior (2005), pode-se dizer que os três principais fatores que contribuíram para o aumento na demanda de água durante o século passado foram o crescimento demográfico, o desenvolvimento industrial e a expansão do cultivo irrigado.

A composição hídrica do planeta Terra está disposta da seguinte forma: 97,50% é salgada e apenas 2,50% é doce. Desses 2,50%, 68,90% encontram-se nas calotas polares ou na forma de gelo nas cordilheiras. A outra fração está na forma de água doce líquida que compreende 31,10%. Desta água doce líquida 96,00% está em águas subterrâneas e os outros 4,00% compõem-se de águas superficiais, como ilustrado na Figura 5 (MMA, 2007).

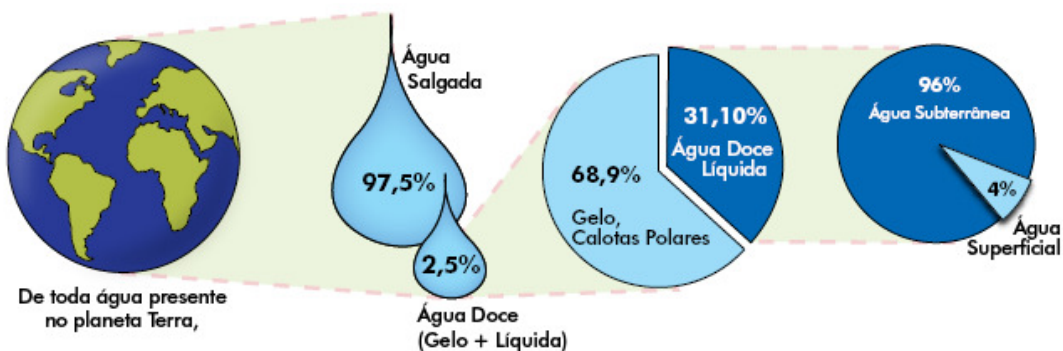


Figura 5: Quantidade de água no mundo e suas reservas.  
Fonte: MMA (2007).

Claramente, se conclui que a quantidade de água disponível para consumo é pequena, embora a água encontre-se em movimento cíclico de renovação, conhecido como ciclo hidrológico (Figura 6).





Figura 6: *Ciclo Hidrológico*.  
Fonte: USGS (2006).

Estima-se que em 2050, quatro bilhões de pessoas viverão em países com escassez ou carência crônica de água. Isto significa não possuir água para cultivo de terras, criação de animais, limpeza, além de ter que sacrificar as necessidades básicas de limpeza tais como roupas e utensílios domésticos e necessidade de percorrer longos trajetos diariamente para conseguir água (CLARKE; KING, 2005).

A Tabela 1 refere-se à classificação da disponibilidade hídrica, de acordo com a United Nations Environment Programme - UNEP (GEO3, 2002).

**Tabela 1:** *Classificação da disponibilidade hídrica segundo o UNEP.*

Classificação	Disponibilidade Hídrica (m <sup>3</sup> /per capita.ano)
Muito Alta	Maior que 20.000
Alta	10.000 - 20.000
Média	5.000 - 10.000
Baixa	2.000 - 5.000
Muito Baixa	1.000 - 2000
Catastroficamente Baixa	Menor que 1.000

Fonte: GEO3 (2002).

O Brasil é o maior país da América do Sul, ocupando quase metade da superfície do continente, é o quinto maior país do mundo. A disponibilidade de recursos hídricos brasileira

é qualificada como umas das melhores se não a melhor. É justamente no Brasil onde se encontra o maior rio do mundo, o Rio Amazonas, dois dos maiores reservatórios de água subterrânea, o Aquífero Amazonas e o Aquífero Guarani e rios em sua maioria de planalto, o que confere um alto potencial hidrelétrico.

O Brasil é um país privilegiado, pois apenas seis dos 27 estados brasileiros se encontram com disponibilidade “muito baixa” perante classificação da ONU, conforme mostra a Tabela 1. Cinco deles pertencem ao semi-árido brasileiro e compõem uma pequena parcela do território nacional. Outros dez estados possuem disponibilidade “muito alta” e compõem a maior extensão territorial nacional (MMA, 2007).

De acordo com o CNRH (Conselho Nacional de Recursos Hídricos) atualmente são 12 regiões hidrográficas no país, ilustradas na Figura 7.



Figura 7: Regiões hidrográficas do Brasil.  
Fonte: ANA (2007b).

A produção média hídrica anual brasileira é  $5.660\text{km}^3$ , em outras unidades (vazão específica),  $21\text{L/s.km}^2$ .

Em contraste a tanta abundância, o Brasil é um país com poucas instalações de saneamento básico, isto aliado aos usos e abusos sobre a água, propiciam um cenário de situações antes nunca imaginadas.

Assim como na maior parte dos países a irrigação possui uma fatia expressiva do consumo de água e que aumenta proporcionalmente com as áreas irrigadas ao longo dos anos. No ano de 1996 foram cultivados 3,1 milhões de hectares e no ano de 2000, 3,7 milhões de hectares. Outro dado que comprova isto são os números de outorgas concedidas para captação de água para irrigação, do total de 70.660 outorgas, cerca de 55% delas são destinadas a esta atividade. (ANA, 2007b).

O mesmo documento mostra para o Brasil, valores mínimos e máximos de demanda de água em função da população, como indicados na Tabela 2 (ANA, 2007b). Outra aproximação mais precisa sobre o consumo brasileiro é dada em litros por pessoa por dia e é feito pelo SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento) para cada região, mostrados na Tabela 3.

Tabela 2: *Retiradas médias por habitantes e por faixas populacionais.*

Faixa populacional	Demanda* (L/habitante.dia)	
	Mínimo	Máximo
< 10.000	120	320
10.000 – 100.000	150	340
100.000 – 500.000	180	360
> 500.000	200	380

\*No trabalho original a demanda em questão é chamada de retirada, mas neste trabalho resolveu-se adotar como demanda.

Fonte: ANA (2007b).

Tabela 3: *Consumo de água por região no Brasil.*

Regiões brasileiras	Índice de consumo médio (L/habitante.dia)
Sudeste	174,0
Centro-Oeste	133,6
Sul	124,6
Norte	111,7
Nordeste	107,3
Brasil	141,0

Fonte: SNIS (2004).

Através da tabela 3 se pode destacar que os três municípios deste estudo estão inseridos na região de maior consumo de água, com uma média de 174 L/habitante.dia.

Além dos dados propostos pelo SNIS, para caracterizar o consumo médio de água dos habitantes por município e obter uma maior exatidão nos dados relativos a este consumo, pode-se aplicar o modelo proposto por Von Sperling (2005), que direciona da seguinte forma:

$$QPC = Renda / 0,021 + 0,003 * Renda \dots\dots\dots(1)$$

Onde:

QPC = quota per capita de água consumida (L/hab.dia)

Renda = renda familiar mensal média (n° de salários mínimos)

E a vazão doméstica de esgoto gerado dado por:

$$Q_{dméd} = n^{\circ} \text{ de economias} * n^{\circ} \text{ de hab/economia} * QPC * R * K_1 * K_2 / 1000 \dots\dots\dots(2)$$

Onde:

$Q_{dméd}$  = vazão doméstica média de esgotos (m<sup>3</sup>/dia)

n° de economias = número de ligações de água

n° de hab/economia = valor usual  $\approx$  3,6 hab/economia

R = Coeficiente de Retorno = 0,8

$K_1$  = Constante do dia de maior consumo = 1,2

$K_2$  = Constante da hora de maior consumo = 1,5

A fração de água que entra na rede de esgoto é denominada coeficiente de retorno (R), ou seja, vazão de esgotos/vazão de água (apresenta valor usual de 0,8). Os coeficientes  $K_1$  e  $K_2$ , também são usuais, representam a variação de vazão em uma localidade ao longo do dia. Isto porque a produção de esgotos não é a mesma do consumo de água, em virtude das perdas.

### 2.2.2. Poluição das águas e padrões de qualidade

A história evidencia a fixação do homem em todas as localidades do globo em função das melhores disponibilidades das fontes de energia (luz solar, água, alimento, ar) necessárias à sua sobrevivência.

A comprovação de tal fato pode ser exemplificada através das primeiras civilizações, que surgiram em sua maioria às margens de grandes rios, na Mesopotâmia (entre os rios Tigre e Eufrates), no atual Egito (às margens do rio Nilo), na atual Índia (às margens do rio Ganghi e Indo), e na atual China (às margens do rio Amarelo e Azul).

A água tem sido o primeiro fator na fixação do homem e formação de novas comunidades, assumindo importância fundamental na existência destas próximas às suas fontes (JORDÃO, PESSOA, 2005).

A necessidade do homem de obter as fontes de energia para sua subsistência gera conseqüentemente resíduos refugados pelo organismo e pela própria comunidade, na forma de esgoto e lixo.

Segundo Jordão, Pessoa (2005) convencionou-se chamar a ação da matéria rejeitada sobre as fontes de energia, de poluição do meio ambiente. Poluição, definida pela Lei 6.938, de 31/08/81, é a:

Degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- c) afetem desfavoravelmente a biota;
- d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos (Lei 6.938, 1991).

As comunidades, à medida que foram se desenvolvendo, passaram a criar mecanismos de defesa através do controle da poluição, pois seu agravamento além de ser economicamente inviável, tornaria as fontes de energia impuras para consumo.

Os mecanismos de defesa criados pelas comunidades compreendem em sistemas de controle de poluição, limpeza urbana, abastecimento de água e coleta e tratamento de esgotos. Segundo a Organização Mundial de Saúde, "Saneamento é o controle de todos os fatores do meio físico do homem que exercem ou podem exercer efeito contrário sobre seu

bem-estar físico, social ou mental" e que, assim sendo, saúde e saneamento se relacionam diretamente.

Segundo MARA (1980), as excretas humanas estão intimamente relacionadas com infecções, verificando a importância da coleta e do destino final adequado dos esgotos. Entre as doenças fortemente dependentes de sistemas de coletas de esgotos temos: Ascaridíase, teníase, esquistossomose, filariose de Bancroft, entre muitas outras.

Segundo estimativas exibidas no Atlas do Saneamento (2011), embora o percentual de coleta de esgotos no Brasil seja da ordem de 55%, apenas 29% dos esgotos gerados são tratados, o que representa um número baixíssimo, sabendo que o lançamento de esgotos não tratados corresponde a uma das principais formas de poluição dos corpos d'água.

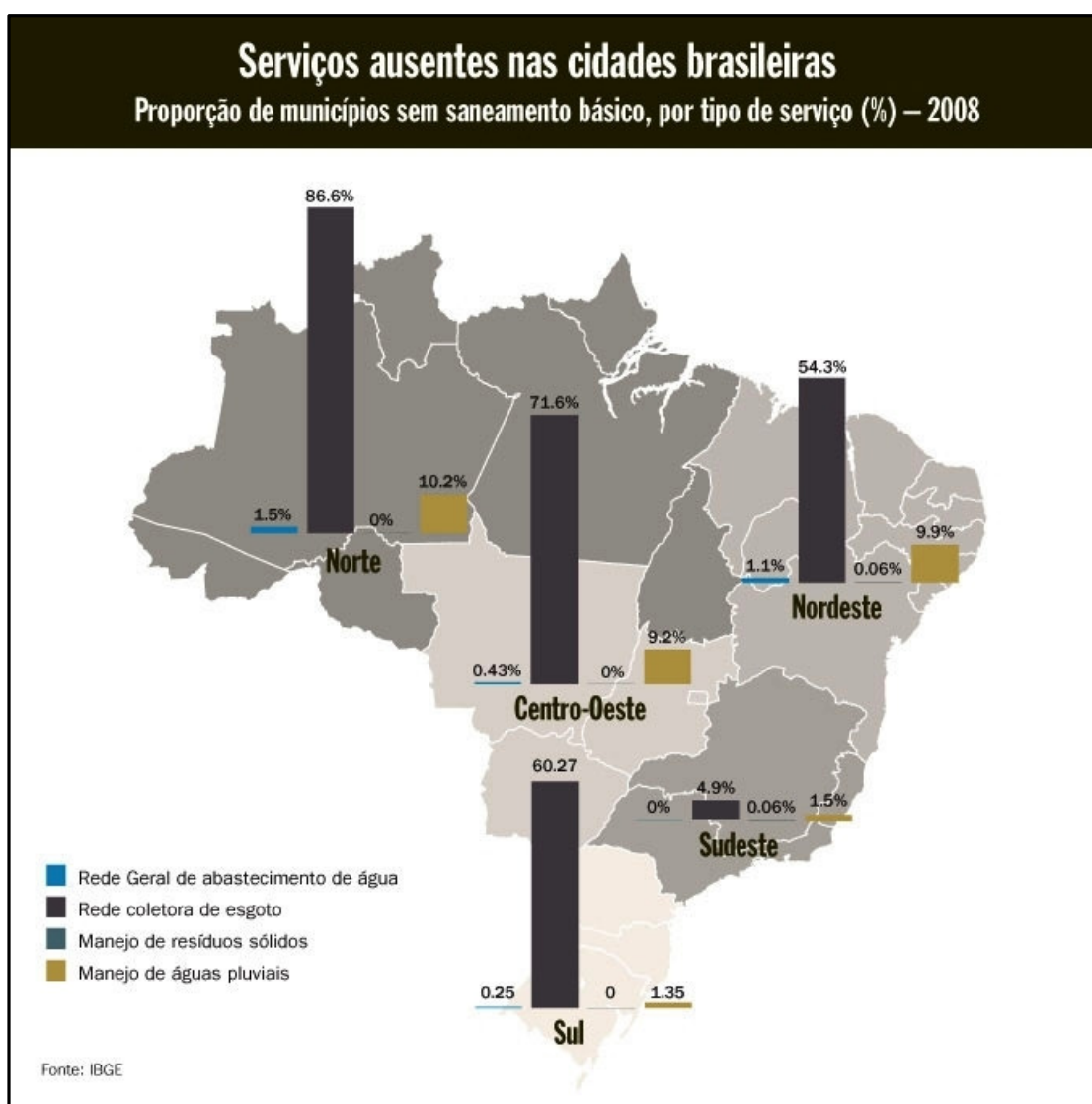


Figura 8: *Proporção de municípios sem saneamento básico, por tipo de serviço (%) – 2008.*  
Fonte: IBGE (2011).

A criação dos mecanismos de defesa, a fim de se tornarem efetivos, começam a ser controlados e orientados pelos governos através de legislações ambientais, que direcionam às fontes poluidoras os requisitos de qualidade desejados.

Os requisitos de qualidade desejados para a água constituem em limites pré-estabelecidos dos parâmetros de monitoramento. Os padrões de lançamento e qualidade do corpo receptor possuem suporte legal, cujas diretrizes e recomendações variam de acordo com a região do país. Em um país, os padrões regionais podem ser iguais ou mais restritivos do que os correspondentes padrões nacionais (VON SPERLING, 2005).

O controle da qualidade das águas no Brasil avança substancialmente com a criação da Lei nº 9.433, de 08/01/1997, a qual institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, cujos fundamentos são voltados para o bem comum da água, predizendo ser um recurso natural limitado e dotado de valor econômico, assegurando à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos.

Ainda, no âmbito federal, temos a resolução CONAMA 357/05, que “dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências”.

Após os múltiplos usos, a água sofre alterações que tendem a introduzir substâncias que irão causar a má qualidade e torná-la inapta para o consumo. Após o uso doméstico, a água segue para o sistema de esgotamento sanitário do município para que possa ser tratada e devolvida à natureza em condições apropriadas, livre de patógenos, de sólidos grosseiros e matéria orgânica.

A resolução CONAMA 357/05 impõe os parâmetros necessários a serem analisados e, como diz o Art. 7º: “Os padrões de qualidade das águas determinados nesta resolução estabelecem limites individuais para cada substância em cada classe”. A classe define os usos do corpo hídrico e a qualidade. As águas doces são divididas, segundo a resolução, nas classes: Especial, 1, 2, 3 e 4, sendo a ordem de maior para a de menor qualidade.

Em relação à classificação das águas, e de acordo com sua definição, os corpos hídricos receptores dos efluentes das lagoas de tratamento dos 3 (três) municípios abordados nesta pesquisa, são classificados como Classe 2.

Nessa classe, as águas podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto e;
- e) à aquicultura e à atividade de pesca (CONAMA 357, 2005).

A 357/05 foi complementada em 2011 pela resolução nº 430 e acrescenta:

Art. 3º Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis (CONAMA 430, 2011).

Relativo às disposições gerais das condições e padrões de lançamento de efluentes atesta:

Art. 5º Os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor características de qualidade em desacordo com as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e finais, do seu enquadramento (CONAMA 430, 2011).

No âmbito estadual compete à Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e Defesa do Meio Ambiente – CETESB, a aplicação da Lei nº 997, de 31/05/1976 através do decreto nº 8.468, de 08/09/1976.

O sistema de prevenção e controle da poluição do Meio Ambiente do Estado de São Paulo passa a ser regido na forma prevista neste regulamento e condiciona:

Art. 2º - Fica proibido o lançamento ou a liberação de poluentes nas águas, no ar e no solo.

Art. 3º - Considera-se poluente toda e qualquer forma de matéria ou energia lançada ou liberada nas águas, no ar ou no solo:

I - com intensidade, em quantidade e de concentração, em desacordo, com os padrões de emissão estabelecidos neste regulamento e normas dele decorrentes (Decreto nº 8.468, 1976).



Em relação à classificação do corpo hídrico Classe 2, o decreto estadual e a resolução CONAMA 357/05 apresentam os mesmos padrões de qualidade dos parâmetros abaixo listados, sendo que o decreto estadual sanciona:

Art. 11 - Nas águas de Classe 2 não poderão ser lançados efluentes, mesmos tratados, que prejudiquem sua qualidade pela alteração dos seguintes parâmetros ou valores:

I - virtualmente ausentes:

a) Materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais;

III - Número Mais Provável (NMP) e coliformes até 1.000 (mil) o limite para os de origem fecal;

IV - Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) em 5 (cinco) dias, a 20°C (vinte graus Celsius) em qualquer amostra, até 5 mg/L (cinco miligramas por litro);

V - Oxigênio Dissolvido (OD), em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L (cinco miligramas por litro). (Decreto nº 8.468, 1976).

Na seção II do decreto estadual, apresentam-se os padrões de emissão, ou seja, os limites designados ao efluente tratado:

Art. 18 - Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nas coleções de água, desde que obedeçam às seguintes condições:

{...}

V - DBO 5 dias, 20°C no máximo de 60 mg/l (sessenta miligramas por litro). Este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento de águas residuárias que reduza a carga poluidora em termos de DBO 5 dias, 20°C do despejo em no mínimo 80% (oitenta por cento). (Decreto nº 8.468, 1976).

Segundo Von Sperling (2005), para avaliação ao longo do tempo do impacto do lançamento dos esgotos e do atendimento à legislação, devem ser efetuadas, no mínimo, as amostragens listadas na figura 9 e tabela 4.

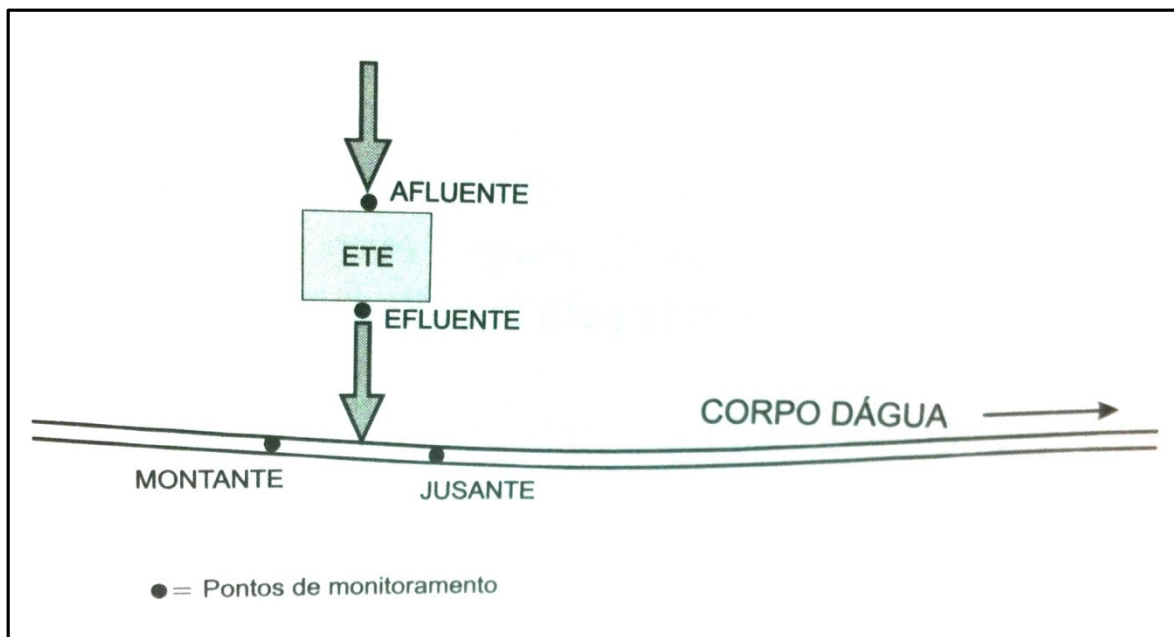


Figura 9: Pontos de amostragem da qualidade das águas e dos esgotos.  
Fonte: Von Sperling (2005)

A figura 9 indica os seguintes pontos como fundamentais para o monitoramento: Afluente, Efluente, Montante e Jusante. A tabela 4 descreve sua importância:

Tabela 4: Amostragem para verificação do impacto do lançamento de esgotos e do atendimento à legislação.

Amostra	Ponto de amostragem	Objetivo / comentário
Esgotos	Afluente à estação de tratamento de esgotos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificação do atendimento ao padrão de lançamento, com relação ao quesito de eficiência mínima de remoção de poluentes (caso exigido pela legislação estadual)</li> <li>Dado para controle operacional da ETE</li> </ul>
	Efluente da estação de tratamento de esgotos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificação do atendimento ao padrão de lançamento, com relação aos limites de concentrações permitidos pela legislação</li> <li>Dado para controle operacional da ETE</li> </ul>
Corpo d'água receptor	Montante do lançamento dos esgotos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conhecimento das características do corpo d'água sem o lançamento dos esgotos em questão</li> <li>Avaliação da modificação induzida pelo lançamento dos esgotos</li> </ul>
	Jusante do lançamento de esgotos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificação do atendimento ao padrão de qualidade do corpo receptor, segundo sua classe</li> <li>Avaliação da modificação induzida pelo lançamento dos esgotos</li> <li>A amostra deverá ser representativa das condições de mistura esgotório, isto é, a coleta deverá ser em um ponto onde ambos estejam bem misturados</li> <li>Poderá haver mais de um ponto de amostragem a jusante, de forma a avaliar o impacto em uma maior distância do lançamento</li> </ul>

Fonte: Von Sperling (2005).

O entendimento dos efeitos da qualidade das águas influenciada por sistemas de tratamento de esgotos deve ser de fácil acesso à população, visto que o uso da água é de interesse comum e/ou coletivo. Para que isto ocorra, os resultados de monitoramento devem ser claros e objetivos:

Para o público em geral, a informação dos valores de concentrações dos poluentes nos corpos d'água tem pouco significado, devido às tecnicidades envolvidas na interpretação dos resultados. Por este motivo, podem-se adotar, na divulgação para o público, Índices de Qualidade das Águas (IQA), que retratam, através de um índice único global, a qualidade das águas em um determinado ponto de monitoramento. Os índices podem ser entendidos como "notas", que retratam condições variando de "muito ruim" a "excelente". Há vários índices em utilização, sendo a maioria deles baseada no IQA desenvolvido pela *National Sanitation Foundation*, dos Estados Unidos, que definiu um conjunto de nove parâmetros considerados mais representativos para a caracterização da qualidade das águas: Oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, DBO, nitrogênio total, fosfato total, T(°C), turbidez e sólidos totais. (VON SPERLING, 2005).

A tabela 5 correlaciona os parâmetros de qualidade da água determinados pelo IQA e os limites impostos pelo CONAMA 357/05 e pelo Decreto Estadual n° 8.468/76 de acordo com a Classe 2. A extrapolação destes limites indica que o corpo hídrico está recebendo lançamento irregular de fonte poluidora ou se encontra degradado por alguma condição externa.

Tabela 5: Parâmetros e condições para os corpos d'água.

<b>Parâmetros IQA</b>	<b>Padrão para corpos d'água</b>
Coliformes Fecais	Não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes
pH	6,0 a 9,0
DBO	a 20°C até 5 mg/L O <sub>2</sub>
Nitrogênio Total	3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5
Fósforo Total	a) até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos; e,

	b) até 0,050 mg/L, em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico
Temperatura	Inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C na zona de mistura
Turbidez	Até 100 NTU
Sólidos Totais	Até 500 mg/L
Oxigênio Dissolvido	Não inferior a 5 mg/L O <sub>2</sub>

Fonte: CONAMA 357 (2005), Decreto Estadual n° 8.468 (1976). Adaptado por SANTI (2014).

Para que todo o esgoto doméstico gerado pelo município seja tratado e para salvaguardar os corpos hídricos minimizando toda e qualquer forma de poluição, o decreto n° 8.468/76 ainda orienta que:

Art. 19 – Onde houver sistema público de esgotos, em condições de atendimento, os efluentes de qualquer fonte poluidora deverão ser nele lançados.

§ 4° - A partir do momento em que o local onde estiver situada a fonte de poluição for provido de sistema público de coleta de esgotos, e houver possibilidade técnica de ligação a ele, o responsável pela fonte deverá providenciar o encaminhamento dos despejos líquidos a rede coletora.

Segundo os professores Jordão & Pessoa (2005), existe hoje uma grande preocupação em relação ao grau de tratamento e ao destino final dos esgotos, suas consequências sobre o meio ambiente, qualidade das águas, e aos seus usos benéficos.

Tendo em vista este aspecto, os estudos, critérios, projetos, relativos ao tratamento e a disposição final dos esgotos, deverão ser precedidos de cuidados especiais que garantam o afastamento adequado dos esgotos, e igualmente a manutenção e melhoria dos usos e da qualidade dos corpos receptores (JORDÃO, 2005).

### 2.2.3. Lagoas de estabilização

Os sistemas de tratamento de esgotos possuem níveis, de acordo com os objetivos do tratamento e eficiência de remoções desejadas (baseado em função de legislação específica) pode ser definido qual o melhor sistema que atenda a demanda. Segundo Von Sperling (2005), o tratamento dos esgotos é comumente classificado através dos seguintes níveis: preliminar, primário, secundário e terciário.

O tratamento preliminar existente em todas as ETEs, é a remoção dos sólidos em suspensão grosseiros (materiais de maiores dimensões e areia) que chegam à estação. Geralmente são retirados por mecanismos físicos, através de gradeamento. As grades barram todo o material grosseiro que poderia vir a chegar ao corpo receptor, sendo que a remoção do que foi retido é realizada manualmente ou de forma mecanizada. Além do gradeamento o tratamento preliminar conta com a presença de uma calha Parshall a fim de se medir a vazão de chegada.

O tratamento primário visa à remoção de sólidos em suspensão sedimentáveis e, em decorrência, parte da matéria orgânica (VON SPERLING, 2005). Assim como o tratamento primário, os sólidos são retirados por mecanismos físicos, através de decantadores primários.

O tratamento secundário corresponde à retirada de matéria orgânica (DBO) e eventuais nutrientes, como o fósforo e o nitrogênio. Neste nível o tratamento se dá por processos biológicos, a remoção da matéria orgânica é efetuada por reações bioquímicas, realizadas por microrganismos (VON SPERLING, 2005).

A eficácia deste tratamento na remoção da matéria orgânica consiste no contato da mesma com microrganismos (bactérias, protozoários, fungos e outros) que utilizam a matéria orgânica como alimento, convertendo-a em gás carbônico, água e material celular. Em condições anaeróbias, ou seja, sem oxigênio, há a produção de metano, o que pode causar um odor desagradável.

O tratamento terciário é mais raro de ser visto em países subdesenvolvidos. Corresponde a um tratamento mais avançado, com o objetivo de remover poluentes específicos, geralmente tóxicos, ou ainda a remoção de poluentes não removidos no nível secundário.

O nível de tratamento de Teodoro Sampaio, Marabá Paulista e Regente Feijó corresponde ao secundário, através de lagoas de estabilização, cujo principal objetivo é a remoção da matéria orgânica.

Geralmente o tipo de tratamento escolhido varia em função das características dos esgotos, local/custo para implantação e atendimento à legislação. Sendo os esgotos gerados por estes municípios predominantemente domésticos (baixa carga orgânica), existência de grande área para construção, corpos hídricos Classe 2 e baixo custo, pois as lagoas são de construção simples, baseando-se principalmente em movimento de terra (corte e aterro) e preparação dos taludes (VON SPERLING, 2005), foi o sistema de lagoas de estabilização o tipo de tratamento escolhido para estes municípios.

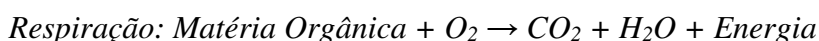
Segundo Jordão (2005), as lagoas de estabilização são sistemas de tratamento biológico em que a estabilização da matéria orgânica é realizada pela oxidação bacteriológica (oxidação aeróbia ou fermentação anaeróbia) e/ou redução fotossintética das algas.

Lagoas de estabilização não necessitam de equipamento para operar e não gastam energia, sendo o processo todo essencialmente natural, o esgoto afluyente entra continuamente em uma extremidade da lagoa e sai continuamente na extremidade oposta, ao longo deste percurso, que demora vários dias, uma série de eventos contribui para a purificação dos esgotos (VON SPERLING, 2005).

As profundidades típicas das lagoas variam de 1,5 a 2,0 m. É uma profundidade baixa para que se possa ter a entrada de luz solar para as bactérias consumirem matéria orgânica através da respiração aeróbia. O oxigênio passa a ser suprido pelas algas quando as mesmas realizam fotossíntese.

As bactérias e as algas que estão presentes nas lagoas trabalham conjuntamente para tratar o esgoto: as bactérias respiram consumindo oxigênio e produzindo gás carbônico e as algas fazem a fotossíntese, produzindo oxigênio e consumindo gás carbônico (Figura 10).

A fotossíntese e a respiração (Figura 10), são representadas pelas reações químicas abaixo:



Segundo os professores Pacheco Jordão e Constantino Pessoa (2005), de acordo com a forma predominante pela qual se dá a estabilização da matéria orgânica a ser tratada, as lagoas costumam ser classificadas em:

- anaeróbias: nas quais predominam processos de fermentação anaeróbia; imediatamente abaixo da superfície não existe oxigênio dissolvido;
- facultativas: nas quais ocorrem, simultaneamente, processos de fermentação anaeróbia, oxidação aeróbia e redução fotossintética; uma zona anaeróbia de atividades bêntica e sobreposta por uma zona aeróbia de atividade biológica, próxima à superfície; as lagoas facultativas são chamadas primárias, quando recebem esgoto bruto, e secundárias quando recebem o efluente de outra lagoa, em geral anaeróbia;
- de maturação: tem como objetivo principal remover organismos patogênicos;
- de polimento: tem como objetivo principal o refinamento de outro processo biológico;
- aeradas: nas quais se introduz oxigênio no meio líquido através de um sistema mecanizado de aeração;
- com macrófitas: usadas como polimento final, com objetivo de reduzir nutrientes, sólidos em suspensão e DBO remanescente (JORDÃO & PESSOA, 2005).

As lagoas facultativas são a variante mais simples dos sistemas de lagoas de estabilização (VON SPERLING, 1986). A ilustração da lagoa facultativa pela figura 10 permite a visualização das reações químicas que ocorrem para o tratamento dos esgotos, tanto em aerobiose (com oxigênio) quanto em anaerobiose (sem oxigênio).

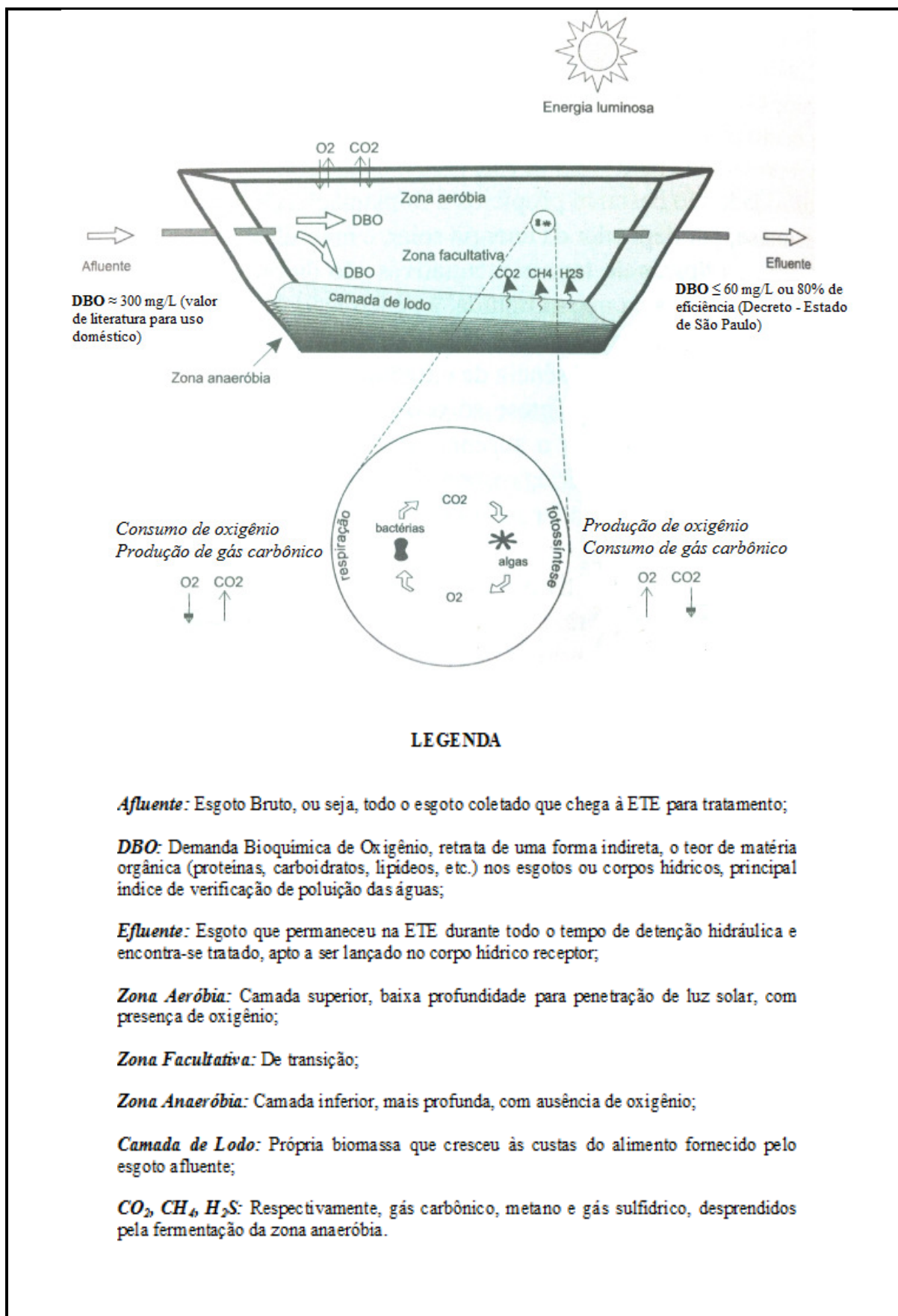


Figura 10: Processo de tratamento de esgotos por lagoa facultativa.  
 Fonte: Von Sperling (1996), modificado por Santi (2014).



### 2.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS LOCAIS DE IMPLANTAÇÃO DAS LAGOAS

A região dos municípios estudados pertence ao Grupo Bauru (Cretáceo Superior) composto pelas principais Formações: Teodoro Sampaio (Formação Caiuá), Marabá Paulista (Formação Santo Anastácio) e Regente Feijó (Formação Adamantina) – Figura 11.

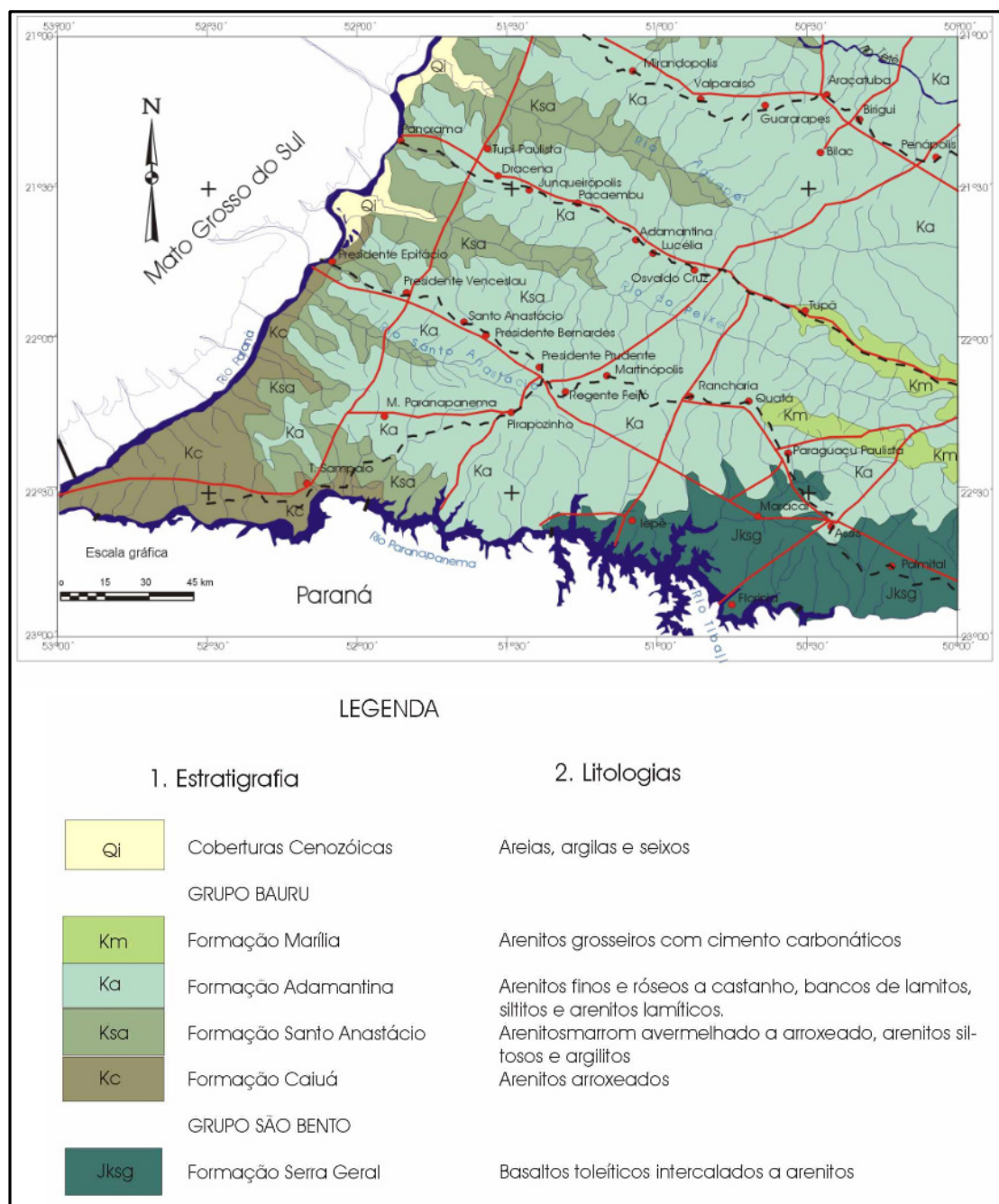


Figura 11: Carta Geológica do Oeste Paulista. Fonte: Adaptado de Boin (2000).

As rochas deste grupo foram originadas em um ambiente de sedimentação reconhecidamente continental flúvio-lacustre, o que lhe confere grande descontinuidade nas suas unidades geológicas (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 1960).

A Formação Caiuá, composta essencialmente de arenitos, indica o início de deposição do Grupo Bauru em uma área restrita, sobrepondo-se aos basaltos da Formação Serra Geral. A área de ocorrência restringe-se ao extremo oeste do estado de São Paulo, mais precisamente ao Pontal do Paranapanema, estendendo-se para norte, acompanhando a margem esquerda do rio Paraná até a confluência de seu afluente, o rio do Peixe. Esta formação caracteriza-se por apresentar uma grande uniformidade litológica. É constituída de arenitos de coloração arroxeadada com notáveis estratificações cruzadas, tangencial na base, de granulação fina a média, bem selecionada, arredondada, sendo composta por quartzo, feldspato, calcedônia e opala, predominantemente quartzos e, ocasionalmente, subarcosiano (IPT, 1981a).

A passagem da Formação Caiuá para a Formação Santo Anastácio, situada estratigraficamente acima, é transicional. Os arenitos da Formação Santo Anastácio ocorrem, em todo o oeste do estado de São Paulo, sempre nas porções baixas dos vales vinculados aos afluentes do Rio Paraná e, restritamente, acompanham alguns vales de afluentes da vertente norte do rio Paranapanema em contato direto com o basalto da Formação Serra Geral. LANDIM & SOARES (1976) estudaram os sedimentos encontrados – até então denominados Bauru - nos vales do rio homônimo denominado de “Fácies Santo Anastácio” e que, hoje, são considerados como um pacote fluvial representativo da transição entre as Formações Caiuá e a Formação Adamantina.

Litologicamente, a Formação Santo Anastácio é composta por arenitos de cor marrom avermelhada à arroxeadada, de granulação fina a média, grãos arredondados a subarredondados, ocorrendo arenitos siltosos, argilosos e, às vezes, encontrando-se delgadas intercalações de lentes argilosas (ALMEIDA *et al*, 1981).

A Formação Adamantina ocorre na maior parte do Planalto Ocidental Paulista com exceção das porções mais baixas, dos vales dos rios onde a erosão removeu seus sedimentos. Recobre as Formações Serra Geral, Caiuá e Santo Anastácio e é recoberta pela Formação Marília e depósitos cenozóicos.

De acordo com a definição de SOARES *et al* (1980), a Formação Adamantina abrange um conjunto de fácies cuja principal característica é a presença de bancos de arenito de granulação fina a muito fina, de cor rósea à castanha, apresentando estratificação cruzada,

com espessura variando entre dois a vinte metros, alternados com bancos de lamitos, siltitos e arenitos lamíticos, de cor castanha avermelhada à cinza-castanho, maciços ou com acamamento plano paralelo grosseiro, frequentemente com marcas de onda e micro estratificação cruzada.

Os solos do Oeste do estado de São Paulo são derivados das rochas areníticas do Grupo Bauru, em quase toda a sua extensão, e de rochas básicas do Grupo São Bento (Formação Serra Geral). Levando em conta as propriedades físico-químicas, estas rochas deram origem a cinco grupos de solo que correspondem ao podzolizado Lins e Marília, à terra roxa estruturada, à terra roxa legítima, ao latossolo vermelho escuro e aos solos hidromórficos (Figura 12).

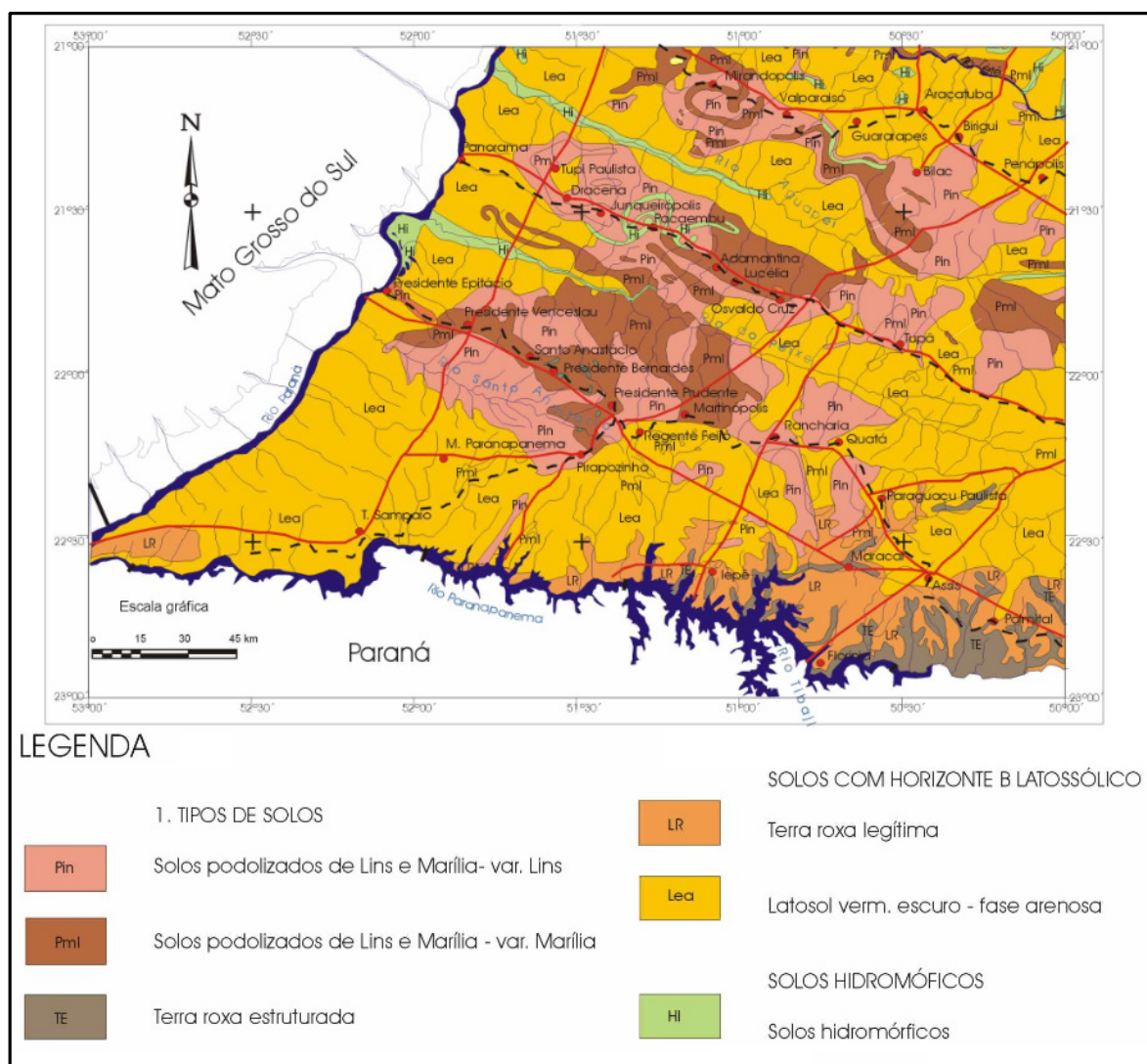


Figura 12: Carta de Solos do Oeste Paulista. Fonte: Adaptado de Boim (2000).

A área de estudo apresenta a classificação Latossolo Vermelho Escuro. O latossolo vermelho escuro – fase arenosa - é caracterizado por ter uma textura fina a média, alta porosidade e permeabilidade, teores de argila em torno de 15%, com tendência a aumentar em profundidade, podendo chegar a 26%, com mais de 70% de areia. São, portanto, solos arenosos, profundos, com boa drenagem. No entanto, o entorno das lagoas de estabilização não pode ser classificado como latossolos.

O efluente recebido pelas lagoas de tratamento de esgoto dos municípios é disposto diretamente sobre solo antropogênico, ou seja, solos que sofreram modificações pelo homem, isto por que uma lagoa de estabilização passa pelas seguintes fases de construção: locação, desmatamento, raspagem, escavação, escarificação, terraplenagem, construção dos diques, preparação do fundo, dispositivo de entrada, dispositivo de saída, canalização de conexão, dispositivos de medições e, dispositivo de distribuição proporcional de vazões (JORDÃO & PESSOA, 2005).

A raspagem remove a camada considerada inadequada, a escavação garante movimento de terra e construção dos diques, sendo que para melhor aderência dos diques e da camada do fundo com o solo escavado, empregam-se tratores com arados apropriados para promover a escarificação do terreno (JORDÃO & PESSOA, 2005).

Ainda, de acordo com os autores acima, a compactação dos diques e do fundo obedece às mesmas normas adotadas nas obras de estradas e barragens de terra, ou seja, camadas sucessivas de terra com controle de umidade e adensamento.

Os diques, como mostra a figura abaixo, são pequenas barragens, geralmente de terra, construídas com o objetivo de manter a capacidade de armazenamento do líquido estabelecida para a lagoa de estabilização, com a finalidade de garantir o equilíbrio hidráulico-biológico necessário ao funcionamento do processo (JORDÃO & PESSOA, 2005).



Figura 13: Visualização dos diques em Regente Feijó. Foto: Santi, L.J. (2012).

Os fatores que identificam a antropogênese, segundo Curcio (2004), podem ser: inversão ou mistura de horizontes, remoção de horizontes do solo e modificações na paisagem feita pelo homem, de forma manual, por máquinas e/ou implementos, presença de materiais antrópicos, entre outros.

Como os solos da área de estudo foram alterados, a sua classificação foge da usual, portanto, utilizou-se a classificação da *Embrapa Florestas*, que define estes solos como Antropossolos.

O nome da ordem foi formado pela associação do elemento formativo Antropo, do grego *Anthropos* = homem, com a terminação “solos”, gerando o termo Antropossolos, cujo significado é “*produzido pelo homem*” (CURCIO, 2004).

As intervenções humanas foram agrupadas por Curcio (2004) em três ações: adição, decapitação e mobilização, as quais deram a formação de quatro classes: líxico, decapítico, sômico e móbilico, conforme podem ser visualizados na tabela 6.

A classe dos solos neste estudo, de acordo com a tabela 6, foi caracterizada como móbilico, pois são solos cuja característica se dá pela movimentação dos horizontes para promover a fim de promover todos os aspectos construtivos de projeto.

Tabela 6: *Classes de Antropossolos.*

CLASSE	ELEMENTO FORMATIVO	TERMOS DE CONOTAÇÃO E MEMORIZAÇÃO
		SUBORDENS
Líxico	Lix	Lixo. Detritos domésticos ou industriais
Decapítico	Decapit	Decapitado. Remoção de horizontes do solo
Sômico	Som	Soma. Adição de horizontes do solo
Móbilico	Móbil	Mobilização. Movimentação de horizontes do solo

Fonte: Curcio (2004).

Sabe-se que o solo é um componente biologicamente ativo da biosfera, que contém matéria viva, resultante da ação do clima e da biosfera sobre a rocha, cuja transformação em solo se realiza durante certo tempo e é influenciada pelo tipo de relevo (LEPSCH, 2002), sendo que a topografia facilita ou dificulta a boa drenagem (rápida infiltração).

O solo participa ativamente da atenuação de muitos, mas não todos, contaminantes da água subterrânea (HIRATA, 2000). Quando o contaminante entra em contato com o solo este tende a infiltrar, sendo que para esta infiltração ocorrer há alguns fatores preponderantes, como o tipo de solo (porosidade e tamanho das partículas), umidade, vegetação e compactação.

Como os dados de projeto das lagoas não serão abordados, a possível contaminação do lençol freático com o contato do efluente no solo não será considerada.

Os minerais presentes no solo compreendem em siltes, areias e argilas. Para a caracterização da fração de cada mineral no solo onde estão inseridas as lagoas de estabilização e verificação do coeficiente de condutividade hidráulico deste solo, foram feitos ensaios de permeabilidade no local e coleta de amostras para análise do tamanho dos grãos em laboratório, onde puderam ser quantificados.

Os valores típicos do coeficiente de permeabilidade podem classificar os solos como permeáveis ou impermeáveis, de acordo com a tabela 07.

Tabela 7: Valores Típicos do coeficiente de permeabilidade.

Permeabilidade		Tipo de Solo	K (cm/s)
Solos Permeáveis	Alta	Pedregulhos	$> 10^{-3}$
	Alta	Areias	$10^{-3}$ a $10^{-5}$
	Baixa	Siltes e Argilas	$10^{-5}$ a $10^{-7}$
Solos Impermeáveis	Muito baixa	Argila	$10^{-7}$ a $10^{-9}$
	Baixíssima	Argila	$< 10^{-9}$

Fonte: CRUZ (1996)

A geomorfologia da área de estudo abrange relevo de colinas amplas, que não favorecem o escoamento e compensam a fragilidade dos solos arenosos (GODOY, 1989).

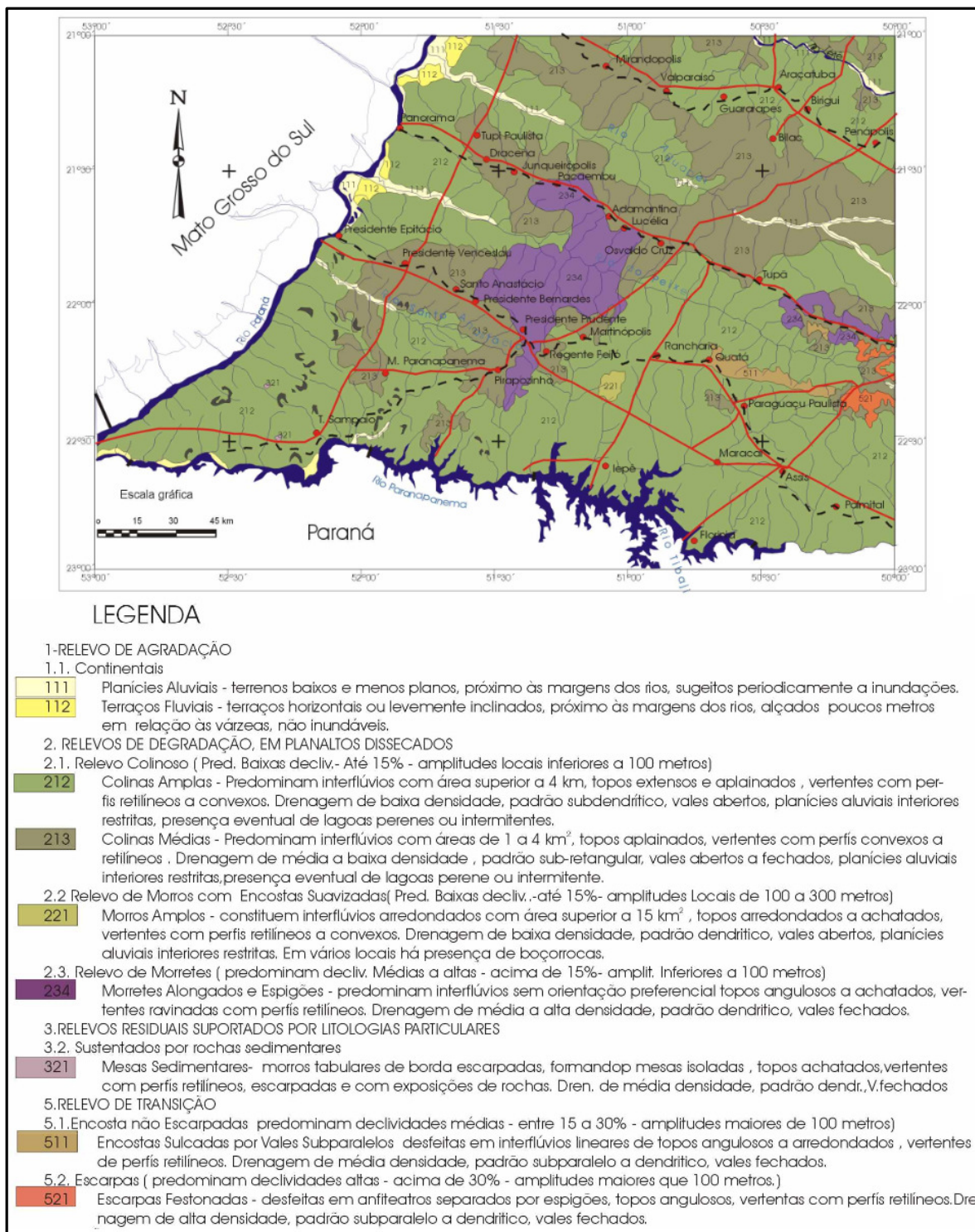


Figura 14: Carta Geomorfológica do Oeste Paulista. Fonte: Adaptado de Boin (2000).

De acordo com Godoy (1989), o relevo desta porção do estado mostra forte imposição estrutural, sob o controle de camadas sub-horizontais, com leve caimento para

oeste, formando uma extensa plataforma estrutural suavizada, com cotas entre 250 e 600 metros.

As altitudes variam entre 300 e 500 metros e somente nos vales dos rios Paraná e Paranapanema, assim como na foz de seus vários afluentes encontram-se altitudes inferiores a 300 metros. Somente no Planalto Marília encontra-se cotas acima dos 600 metros, enquanto no seu entorno a altitude não ultrapassa os 500 ou 550 metros, em desníveis que chegam a atingir de 100 a 130 metros.

A área de estudo está situada em relevos de degradação, em planaltos dissecados, compreendendo um relevo acidentado (predominantemente baixas declividades, até 15%, amplitudes locais inferiores a 100 metros).

O relevo das lagoas de estabilização até o curso d'água pode ser representado através das figuras 15, 16 e 17, pelo perfil de elevação.

Os perfis de elevação demonstraram as baixas declividades mencionadas anteriormente. Os efluentes seguem para o corpo receptor via tubulação enterrada.



Figura 15: Perfil de elevação do relevo, do ponto de saída da lagoa até o corpo hídrico – Teodoro Sampaio.  
 Fonte: Google Earth ®



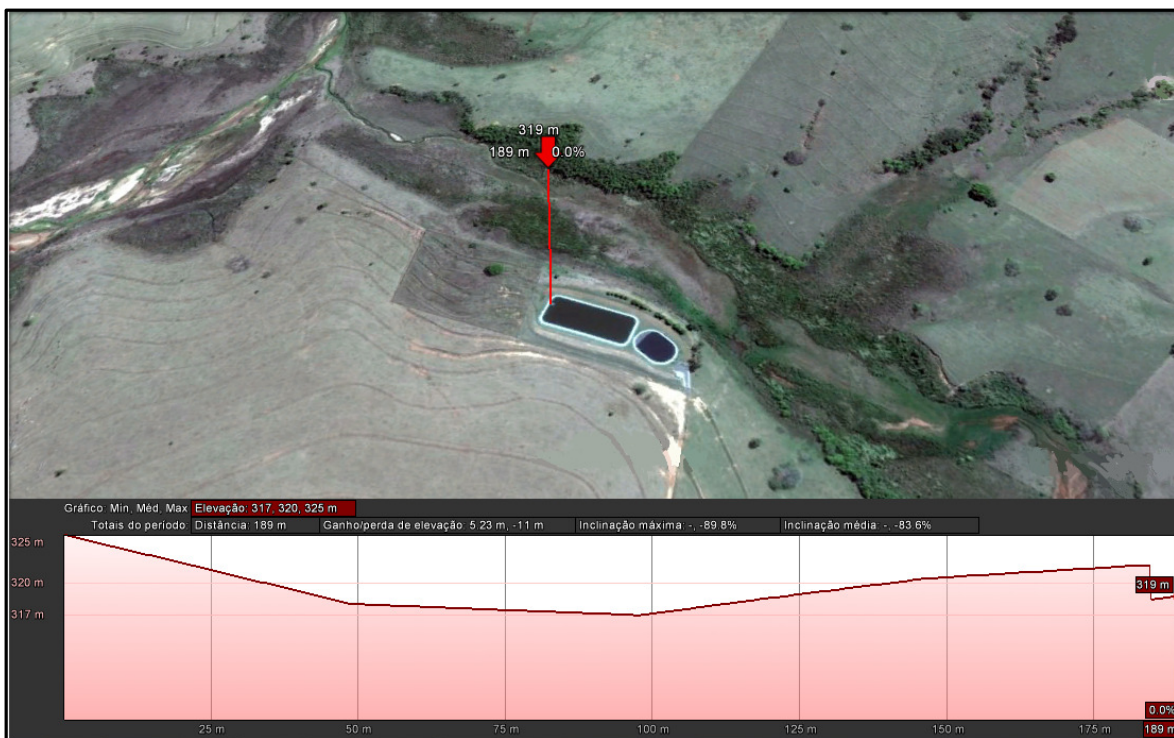


Figura 16: Perfil de elevação do relevo, do ponto de saída da lagoa até o corpo hídrico – Marabá Paulista.  
 Fonte: Google Earth ®



Figura 17: Perfil de elevação do relevo, do ponto de saída da lagoa até o corpo hídrico – Regente Feijó.  
 Fonte: Google Earth ®

Após sair da lagoa de estabilização, o efluente tratado segue para o corpo receptor, que, para Teodoro Sampaio, Marabá Paulista e Regente Feijó são respectivamente: Rio Paranapanema (figura 19), Córrego Sagui (figura 21) e Córrego da Represa (figura 23).

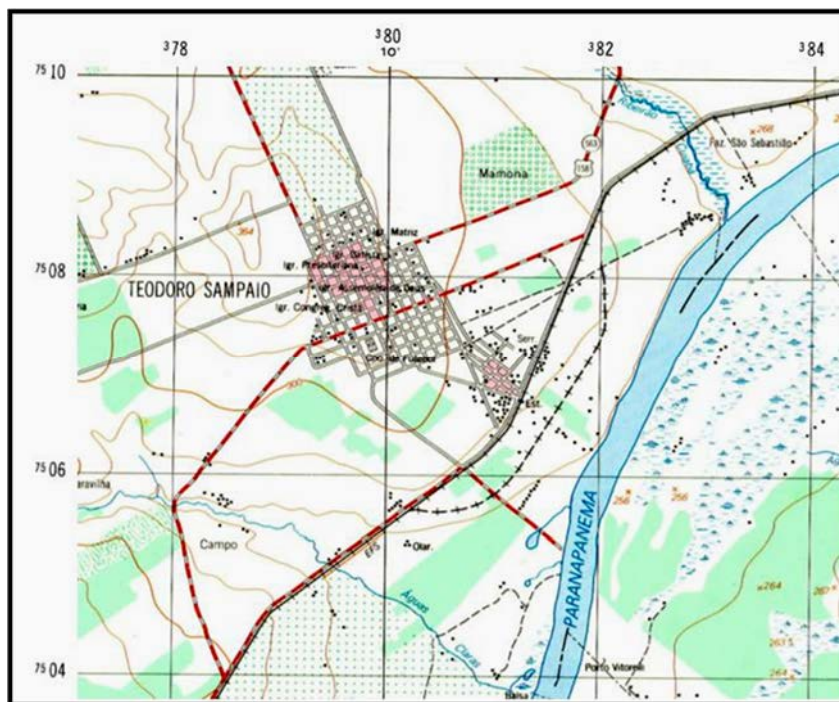


Figura 18: Visualização do município de Teodoro Sampaio e o corpo receptor dos efluentes.  
Fonte: IBGE.



Figura 19: Rio Paranapanema.  
Foto: Santi, L.J. (2013).

O corpo hídrico que se localiza próximo à Marabá Paulista, nasce próximo ao município, sendo um córrego de baixa vazão.

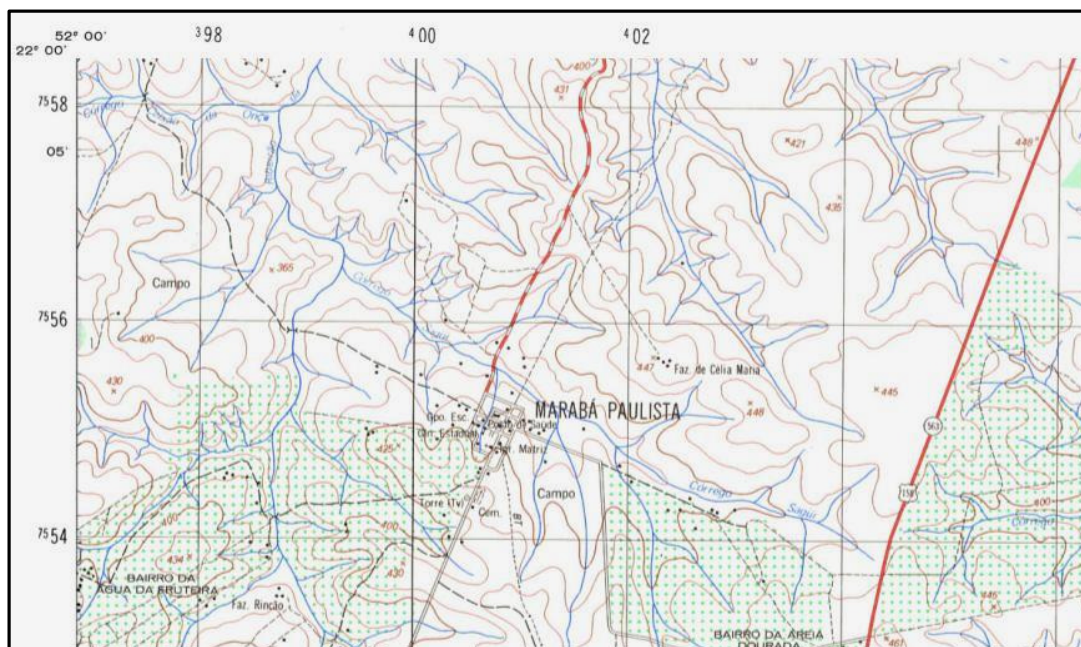


Figura 20: Visualização do município de Marabá Paulista e o corpo hídrico receptor dos efluentes.  
Fonte: IBGE.



Figura 21: Córrego Sagui.  
Foto: Santi, L.J. (2013).

O corpo hídrico que se localiza próximo à Regente Feijó, nasce próximo ao município, sendo sua vazão maior que a do córrego Sagui.

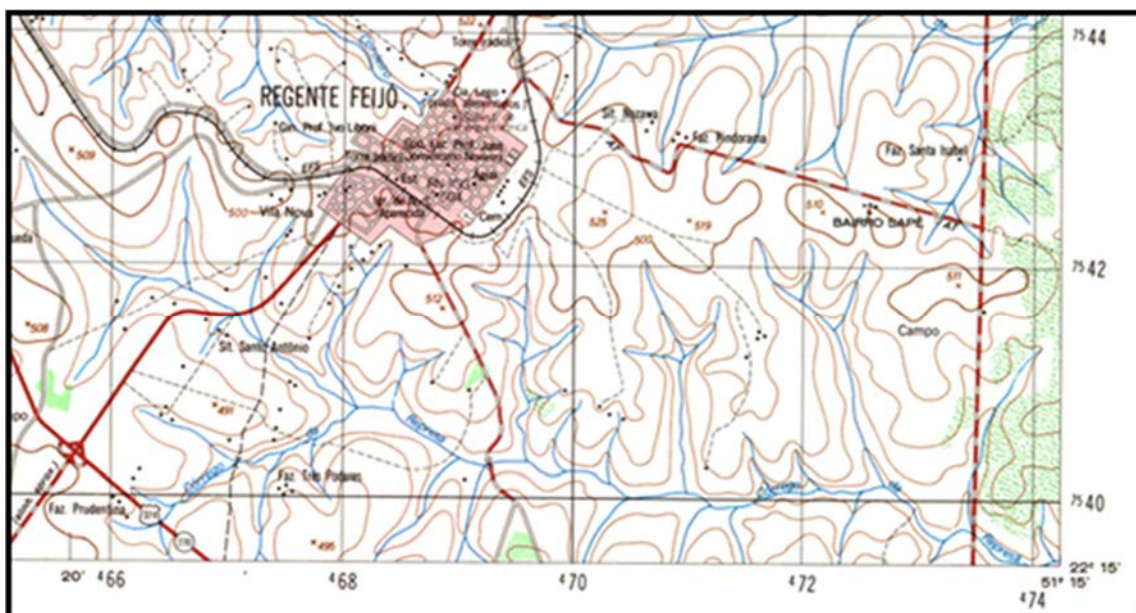


Figura 22: Visualização do município de Regente Feijó e o corpo hídrico receptor dos efluentes.  
Fonte: IBGE.



Figura 23: Córrego da Represa.  
Foto: Santi, L.J. (2013).

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para que esta pesquisa se desenvolvesse, foram listados alguns procedimentos e desenvolvidos posteriormente, sendo eles:

Ensaio da condutividade hidráulica para a caracterização da permeabilidade do solo no entorno das lagoas de estabilização, caracterização do tamanho das partículas dos antropossolos, amostragem do afluente e efluente para verificação da qualidade dos esgotos e mensuração do IQA (índice de qualidade das águas) do corpo receptor a montante, no ponto de lançamento e a jusante ao lançamento do efluente para cada município.

#### 3.1. Ensaio de permeabilidade

Para a determinação da condutividade hidráulica saturada de campo, – *Field saturated hydraulic conductivity* ( $K_{fs}$ ) (REYNOLDS ET AL., 1983; STEPHENS, 1996), foi utilizado o permeâmetro de Guelph (PG)<sup>6</sup>.

O PG é montado em campo, perfura-se o solo, utilizando um trado manual, a uma profundidade de 60 cm (Figura 24). Em seguida, encaixa-se o permeâmetro no local escolhido (Figura 25). Após isto, é tirado o ar dos tubos através da bomba de vácuo e posteriormente os reservatórios são preenchidos com água. Montado o aparelho (Figura 26), segue a realização das medições.



Figura 24: Perfuração do solo (A) e profundidade do furo (B) utilizando o trado manual.  
Fonte: Fotografia “in situ” tirada em Regente Feijó.

<sup>6</sup> Este permeâmetro foi desenvolvido por Reynolds et al. (1983) na Universidade de Guelph no Canadá, sendo um permeâmetro de furo e carga constante.



Figura 25: Encaixe do Permeômetro de Guelph no solo.  
Fonte: Fotografia “in situ” tirada em Regente Feijó.



Figura 26: Permeômetro de Guelph.  
Fonte: Fotografia “in situ” tirada em Regente Feijó.

As medições com o PG são possíveis graças a um reservatório de acrílico graduado que permite que sejam feitas as leituras enquanto ocorre o caimento do nível de água (R). As leituras são feitas em intervalos de tempo (t) constantes (2 em 2 minutos). A figura 27 mostra a estrutura e o funcionamento do equipamento.

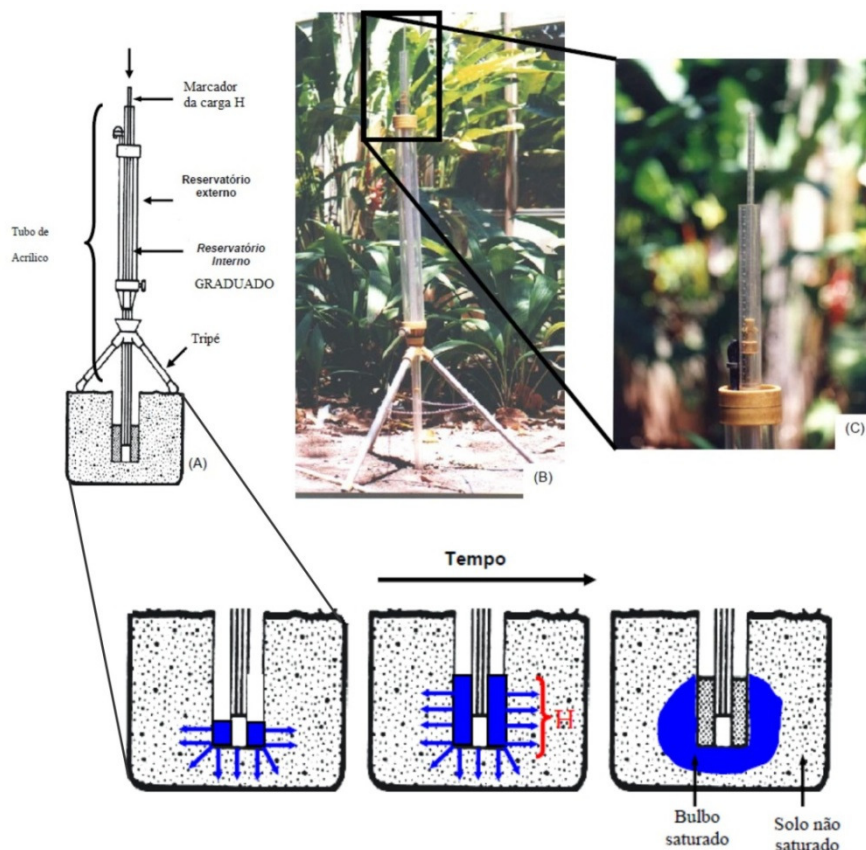


Figura 27: Desenho esquemático do permeômetro de Guelph (A) e de seus principais componentes, frisando que a carga hidráulica aplicada satura o solo em função do tempo; permeômetro de Guelph sendo utilizado no campo com a sua extremidade inferior dentro de um furo (B); e detalhe do marcador da carga hidráulica H aplicada no solo (C).

Fonte: SoilMoisture Corporation (Manual Permeômetro de Guelph) – Elaboração Santi, 2012.

Os reservatórios devem ser utilizados interligados (interno e externo), em solos arenosos e individual (interno) quando o solo apresentar ser argiloso. Realiza-se o ensaio nas alturas:  $H_1 = 5\text{cm}$  e  $H_2 = 10\text{cm}$ . Então, anota-se a leitura marcada no reservatório no intervalo de tempo constante de 2 em 2 minutos para cada altura, quando o solo fica saturado as leituras ficam constantes e então pode-se calcular o  $K_{fs}$  através da fórmula:

$$K_{fs} = (0,0041)*(X)*(R2) - (0,0054) * (X) * (R1).....(3)$$

Sendo que, segundo Reynolds; Elrick (1985):

$X = 35,39$  (constante do equipamento);

$R_1$  é a taxa de queda d'água (cm/s), estabilizada na altura de 5 cm;

$R_2$  é a taxa de queda d'água (cm/s), estabilizada na altura de 10 cm.

### 3.2. Espectro de tamanho das partículas

A permeabilidade está intrinsecamente relacionada às faixas texturais do solo e por isso foi determinado o espectro do tamanho das partículas em laboratório e depois a classe textural foi definida utilizando o triângulo americano.

As amostras de solo foram colhidas no fundo do furo feito pelo trado durante o procedimento anterior a uma profundidade padrão de 60 cm. O método utilizado para determinar o tamanho das partículas foi o da pipeta, apresentado pelo Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997).

Foram escolhidos 3 (três) pontos no entorno das lagoas de estabilização. Priorizou-se terreno uniforme, plano, sem interferência de raízes e próximo às lagoas. Após serem colhidas, as amostras seguiram para o laboratório de solos da FCT- UNESP.

Parte de cada amostra de solo seco é colocada num almofariz e com a ajuda de um pistilo, destorroada até que se tenha uma aparência homogênea. Depois se passa por uma peneira com uma abertura de 2 mm para serem retirados os pequenos pedregulhos. Ao realizar a análise de espectro de tamanho de partículas (método da pipeta) pesa-se 10g de solo seco e peneira. Em um erlenmeyer, adiciona-se 20 mL de água destilada, com a ajuda de uma proveta de 25 mL. Em seguida, acrescenta-se 10 mL de uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) 1M com uma pipeta volumétrica de 10 mL. Com isso, os erlenmeyers são colocados em mesa agitadora por 6 horas.

Depois de seis horas de agitação, a solução de solo é filtrada com uma peneira de abertura de 0,053 mm em uma proveta de 1000 mL, com o auxílio de um funil é lavada com água destilada até o volume de 1000 mL. Todas as frações de areia acabam sendo retidas na peneira, que são transferidas para placas de Petri, devidamente secas e pesadas (estas são levadas para a estufa por uma hora, colocadas para esfriar em um dessecador, e anotados os pesos de cada placa). São deixadas para secar em estufa por 24 horas a 105°C. Transcorrido este tempo, esfriadas em um dessecador e em seguida pesadas.

As provetas contendo argila e silte são colocadas em um tanque com água, para que se mantenha a uniformidade térmica. Com um termômetro, a temperatura da solução é medida e seu valor anotado. O tempo da pipetagem é determinado pela temperatura da solução.

A agitação da argila/silte é feita com um bastão específico por 30 segundos, sendo deixado um intervalo de 2 minutos para a agitação da amostra seguinte. Quando se inicia a agitação, o tempo de pipetagem começa a ser contado, e quando o tempo de sedimentação termina, inicia-se a pipetagem de 5 mL da solução a 5 cm de profundidade. Esta é realizada com um intervalo de tempo de 2 minutos entre uma amostra e outra. Com isso, transfere-se a alíquota para um béquer seco e se pesa (mesmo procedimento realizado com as placas de Petri), colocado para secar em estufa por 24 horas a 105°C. Transcorrido este tempo, esta é posta para esfriar em um dessecador e pesa-se o béquer com a argila.

Com as pesagens, podem ser feitas as determinações da porcentagem de areia, argila e silte que compõem o solo, através de cálculos específicos:

- Porcentagem de areia:

$$M_{\text{areia}} = P_f - P_i$$

$P_f$ : peso da placa com a areia;

$P_i$ : peso da placa;

$M_{\text{areia}}$ : massa da areia

Equação 1:

$$10g \text{ de solo} - 100\% \quad M_{\text{areia}} - X\% \dots \dots \dots (4)$$

- Porcentagem de argila:

$$M_{\text{argila}} = P_f - P_i$$



$P_f$ : peso do béquer com argila;

$P_i$ : peso do béquer;

$M_{argila}$ : massa da argila.

Equação 2:

$$\% \text{ argila} = (M_{argila} - 0,002) * 2000 \dots \dots \dots (5)$$

- Porcentagem de silte:

Equação 3:

$$\% \text{ silte} = 100\% - \% \text{ areia} - \% \text{ argila} \dots \dots \dots (6)$$

Através das porcentagens obtidas pelo procedimento anterior, pode-se utilizar o triângulo americano (figura 28) cruzando as informações. Traça-se uma linha no valor correspondente a argila paralela à base, no valor do silte prolonga-se uma linha paralelamente à lateral esquerda do triângulo e o valor da areia a linha estende-se paralela à lateral direita, o cruzamento das três linhas irão indicar a classe textural do referido solo.

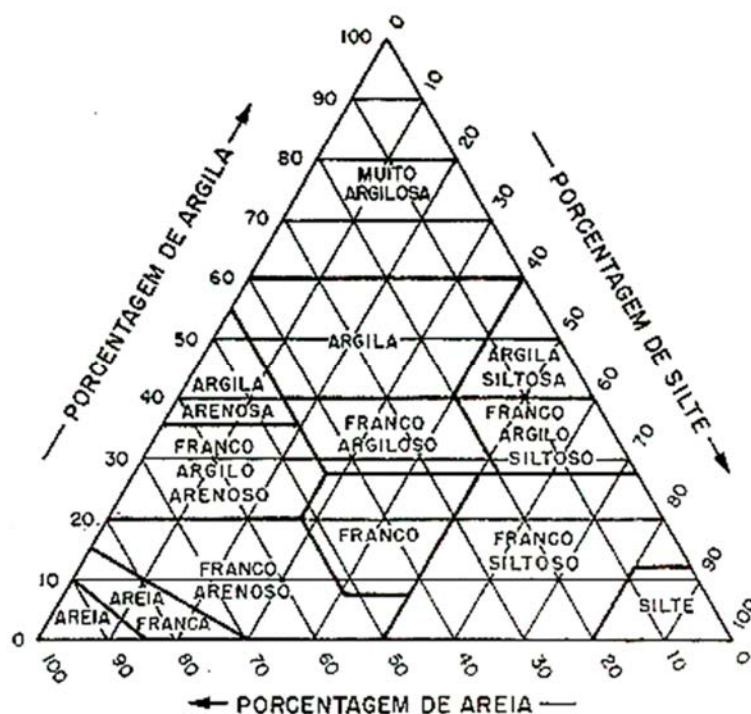


Figura 28: Classes Texturais do Solo – Triângulo Americano (Atterbeg).  
Fonte: LEMOS E SANTOS (1996).

### 3.3. Análise do índice de qualidade das águas (IQA), afluyente e efluente

O índice de qualidade das águas mensurado nesta pesquisa foi desenvolvido pela National Sanitation Foundation – NSF dos Estados Unidos, baseado no método de Delphi da Rand Corporation. A partir deste método, em 1970, a CETESB adaptou e desenvolveu o IQA, cuja criação baseou-se em uma pesquisa de opinião junto a especialistas em qualidade das águas. Das 35 variáveis indicadoras de qualidade inicialmente propostas, apenas 9 (nove) foram selecionadas.

De acordo com Schneider (2009), nove parâmetros de qualidade são utilizados na construção deste índice, com seus pesos pré-definidos de acordo com a importância de cada um dos parâmetros.

Para se realizar o IQA, foram colhidas amostras representativas do corpo hídrico receptor do efluente das lagoas de tratamento de esgoto, a montante, no ponto de lançamento e a jusante, tendo como ponto referencial a saída da lagoa.

Os nove parâmetros do IQA, são: oxigênio dissolvido, pH, turbidez, coliformes fecais, resíduos totais, nitrogênio total, fósforo total, temperatura, DBO (demanda bioquímica de oxigênio). Cada parâmetro possui um peso, que influi no resultado final e classifica as águas como: péssima, ruim, média, boa e ótima, sendo que os valores vão de 0 a 100, quanto mais próximo de 100, melhor será a qualidade.

Para sua determinação realiza-se o produtório ponderado da qualidade de todos os parâmetros. Segundo a fórmula:

$$IQA = \prod_{i=1}^9 q_i^{w_i} \dots\dots\dots (7)$$

Sendo:

$q_i$  = qualidade do parâmetro  $i$  (determinado pela curva média de qualidade) e;

$w_i$  = peso atribuído ao parâmetro  $i$  (valor entre 0 e 1), o valor varia conforme o grau de importância na qualidade.

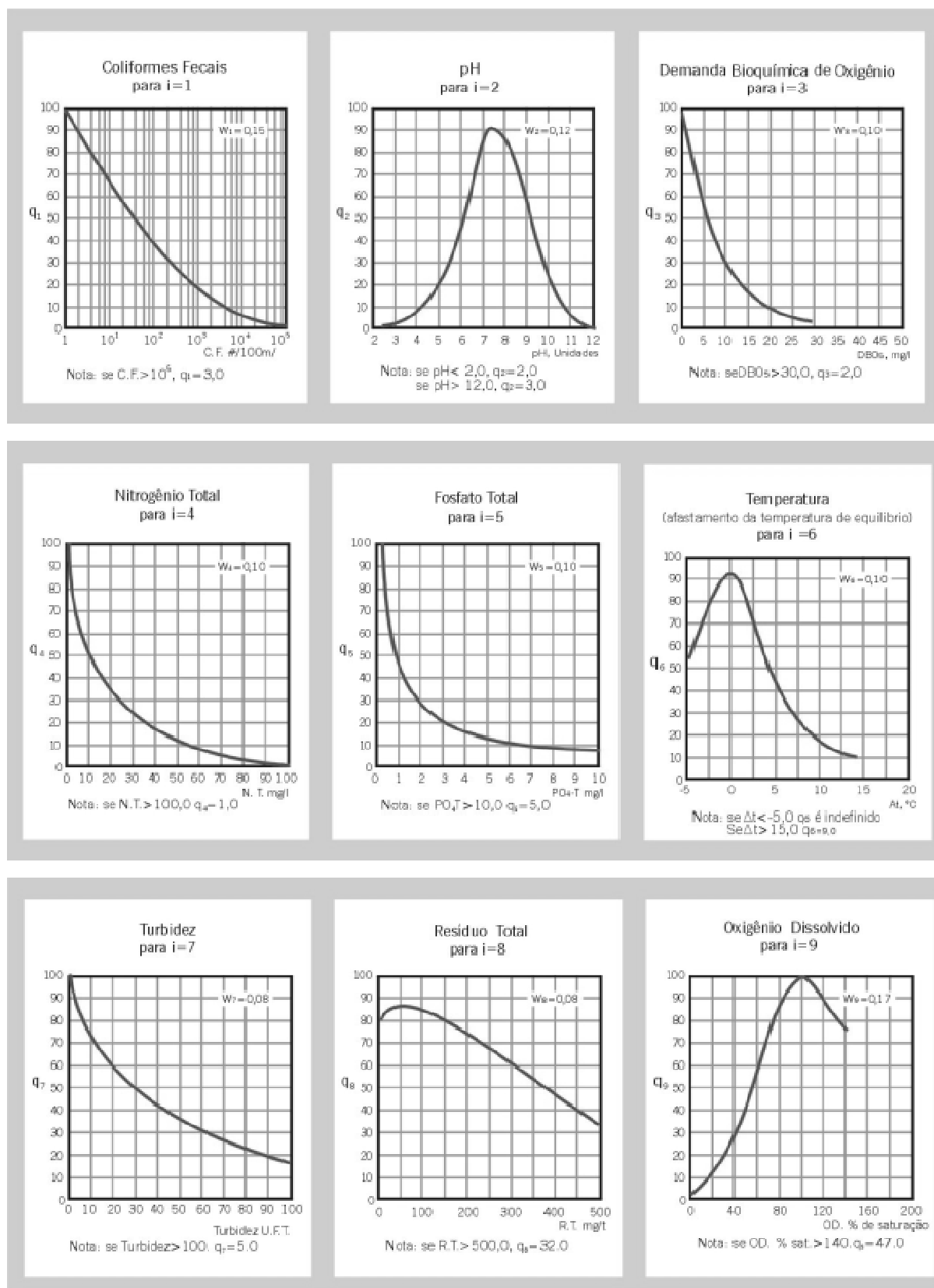


Figura 29: Curvas de valoração da condição de cada parâmetro do IQA-NSF.  
 Fonte: (SCHNEIDER, 2009).

Depois de calculado o IQA, consulta-se a Tabela 8 para classificar a qualidade da água.

Tabela 8: *Qualidade da água segundo o NSF (National Sanitation Foundation).*

<b>Categoria</b>	<b>Faixa de Ponderação</b>
Ótima	80 - 100
Boa	52 - 79
Regular	37 - 51
Ruim	20 - 36
Péssima	0 - 19

Fonte: Adaptado de CETESB (2014). Elaborado por: Santi (2014).

Já para a coleta do afluente e efluente, bastou realizar amostragem composta, ou seja, coleta de 200 mL de alíquota em cada ponto (entrada e saída da ETE) nos seguintes horários: 8:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00 e posterior análise em laboratório do parâmetro DBO (demanda bioquímica de oxigênio).

### 3.3.1. Locais de coleta

Primeiramente, foram escolhidos três pontos dos corpos hídricos que se referissem a montante – ponto 1, ponto de lançamento – ponto 2 e jusante – ponto 3, para realizar as coletas de campo e posterior análise laboratorial.

A determinação do ponto 1 foi realizada com o objetivo de se analisar o corpo hídrico antes do lançamento do efluente, para verificação das condições do mesmo sem influência da ETE, sendo o ponto de coleta afastado bastante o possível do refluxo ou contribuição do efluente tratado, a escolha do ponto se deu em um local de fácil acesso.

A determinação do ponto 2 foi realizada com o objetivo de se analisar o impacto causado diretamente pelo efluente no corpo hídrico, ponto de coleta localizado no corpo receptor, na zona de mistura após a entrada do efluente.

A determinação do ponto 3 foi realizada com o objetivo de se analisar o potencial de autodepuração do corpo hídrico e também verificar se, mesmo após o lançamento do efluente, foi mantida a qualidade encontrada no ponto 1. Considerou-se na escolha do ponto a presença de algas, pois devido à maior transparência da água (nesta zona mais clara e

melhorada) se tem maior penetração de luz solar, consequentemente há fotossíntese, e assim, elevação no nível de oxigênio dissolvido na água, indicando sua recuperação.

Para o afluente, foi determinado o ponto após a caixa de areia. Para o efluente, foi determinada a caixa coletora de saída.

Tabela 9: Coordenadas dos pontos de coleta.

	Teodoro Sampaio	Marabá Paulista	Regente Feijó
<i>Afluente</i>	22°32'09.85"S 52°08'48.56"O	22°05'51.05"S 51°58'20.57"O	22°14'10.84"S 51°18'39.98"O
<i>Efluente</i>	22°32'09.45"S 52° 8'44.29"O	22°05'48.89"S 51°58'24.69"O	22°14'16.23"S 51°18'34.26"O
<i>Montante</i>	22°32'01.61"S 52°08'33.39"O	22°05'52.58"S 51°58'10.54"O	22°14'07.76"S 51°18'45.03"O
<i>Ponto de Lançamento</i>	22°32'08.32"S 52°08'36.28"O	22°05'43.33"S 51°58'24.51"O	22°14'18.33"S 51°18'31.95"O
<i>Jusante</i>	22°32'28.87"S 52°08'45.51" O	22°05'39.11"S 51°58'33.48"O	22°14'23.29"S 51°18'20.37"O

### 3.3.2. Coleta e análise dos parâmetros de monitoramento

As coletas foram realizadas em campo com os seguintes materiais: coletor, frascos, etiquetas, barbante, ficha, isopor, gelo, relógio, gps, oxímetro e luvas cirúrgicas. O oxímetro possibilitou quantificar "*in loco*" o oxigênio dissolvido, a temperatura e o pH.

As amostras dos parâmetros físico-químicos e biológicos da água necessários para o cálculo do IQA foram coletadas e preservadas seguindo as normas padronizadas Standart Methods, 22th ed. e USEPA.

As análises químicas seguiram as seguintes referências metodológicas:

- DBO: SMEWW 5210-B. - 5-Day BOD Test;
- Fósforo Total: SMEWW 4500-P E - Ascorbic Acid Method;
- Sólidos Suspensos Totais: SMEWW 2540 D. - Total Suspended Solids Dried at 103-105°C;

- Coliformes Termotolerantes (Coliformes fecais/ *Escherichia coli*): SMEWW 9221 E e F. - Enzyme Substrate Method;
- Nitratos: SMEWW 4500 NO<sub>3</sub>-D. - Nitrate Electrode Method;
- Nitritos: SMEWW 4500 NO<sub>2</sub>- B. - Colorimetric Method;
- Nitrogênio Amoniacal: SMEWW 4500 NH<sub>3</sub>- F - Phenate Method;
- Nitrogênio Kjeldhal: SMEWW 4500 N. Organic - C - Semi-Micro-Kjeldhal Method;
- Nitrogênio Total: SMEWW 4500-N;
- Turbidez: Turbidímetro;
- Oxigênio Dissolvido: oxímetro – *in loco*;
- pH: pHmetro – *in loco*;
- T (°C): Termômetro– *in loco*;

Vale frisar que o IQA analisado neste estudo teve uma característica pontual, para uma investigação mais detalhada vale analisar este índice ao longo de 1 ano, avaliando, por exemplo, as condições sazonais dos corpos hídricos.

Sua análise pontual serviu basicamente para a aplicação da metodologia e para as considerações finais desta pesquisa a fim de caracterizar a qualidade das águas.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados apresentados foram divididos em duas partes: a primeira, no que diz respeito ao entorno das lagoas de estabilização, mostra as características físicas dos antropossolos em relação ao tipo textural e permeabilidade, já que são solos modificados pela ação humana, além de breve discussão a respeito do local onde estão inseridas.

A segunda discute o tratamento do esgoto e a qualidade das águas, os resultados para as análises do afluente e efluente, além da caracterização do corpo hídrico receptor antes (montante) da estação de tratamento de esgoto (ETE), o qual estará em seu curso natural, o impacto direto do lançamento do efluente tratado através da coleta no ponto de lançamento e o potencial do recurso hídrico de autodepuração ao realizar coleta a jusante. Desta forma, pode-se verificar se há contribuição, positiva ou negativa, das lagoas de estabilização nos cursos d'água e atendimento à legislação específica.

## 4.1. O entorno das lagoas de tratamento de esgoto

### 4.1.1. Teodoro Sampaio

À medida que uma cidade cresce, surge a necessidade de se estruturar. Teodoro Sampaio, junto com a expansão do meio urbano, trouxe consigo a implantação, através de concessionária privada de saneamento, as lagoas facultativas para o tratamento do esgoto gerado pela população.

Inserido sobre a formação Caiuá, Teodoro Sampaio, dentre os três municípios desse estudo, é o que possui maior número de habitantes e população flutuante. Esse último deve-se à presença da Destilaria Alcídia S.A., que em época de plantio e de safra emprega muitos funcionários, e ao Parque Nacional do Morro do Diabo, que atrai visitantes o ano todo.

É interessante notar como a paisagem altera-se ao longo dos anos, sempre com a chegada de inovação, crescimento populacional, novas tecnologias, urbanização, sendo o meio ambiente e o espaço modificado em decorrência das novas necessidades que surgem.

A figura 30 mostra duas imagens de Teodoro Sampaio em dois momentos distintos: 1972 e 2005.



Figura 30: *Evolução do município de Teodoro Sampaio 1972 (A) – 2005 (B).*  
*Fonte: IAC e Prefeitura Municipal de Teodoro Sampaio.*

Observa-se o sistema de objetos e ações que age em favor da expansão do município. Em 1985 foram inauguradas as lagoas de estabilização, que modificaram a paisagem do local. Note que na imagem de 1972 não havia indícios de antropogênese onde hoje, localizam-se as lagoas.

As lagoas apresentam-se fora do centro urbano, minimizando os impactos de vizinhança relacionados ao odor, aspecto visual e desvalorização de imóvel, fato que deve ser ressaltado, pois geralmente são estes os que mais incomodam a população.

No entorno das lagoas foram escolhidos os pontos de análise do solo modificado, cuja localização pode ser visualizada na figura 31.



Figura 31: *Localização dos pontos que foram realizados os ensaios de permeabilidade.*  
Fonte: Prefeitura Municipal de Teodoro Sampaio.

Os pontos 1 e 2, apresentaram condutibilidade hidráulica saturada de campo ( $K_{fs}$ ) de  $10^{-3}$ , o ponto 3 apresentou  $K_{fs}$  negativo. Os pontos 1 e 2, podem ser definidos como solos permeáveis e, de acordo com sua classificação textural, designados como areia franca. Já o ponto 3, não demonstrou permeabilidade no solo, mesmo com 78,9% do tamanho dos grãos compostos de areia (areia franca). Há possibilidades de erro de leitura, que é comum com o PG, principalmente se ocorrer fluxo preferencial de água, ou alguma restrição mecânica. As tabelas e os gráficos abaixo sintetizam os dados coletados em campo e apresentam o cálculo do  $K_{fs}$ , a taxa de infiltração de água no solo e os percentuais de areia, silte e argila em cada amostra coletada.



## PONTO 1

Coordenadas UTM 382072.00 m E 7507300.00 m S

### Condutibilidade Hidráulica Saturada de Campo (Kfs)

H1 (cm/min) = 0.60 R1 (cm/s) = 0,01

H2 (cm/min) = 1.40 R2 (cm/s) = 0,023

X = 35,39 cm<sup>2</sup>

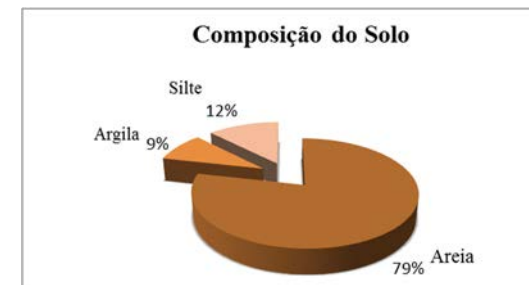
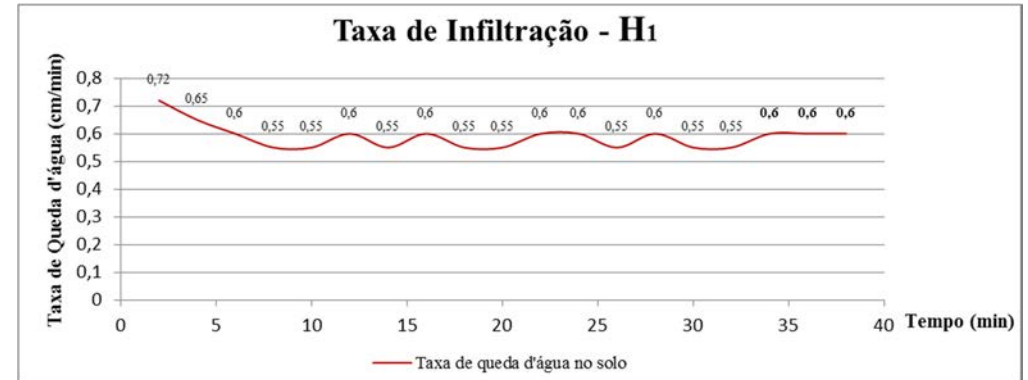
$K_{fs} = (0.0041) * (X) * (R2) - (0.0054) * (X) * (R1)$

K fs = 0,001475 cm/s

K fs = 127,404 cm/dia

### Tamanho dos grãos (%)

Areia	Argila	Silte
78,5	9,1	12,4



## PONTO 2

Coordenadas UTM 382059.00 m E 7507421.00 m S

### Condutibilidade Hidráulica Saturada de Campo (Kfs)

H1 (cm/min) = 0.80      H1 (cm/s) = 0,013333

H2 (cm/min) = 2.50      H2 (cm/s) = 0,042

X = 35,39 cm<sup>2</sup>

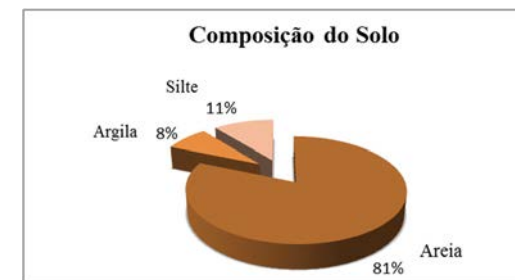
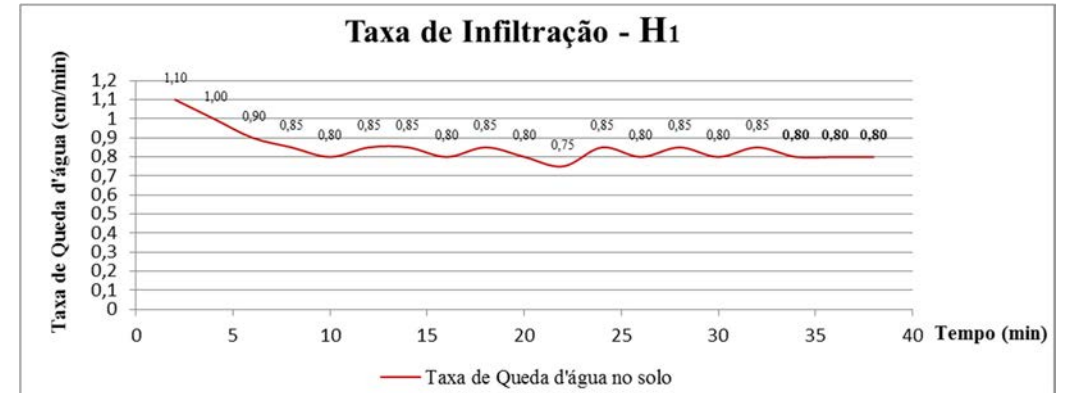
$K_{fs} = (0.0041) * (X) * (R2) - (0.0054) * (X) * (R1)$

Kfs = 0,003498 cm/s

Kfs = 302,2023 cm/dia

### Tamanho dos grãos (%)

Areia	Argila	Silte
81,3	7,9	10,8



### PONTO 3

Coordenadas UTM 382206.00 m E 7507350.00 m S

#### Condutibilidade Hidráulica Saturada de Campo (Kfs)

H1 (cm/min) = 1.80 H1 (cm/s) = 0,03

H2 (cm/min) = 2.00 H2 (cm/s) = 0,033

X = 35,39 cm<sup>2</sup>

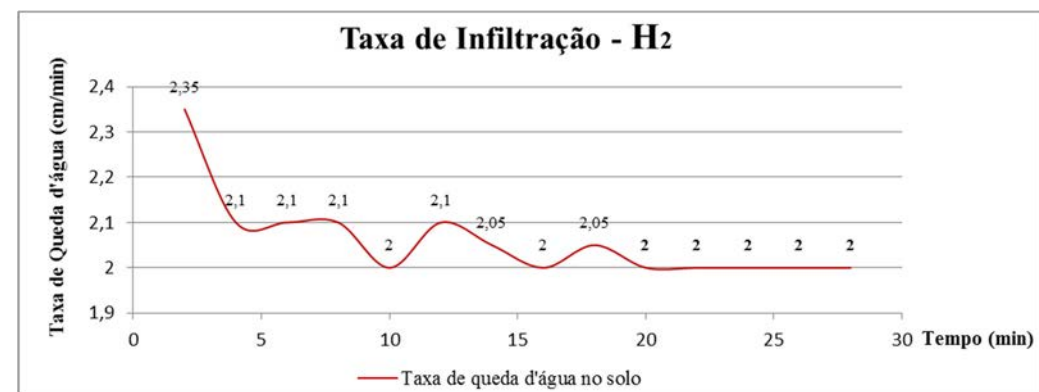
$K_{fs} = (0.0041) * (X) * (R2) - (0.0054) * (X) * (R1)$

Kfs = -0,0009 cm/s

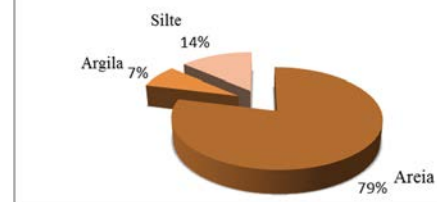
Kfs = -77,4616 cm/dia

#### Tamanho dos grãos (%)

Areia	Argila	Silte
78,9	7,5	13,6



#### Composição do Solo



#### 4.1.2. Marabá Paulista

Inserido sob a formação Santo Anastácio, o município de Marabá Paulista, dentre os três municípios, é o que apresenta menor população e também, menor oscilação em relação ao crescimento populacional ao longo dos anos.

Destaca-se queda abrupta da população rural entre os anos de 1970 a 1980, período em que houve migração destes para a zona urbana. Entre os anos de 1991 e 2000 as populações da zona urbana e rural se mantiveram praticamente constantes, sendo que em 1999 a população rural passa a ser maior que a urbana.

É um município tipicamente interiorano, tranquilo e com geração de renda originada basicamente do meio rural.

Através da figura 32 pode-se observar a alteração da paisagem ao longo do tempo.

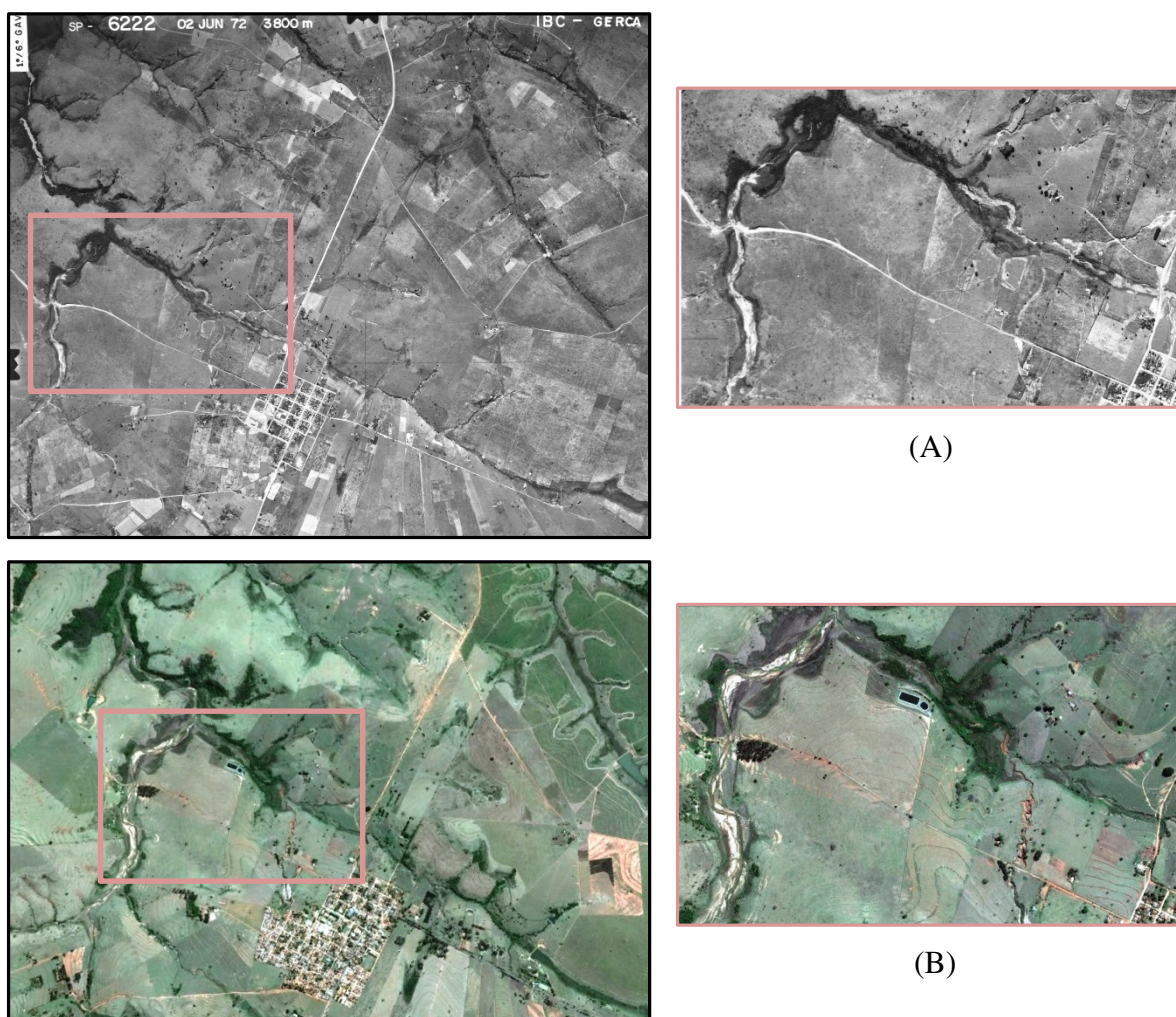


Figura 32: *Evolução do município e alteração da paisagem em Marabá Paulista 1972 (A) – 2014 (B).*  
Fonte: IAC e Google Earth ®

Próximo à ETE vem ocorrendo intenso processo erosivo com a presença de voçoroca próxima a nascente do Rio Sagui. Com a imagem anterior pode-se observar:

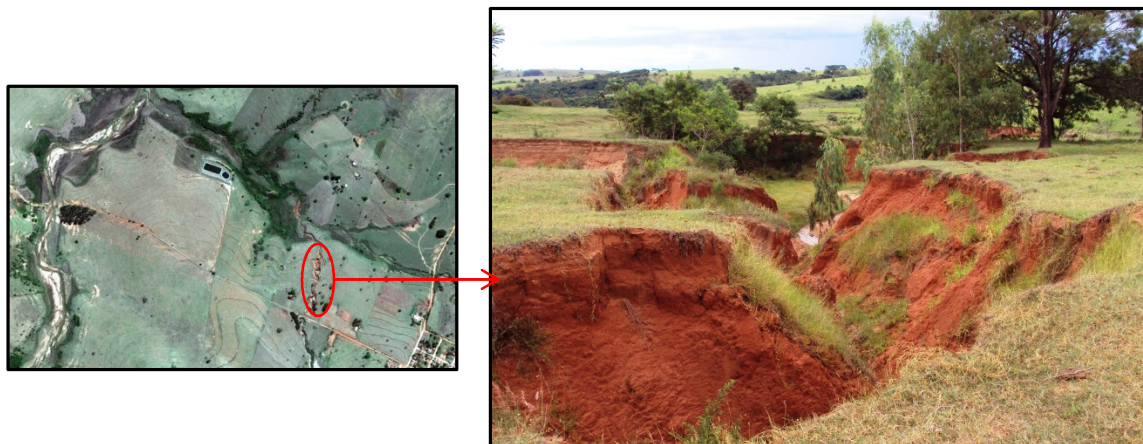


Figura 33: Voçoroca existente após a nascente do Córrego Sagui.

A presença de voçoroca indica um solo de característica arenosa, sendo que ao longo do tempo foi se intensificando pelas águas correntes do Córrego Sagui, pelo clima, pelo vento, pelo relevo, pelos micro-organismos e/ou pela rocha mãe.

Os ensaios de permeabilidade em campo e classes texturais foram realizados nos pontos indicados na figura 34.



Figura 34: Localização dos pontos que foram realizados os ensaios de permeabilidade.  
Fonte: Google Earth™.

Os resultados indicaram: solo franco arenoso para o ponto 1 e areia franca para os pontos 2 e 3.  $K_{fs}$  de  $10^{-3}$  e  $10^{-4}$  respectivamente para pontos 1 e 2, sendo caracterizado como solos permeáveis, ponto 3 apresentou  $K_{fs}$  negativo.

## PONTO 1

Coordenadas UTM 399703.00 m E 7556062.00 m S

### Condutibilidade Hidráulica Saturada de Campo (Kfs)

H1 (cm/min) = 0,35      R1 (cm/s) = 0,00583

H2 (cm/min) = 1,05      R2 (cm/s) = 0,018

X = 35,39 cm<sup>2</sup>

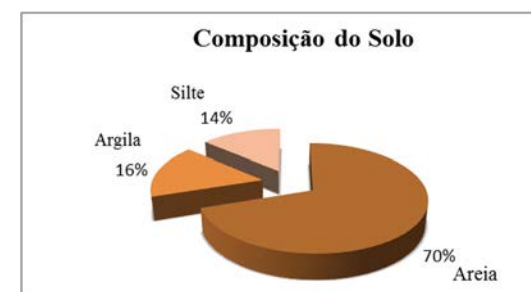
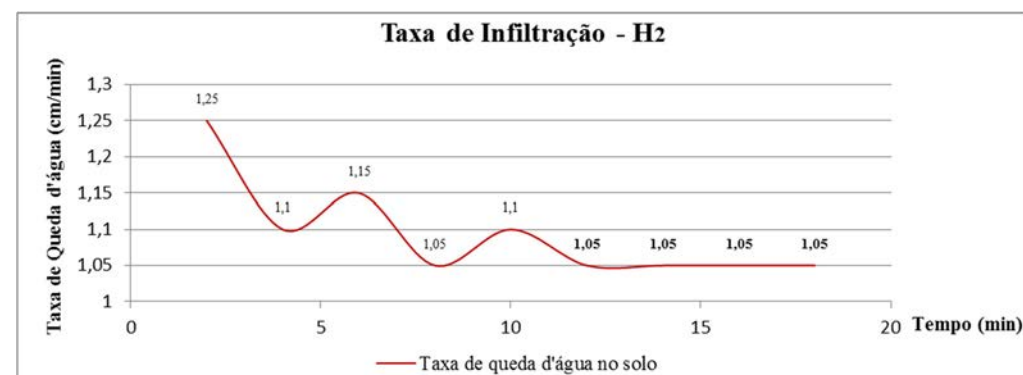
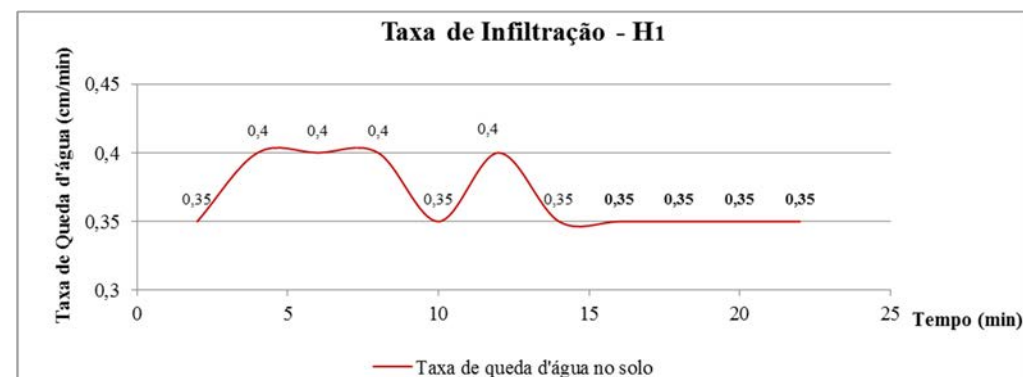
$K_{fs} = (0,0041) * (X) * (R2) - (0,0054) * (X) * (R1)$

Kfs = 0,001424 cm/s

Kfs = 123,0723 cm/dia

### Tamanho dos grãos (%)

Areia	Argila	Silte
69,9	16,4	13,7



## PONTO 2

Coordenadas UTM 399655.00 m E 7556068.00 m S

### Condutibilidade Hidráulica Saturada de Campo (Kfs)

H1 (cm/min) = 0.30 H1 (cm/s) = 0,005

H2 (cm/min) = 0.60 H2 (cm/s) = 0,010

X = 35,39 cm<sup>2</sup>

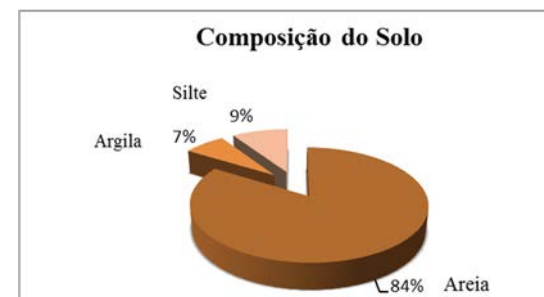
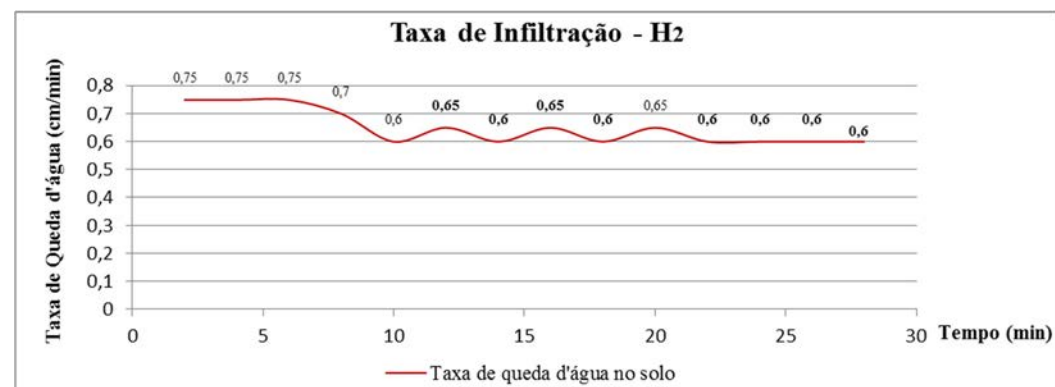
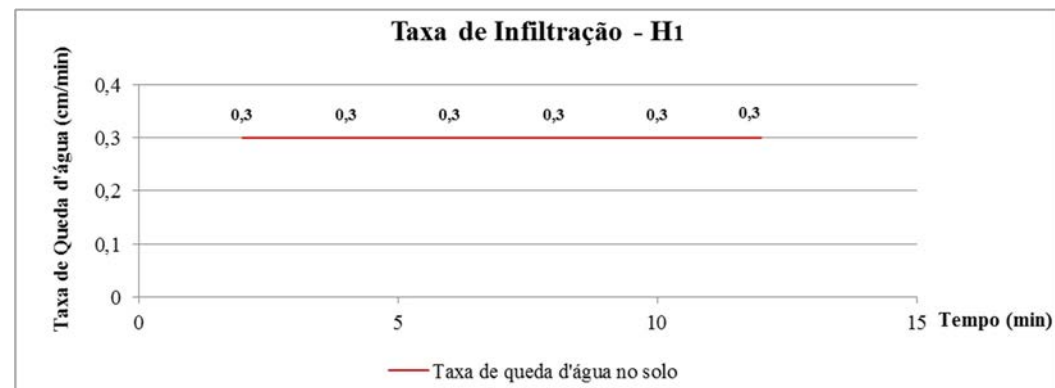
$K_{fs} = (0.0041) * (X) * (R2) - (0.0054) * (X) * (R1)$

Kfs = 0,000495 cm/s

Kfs = 42,80774 cm/dia

### Tamanho dos grãos (%)

Areia	Argila	Silte
83,8	6,9	9,3



### PONTO 3

Coordenadas UTM 399564.00 m E 7556108.00 m S

#### Condutibilidade Hidráulica Saturada de Campo (Kfs)

H1 (cm/min) = 1.35 H1 (cm/s) = 0,0225

H2 (cm/min) = 1.55 H2 (cm/s) = 0,026

X = 35,39 cm<sup>2</sup>

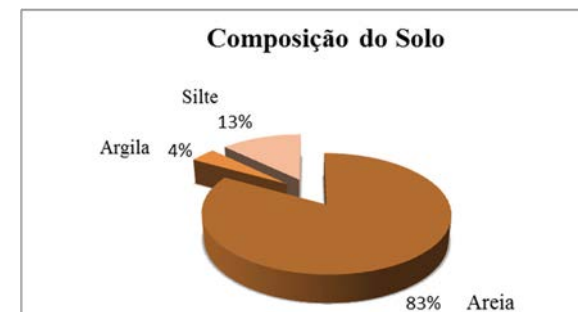
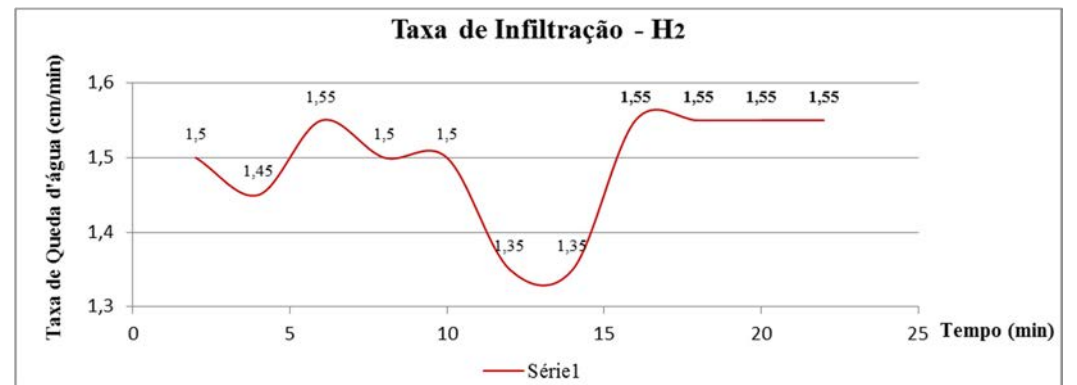
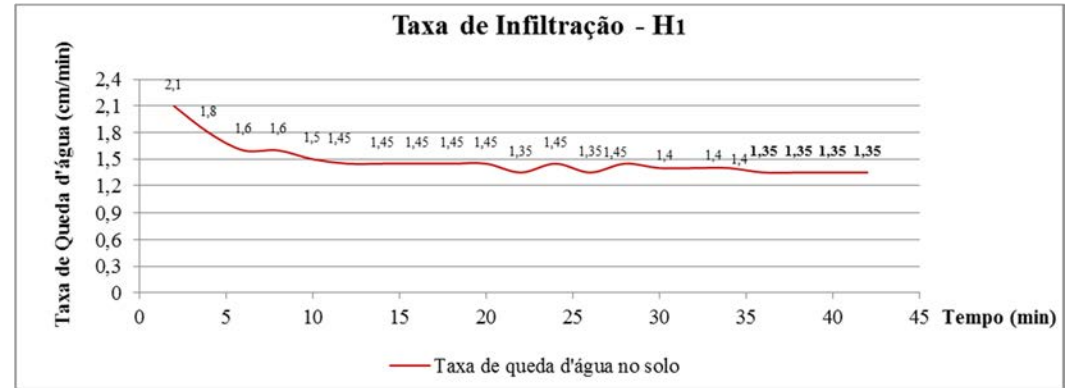
$K_{fs} = (0.0041) * (X) * (R2) - (0.0054) * (X) * (R1)$

Kfs = -0,00055 cm/s

Kfs = -47,6491 cm/dia

#### Tamanho dos grãos (%)

Areia	Argila	Silte
83,1	4,1	12,8





### 4.1.3. Regente Feijó

Durante o período de 1970 a 2010 a população urbana, do município situado em formação adamantina, aumentou progressivamente, enquanto a população rural só diminuiu. Em 1992, as lagoas começam a operar.

As lagoas de estabilização, assim como em Teodoro e Marabá, encontram-se afastadas da zona urbana.

A figura 35 mostra a evolução do município ao longo dos anos.

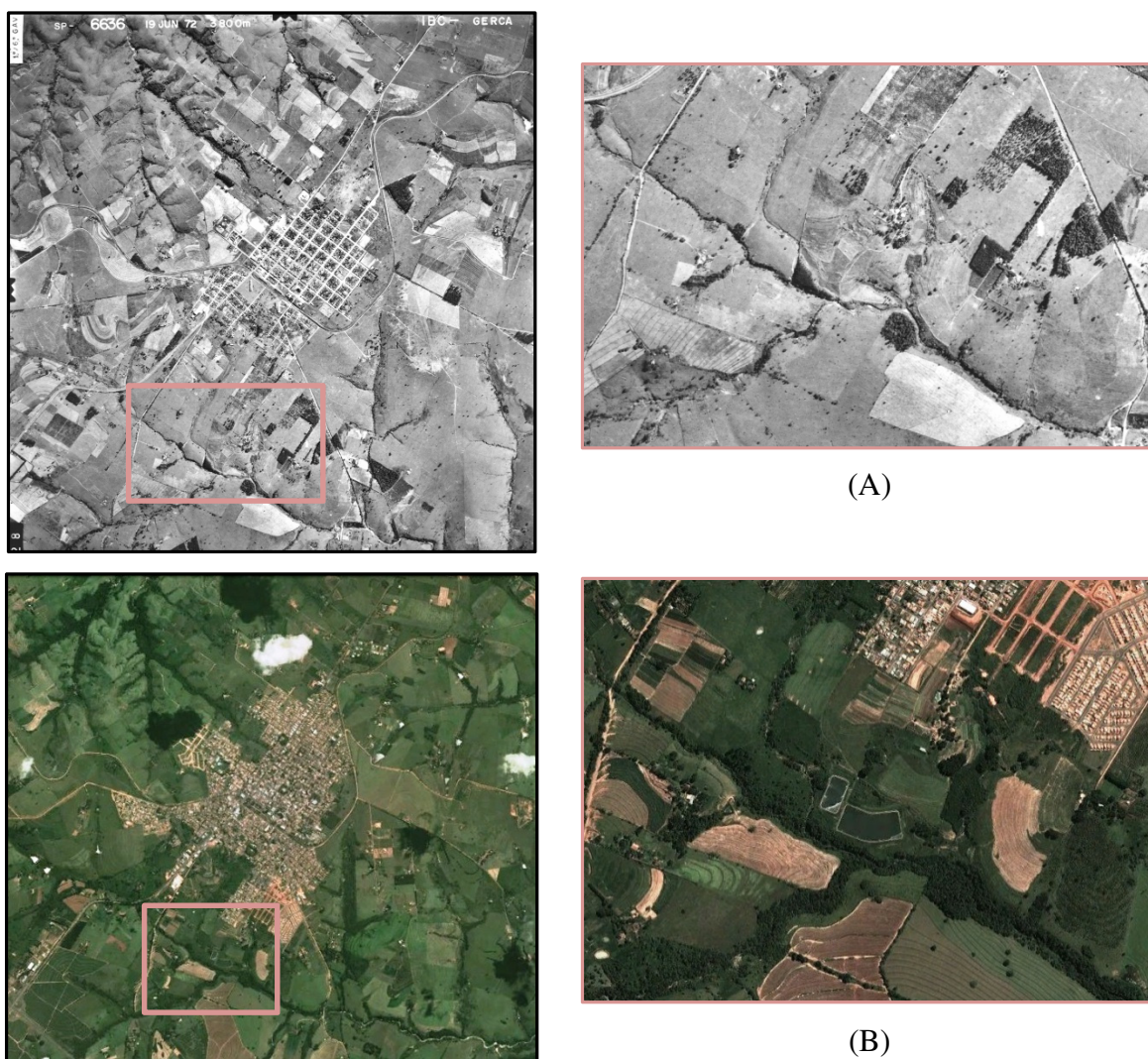


Figura 35: Evolução do município e alteração da paisagem em Regente Feijó 1972 (A) – 2014 (B).

Fonte: IAC e Google Earth <sup>TM</sup>

Os pontos no entorno das lagoas de estabilização onde foram realizados os ensaios podem ser visualizados através da figura 36.



Figura 36: Localização dos pontos que foram realizados os ensaios de permeabilidade.  
Fonte: Google Earth™.

Em campo, através da amostragem realizada, verificou-se a não permeabilidade nos pontos 2 e 3, onde houve empoçamento dos furos (figura 37).



Figura 37: Durante medidas com o PG foi observado o empoçamento da água.

Já o ponto 1 apresentou  $K_{fs}$  de  $10^{-4}$ , indicando ser um solo permeável. Em relação às classes texturais dos solos, estes demonstraram: franco arenoso para ponto 1 e areia franca para pontos 2 e 3. Os pontos 2 e 3 não demonstraram permeabilidade no solo, mesmo com 82,7% e 80,5% do tamanho dos grãos, respectivamente, compostos de areia (areia franca) há possibilidades de erro de medida, que é comum com o PG, principalmente se ocorrer fluxo preferencial de água, ou alguma restrição mecânica.

## PONTO 1

**Coordenadas UTM**    467941.00 m E    7540886.00 m S

### Condutibilidade Hidráulica Saturada de Campo (Kfs)

H1 (cm/min) = 0,25                      R1 (cm/s) = 0,00417

H2 (cm/min) = 0,45                      R2 (cm/s) = 0,008

X = 35,39 cm<sup>2</sup>

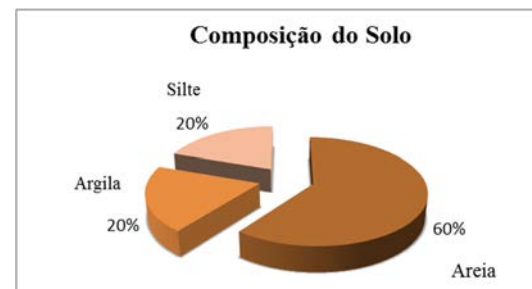
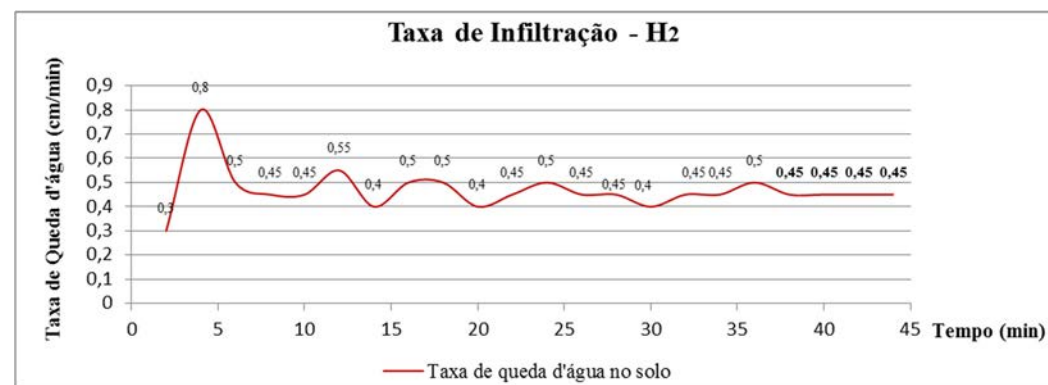
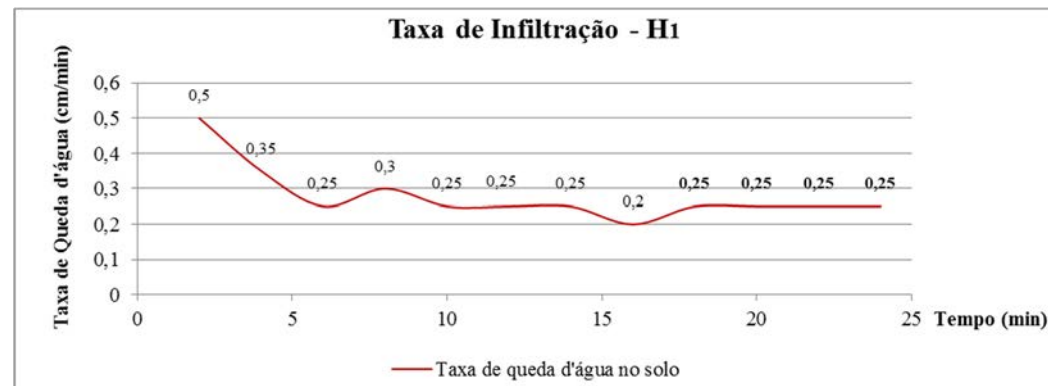
$K_{fs} = (0,0041) * (X) * (R2) - (0,0054) * (X) * (R1)$

Kfs = 0,000292 cm/s

Kfs = 25,22599 cm/dia

### Tamanho dos grãos (%)

Areia	Argila	Silte
60,4	19,9	19,7



## PONTO 2

Coordenadas UTM: 468013.00 m E 7541004.00 m S

### Condutibilidade Hidráulica Saturada de Campo (Kfs)

H1 (cm/min) = 0.35      H1 (cm/s) = 0,005833

H2 (cm/min) = 0.45      H2 (cm/s) = 0,008

X = 35,39 cm<sup>2</sup>

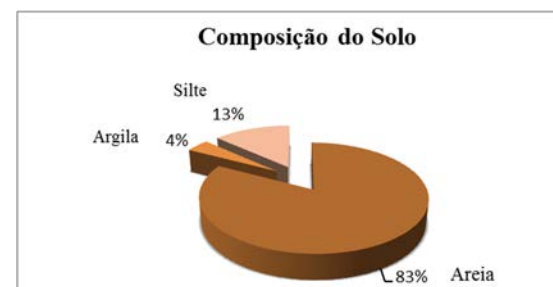
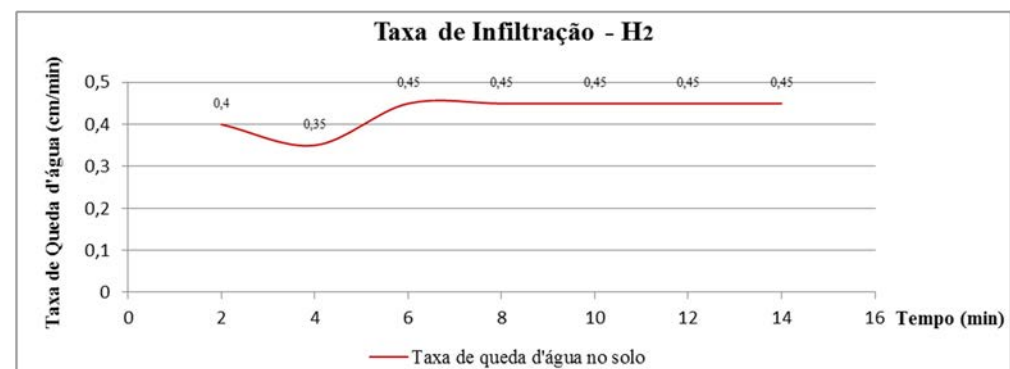
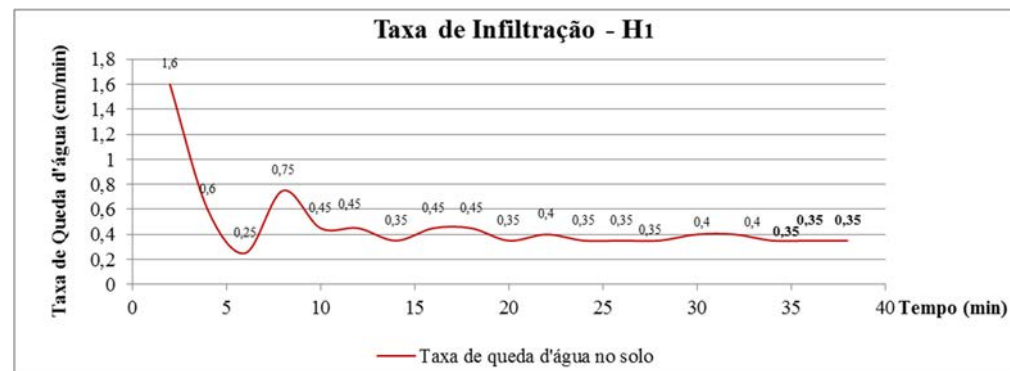
$K_{fs} = (0.0041) * (X) * (R2) - (0.0054) * (X) * (R1)$

Kfs = -0,0000265 cm/s

Kfs = -2,293272 cm/dia

### Tamanho dos grãos (%)

Areia	Argila	Silte
82,7	4	13,3



## PONTO 3

**Coordenadas UTM**    467946.00 m E    7541015.00 m S

### Condutibilidade Hidráulica Saturada de Campo (Kfs)

H1 (cm/min) =    1.15            H1 (cm/s) =    0,018333

H2 (cm/min) =    1.25            H2 (cm/s) =    0,021

X =            35,39    cm<sup>2</sup>

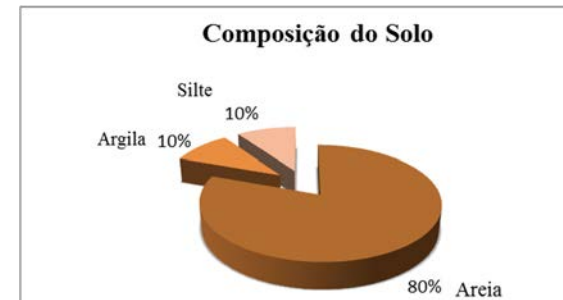
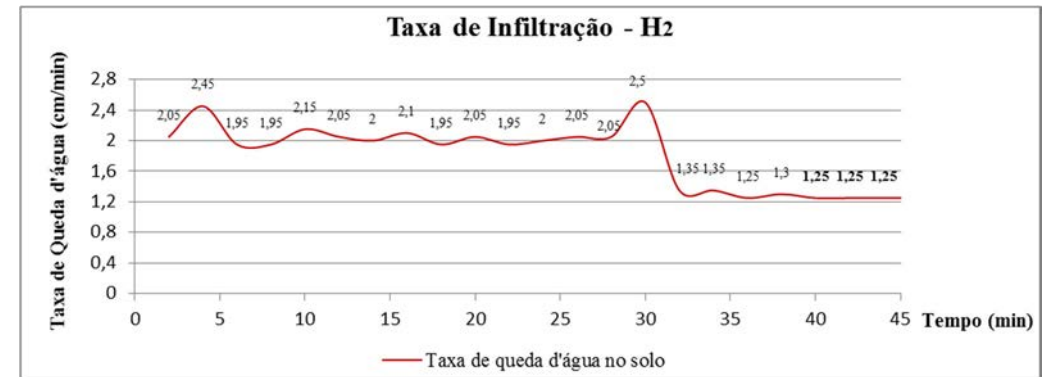
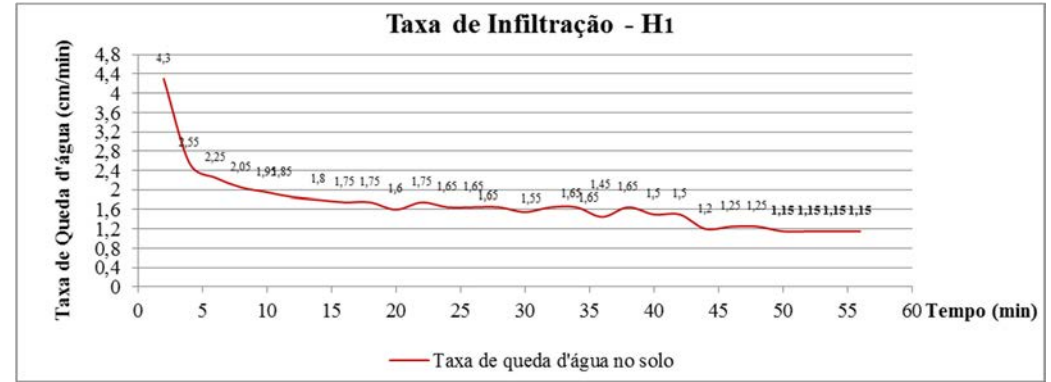
$K_{fs} = (0.0041) * (X) * (R2) - (0.0054) * (X) * (R1)$

Kfs =           -0,00048    cm/s

Kfs =           -41,5337    cm/dia

### Tamanho dos grãos (%)

Areia	Argila	Silte
80,5	9,8	9,7



## 4.2. Tratamento de esgoto e qualidade das águas

### 4.2.1. Teodoro Sampaio

O município de Teodoro Sampaio trata o seu esgoto doméstico através de lagoas facultativas, ou seja, após a passagem pelo tratamento preliminar - gradeamento e caixas de areia – o afluente segue para o tratamento biológico, sendo um tratamento em nível secundário.

É chamado de facultativo, como antes mencionado, devido à presença de bactérias que sobrevivem tanto em ambientes aeróbios quanto anaeróbios. O tratamento por lagoas facultativas possui um tempo de detenção hidráulica em torno de 15 a 20 dias. Após o efluente entrar na lagoa a DBO particulada ou matéria orgânica em suspensão sedimenta para fazer parte do lodo de fundo, (zona anaeróbia) e a matéria orgânica dissolvida (DBO solúvel) segue para o processo subsequente aeróbio, o qual necessita de oxigênio para a respiração dos micro-organismos que irão degradar a matéria orgânica. Por esse motivo as lagoas são de baixa profundidade, pois devem permitir a penetração de luz e a realização de fotossíntese pelas algas para fornecer oxigênio.

Em Teodoro Sampaio as lagoas estão dispostas em uma grande área afastada do município e de grande incidência de raios solares, dois fatores favoráveis ao tratamento de esgoto proposto. Segundo dados da companhia de saneamento básico do município, a implantação deste sistema de tratamento de esgotos se deu no ano de 1985.

Segundo informações do IBGE e a figura 1, que demonstra a projeção populacional do município, observa-se que não houve variação populacional significativa que pudesse causar um grande impacto na variação de vazão de chegada da ETE.

A população urbana de Teodoro Sampaio, segundo informação do Censo 2010 é de 21.386 habitantes, sendo 16.960 habitantes localizados na zona urbana.

De acordo com informações concedidas pela concessionária, as lagoas são iguais e em paralelo, chegam a uma profundidade de 1,5 m e possuem um volume, cada uma, de 12.403,35 m<sup>3</sup>.

Após o efluente passar pelo sistema de tratamento ele é lançado no Rio Paranapanema. A figura 38 mostra a localização das lagoas de tratamento de esgoto de Teodoro Sampaio/SP.

Através das figuras 39 a 45 pode-se visualizar as etapas de tratamento do afluente. As fotografias foram tiradas *in situ*.

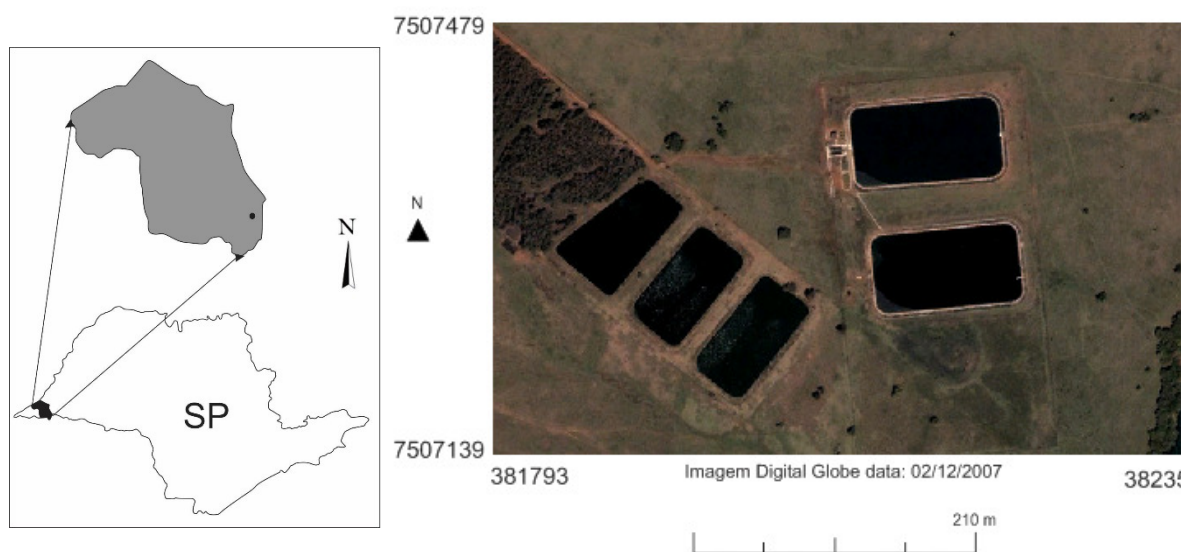


Figura 38: Localização das lagoas de tratamento de esgoto de Teodoro Sampaio.  
 Fonte: Google Earth™. Org. Santi, 2012.

Abaixo seguem imagens do sistema de tratamento de esgotos do município de Teodoro Sampaio/SP.

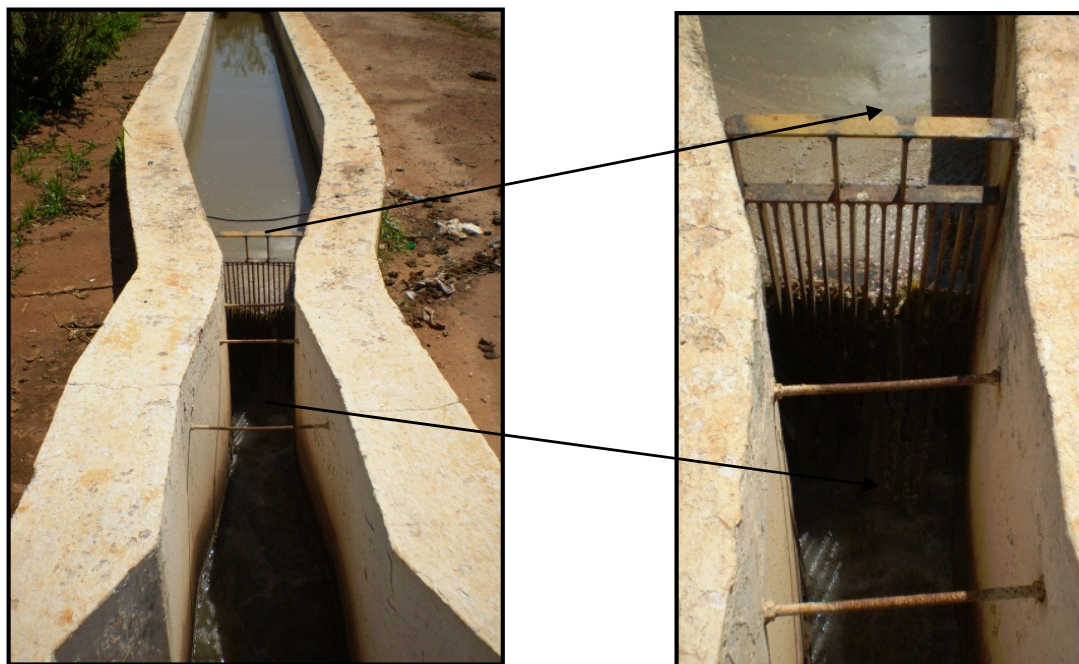


Figura 39: Tratamento Preliminar - Gradeamento da ETE de Teodoro Sampaio. Fotos: Santi, L.J. (2012).



Figura 40: Tratamento Preliminar – Desarenador da ETE de Teodoro Sampaio. Foto: Santi, L.J. (2012).



Figura 41: Chegada do esgoto bruto, após o tratamento preliminar, às lagoas de tratamento de Teodoro Sampaio. Fotos: Santi, L.J. (2012).



Figura 42: Presença de sólidos flutuantes nas proximidades da tubulação de chegada do afluente. Foto: Santi, L.J. (2012).





Figura 43: Lagoa Facultativa de Teodoro Sampaio. Foto: Santi, L.J. (2012).



Figura 44: Saída do efluente - Teodoro Sampaio. Fotos: Santi, L.J. (2012).



Figura 45: Ponto de lançamento e mistura com as águas do rio Paranapanema. Fotos: Santi, L.J. (2012).

O consumo de água pela população urbana de Teodoro Sampaio gera diariamente uma vazão de águas residuais. Estas águas servidas, mais conhecidas como esgoto, irão ser coletadas e destinadas até a ETE para tratamento, para posteriormente serem lançadas no corpo receptor.

O consumo de água em Teodoro Sampaio segundo o SNIS (2004) seria de 174,0 (L/habitantes\*dia), no entanto, para dar maior exatidão aos dados, seguindo a metodologia proposta por Von Sperling (2005) pode-se calcular este consumo de água, específico para a população do município, sendo:

- Valor do rendimento nominal médio dos domicílios particulares permanentes com rendimento domiciliar = R\$ 2.174,24<sup>7</sup>
- Salário mínimo em 2010 = R\$ 510,00<sup>8</sup>
- Renda = 4,26<sup>9</sup>
- n° de economias = 5.280<sup>10</sup>

$$QPC = Renda / [ (0,021 + 0,003) * Renda ]$$

$$QPC = \underline{126,11} \text{ (L/hab.dia)}$$

A vazão doméstica de esgoto gerado (m<sup>3</sup>/d) corresponde a:

$$Q_{dméd} = n^{\circ} \text{ de economias} * n^{\circ} \text{ de hab/economia} * QPC * R * K_1 * K_2 / 1000$$

$$Q_{dméd} = 3.451,8 \text{ m}^3/\text{d}$$

Isto quer dizer que, diariamente, aproximadamente 3,4 mil m<sup>3</sup> de água potável são consumidas no município e vão para o sistema de coleta na forma de esgotos.

Para a verificação do tempo de detenção hidráulica nas lagoas, ou seja, o tempo que o esgoto fica em contato com os microrganismos para tratamento pode ser calculado:

---

<sup>7</sup> Censo 2010.

<sup>8</sup> Lei n° 12.255 de 15/06/2010.

<sup>9</sup> Valor do rendimento domiciliar médio dividido pelo valor do salário mínimo em 2010.

<sup>10</sup> Censo 2010.

$TDH$  (tempo de detenção hidráulica) = Volume / Vazão

$$TDH = \frac{12.403,35 \text{ m}^3 * 5 \text{ (lagoas)}}{3.451,8 \text{ m}^3 \text{ (esgoto recebido) /dia}} \approx 18 \text{ dias.}$$

As lagoas de tratamento de esgoto estão com um tempo de detenção hidráulica e profundidade adequada, evidenciando estarem dentro da sua capacidade de projeto. Para este TDH, tem-se o tempo de contato de acordo com o estabelecido pela literatura – Von Sperling (2005) e a profundidade de 1,5m permite a penetração dos raios solares dentro da lagoa.

Em campo, observa-se que o tratamento preliminar é eficaz, estão sendo retidos todos os sólidos grosseiros maiores que a espessura da grade.

As lagoas não apresentam mau cheiro oriundo dos gases gerados.

Em relação à eficiência, abaixo são apresentados os valores de DBO (demanda bioquímica de oxigênio) no afluente e efluente.

Tabela 10: Concentração da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) na entrada e saída do efluente da ETE de Teodoro Sampaio.

Análises - Teodoro Sampaio		
Amostra	Data (Início - Término)	DBO (mg/L)
Afluente	09 - 14/03/2012	74,7
Efluente	09 - 14/03/2012	66,3

A DBO afluente de 74,7 mg/L reforça a origem doméstica do esgoto, não havendo a possibilidade de existência de contribuição industrial na rede, cujas concentrações podem ultrapassar os 1.000 mg/L.

Em relação ao efluente, pode-se observar que a eficiência de remoção de carga orgânica para as lagoas facultativas correspondeu à ordem de 11% e a DBO final apresentou concentração de 66,3 mg/L. O decreto estadual 8.468/76 Art. 18º orienta que este valor esteja abaixo dos 60 mg/L ou atinja 80% de remoção de carga orgânica.

Esta pequena faixa fora da concentração padrão, indica que as lagoas podem estar passando por algum problema operacional que deve ser verificado pelo supervisor e/ou coordenador operacional. Mesmo com baixa eficiência estão tratando o esgoto recebido pelo município.

As coletas feitas a montante, ponto de lançamento e jusante evidenciaram uma piora no ponto de lançamento, com um aumento significativo de coliformes fecais, sendo o segundo parâmetro de maior peso na análise da qualidade da água.

Como observado a jusante, o processo de autodepuração do rio faz com que a concentração de coliformes seja absorvida pelo meio natural.

Em todos os pontos, o pH encontra-se próximo a neutralidade e a temperatura não sofre grandes variações. Já o oxigênio dissolvido, como esperado, aumenta sua concentração após o ponto de lançamento.

Interessante notar que a matéria orgânica, ao entrar em contato com o corpo hídrico, diminui sua concentração de 66,3 mg/L para 37,2 mg/L, o que demonstra a diluição no meio, conferindo mais a frente um valor ainda menor, de 18,3 mg/L. Ainda relativo à carga orgânica, pode-se observar que no ponto de lançamento, aumenta-se o valor de DBO relacionado à montante e diminui-se o valor de DBO do efluente, mostrando a capacidade de assimilação pelo Rio Paranapanema.

De acordo com o índice de qualidade das águas (tabela 11), o Rio Paranapanema antes do lançamento do efluente já se encontrava em condições ruins. Tal fato pode ser apurado através de investigações - se está havendo contribuição de esgotos não coletados bem mais acima dos pontos amostrados, ou se há algum lançamento ou despejo irregular.

A baixa eficiência da lagoa reflete aqui a piora na condição da qualidade da água, que, no ponto de lançamento, foi classificada como péssima. No entanto, devido à boa depuração do rio, a classificação a jusante volta a estar semelhante a montante, mas com ressalvas.

A jusante volta a ser classificada como ruim, mas a concentração de coliformes que a montante se encontrava dentro dos padrões, agora se apresenta fora.

Na tabela 11 estão apresentados os resultados das análises laboratoriais dos três pontos de monitoramento do rio Paranapanema.

O IQA permite a fácil interpretação pelo público que não possui intimidade com os parâmetros de monitoramento, fazendo com que se torne de fácil e rápido o acesso a interpretação e entendimento acerca da qualidade das águas de determinado corpo hídrico.

Tabela 11: Determinação do índice de qualidade das águas em Teodoro Sampaio.

Local		Teodoro Sampaio		
Data		09/03/2012		
Amostra		Montante	Zona de mistura	Jusante
Parâmetro	<b>Coliformes Fecais UFC/100mL</b>	1000	10000	4000
q1	Qualidade do i-ésimo parâmetro	18	7	15
w1	Peso correspondente ao i-ésimo parâmetro	0,15	0,15	0,15
Parâmetro	<b>pH</b>	7,65	7,13	7,1
q2	Qualidade do i-ésimo parâmetro	90	89	87
w2	Peso correspondente ao i-ésimo parâmetro	0,12	0,12	0,12
Parâmetro	<b>DBO (mg/L)</b>	9,7225	37,278	18,3265
q3	Qualidade do i-ésimo parâmetro	32	2	11
w3	Peso correspondente ao i-ésimo parâmetro	0,1	0,1	0,1
Parâmetro	<b>Nitrogênio Total (mgN2/L)</b>	4,2	9,5	9,3
q4	Qualidade do i-ésimo parâmetro	100	53	54
w4	Peso correspondente ao i-ésimo parâmetro	0,1	0,1	0,1
Parâmetro	<b>Fosfato Total (mg/L)</b>	0,0103	0,1379	0,0002
q5	Qualidade do i-ésimo parâmetro	100	100	100
w5	Peso correspondente ao i-ésimo parâmetro	0,1	0,1	0,1
Parâmetro	<b>Temperatura (°C)</b>	24,3	24	23,9
q6	Qualidade do i-ésimo parâmetro	9	9	9
w6	Peso correspondente ao i-ésimo parâmetro	0,1	0,1	0,1
Parâmetro	<b>Turbidez (NTU)</b>	8,11	21,4	10,6
q7	Qualidade do i-ésimo parâmetro	78	57	63
w7	Peso correspondente ao i-ésimo parâmetro	0,08	0,08	0,08
Parâmetro	<b>Resíduo Total (mg/L)</b>	0	115	115
q8	Qualidade do i-ésimo parâmetro	80	83	83
w8	Peso correspondente ao i-ésimo parâmetro	0,08	0,08	0,08
Parâmetro	<b>Oxigênio Dissolvido (mg/L)</b>	4,92	5,15	5,27
q9	Qualidade do i-ésimo parâmetro	2	2	2
w9	Peso correspondente ao i-ésimo parâmetro	0,17	0,17	0,17
<b>IQA</b>	$IQA = \prod_{i=1}^9 q_i^{w_i}$	27	16	21
<b>Qualidade da água</b>		Ruim	Péssima	Ruim

#### 4.2.2. Marabá Paulista

O município de Marabá Paulista trata o seu esgoto doméstico, assim como Teodoro Sampaio, através de lagoas de estabilização, no entanto, o sistema consta de uma lagoa de tratamento anaeróbio seguido de outra lagoa com tratamento aeróbio. Esse sistema também é conhecido como sistema australiano. Após a passagem pelo tratamento preliminar - gradeamento e caixas de areia - o afluente segue para o tratamento biológico, sendo um tratamento em nível secundário.

A lagoa anaeróbia se caracteriza por ter uma maior profundidade, pois não necessita que ocorra a incidência de raios solares em seu interior. Sua menor área superficial e maior profundidade garante uma grande quantidade de efluente por unidade de volume de lagoa, ainda a reprodução e metabolismo das bactérias são menores, fatos que trazem uma economia de 1/3 de área comparado às lagoas facultativas.

A lagoa anaeróbia apesar de necessitar de uma menor área, comparada às lagoas facultativas, consegue estabilizar em torno de 50 a 60% da matéria orgânica, sendo necessário um pós-tratamento, neste caso uma lagoa facultativa de menor área. O município de Marabá Paulista possui população menor que a de Teodoro Sampaio e Regente Feijó, segundo o Censo 2010, com apenas 2.142 habitantes na zona urbana. Há um menor consumo de água comparado aos outros municípios e conseqüentemente menor produção de esgoto.

O sistema de tratamento de esgoto de Marabá Paulista entrou em funcionamento em 2005 e, de acordo com informações concedidas a lagoa anaeróbia possui profundidade de 4 m e volume de 2.100 m<sup>3</sup> e a aeróbia possui profundidade de 1,5 m e volume de 3.642 m<sup>3</sup>.

Após o efluente passar pelo sistema de tratamento ele é lançado no Córrego Sagui. A figura 46 mostra a localização das lagoas de tratamento de esgoto de Marabá Paulista/SP.

Através das figuras 47 a 53 pode-se visualizar as etapas de tratamento do afluente. As fotografias foram tiradas *in situ*.

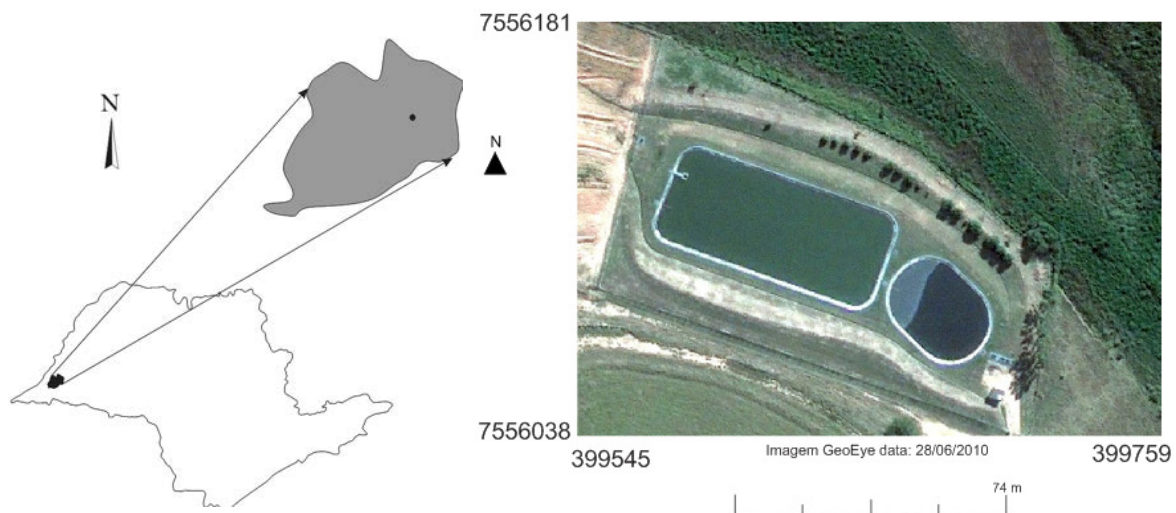


Figura 46: *Localização das lagoas de tratamento de esgoto de Marabá Paulista.*  
 Fonte: Google Earth™. Org. Santi, 2012.



Figura 47: *Tratamento preliminar do esgoto que chega à estação de Marabá Paulista.* Fotos: Santi, L.J. (2012).



Figura 48 *Chegada de afluente à estação de Marabá Paulista.* Foto: Santi, L.J. (2012).



Figura 49: Vista das lagoas de tratamento de esgoto de Marabá Paulista. Foto: Santi, L.J. (2012).



Figura 50: Vista da lagoa aeróbia de Marabá Paulista. Foto: Santi, L.J. (2012).





Figura 51: *Efluente com presença de algas devido sua coloração esverdeada - Marabá Paulista. Fotos: Santi, L.J. (2012).*



Figura 52: *Nascente do Córrego Sagui. Fotos: Santi, L.J. (2012).*



Figura 53: *Córrego Sagui, corpo hídrico receptor do efluente tratado da ETE de Marabá Paulista. Fotos: Santi, L.J. (2012).*

Os resultados de Marabá Paulista, são apresentados a seguir.

O consumo de água pela população urbana de Marabá Paulista, segundo o SNIS (2004) seria de 150,0 L/habitantes\*dia, no entanto, seguindo a metodologia proposta por Von Sperling (2005) pode-se calcular o consumo de água específico para a população do município, sendo:

- Valor do rendimento nominal médio dos domicílios particulares permanentes com rendimento domiciliar = R\$ 1.429,72<sup>11</sup>
- Salário mínimo em 2010 = R\$ 510,00<sup>12</sup>
- Renda = 2,8<sup>13</sup>
- n° de economias = 763<sup>14</sup>

$$QPC = Renda / [ (0,021 + 0,003) * Renda ]$$

$$QPC = \underline{95,2} \text{ (L/hab.dia)}$$

A vazão doméstica de esgoto gerado (m<sup>3</sup>/d) corresponde a:

$$Q_{dméd} = n^{\circ} \text{ de economias} * n^{\circ} \text{ de hab/economia} * QPC * R * K_1 * K_2 / 1000$$

$$Q_{dméd} = 376,5 \text{ m}^3/\text{d}$$

Isto quer dizer que, diariamente, aproximadamente 376,5 m<sup>3</sup> de água potável são consumidas no município e vão para o sistema de coleta na forma de esgotos.

Para a verificação do tempo de detenção hidráulica nas lagoas, ou seja, o tempo que o esgoto fica em contato com os microrganismos para tratamento pode ser calculado.

$$TDH = \frac{5.742 \text{ m}^3}{376,5 \text{ m}^3} \approx 15 \text{ dias.}$$

As lagoas de tratamento de esgoto estão com um tempo de detenção hidráulica um pouco abaixo do que a literatura recomenda. Em relação à profundidade, a mesma está adequada, pois 4m para a lagoa anaeróbia (sem oxigênio) não permite que ocorra

---

<sup>11</sup> Censo 2010.

<sup>12</sup> Lei n° 12.255 de 15/06/2010.

<sup>13</sup> Valor do rendimento domiciliar médio dividido pelo valor do salário mínimo em 2010.

<sup>14</sup> Censo 2010.

fotossíntese e 1,5m para a lagoa aeróbia (com oxigênio), ocorre produção de oxigênio pelas algas através da penetração de raios solares.

Em campo, se observa eficácia no tratamento preliminar, sendo retidos todos os sólidos grosseiros maiores que a espessura da grade. A baixa vazão contribui para uma menor frequência de manutenção da ETE

A ETE de Marabá Paulista apresentou os menores problemas quanto à obstrução de grade, recebimento de resíduos sólidos e geração de odor, mesmo com a presença de lagoa anaeróbia. Estes baixos índices, estão diretamente relacionados com o pequeno número de habitantes e consequentemente com a baixa vazão recebida pela ETE.

Em relação à eficiência, a tabela 12 apresenta os valores de DBO (demanda bioquímica de oxigênio) no afluente e efluente.

Tabela 12: *Concentração da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) na entrada e saída do efluente da ETE de Marabá Paulista.*

Análises - Marabá Paulista		
Amostra	Data (Início - Término)	DBO (mg/L)
Afluente	14 - 19/03/2012	62,6
Efluente	14 - 19/03/2012	59,4

A DBO afluente de 62,6 mg/L reforça a origem doméstica do esgoto, indica baixa carga orgânica, sendo que a entrada da estação se encontra quase dentro dos limites impostos para a saída.

Em relação ao efluente, pode-se observar que a eficiência de remoção de carga orgânica para as lagoas correspondeu à ordem de 5,1% e a DBO final apresentou concentração de 59,4 mg/L. O decreto estadual 8.468/76 – Art. 18º orienta que este valor esteja abaixo dos 60 mg/L ou atinja 80% de remoção de carga orgânica.

O sistema de tratamento de esgotos de Marabá Paulista está dentro do padrão orientado pelo decreto estadual. Mesmo com baixa eficiência a ETE atende os padrões mínimos exigidos.

Em relação ao corpo hídrico receptor, a análise do IQA classificou todos os pontos coletados como ruins.

De acordo com o índice de qualidade das águas (tabela 13), o Córrego Sagui antes do lançamento do efluente já se encontrava em condições ruins.

A presença do processo erosivo na cabeceira de drenagem contribui para o assoreamento do córrego, já que o parâmetro resíduo total encontra-se elevado a montante.

Em campo, também foi verificado a existência de um pequeno produtor rural próximo a nascente do córrego Sagui, que o utiliza para dessedentação de animais, como bois e vacas. Pode ser uma medida inofensiva aparentemente, mas através das fezes dos animais, pode-se ter um aumento no índice de coliformes fecais já a jusante do ponto de lançamento do efluente. Fato que pode justificar a elevada concentração do mesmo.

O pH a montante encontra-se com maior acidez, que é causada pela presença de sólidos dissolvidos (dissolução de rochas) e gases dissolvidos ( $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{S}$ ), advindo da reação destes gases com a água.

O parâmetro de nitrogênio total, também se encontra maior a jusante. Por ser um nutriente, pode ser oriundo da utilização de fertilizantes agrícolas.

Em relação à matéria orgânica, a mesma não sofre grandes variações ao longo do percurso do córrego, estando em um valor aceitável pela legislação.

Em Marabá Paulista, nota-se pouca alteração no entorno das lagoas de estabilização e no corpo hídrico.

A tabela 13 apresenta os resultados das análises laboratoriais dos três pontos de monitoramento.

Tabela 13: Determinação do índice de qualidade das águas em Marabá Paulista.

Local		Marabá Paulista		
Data		14/03/2012		
Amostra		Montante	Zona de mistura	Jusante
Parâmetro	<b>Coliformes Fecais UFC/100mL</b>	3000	2000	9000
q1	Qualidade do i-ésimo parâmetro	16	17	8
w1	Peso correspondente ao i-ésimo parâmetro	0,15	0,15	0,15
Parâmetro	<b>pH</b>	5,89	6,06	6,01
q2	Qualidade do i-ésimo parâmetro	38	45	43
w2	Peso correspondente ao i-ésimo parâmetro	0,12	0,12	0,12
Parâmetro	<b>DBO (mg/L)</b>	13,0065	14,9535	14,3385
q3	Qualidade do i-ésimo parâmetro	23	17	18
w3	Peso correspondente ao i-ésimo parâmetro	0,1	0,1	0,1
Parâmetro	<b>Nitrogênio Total (mgN2/L)</b>	6,7	3,2	3
q4	Qualidade do i-ésimo parâmetro	59	100	100
w4	Peso correspondente ao i-ésimo parâmetro	0,1	0,1	0,1
Parâmetro	<b>Fosfato Total (mg/L)</b>	0,0094	0,0314	0,0002
q5	Qualidade do i-ésimo parâmetro	100	100	100
w5	Peso correspondente ao i-ésimo parâmetro	0,1	0,1	0,1
Parâmetro	<b>Temperatura (°C)</b>	25	25,1	24,9
q6	Qualidade do i-ésimo parâmetro	9	9	9
w6	Peso correspondente ao i-ésimo parâmetro	0,1	0,1	0,1
Parâmetro	<b>Turbidez (NTU)</b>	9,5	8	11,7
q7	Qualidade do i-ésimo parâmetro	85	73	69
w7	Peso correspondente ao i-ésimo parâmetro	0,08	0,08	0,08
Parâmetro	<b>Resíduo Total (mg/L)</b>	80	35	85
q8	Qualidade do i-ésimo parâmetro	85	82	86
w8	Peso correspondente ao i-ésimo parâmetro	0,08	0,08	0,08
Parâmetro	<b>Oxigênio Dissolvido (mg/L)</b>	4,56	4,78	4,75
q9	Qualidade do i-ésimo parâmetro	2	2	2
w9	Peso correspondente ao i-ésimo parâmetro	0,17	0,17	0,17
<b>IQA</b>	$IQA = \prod_{i=1}^9 q_i^{w_i}$	22	23	20
<b>Qualidade da água</b>		Ruim	Ruim	Ruim

### 4.2.3. Regente Feijó

O município de Regente Feijó possui o seu sistema de tratamento semelhante ao de Marabá Paulista: duas lagoas de estabilização, sendo uma anaeróbia seguida de outra aeróbia (sistema australiano). A população do município, segundo o Censo 2010 do IBGE, é de 18.494 habitantes, sendo 17.049 habitantes da zona urbana.

A implantação das lagoas ocorreu no ano de 1992, segundo dados da concessionária de saneamento do município. A lagoa anaeróbia possui 3 m de profundidade e volume de 14.196 m<sup>3</sup>, a aeróbia possui profundidade de 2,5 m e volume de 22.188 m<sup>3</sup>.

Após o efluente passar pelo sistema de tratamento ele é lançado no Córrego da Represa ou Água da Bomba. A figura 54 mostra a localização das lagoas de tratamento de esgoto de Regente Feijó/SP.

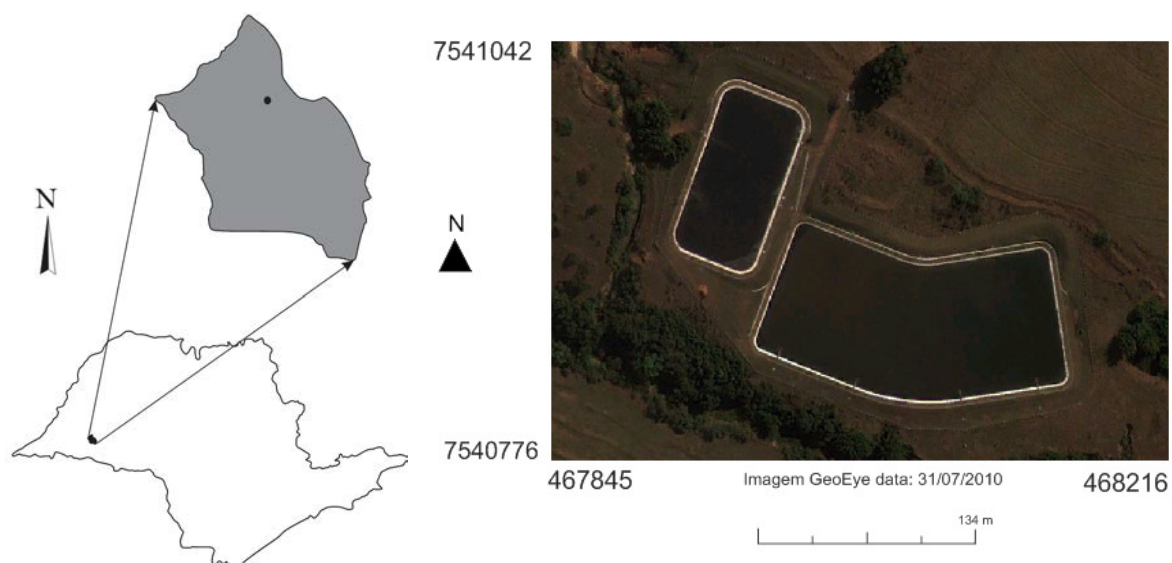


Figura 54: Localização das lagoas de tratamento de esgoto de Regente Feijó.  
 Fonte: Google Earth™. Org. Santi, 2012.

Podem-se visualizar as etapas de tratamento do afluente, através das figuras 55 – 62, sendo as fotografias tiradas *in situ*.



Figura 55: Tratamento preliminar: gradeamento e caixa de areia da chegada do afluente às lagoas de Regente Feijó. Fotos: Santi, L.J. (2012).



Figura 56: Lagoa anaeróbia e aeróbia de Regente Feijó. Foto: Santi, L.J. (2012).



Figura 57: Lagoa anaeróbia de Regente Feijó. Foto: Santi, L.J. (2012).



Figura 58: Lagoa aeróbia de Regente Feijó. Foto: Santi, L.J. (2012).



Figura 59: Caixa coletora de efluente localizada no final da passarela. Foto: Santi, L.J. (2012).



Figura 60: Saída do efluente tratado das lagoas de Regente Feijó. Fotos: Santi, L.J. (2012).





Figura 61: Lançamento do efluente no corpo hídrico receptor. Foto: Santi, L.J. (2012).

A presença de coloração esverdeada no efluente deve-se à presença das algas, já a espuma branca pode ser decorrente da presença de surfactantes.



Figura 62: Ponto a jusante - dispersão da espuma saponácea. Foto: Santi, L.J. (2012).

Os resultados de Regente Feijó, de forma semelhante aos anteriores, são apresentados a seguir.

O consumo de água pela população urbana de Marabá Paulista, segundo o SNIS (2004) seria de 174,0 (L/habitantes\*dia), no entanto, seguindo a metodologia proposta por Von Sperling (2005) pode-se calcular o consumo de água específico para a população do município, sendo:

- Valor do rendimento nominal médio dos domicílios particulares permanentes com rendimento domiciliar = R\$ 2.419,57<sup>15</sup>
- Salário mínimo em 2010 = R\$ 510,00<sup>16</sup>
- Renda = 4,74<sup>17</sup>
- n° de economias = 5.376<sup>18</sup>

$$QPC = Renda / [ (0,021 + 0,003) * Renda ]$$

$$QPC = 134,6 \text{ (L/hab.dia)}$$

A vazão doméstica de esgoto gerado (m<sup>3</sup>/d) corresponde a:

$$Q_{dméd} = n^{\circ} \text{ de economias} * n^{\circ} \text{ de hab/economia} * QPC * R * K_1 * K_2 / 1000$$

$$Q_{dméd} = 3.751,2 \text{ m}^3/\text{d}$$

Isto quer dizer que, diariamente, aproximadamente 3.751,2 m<sup>3</sup> de água potável são consumidos no município e vão para o sistema de coleta na forma de esgotos.

Para a verificação do tempo de detenção hidráulica nas lagoas, ou seja, o tempo que o esgoto fica em contato com os microrganismos para tratamento pode ser calculado:

$$TDH = \frac{36.384 \text{ m}^3}{3.751,2 \text{ m}^3} \approx 9,7 \text{ dias.}$$

As lagoas de tratamento de esgoto estão com um tempo de detenção hidráulica abaixo do que a literatura recomenda (20 dias). Em relação à profundidade, a mesma não está

---

<sup>15</sup> Censo 2010.

<sup>16</sup> Lei n° 12.255 de 15/06/2010.

<sup>17</sup> Valor do rendimento domiciliar médio dividido pelo valor do salário mínimo em 2010.

<sup>18</sup> Censo 2010.

adequada, pois a lagoa anaeróbia apresenta profundidade de 3m e a lagoa aeróbia profundidade de 2,5m. De acordo com a literatura, a lagoa anaeróbia deveria ter uma profundidade acima de 4m e a aeróbia com, no máximo, 2m para permitir a penetração de luz solar.

Em campo, se observa eficácia no tratamento preliminar, sendo retidos todos os sólidos grosseiros maiores que a espessura da grade.

As lagoas apresentam mau cheiro em seu entorno, pois a presença de lagoa anaeróbia emite para a atmosfera o H<sub>2</sub>S (gás sulfídrico) - responsável pelo odor de ovo podre. Como as lagoas são afastadas da zona urbana, esse odor não gera impactos para a população.

Em relação à eficiência, a tabela 14 apresenta os valores de DBO (demanda bioquímica de oxigênio) no afluente e efluente.

Tabela 14: Concentração da demanda bioquímica de oxigênio na entrada e saída do efluente da ETE de Regente Feijó.

Análises - Regente Feijó		
Amostra	Data (Início - Término)	DBO (mg/L)
Afluente	21 - 25/03/2012	66,5
Efluente	21 - 25/03/2012	65,7

A DBO afluente de 66,5 mg/L reforça a origem doméstica do esgoto, indica baixa carga orgânica.

Em relação ao efluente, pode-se observar que a eficiência de remoção de carga orgânica para as lagoas correspondeu à ordem de 1,3% e a DBO final apresentou concentração de 65,7 mg/L. O decreto estadual 8.468 – Art. 18º orienta que este valor esteja abaixo dos 60 mg/L ou atinja 80% de remoção de carga orgânica.

O sistema de tratamento de esgotos de Regente Feijó está fora do padrão orientado pelo decreto estadual. Com apenas 1,3% de eficiência de remoção de carga orgânica, a operação da ETE deve ser afinada, ou seja, devem ser levantados todos os aspectos operacionais relevantes, como por exemplo, verificar a capacidade de projeto, a retirada de lodo, a manutenção na estação, a retirada frequente dos resíduos no gradeamento, verificação da existência de algas, entre outros.

Em relação à qualidade do corpo hídrico, de acordo com o IQA, o Córrego da Represa antes do lançamento do efluente se encontrava em condições ruins, após o lançamento do efluente as águas foram classificadas como péssimas (tabela 15).

Em campo, se observa, na saída do efluente, grande presença de espuma branca saponácea, que em contato com o córrego se dispersa. Isso indica a presença de surfactantes (detergentes) no esgoto, geralmente os detergentes são compostos de moléculas maiores, difíceis de serem quebradas.

Os surfactantes possuem o elemento químico fósforo em sua composição. As análises químicas mostram elevação na concentração deste elemento no ponto de lançamento, ficando em desacordo com a legislação.

O parâmetro “coliformes fecais” apresenta grande concentração no ponto de lançamento, 45.000 mg/L, sendo este valor a jusante bem mais baixo, 4.500 mg/L.

A DBO não apresenta grande variação, reduzindo-se a 32 mg/L no ponto de lançamento.

O oxigênio dissolvido sofre queda no ponto de lançamento, pois as bactérias passam a consumi-lo na presença de matéria orgânica, mas recupera-se à jusante.

Há aumento da concentração de nitrogênio total, nutriente que pode vir a causar eutrofização do corpo hídrico.

Em relação ao resíduo total o mesmo diminui, indicando que a montante pode ocorrer o processo de carreamento de sólidos para o córrego.

A tabela 15 apresenta os resultados das análises laboratoriais dos três pontos de monitoramento.

Tabela 15: Determinação do índice de qualidade das águas em Regente Feijó.

Local		Regente Feijó		
Data		21/03/2012		
Amostra		Montante	Zona de mistura	Jusante
Parâmetro	<b>Coliformes Fecais UFC/100mL</b>	2900	35000	4500
q1	Qualidade do i-ésimo parâmetro	16	5	11
w1	Peso correspondente ao i-ésimo parâmetro	0,15	0,15	0,15
Parâmetro	<b>pH</b>	6,2	6,72	6,84
q2	Qualidade do i-ésimo parâmetro	51	70	72
w2	Peso correspondente ao i-ésimo parâmetro	0,12	0,12	0,12
Parâmetro	<b>DBO (mg/L)</b>	16,96	32,075	30,5445
q3	Qualidade do i-ésimo parâmetro	15	2	2
w3	Peso correspondente ao i-ésimo parâmetro	0,1	0,1	0,1
Parâmetro	<b>Nitrogênio Total (mgN2/L)</b>	10	19	18,5
q4	Qualidade do i-ésimo parâmetro	50	34	38
w4	Peso correspondente ao i-ésimo parâmetro	0,1	0,1	0,1
Parâmetro	<b>Fosfato Total (mg/L)</b>	0	0,15	0,0012
q5	Qualidade do i-ésimo parâmetro	100	100	100
w5	Peso correspondente ao i-ésimo parâmetro	0,1	0,1	0,1
Parâmetro	<b>Temperatura (°C)</b>	23,2	23,9	23,8
q6	Qualidade do i-ésimo parâmetro	9	9	9
w6	Peso correspondente ao i-ésimo parâmetro	0,1	0,1	0,1
Parâmetro	<b>Turbidez (NTU)</b>	2,44	23,3	20,4
q7	Qualidade do i-ésimo parâmetro	88	57	60
w7	Peso correspondente ao i-ésimo parâmetro	0,08	0,08	0,08
Parâmetro	<b>Resíduo Total (mg/L)</b>	100	60	45
q8	Qualidade do i-ésimo parâmetro	85	87	84
w8	Peso correspondente ao i-ésimo parâmetro	0,08	0,08	0,08
Parâmetro	<b>Oxigênio Dissolvido (mg/L)</b>	4,73	3,98	5,4
q9	Qualidade do i-ésimo parâmetro	2	2	3
w9	Peso correspondente ao i-ésimo parâmetro	0,17	0,17	0,17
<b>IQA</b>	$IQA = \prod_{i=1}^9 q_i^{w_i}$	21	14	17
<b>Qualidade da água</b>		Ruim	Péssima	Péssima

Em comparação a Teodoro e Marabá, Regente Feijó foi o que apresentou menor eficiência e qualidade final em seu efluente.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inclusão de esgotamento sanitário é um caso de saúde pública e qualidade ambiental, o qual futuramente todos os municípios deverão incorporar em suas obrigações de serviços públicos. São vários os tipos e sistemas de tratamento de esgotos, sendo os fatores preponderantes para implantação aqueles relacionados à verba disponível, população atendida e área de terreno.

Os municípios caracterizados nesta pesquisa possuem baixa população atendida, ampla área para construção e baixa renda, portanto a implantação do sistema de lagoas de estabilização como forma de tratamento das águas residuais geradas, pode ser considerada ideal.

Em relação aos aspectos construtivos, operação simplificada e baixo investimento, o sistema de lagoas apresenta vantagem comparada a outros sistemas mais complexos, no entanto, sua operação necessita de cuidados frequentes e monitoramento da qualidade e eficiência de depuração ou remoção de carga de matéria orgânica.

A implantação de lagoas de estabilização em Teodoro Sampaio, Marabá Paulista e Regente Feijó alteraram a paisagem do local, desvalorizaram o terreno, modificaram os solos naturais e impactaram o corpo hídrico.

Em relação às características físicas, mesmo com todas as alterações realizadas, os solos antropogênicos dos municípios não deixaram de conferir as características arenosas e texturas finas do Latossolo Vermelho, indicando ainda alta porosidade e permeabilidade em sua composição.

A operação de cada lagoa exige cuidados específicos, mesmo com processos similares os três municípios apresentaram diferentes variáveis. Cada variável é de extrema importância e reflete na qualidade do efluente final, conseqüentemente no corpo hídrico receptor.

A qualidade das águas após receberem os efluentes tratados possui como semelhança o impacto causado no ponto de lançamento pelo parâmetro de coliformes fecais, que sofreu nos três municípios, considerada elevação. Não sendo recomendado neste ponto, contato primário.

A qualidade da água foi considerada ruim e péssima no ponto de lançamento e jusante, no entanto deve-se ressaltar que a condição da qualidade a montante, para os três, já se encontrava ruim. Em relação ao potencial de autodepuração dos corpos hídricos ficou

evidente que, após determinada distância, há recuperação do meio, visualizada e comprovada pelas análises químicas.

Em síntese, o tratamento realizado pelas lagoas de estabilização estudadas é satisfatório graças à baixa carga orgânica do afluente, no entanto a eficiência do tratamento pode ser melhorada, através de verificação e correção de todas as variáveis operacionais, bem como revisão de projeto.

A inserção das lagoas no meio físico para propiciar o tratamento do esgoto dos municípios alterou a paisagem, bem como engendrou um quadro em que o espaço e o meio ambiente não se separam. À medida que há crescimento da população, resultado direto ou indireto das ações, vão se instalando e mudando a importância e o valor de cada localidade, sempre em trocas metabólicas com o meio ambiente.

Ainda, pode-se concluir que o crescimento das cidades e da população está atrelado ao saneamento urbano e à qualidade ambiental, sendo o planejamento urbano aspecto fundamental para a gestão dos serviços.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, Manuel C. de. **Geografia, ciência e sociedade: Uma introdução à análise do pensamento geográfico**. São Paulo: Atlas, 1987. 143p.

ATLAS de Saneamento 2011. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2011.

BARROS, Raphael T. de V. et al. **Saneamento**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995, 221p. (Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para Municípios, 2)

BRAGA, Benedito, et al. **Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável**. 2.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005, 318p.

CARVALHO, P. F. de & BRAGA, R. **Perspectivas de gestão ambiental em cidades médias**. Rio Claro: UNESP – IGCE – Laboratório de Planejamento Municipal – Deplan, 2001. 138 p.

CETESB-Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. **Índice de Qualidade das Águas. São Paulo**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguassuperficiais/108-indices-de-qualidade-das-aguas-01.pdf/02.pdf/03.pdf>> Acesso em: 05 de janeiro de 2014.

CLARK, David. **Introdução à Geografia Urbana**. Trad. Lúcia Helena de Oliveira Gerardi, Silvana Maria Pentaudi) – São Paulo: DIFEL, 1985, 286p.

FAUSTO, Boris. **História do Brasil**. 10. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002. 660 p.

FREYRE, G. et al. **São Paulo: Espírito, Povo, Instituições**. São Paulo: Livraria Pioneira, 1968. 467 p.

GEORGE, Pierre. **Geografia Urbana**. Tradução pelo grupo de estudos franceses de interpretação e tradução. São Paulo: DIFEL, 1983. 236 p.

GEORGE, Pierre. **Os métodos da Geografia**. Trad. Heloysa de Lima Dantas. DIFEL: Rio de Janeiro – São Paulo, 1978, 119p.

GEORGE, Pierre. **Geografia Urbana**. Trad. pelo grupo de estudos franceses de interpretação e tradução. São Paulo: DIFEL, 1983, 236 p.

GOMES, M. F. V. B., HAURESKO, C. BORTOLI, C. **Cidade, cultura e ambiente sob a perspectiva geográfica**. Guarapuava: Unicentro, 2008, 224p.

HIDEO, K. et al. **Avaliação do desempenho de estações de tratamento de esgotos**. São Paulo: CETESB, 1991. 38 p.



JORDAO, E. P.; PESSOA C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 4ª ed. Rio de Janeiro, 2005, 932 p.

KAERCHER, N. A. **Ler e escrever a geografia para dizer a sua palavra e construir o seu espaço**. In: NEVES, B. C. I. et al, (Org). *Ler e escrever: compromisso de todas as áreas*. 5.ed. Porto Alegre, RS: UFRGS, 2003, p. 73 a 85.

LEMOS, R. C. de. e SANTOS, R. D. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 3ª Ed., p. 83, Campinas-SP, 1996.

MARICATO, Ermínia. **Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana**. 2. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2002, 204 p.

MORAES, Antonio C. R. **Geografia – pequena história crítica**. 5.ed. São Paulo: HUCITEC, 1986.

MOREIRA, Ruy. **Pensar e Ser em Geografia: Ensaio de história, epistemologia e ontologia do espaço geográfico**. São Paulo: Contexto, 2007. 188p.

ROSS, Jurandyr L. S. **Ecogeografia do Brasil: Subsídios para planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 208p.

SANTOS, Milton A. **Metamorfoses do espaço habitado**. (1.ed, 1988). 4.ed. São Paulo: HUCITEC, 1996. 124p.

SANTOS, Milton A. **A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção**. (1.ed., 1996). 4.ed. São Paulo: Edusp, 2008. 383p.

SANTOS, Milton. **Por uma geografia nova: da crítica da geografia a uma geografia crítica**. São Paulo: HUCITEC, 1978.

SENADO FEDERAL (1988). **Constituição Federal do Brasil de 1988, Capítulo VI, n. 225**. Disponível em: <http://www.senado.gov.br/bdtextual/const88/Con1988br.pdf>. Acesso em: 21 de fevereiro de 2012

SODRE, N. W. **Introdução à Geografia: Geografia e Ideologia**. Ed. Vozes, RJ. 1982.

SOUZA, M. A. A. de. **O novo mapa do mundo Natureza e Sociedade de hoje: Uma leitura geográfica**. 3. ed. São Paulo: HUCITEC, 1997. 244 p.

TOESTES, A. **Sistema de legislação ambiental**. Petrópolis, RJ: Vozes/CEDIP, 1994.

TROPMAIR, H. **Biogeografia e Meio Ambiente**. Rio Claro: Graff-Set, 1987.

TUNDISI, José Galizia. **Água do Século XXI: Enfrentando a Escassez**. São Carlos: RiMa, IIE, 2003, 248p.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 452 p.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 1996, 243p. (Princípio do tratamento biológico de águas residuárias; v.1)

VON SPERLING, Marcos. **Lagoas de Estabilização**. 2.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 1986, 196p. (Princípio do tratamento biológico de águas residuárias; v.3)

## GLOSSÁRIO

**Afluente** - Águas servidas que entram em uma etapa de purificação em uma estação de tratamento de esgoto.

**Ampliações ou melhorias no sistema de esgotamento sanitário** Conjunto de medidas para ampliações ou melhorias do sistema de esgotamento sanitário, incluindo ligações prediais; rede coletora; interceptores; estações elevatórias; estações de tratamento; e emissários; entre outros. Considera-se ampliação a obra que está em andamento e não apresenta, na data de referência da pesquisa, qualquer empecilho de ordem financeira, técnica ou jurídica para a sua conclusão.

**Autodepuração** Restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, após as alterações induzidas pelos despejos afluentes.

**Coleta de esgoto sanitário** Coleta de despejos domésticos e especiais da comunidade a partir de ligações prediais ou de outros trechos de redes, encaminhando-os a interceptores, local de tratamento ou lançamento final. Os coletores utilizados para transporte de esgoto sanitário são classificados em: rede unitária ou mista – quando a rede pública para coleta de águas de chuva, ou galerias pluviais, também é utilizada para o transporte de esgoto sanitário; rede separadora – quando a rede pública é utilizada, separadamente, para coleta e transporte de águas de chuva e esgoto sanitário; ou rede condominial – quando a rede interna traz todas as contribuições do prédio até o andar térreo e liga-se à rede da rua em um único ponto.

**Corpo d'água** Denominação genérica para qualquer manancial hídrico: curso d'água, trecho de rio, reservatório artificial ou natural, lago, lagoa, represas, açudes ou aquífero subterrâneo. O mesmo que corpo hídrico.

**Corpo hídrico** *Ver* corpo d'água.

**Corpo receptor do esgoto** Corpo d'água onde é lançado o esgoto sanitário. Considera-se principal corpo receptor aquele que recebe o maior volume de esgoto sanitário, como rio, mar, lago ou lagoa, baía etc.

**DBO** Demanda Bioquímica de Oxigênio, retrata de uma forma indireta, o teor de matéria orgânica (proteínas, carboidratos, lipídeos, etc.) nos esgotos ou corpos hídricos.

**Economias abastecidas** Moradias, apartamentos, unidades comerciais, salas de escritório, indústrias, órgãos públicos e similares, existentes numa determinada edificação, que são atendidos pelos serviços de abastecimento de água. Em um prédio com ligação para abastecimento de água, cada apartamento é considerado uma economia abastecida, que pode estar ativa ou inativa.

**Economias abastecidas ativas** Economias abastecidas que contribuem para o faturamento.

**Economias abastecidas inativas** Economias abastecidas que não contribuem para o faturamento.

**Efluentes** Águas servidas que saem de uma etapa de purificação em uma estação de tratamento de esgoto.

**Entidades prestadoras de serviços de saneamento básico** Entidades e/ou os órgãos públicos municipais responsáveis pela gestão dos serviços de saneamento básico no município, abrangendo o distrito-sede e demais distritos; companhias estaduais de saneamento básico; fundações, públicas ou privadas; consórcios intermunicipais; empresas públicas, privadas ou de economia mista; e associações ou cooperativas que prestam serviços de saneamento básico à população municipal, por delegação e mediante contrato ou convênio firmado com a entidade gestora do município.

**Esgotamento sanitário** Conjunto de obras e instalações destinadas à coleta, transporte, afastamento, tratamento e disposição final das águas residuárias da comunidade, de uma forma adequada do ponto de vista sanitário.

**Estação de tratamento de esgoto** Conjunto de instalações e equipamentos destinados a realizar o tratamento de esgotos produzidos. Compõe-se, basicamente, de grade, caixa de areia, decantador primário, lodo ativado e/ou filtro biológico, decantador secundário e secagem de lodo proveniente de decantadores.

**Estação elevatória** Estação do sistema de esgotamento sanitário na qual o esgoto é elevado por meio de bombas até a tubulação ou a outra unidade do sistema em nível superior.

**ETE** Ver estação de tratamento de esgoto.

**Fósforo total** é um nutriente, elemento indispensável para o crescimento de algas e, quando em elevadas concentrações, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos (eutrofização);

**Instrumentos legais reguladores dos serviços de saneamento básico** Instrumentos que permitem a regulação permanente de órgão ou entidade de direito público do titular dos serviços ou de consórcio público de que participe. Esses instrumentos correspondem a planos diretores, leis municipais, contratos de concessão que contenham metas, critérios de cálculo de tarifas etc.

**Lagoa aerada** Sistema de tratamento de água residuária, em que a aeração mecânica ou por ar difuso é usada para suprir a maior parte do oxigênio necessário.

**Lagoa aeróbia** Sistema de tratamento biológico em que a estabilização da matéria orgânica ocorre quando existe equilíbrio entre a oxidação e a fotossíntese, para garantir condições aeróbias em todo o meio.

**Lagoa anaeróbia** Sistema de tratamento biológico em que a estabilização da matéria orgânica é realizada, predominantemente, por processos de fermentação anaeróbia, imediatamente abaixo da superfície, não existindo oxigênio dissolvido.

**Lagoa de maturação** Processo de tratamento biológico usado como refinamento do tratamento prévio por lagoas, ou outro processo biológico. A lagoa de maturação reduz bactérias, sólidos em suspensão, nutrientes e uma parcela negligenciável da Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO.

**Lagoa facultativa** Sistema de tratamento biológico em que a estabilização da matéria orgânica ocorre em duas camadas, sendo a superior aeróbia e a inferior anaeróbia, simultaneamente.

**Lagoa mista** Conjunto de lagoas anaeróbias e aeróbias, dispostas em uma determinada ordem, com o objetivo de reduzir o tamanho do sistema.

**Lançamento em corpos d'água** Lançamento do esgoto sem tratamento, diretamente em rios, riachos, córregos, lagos, represas, açudes etc.

**Licença de operação** Documento que autoriza o funcionamento regular de um empreendimento potencialmente poluidor em determinado local e sob determinadas condições, emitido pelo órgão de controle ambiental com jurisdição sobre esse tipo de empreendimento. No caso de aterros sanitários e demais instalações de manejo e/ou tratamento de resíduos sólidos urbanos, a competência pela emissão da licença de operação geralmente cabe ao órgão estadual de controle ambiental.

**Ligação de água** Conjunto de dispositivos que interliga a canalização distribuidora da rua e a instalação predial, provida ou não de hidrômetro, e que pode estar ativa ou inativa.

**Ligação de água ativa** Ligação de água à rede pública, provida ou não de hidrômetro, que contribui para o faturamento.

**Ligação de água inativa** Ligação de água à rede pública, provida ou não de hidrômetro, que não contribui para o faturamento.

**Ligação de esgoto sanitário** Ramal predial conectado à rede coletora de esgoto, podendo estar ativa ou inativa.

**Ligação de esgoto sanitário ativa** Ligação de esgoto sanitário que contribui para o faturamento.

**Ligação de esgoto sanitário inativa** Ligação de esgoto sanitário que não contribui para o faturamento.

**Lodo** Material orgânico e mineral sedimentado, em processo de digestão.

**NMP** = Número Mais Provável.

**População urbana** População residente em área urbana, definida por lei municipal vigente na data de referência da pesquisa.

**Rede coletora de esgotamento sanitário** Conjunto de canalizações que operam por gravidade e que têm a finalidade de coletar os despejos domésticos e especiais da comunidade a partir de ligações prediais ou de outros trechos de redes, encaminhando-os a interceptores, local de tratamento ou lançamento final. Na extensão da rede coletora, deve-se considerar o comprimento total da malha de coleta de esgoto operada pelo prestador de serviços, incluindo redes de coleta e interceptores e excluindo ramais prediais e linhas de recalque.

**Saneamento básico** Conjunto de ações com o objetivo de alcançar níveis crescentes de salubridade ambiental, nas condições que maximizem a promoção e a melhoria das condições de vida dos meios urbano e rural, compreendendo o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, o manejo de águas pluviais e o manejo de resíduos sólidos.

**Solução alternativa de abastecimento de água** Solução adotada pela população dos distritos que não são abastecidos por rede geral de distribuição de água, como, por exemplo: chafariz, bica ou mina, poço particular, carro-pipa, corpo d'água e cisterna.

**Solução alternativa de esgotamento sanitário** Solução adotada pela população dos distritos que não são atendidos por rede coletora de esgoto, como, por exemplo: fossa séptica e sumidouro, fossa rudimentar, fossa seca, vala a céu aberto e lançamento em corpos d'água.

**Tratamento do esgoto sanitário** Combinação de processos físicos, químicos e biológicos, com o objetivo de reduzir a carga orgânica existente no esgoto sanitário. O tratamento de esgotos sanitários pode ser dividido em quatro etapas principais – preliminar, primário, secundário e terciário – sucessivas e complementares, nas quais o efluente é progressivamente tratado antes de ser lançado em um corpo d'água. Os processos de tratamento do esgoto sanitário são classificados, quanto ao tipo, em: filtro biológico; lodo ativado; reator anaeróbio; valo de oxidação; lagoa anaeróbia; lagoa aeróbia; lagoa aerada; lagoa facultativa; lagoa mista; lagoa de maturação; fossa séptica de sistema condominial; WETLAND/aplicação no solo; ou plantas aquáticas.

**Uso a jusante do principal corpo receptor** Utilização do corpo receptor em pontos mais baixos, em relação ao ponto de lançamento do esgoto sanitário para onde vai o efluente. Os usos a jusante dos corpos receptores são classificados, quanto ao tipo, em: abastecimento público de água – quando o corpo receptor do esgoto sanitário é utilizado como manancial para abastecimento público de água, como rio, açude etc.; recreação – quando o corpo receptor do esgoto sanitário é utilizado para atividades recreativas ou outras práticas esportivas; irrigação – quando o corpo receptor do esgoto sanitário é utilizado para irrigação; ou aquicultura – quando a água é utilizada para criação de animais e plantas aquáticas ou outro uso.

**Volume coletado de esgoto** Volume de esgoto lançado na rede coletora. Em geral, considera-se que esse volume corresponde a cerca de 80% a 85% do volume de água consumido na mesma economia.

**Volume de água estimado** Volume de consumo diário de água estimado para as ligações desprovidas de hidrômetro ou com hidrômetro parado.

**Nitrogênio Total** É um nutriente, elemento indispensável para o crescimento de algas e, quando em elevadas concentrações, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos (eutrofização). Nos processos bioquímicos de conversão da amônia a nitrito e deste a nitrato, implica no consumo de oxigênio dissolvido no meio (o que pode afetar a vida aquática).

**OD** Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução da sua concentração no meio.

**SMEWW** = Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 22 nd Edition – 2012

**Turbidez** Representa o grau de interferência com a passagem de luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma.

**USEPA** = United States Environment Protection Agency

**UFC** = Unidades Formadoras de Colônia

**VMP** = Valor Máximo Permitido