



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária

PHD2550 - Projeto de Formatura II

RELATÓRIO FINAL

Tema Escolhido:

Estudo de concepção de sistema de esgotamento sanitário de uma comunidade periurbana de Guarulhos

Professora Orientadora do Projeto:

Profa. Dra. Dione Mari Morita

Integrantes do Grupo:

Fernando Ngan Aidar	3727757	(Eng. Ambiental)
Marcelo Yuji Monteiro	3730341	(Eng. Ambiental)
Renato Silva Sasdelli	3729321	(Eng. Ambiental)
Yuri Fang Barbosa	3752547	(Eng. Civil)

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	4
2. JUSTIFICATIVA.....	6
3. OBJETIVO	6
4. DESCRIÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO.....	7
5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
5.1. A Concepção de Sistemas de Esgotamento Sanitário	13
5.2. Seleção do Processo de Tratamento	14
5.3. Introdução sobre o Comportamento Biológico dos Seres Vivos nas Águas	15
5.4. Fundamentos do Tratamento Biológico.....	17
5.5. Classificação dos Processos de Tratamento de Esgoto	18
5.5.1. Processos anaeróbios.....	21
5.5.1.1. Lagoas Anaeróbias	22
5.5.1.2. Decanto-Digestores	23
5.5.1.3. Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente	23
5.5.2. Lagoas de estabilização.....	25
5.5.3. Wetlands Construídas	27
5.5.3. Lagoas de Tratamento com Plantas Aquáticas.....	30
6. CONSIDERAÇÕES SOBRE A ESCOLHA DO PROCESSO DE TRATAMENTO A SER UTILIZADO.....	34
7. MATERIAIS E MÉTODOS	35
7.1. Identificação e quantificação de todos os fatores intervenientes com o sistema de esgotamento sanitário.....	35
7.2. Estabelecimento dos parâmetros básicos de projeto	36
7.2.1. Dados de população.....	37
7.2.1.1. Encontros e desencontros, pequena odisséia em busca dos dados populacionais.....	37
7.2.1.2. Definição da população	39
7.2.2. Análise preliminar das alternativas de tratamento	40
7.2.3. Limites do projeto.....	42
7.3. Pré-dimensionamento das unidades dos sistemas	43
7.3.1. Parâmetros Básicos	47
7.3.2. RAFA + <i>Wetland</i> Construída	47
7.3.3. Tanque Séptico + <i>Wetland</i> Construída	53
7.3.4. Tanque Séptico + Filtro Anaeróbio	55
7.3.5. Interligação na rede coletora da SAAE	57
7.4. Escolha do sistema de tratamento de esgotos mais adequado	58
7.5. Projeto de Urbanização Para a Área em Estudo.....	59
7.5.1. Habitação.....	60
7.5.2. Urbanismo e Paisagismo	61
7.5.3. Sistema Viário e Drenagem Superficial	61
7.5.4. Rede de Esgoto.....	63
7.5.5. Fiscalização.....	63

7.5.5. Educação Ambiental.....	64
7.6. Dimensionamento da rede coletora de esgotos	64
8. CONCLUSÃO	68
9. BIBLIOGRAFIA	68

ANEXOS:
Planta Geral Definitiva
Detalhes da Rede Coletora

1. INTRODUÇÃO

O tema do projeto intitulado “Estudo de concepção de tratamento de esgoto de uma comunidade carente de Guarulhos” consiste num dos maiores problemas da sociedade atual. Os modelos de produção e de consumo praticados nos dias de hoje pelos países mais ricos do sistema capitalista global mantêm amplos setores da população mundial em uma situação de pobreza, privados de acesso a níveis dignos de qualidade de vida (GUERRA et. al., 2007). A população dos países mais ricos do mundo insiste em manter um padrão de vida, que tornaria a vida no planeta impraticável se toda a população mundial tivesse este padrão. Conforme mostram estudos sobre “pegada ecológica” (*ecological footprint*), seriam necessários 4 ou 5 planetas Terra para sustentar toda a população mundial com um padrão de vida igual ao da população dos EUA, por exemplo¹.

Talvez o maior responsável pelo baixo nível de qualidade de vida da população mais pobre do planeta seja as precárias condições sanitárias em que essas populações são obrigadas a viver. Isso torna o tema desse trabalho um dos temas mais importantes da Engenharia Ambiental em todo o mundo, o de saneamento básico.

A deficiência de saneamento básico foi, em 2006, um tema profundamente abordado nas 422 páginas do relatório publicado pelas Nações Unidas, intitulado “*A água para lá de escassez: pobreza e a crise mundial da água*”. Como escreveu Llosa:

“A primeira conclusão dessa leitura é que o objeto que representa [nos dias de hoje] a civilização e o progresso não é o livro, o telefone, a Internet ou a bomba atômica, e sim a privada. Onde os seres humanos esvaziam a bexiga e os intestinos é determinante para saber se ainda estão mergulhados na barbárie do subdesenvolvimento ou se já começaram a progredir”. (Mário Vargas Llosa, 2007²)

De acordo com esse relatório das Nações Unidas (2006), atualmente, no mundo, mais de 1 bilhão de pessoas não têm acesso à água potável e 2,6 bilhões não vivem em condições adequadas de saneamento básico. Todo ano,

¹ Segundo ONGs que estudam pegadas ecológicas: <http://www.worldcentric.org/> e <http://www.footprintnetwork.org/>.

² Trecho extraído da reportagem “O cheiro da pobreza” da revista Piauí de Fevereiro de 2007, p.34, da qual Mario Vargas Llosa é colaborador.

1,8 milhões de crianças morrem por doenças causadas pelo consumo de água poluída e saneamento deficiente.

"A saúde deficiente causada pelas deficiências de água potável e de saneamento mina a produtividade e o crescimento econômico, reforçando as profundas desigualdades que caracterizam os atuais padrões da globalização e imobilizando núcleos populacionais vulneráveis em ciclos de pobreza" (UNDP, 2006).

No Brasil, pelos dados da ANA de 2003, o índice médio de domicílios que possuem sistema de coleta de esgotos é de 50,6%. O índice nacional médio de tratamento dos esgotos gerados na área urbana é de apenas 28,2% (ANA, 2005).

O cenário atual da RMSP é de uma grande concentração das oportunidades de trabalho na região central de São Paulo, o que atrai, ainda nos dias hoje, a população mais pobre de todo o país em busca de uma melhor qualidade de vida. Esse fenômeno leva a periferização e a ocupações em áreas irregulares, vulneráveis e de proteção ambiental, carentes de infraestrutura de serviços urbanos.

Deste modo, formam-se as comunidades periurbanas, que vivem em condições precárias de saneamento, com acesso à água de qualidade sanitária duvidosa, e que lançam seus esgotos em córregos e seus resíduos sólidos a céu aberto. Essas moradias estão situadas, geralmente, em áreas públicas invadidas, onde o comércio imobiliário é clandestino e ilegal. Como os moradores destas regiões periurbanas irregulares não têm a posse da terra, mesmo quando pagam pela compra do terreno, a municipalidade não reconhece os assentamentos. Assim, os serviços básicos de saneamento não são implantados, pois as companhias não teriam retorno do recurso em forma de impostos, já que nos assentamentos ilegais, estes não são pagos. "Como consequência, cria-se um enorme problema social, habitacional, sanitário e de saúde pública, que enfatiza a exclusão social e a espoliação urbana."³

No mundo de hoje, mesmo com o conhecimento avançado adquirido na área de saneamento, grande parte da população ainda sofre com esses problemas. A melhoria nas condições de vida a partir do saneamento básico é

³ Excerto e dados retirados do texto técnico: **Condições de saneamento e saúde em assentamentos Periurbanos, Município de Suzano, São Paulo, Brasil**. GÜNTER, W. M. R., RAZZOLINI, M. T. P., CARDOSO, M. R. A. 2007.

significativa e de extrema importância para a comunidade em questão e comunidades adjacentes.

2. JUSTIFICATIVA

Este estudo de caso é um projeto de engenharia, no qual os alunos podem colocar em prática grande parte dos conhecimentos adquiridos ao longo de todo o curso de engenharia ambiental na Poli.

No diagnóstico do problema, análise da população envolvida e suas necessidades, e aquisição dos dados necessários, são utilizados conhecimentos das disciplinas PHD2218 - Introdução à Engenharia Ambiental, PTR2202 - Informações Espaciais II, PHD2307 - Hidrologia Aplicada, PHD2360 Qualidade da Água, PTR2389 Geoprocessamento para Engenharia Ambiental, FLP0430 Sociologia e Política, PCC2560 Planejamento Urbano e Regional, PHD2412 Saneamento I, DES0113 Legislação e Direito Ambiental, PHD2443 Saneamento II - Trat. de Águas de Abastecimento e Águas Residuárias, PHD2541 Planejamento e Saúde Ambiental.

Para a fase de projeto da rede de coleta de esgotos e de tratamento, serão utilizados diretamente os conhecimentos adquiridos nas disciplinas: PHD2301 Hidráulica PQI2321, Tópicos de Química para Engenharia I, BMM0122 Microbiologia Aplicada para Engenheiros Ambientais, FBC0210 Toxicologia Ambiental Ambiental, PHD2360 Qualidade da Água, PQI2322 Tópicos de Química para Engenharia Ambiental II, PCC2560 Planejamento Urbano e Regional, PHD2412 Saneamento I, DES0113 Legislação e Direito Ambiental, PHD2443 Saneamento II - Trat. de Águas de Abastecimento e Águas Residuárias, PHD2541 Planejamento e Saúde Ambiental.

3. OBJETIVO

Os objetivos do projeto são:

(1) Projetar a rede coletora de esgotos, que consiste no conjunto de canalizações que recebe os esgotos de cada residência e os conduz para uma estação de tratamento.

(2) Estudar as possíveis alternativas de tratamento do esgoto sanitário, para que este possa então ser lançado no corpo receptor sem causar uma degradação ambiental.

4. DESCRIÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

No município de Guarulhos, bairro Parque Maria Helena, vivem hoje cerca de 180 famílias de baixíssima renda em condições precárias de saneamento. Como as residências não possuem uma rede de coleta de esgoto, ele é lançado nas sarjetas, em frente às casas, por onde este corre a céu aberto, como é possível de ser observado na *Figura 1*.



Figura 1: Canais de Esgotos 1

A miséria da população que habita o terreno implica na deterioração da qualidade ambiental da área. A água dos dejetos humanos canalizados a céu aberto que correm para o vale próximo, se acumulam em um lago no terreno ao lado. Este lago, que um dia já foi de utilização paisagística para criação de carpas, encontra-se hoje assoreado e eutrofizado. Ele se localiza no terreno pertencente ao Instituto Iko-no-sono (Jardim de Repouso São Francisco). Na *Figura 2*, pode ser observado o ponto em que o esgoto da comunidade entra

no terreno do instituto e o local em que o esgoto, juntamente com a água de uma nascente desembocam no lago do instituto.



Figura 2: Canais de Esgotos 2

O Instituto Ikoi-no-sono ou Jardim de Repouso São Francisco é uma entidade filantrópica de assistência social.⁴ A entidade, conforme consta em seus estatutos, é “destinada a prestar toda assistência social, moral e material às pessoas necessitadas, sem distinção de credo, raça ou nacionalidade”. Ela destina-se à residência de idosos fragilizados desde 80 até mais de 90 anos, dependentes ou semi-dependentes, que necessitam de cuidados especiais. Para manter os 104 funcionários (a diretoria é composta de 25 diretores voluntários não remunerados) e viabilizar a manutenção das instalações e dos programas de atendimento, o instituto conta com contribuições mensais e periódicas de seus associados e donativos, além de recursos captados em um bazar beneficente, realizado semanalmente, com a venda de objetos doados ao instituto.

⁴ Informação do instituto Ikoi-no-sono retiradas do “Relatório da Diretoria, Exercício de 2007” da Assistência Social Dom José Gaspar.

Na *Figura 3*, foi delimitada (traçada de acordo com as curvas de níveis, que tem de 5m de diferença de cota entre elas) a sub-bacia de esgotamento da área objeto de estudo.

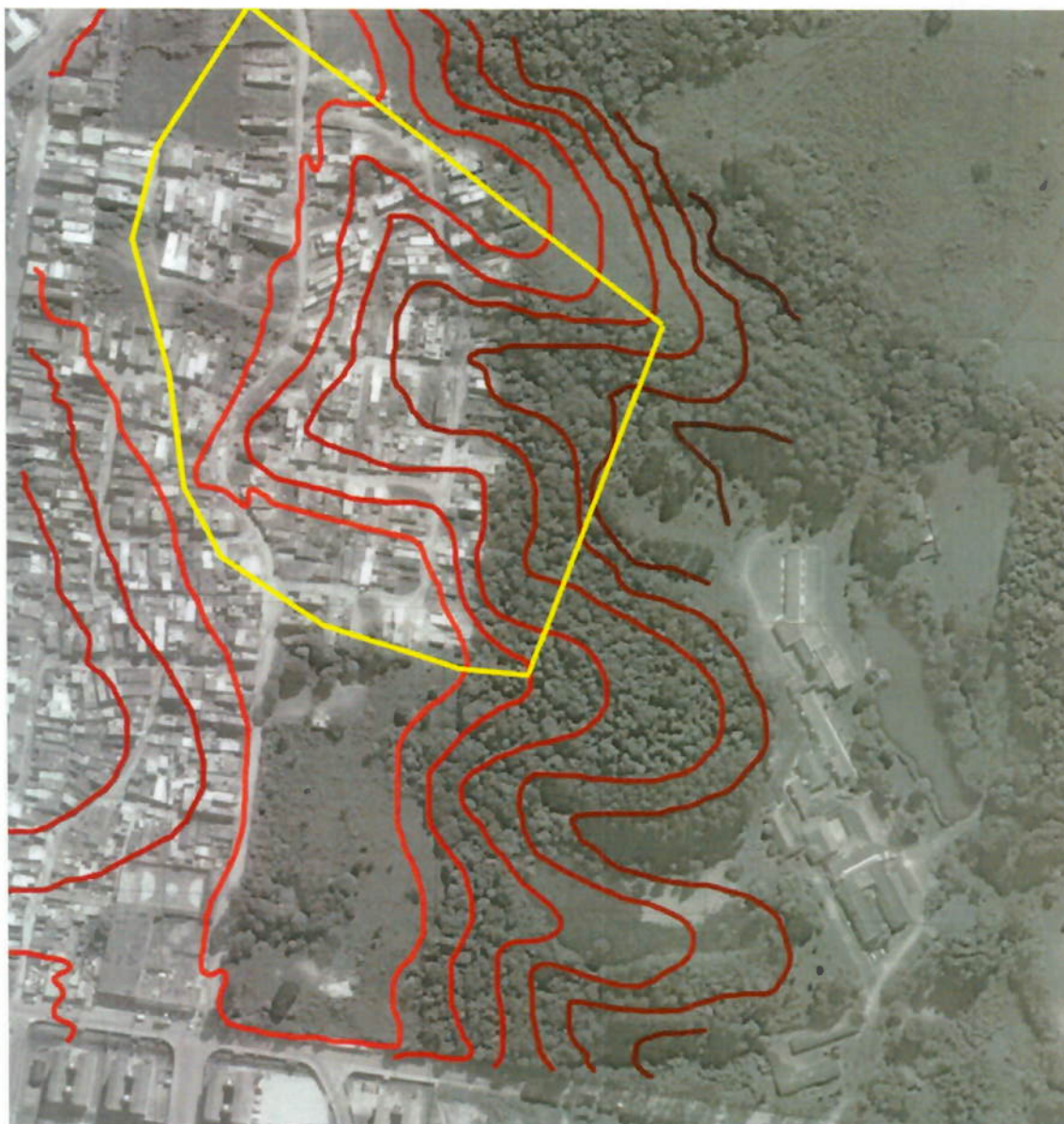


Figura 3: Planta com as ruas, curvas de nível e delimitação da sub-bacia de esgotamento da área objeto de estudo

Sobrepondo a planta mostrada na *Figura 3* sobre a imagem de satélite retirada do Google Earth, obtém-se a imagem (*Figura 4*), onde estão delimitadas as residências da área de estudo.



Figura 4: Imagem de satélite da sub-bacia de esgotamento da área objeto de estudo.

Esse terreno constitui uma área que os moradores e assistentes de saúde chamam de Vila Real. Ela é composta apenas por alguns quarteirões e faz fronteira com o instituto Ikoi-no-sono. É visível a diferença de infra-estrutura que existe entre a população do entorno da Vila Real (que possuem até vias asfaltadas) e a população que vive dentro dela.

Além desse primeiro impacto negativo, causado pela ocupação ilegal e sem planejamento do terreno (poluição dos corpos d'água), foi observado que a qualidade ambiental da região também é deteriorada por uma certa quantidade de resíduo sólido domiciliar depositado a céu aberto em um dos cantos do terreno, com fronteira com o instituto Ikoi-no-sono. Porém, ao questionar os moradores da região sobre a coleta de lixo, descobriu-se que a prefeitura faz a coleta três vezes por semana (segunda, quarta e sexta-feira) inclusive quando chove bastante, situação em que são disponibilizados caminhões de menor porte para realizar a coleta.

Deste modo, foi percebido que o problema relativo aos resíduos sólidos se resume a uma carência de educação ambiental. Como a realização de trabalhos de educação ambiental não é abrangida pelas funções de engenheiros, esta não faz parte do projeto em questão. Mesmo assim foi

procurada alguma entidade competente (provavelmente alguma ONG especializada) com experiência nessa área para a realização desse trabalho.

A área da Vila Real, pelo mapa de zoneamento do município de Guarulhos, é uma Zona Especial de Interesse Social – L (ZEIS-L). As Zonas Especiais de Interesse Social correspondem às áreas em que é necessário ordenar a ocupação, através da regularização urbanística e fundiária de assentamentos habitacionais existentes e consolidados, bem como áreas livres onde haja interesse da Municipalidade em implantar ou complementar programas habitacionais de interesse social para população de baixa renda.

No que concerne à subdivisão ZEIS-L, essas correspondem às áreas sobre as quais foram implantados loteamentos irregulares ou clandestinos, ocupados por população de baixa renda, que se encontram consolidados e que não atendem aos requisitos urbanísticos exigidos nas legislações pertinentes. Nestes locais, a área máxima do lote deverá ser de 250,00m² e não inferior a 45,00m².

De fato, a área em estudo encontra-se dentro das definições constantes na legislação vigente, não apresentando, em uma análise geral, características discordantes com o tipo de ocupação e o uso do solo atualmente.

Com relação às definições constantes no Plano Diretor do Município de Guarulhos, Lei nº 6055, de 30/12/2004, a área em estudo encontra-se em uma Macrozona de Urbanização em Desenvolvimento – MUD. Estas áreas são as que requerem melhorias urbanas significativas em vista de:

- Necessidade de infra-estrutura básica;
- Deficiência de equipamentos sociais, culturais, de comércio e de serviços;
- Grande incidência de loteamentos clandestinos e/ou irregulares e favelas.

Na Macrozona de Urbanização em Desenvolvimento, de acordo com o Plano Diretor, as ações têm como objetivos:

- Complementar e qualificar a rede de infra-estrutura urbana;
- Incentivar a construção de habitação de interesse social;
- Melhorar o acesso ao transporte coletivo;
- Promover a regularização urbanística e fundiária das ocupações de baixa renda;
- Implantar equipamentos públicos e comunitários.

Mais uma vez, observa-se que a área em estudo encontra-se dentro das definições constantes no Plano Direto do Município de Guarulhos, não havendo, portanto, um risco imediato de mudanças na utilização do solo e no tipo de ocupação existentes.

5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

“Embora registros históricos mencionem a preocupação do ser humano com a água desde a antiguidade, milhares de anos foram necessários para que se pudesse provar o nexos causal entre a sua qualidade e a saúde pública.” (MORITA, no prelo). Uma breve contextualização histórica é apresentada a seguir, na Tabela 1, a partir de excertos do capítulo de livro escrito por Morita (no prelo):

Tabela 1: Breve Contextualização Histórica do Tratamento de Esgoto
Fonte: Adaptado de Morita (no prelo)

entre 3500 e 2500 a.C	»	Na Babilônia, relatos indicam a existência de latrinas, o esgoto era conduzido, através de rede, para uma fossa negra.
Entre 509 e 27 a.C	»	O império romano foi considerado o mais avançado das civilizações antigas em termos de higiene e saneamento básico. Os romanos possuíam aquedutos, banheiros públicos e redes de esgoto.
Após 27 a.C	»	Com a queda do império romano, iniciou-se a idade das trevas. Neste período, o esgoto e o resíduo sólido domiciliar das principais cidades européias, tais como Paris, Londres e Nova Iorque, eram dispostos diretamente nas ruas.
Em 1370	»	Foi implantado o primeiro sistema de coleta e transporte de esgoto na França, lançado no Rio Reno, próximo ao Louvre.
em 1596	»	Sir John Harington, poeta e escritor inglês, inventava o vaso sanitário com descarga.
de 1820 a 1850	»	Houve um grande debate sobre as causas das doenças que assolavam a Inglaterra, como a cólera e o tifo, que Nightingale e Chadwick acreditavam serem veiculadas pelo ar, contrariamente a um outro grupo de pesquisadores, que as considerava transmissíveis por contato físico.
em 1855	»	Somente neste ano, John Snow, médico inglês, provou que a epidemia de cólera em Londres era causada pela ingestão de água subterrânea contaminada com esgoto.

Tabela 1: Breve Contextualização Histórica do Tratamento de Esgoto (continuação)
Fonte: Adaptado de Morita (no prelo)

em 1860	»	O francês Mouras projeta o que seria o embrião dos tanques sépticos, dando início ao tratamento anaeróbio de esgoto.
em 1890	»	somente a partir dessa data que se tornou evidente que o processo de degradação da matéria orgânica nos corpos d'água era biológico, e não químico.
também em 1890	»	Em Lawrence (EUA) foi comissionado o primeiro filtro biológico, constituído de um tanque que continha brita e outros materiais inertes, onde ocorria o crescimento microbiológico.
em 1899	»	Os engenheiros Donald Cameron e Frederick James Commin obtêm a primeira patente do tanque séptico, que foi construído em Exeter, Inglaterra.
em 1906	»	Surge, na Alemanha, o tanque Imhoff. A primeira unidade em escala real entrou em operação em Essen, em 1908.
em 1914	»	Foram estabelecidos padrões de qualidade bacteriológica para a água de abastecimento nos EUA, posteriormente revistos e expandidos em 1925, 1946 e 1962.
a partir de 1940	»	Um novo desafio impôs-se aos profissionais de meio ambiente: a eutrofização dos corpos de água. Em resposta a este novo desafio, foram desenvolvidas novas configurações de reatores biológicos, utilizando zonas aeróbias, anóxicas e anaeróbias e condições operacionais específicas.

5.1. A Concepção de Sistemas de Esgotamento Sanitário

Na área de saneamento básico, existem duas claras distinções entre sistema de coleta e afastamento e sistema de coleta, afastamento e tratamento de esgoto (Sistemas de Esgotamento Sanitário). Apesar de a concepção de um sistema apenas de coleta e afastamento de esgotos ser considerado uma solução válida para muitas comunidades carentes ao redor do mundo, em termos de saúde pública, essa não é uma solução que possa ser levada em conta para o caso atual. Essa solução seria válida apenas para um cenário em que a comunidade fosse isolada e suficientemente pequena para que seu esgoto não afetasse significativamente o meio ambiente que receberia o efluente. Como a comunidade estudada se encontra em uma área altamente urbanizada, uma região periférica de Guarulhos que se encontra dentro da

conurbação entre os municípios de Guarulhos e São Paulo, um afastamento de esgoto apenas passaria o problema para uma comunidade próxima.

Sistema de esgotamento sanitário é um termo que engloba tanto a coleta e afastamento quanto o tratamento de esgoto. O presente projeto abrange a concepção de um sistema como um todo, desde o projeto da rede de coleta de esgotos, o tratamento em si e o lançamento no corpo receptor.

Segundo Alem Sobrinho e Tsutiya (2000), a concepção de sistemas de esgotamento sanitário é composta por: (1) Identificação e quantificação de todos os fatores intervenientes com o sistema de esgotamento sanitário. (2) Diagnóstico do sistema existente. (3) Estabelecimento dos parâmetros básicos de projeto. (4) Pré-dimensionamento das unidades dos sistemas, para as alternativas selecionadas. (5) Escolha da alternativa mais adequada mediante a comparação técnica, econômica e ambiental entre as alternativas. (6) Estabelecimento das diretrizes gerais dos serviços que devem ser executados na fase de projeto. Serão, baseando-se nesses autores, estas as etapas do desenvolvimento do projeto, com a exceção do diagnóstico do sistema existente (2), pois não há sistema existente no caso a ser avaliado pelo grupo. As outras etapas serão discutidas e desenvolvidas no decorrer do projeto.

5.2. Seleção do Processo de Tratamento

“Um dos maiores desafios no projeto de uma estação de tratamento de esgotos é a análise e a seleção de um sistema de tratamento capaz de satisfazer os requisitos esperados.” (METCALF & EDDY, 1995, p.166) Os aspectos para análise propostos pelos autores para a seleção do processo de tratamento de esgotos a ser utilizado são: (1) Os fatores importantes na seleção do processo, (2) seleção do processo baseada na análise cinética, (3) Seleção do processo baseado em relações empíricas, (4) o impacto de variações de vazões de efluentes e cargas aplicadas no sistema, e (5) Confiabilidade do processo em atender os requisitos esperados⁵. Para a seleção de um sistema de tratamento de esgoto em países desenvolvidos, os

⁵ No estado de São Paulo, o lançamento de efluentes em corpos d'água é permitido se: (1) Esse lançamento não alterar a qualidade do corpo receptor, determinado segundo os padrões da Resolução CONAMA Nº 357 de 2005 e do Decreto Estadual 8.468 de 1976 (o que for mais restritivo para cada parâmetro). Ou (2) os superarem padrões de lançamento estipulados no Decreto Estadual 8.468 de 1976.

aspectos mais importantes são relacionados à eficiência, confiabilidade e requisitos de área. Porém, para países em desenvolvimento ou subdesenvolvidos (VON SPERLING, 1996a), os itens mais críticos são: custo de construção, sustentabilidade, simplicidade e custos operacionais.

5.3. Introdução sobre o Comportamento Biológico dos Seres Vivos nas Águas

Mudrack e Kunst (1986) afirmam que a vida, para persistir, depende de uma passagem contínua de: (1) matéria e (2) energia.

(1) Os elementos mais importantes que passam através dos sistemas vivos são: hidrogênio (H), oxigênio (O), carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e enxofre (S), além de uma grande quantidade de outros elementos minoritários.

(2) A energia é derivada principalmente de três fontes. Uma forma conveniente de separar em categorias os organismos implicados em cada fonte é apresentada a seguir, já que estes são os organismos mais relevantes para o presente estudo:

- (a) Radiação solar: Autótrofos fotossintetizantes;
- (b) Compostos orgânicos: Heterótrofos;
- (c) Compostos inorgânicos: quimio-autótrofos.

(a) A radiação solar é a fonte de energia fundamental para a biosfera. Os organismos autótrofos fotossintetizantes fixam uma pequena fração de energia solar, formando compostos orgânicos⁶ complexos altamente energéticos e produzindo oxigênio. Os elementos H e O, para suprir a necessidade de matéria dos organismos, são obtidos da H₂O, o carbono do CO₂, e fósforo, nitrogênio, enxofre e os elementos minoritários são obtidos dos sais dissolvidos desses elementos. Geralmente, nos corpos d'água, a restrita disponibilidade de nitrogênio e fósforo em suas formas solúveis e úteis para os organismos, torna-se o fator limitante para a biomassa de organismos autótrofos que um corpo d'água produz. Por esse motivo, nitrogênio e fósforo

⁶ Compostos orgânicos são compostos formados normalmente por uma cadeia principal composta de átomos de carbono, hidrogênio e algumas vezes oxigênio. Em compostos orgânicos naturais, o carbono associa-se a nitrogênio, fósforo e enxofre. Compostos orgânicos sintéticos têm carbono associados a halogênios (cloro, flúor, bromo ou iodo) ou a certos metais e diversos ou outros elementos (Piveli e Kato, 2006).

são referidos pelo termo de *substâncias eutróficas* (o que sustenta ou revitaliza a vida). Porém, esses elementos constituem um dos maiores problemas nos estudos da qualidade das águas, por suas altas concentrações em efluentes domésticos e sua difícil remoção.

(b) Os compostos altamente energéticos sintetizados pelos organismos autótrofos fotossintetizantes formam a fonte de energia básica para os heterótrofos sintetizarem moléculas mais complexas, que constituem a massa celular, p.ex. proteínas.

A presença de uma alta energia orgânica em corpos receptores dá origem ao crescimento de fungos, bactérias heterótrofas e de outros organismos heterótrofos, e uma conseqüente desoxigenação das águas (devido às atividades metabólicas desses crescimentos), tornando assim a água inadequada para formas de vida mais complexas, como peixes. Condições anaeróbias causam ainda fermentação, dissolução de sais com íons metálicos e muitos outros inconvenientes. Esses efeitos, além de destruir a biota original, prejudicam a aparência estética, e possíveis usos e reúsos da água.

Essas bactérias são as mais recorrentes no tratamento de esgoto. Nas estações de tratamento de esgoto, a energia retida na forma de massa biológica (que corresponde à massa orgânica retirada do efluente) é separada fisicamente do esgoto na forma de lodo, que é diariamente retirado (para um posterior tratamento), deixando muito pouca energia orgânica presente no efluente.

(c) Químio-autótrofos retiram sua energia para o crescimento da oxidação de compostos inorgânicos. Na microbiologia das águas residuárias, as principais bactérias de interesse nesse gênero são as nitrificantes. Estas bactérias são aeróbias obrigatórias (se desenvolvem apenas na presença de oxigênio), e derivam sua energia da oxidação do íon amônio para nitrito e nitrato. No tratamento de águas residuárias, as nitrificantes formam uma passagem vital para a remoção de nitrogênio da água, convertendo o nitrogênio amoniacal (NH_4^+) a nitrito (NO_2^-) e a nitrato (NO_3^-).

Deste modo, após a ocorrência da nitrificação, se o sistema for corretamente dimensionado, em meio anóxico, organismos heterótrofos podem ser forçados a utilizar o nitrato, reduzindo-o a nitrogênio molecular (NO_x), que volatiliza e é liberado para a atmosfera em forma de gás.

Dessas considerações se tira que os objetivos dos tratamentos biológicos de águas residuárias são basicamente dois:

(1) Redução da energia na forma de compostos orgânicos altamente energéticos a níveis que o crescimento heterótrofo e efeitos associados de desoxigenação no corpo receptor sejam aceitavelmente baixos.

(2) Redução das substâncias autotróficas, fosfatos, amônia e nitrato, a níveis que os crescimentos fotossintéticos autotróficos e sua capacidade de fixar a energia solar em energia orgânica no corpo receptor sejam aceitavelmente baixos.

Além desses dois objetivos dos tratamentos de águas residuárias, ainda são necessárias duas etapas: (a) Remover os organismos patógenos que afetam diretamente a saúde de seres humanos que possam ter algum contato direto com o corpo receptor, principalmente por processos unitários e (b) um tratamento preliminar ao biológico para remover os sólidos grosseiros (conjuntamente à matéria orgânica particulada, facilmente sedimentável) e a areia carregada para o processo de tratamento. Esse tratamento, quando necessário, é obtido através de operações físicas (unitárias).

5.4. Fundamentos do Tratamento Biológico

Os processos de tratamento de esgoto dependem principalmente do metabolismo das bactérias. O metabolismo biológico é principalmente um processo de conversão de energia. Em processos biológicos de tratamento de águas residuárias, os *inputs* de energia estão presentes na forma de compostos orgânicos carbonáceos ou nitrogenados. Estes são convertidos em outras formas de energia e uma pequena parte se perde na forma de calor.

Segundo Mudrack e Kunst (1984), a energia carbonácea é utilizada pelos organismos heterótrofos. Esse é um grupo bastante grande, o qual, dado tempo suficiente e condições ambientais necessárias, irá utilizar todo tipo de

material orgânico disponível. Esse grupo é onipresente e em qualquer ambiente, seus membros, que obtêm máximo benefício da matéria orgânica específica, irão se desenvolver. Para qualquer modificação na fonte orgânica das condições do ambiente, acontecerão modificações correspondentes nas espécies de organismos heterótrofos presentes.

5.5. Classificação dos Processos de Tratamento de Esgoto

Para facilitar, os processos de tratamentos de esgoto domésticos serão divididos nas seguintes categorias: (1) processos biológicos não naturais anaeróbios, (2) processos biológicos não naturais aerados, (3) processos biológicos naturais e (4) processos químicos e físicos.

(1) Os processos biológicos não naturais anaeróbios são processos biológicos que depuram a matéria orgânica através do metabolismo anaeróbio. Os processos anaeróbios consistem em tentar criar artificialmente (tanto na fase de projeto quanto nas condições operacionais) condições favoráveis para que ocorra o processo de degradação em condições ótimas (CAMPOS, 1999).

Esses processos têm algumas vantagens, pois têm um consumo de energia mais baixo, produzem uma pequena quantidade de lodo e podem aguentar longos períodos de interrupção e voltar ao funcionamento sem grandes dificuldades.

Apesar disso, se não é feita a partida com um inóculo adequado, o período da partida para estabilizar o sistema é bastante longo. Os sistemas anaeróbios também são sensíveis às mudanças das condições ambientais (p. ex. temperatura, pH, etc.) e produzem gás sulfídrico, que libera odores ofensivos para a atmosfera (CAMPOS, 1999). Outra questão no emprego de processos biológicos de tratamento, é o fato de um tratamento anaeróbio isoladamente não ser suficientemente eficiente para atender as restrições legais de matéria orgânica ($DBO_{5,20}$). Por esse motivo, os processos anaeróbios costumam ser combinado com outros tipos de tratamento.

Os modelos de reatores anaeróbios encontrados são as lagoas anaeróbias, os decanto-digestores (tanques sépticos), os filtros anaeróbios, os RAFAs (Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente, *uasb reactors* em inglês) e

reatores anaeróbios de leito expandido ou fluidificado⁷. Esses reatores são normalmente empregados combinados com reatores aeróbios ou sistemas naturais de tratamento.

(2) Os processos biológicos não naturais aerados são os sistemas nos quais as bactérias responsáveis pela degradação da matéria orgânica são as bactérias aeróbias.

Estes processos correspondem à maior eficiência, com os menores requisitos de área. Portanto, eles são muito mais caros que os outros para serem implantados e têm custos de manutenção muito mais altos que os tratamentos anaeróbios e naturais. Isso ocorre devido, principalmente, ao custo da energia elétrica necessária para a aeração dos reatores (VON SPERLING, 1996a; METCALF & EDDY, 1995; KELLNER; PIRES, 1997; CAMPOS, 1999).

Outro fator que dificulta bastante a adoção de sistemas de tratamento de esgoto por processos aerados é a grande produção de lodos, intrínseca à esses sistemas de tratamento. Isso ocorre, principalmente, devido à grande velocidade da depuração da matéria orgânica associada a esses processos, que resulta em produtos finais mais energéticos ainda com uma massa molecular significativa. Os processos anaeróbios, por serem processos mais lentos, reduzem a matéria orgânica dos efluentes domésticos (principalmente proteínas) a produtos finais ainda complexos (gás metano), diferentemente do que ocorre nos processos aerados. Isso, em termos práticos da seleção de um sistema de tratamento de esgotos a ser adotado, eleva significativamente o custo associado à instalação, operação e manutenção do sistema.

Além do custo de manutenção ser bastante elevado, os processos biológicos aerados têm outro grande problema, associado à mão-de-obra necessária para a operação dos sistemas de tratamento. Os sistemas de tratamento de esgotos dependem de um ambiente artificialmente criado com predomínio aeróbio. Isso não é o que ocorreria na natureza, na presença de uma alta concentração de matéria orgânica, pois o alto consumo de oxigênio das bactérias aeróbias levaria rapidamente ao esgotamento do oxigênio e, conseqüentemente, a condições anaeróbias. Essa condição leva os processos

⁷ Campos (1999, p.79) propõe que esses nomes diferenciem dois reatores com funcionamento semelhante, "ficando a diferença básica no grau de expansão do leito de lodo".

aerados de tratamento a uma necessidade de um ambiente mais restrito e controlado. Se não for proporcionado esse ambiente para as bactérias, pode haver tanto uma não formação de flocos no lodo ou uma desfloculação (em tratamentos de leito não fixo) como o intumescimento filamentoso. Isso, em comparação aos outros processos de tratamento aqui abordados, implica na necessidade de uma mão-de-obra muito mais especializada. Esse é mais um fator que torna a manutenção dessas alternativas muito mais caras em comparação às outras.

(3) Os processos biológicos naturais, de modo geral, consistem em deixar o esgoto por um tempo suficiente em uma unidade para que a matéria orgânica possa ser estabilizada.

As vantagens se relacionam à grande simplicidade e à confiabilidade da operação. Isso porque os processos naturais são confiáveis: não há equipamentos que possam estragar ou esquemas especiais requeridos. (VON SPERLING, 2002a) No entanto, a natureza é lenta, necessitando de longos tempos de detenção para que as reações se completem, o que implica em grandes requisitos de área. A atividade biológica é grandemente afetada pela temperatura. Deste modo, tanto o custo de implantação e principalmente o de manutenção são muito menores que o de qualquer outro tipo de processo de tratamento. Os tratamentos naturais apresentam essas vantagens muito mais acentuadas que os tratamentos anaeróbios, porém, a área ocupada por estes últimos é muito menor.

É interessante citar o esclarecimento que Crites, Middlebrooks e Reed (2006, p.1) propuseram na primeira página do livro que escreveram sobre tratamentos naturais:

“Um sistema natural de tratamento pode tipicamente incluir bombas e tubulações para a condução dos efluentes líquidos, mas não dependerão de fontes externas de energia exclusivamente para manter as respostas principais do tratamento”.

Os exemplos encontrados normalmente de processos naturais de tratamento de esgoto são as lagoas de estabilização; as chamadas “*wetlands*” construídas; ou ainda as lagoas de tratamento com plantas aquáticas⁸.

(4) Os processos de tratamento físicos e químicos (operações físicas unitárias e processos químicos unitários) são aqueles cuja remoção/ conversão de contaminantes se dá por meio de fenômenos físicos ou reações químicas, respectivamente.

Os processos físicos de tratamento mais encontrados são: gradeamento, sedimentação, flotação e filtração. Como dito anteriormente, as operações físicas unitárias são utilizadas atualmente nas estações de tratamento de esgotos domésticos somente para o tratamento preliminar e primário. Elas também participam de outros processos de tratamento (como sedimentação dos lodos).

Os processos químicos encontrados no tratamento de esgotos domésticos atualmente estão ligados à desinfecção do efluente dos processos biológicos de tratamento.

5.5.1. Processos anaeróbios

Os processos biológicos anaeróbios são bastante diferentes dos aeróbios. Nestes, o material orgânico é mineralizado (oxidado) pelas bactérias para produtos inorgânicos, principalmente CO₂ e água. Por outro lado, em ambientes anaeróbios, ocorrem processos para estabilização da matéria orgânica, tendo como produtos finais principais o CH₄ e o CO₂.

Apesar das vantagens dos reatores anaeróbios citadas anteriormente, seu efluente não atende aos padrões estabelecidos pela legislação ambiental brasileira. Por isso, o pós-tratamento tem uma grande importância como forma de adequar esse efluente tratado aos requisitos da legislação, bem como proteger os corpos d'água receptores dos esgotos. O pós-tratamento tem como

⁸ Alguns autores não consideram lagoas de estabilização como processos naturais. Alguns consideram como processos naturais de depuração também valas de infiltração rápida e disposição controlada do efluente diretamente no solo. Porém essas práticas não serão consideradas no atual estudo, pois a deterioração da qualidade dos corpos d'água adjacentes é justamente a questão do projeto.

principal função completar a remoção da matéria orgânica, bem como retirar nutrientes e organismos patogênicos, pouco afetados no tratamento anaeróbio.

Outros problemas intrínsecos aos tratamentos anaeróbios são (a) a possibilidade de emissão de maus odores; e (b) a baixa capacidade do sistema em tolerar cargas tóxicas. Como se espera exclusivamente esgotos domésticos no presente estudo, não se espera nenhuma carga tóxica. A geração de maus odores deve ser avaliada, e deve ser dada uma preferência à reatores que tenham menos probabilidade de emaná-los.

5.5.1.1. Lagoas Anaeróbias

As lagoas de estabilização têm como principais características o baixo custo e uma eficiência satisfatória, aliadas à simplicidade de construção e à facilidade operacional. Apresentam baixos custos de investimento e operação, devido à simplicidade de construção e ausência de equipamentos mecânicos.

No entanto, as lagoas necessitam de áreas maiores em comparação a outros processos mecanizados de tratamento de efluentes, o que pode inviabilizar seu uso, principalmente no atendimento de grandes populações. Uma alternativa para a redução da área requerida é a utilização em série de diferentes tipos de lagoas, como as anaeróbias, as facultativas e eventualmente as de maturação.

As lagoas anaeróbias são projetadas com profundidades maiores que as lagoas fotossintéticas, pois a remoção de poluentes é feita por microrganismos anaeróbios, não necessitando de algas para a produção de oxigênio. Essas lagoas são projetadas para receber elevadas cargas orgânicas em relação à sua superfície, resultando na ausência de oxigênio dissolvido na massa líquida.

Com o uso de sistemas de lagoas anaeróbias precedendo lagoas fotossintéticas, é possível obter reduções na ordem de 30% ou mais na área requerida total, reduzindo conseqüentemente os custos de implantação da lagoa e aquisição do terreno.

A sua facilidade de uso pode induzir generalizações para diferentes águas residuárias, podendo causar alguns fatores indesejados no tratamento, como maus odores e acúmulo de materiais flutuantes.

Problemas antigos relacionados a maus odores em lagoas anaeróbias poderiam ser resolvidos com os conhecimentos atuais de digestão anaeróbia e

mecanismos de produção de gases mal cheirosos. Entretanto, por se tratarem de reatores abertos e não mecanizados, as ações para controle dos maus odores não oferecem respostas rápidas.

As lagoas anaeróbias, bem como outros reatores anaeróbios, devem ser considerados como etapa inicial do tratamento, por produzirem efluentes com ausência de oxigênio dissolvido e presença de amônio e sulfetos (em concentrações não desejáveis), sendo necessário um tratamento posterior, sendo normalmente baseado em processos biológicos aeróbios.

5.5.1.2. Decanto-Digestores

Os decanto-digestores (fossas sépticas e tanques Imhoff) são utilizados para reter os sólidos contidos no esgoto por sedimentação, decompondo no seu próprio interior os sólidos orgânicos sedimentados e acumulando temporariamente esses resíduos. A digestão anaeróbia reduz o volume desses resíduos, sendo retirados em meses ou anos. Podem ser tanques simples ou divididos em compartimentos horizontais ou verticais. Seus modelos mais usuais são conhecidos como tanques sépticos.

É uma tecnologia bastante simples, compacta e de baixo custo (mesmo quando comparada com tecnologias anaeróbias). O lodo necessita ser removido apenas após longos períodos de tempo, o que representa mais uma vantagem. Os decanto- digestores normalmente são aplicados para pequenas vazões, mas Campos (1999) afirma que estão sendo muito utilizados para um pré tratamento para lagoas de estabilização, substituindo as lagoas anaeróbias, para evitar os maus odores.

As maiores vantagens dos decanto-digestores em relação a outros reatores anaeróbios (e todas as outras opções de tratamento) consistem na construção muito simples, na operação necessária, extremamente simples e eventual, e nos baixos custos (CAMPOS, 1999 e CHERNICHARO, 1997).

5.5.1.3. Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente

Os Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente (RAFA) são conhecidos também como reatores UASB, termo do inglês que significa: *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*, ou seja, fluxo ascendente com leito (manta) de lodo. Os reatores, como diz o nome, funcionam com um leito de lodo e não possuem

material de enchimento para servir de suporte para a biomassa. “A imobilização dos microrganismos ocorre por meio de auto-adesão, formando flocos ou grânulos densos em suspensão, que se dispõem em camadas de lodo a partir do fundo do reator.” (CAMPOS, 1999, p.77)

Nos RAFAs, o esgoto entra na parte inferior, passa pela biomassa ativa floculada no leito de lodo, onde se encontra em um estado bastante denso. Então ele passa pela manta de lodo, onde a biomassa é mais dispersa e os sólidos possuem menores velocidades de sedimentação, e sai após o tratamento, na parte superior. O reator é disposto de forma a separar os gases produzidos na decomposição da matéria orgânica, como observado na Figura 5. Dependendo do volume tratado, que implica no volume de gás produzido, o gás pode ser coletado para uma possível utilização (queima do gás metano para a produção de energia), ou ele deve receber um devido tratamento.

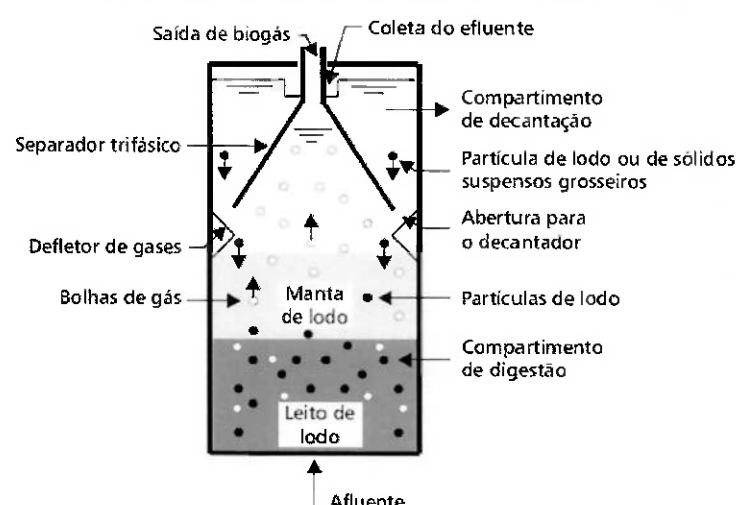


Figura 5: RAFA (Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente)

Fonte: CAMPOS, 1999.

A tecnologia de floculação da biomassa atribui aos RAFAs um desempenho muito elevado em relação aos outros reatores anaeróbios convencionais. Isso porque essa grande quantidade de biomassa ativa, de flocos (grânulos) de alta densidade e resistência mecânica, confere à biomassa um elevado tempo de detenção celular. Deste modo, o tempo de detenção hidráulico necessário para o tratamento também fica reduzido, o que implica na necessidade de um menor volume de reator.

5.5.2. Lagoas de estabilização

As lagoas facultativas constituem processos biológicos de tratamento de águas residuárias, onde a DBO solúvel e a finamente particulada é estabilizada aerobiamente por bactérias dispersas no meio líquido, ao passo que a DBO em suspensão tende a sedimentar, sendo convertida por bactérias anaeróbias no fundo da lagoa. O oxigênio requerido pelas bactérias aeróbias é fornecido pelas algas, através da fotossíntese.

As lagoas de estabilização representam o *habitat* de uma enorme variedade de organismos vivos, os quais se reproduzem de acordo com a disponibilidade de alimento. A biota presente nas lagoas de estabilização é formada por algas, bactérias, protozoários, fungos e animais superiores (KELLNER; PIRES, 1997).

Os mecanismos de estabilização do substrato⁹, de modo geral, ocorrem em três zonas distintas da lagoa, denominadas: *zona aeróbia*, *zona anaeróbia* e *zona facultativa*.

Na superfície da lagoa se encontra a *zona aeróbia*, onde ocorrem os processos aeróbios para a estabilização da matéria orgânica. Um dos mecanismos da passagem do oxigênio para o meio líquido, são as trocas gasosas entre os meios, favorecida pelos ventos, e por isso em lugares onde a intensidade do vento é maior, a instalação é vantajosa. Porém, a maior fonte de oxigênio de uma lagoa facultativa é a fotossíntese efetuada pelas algas.

O mecanismo característico das lagoas facultativas ocorre na camada superior e corresponde a uma simbiose ou comensalismo das bactérias aeróbias e algas. As bactérias heterótrofas decompõem a matéria orgânica, produzindo compostos orgânicos solúveis e dióxido de carbono. A quantidade de oxigênio necessária para essa degradação é fornecida principalmente pelo processo de fotossíntese (COSSÍO, 1993). Isso pode ser observado no esquema da Figura 6. Quando em ambiente aeróbio, as bactérias metabolizam a matéria orgânica, convertendo-a em dióxido de carbono (CO₂) e água (H₂O). As algas, por sua vez, utilizam o dióxido de carbono, água, nitrato (NO₃⁻) e

⁹ *Substrato* é o termo usado para denominar a matéria orgânica convertida durante um processo biológico, que podem ser limitantes em tratamentos biológicos. Por exemplo, o carbono da matéria orgânica nos efluentes é referido como o substrato a ser convertido durante tratamento biológico (METCALF & EDDY, 1991).

outros compostos inorgânicos para a síntese celular, liberando oxigênio para o meio líquido (KELLNER; PIRES, 1997).

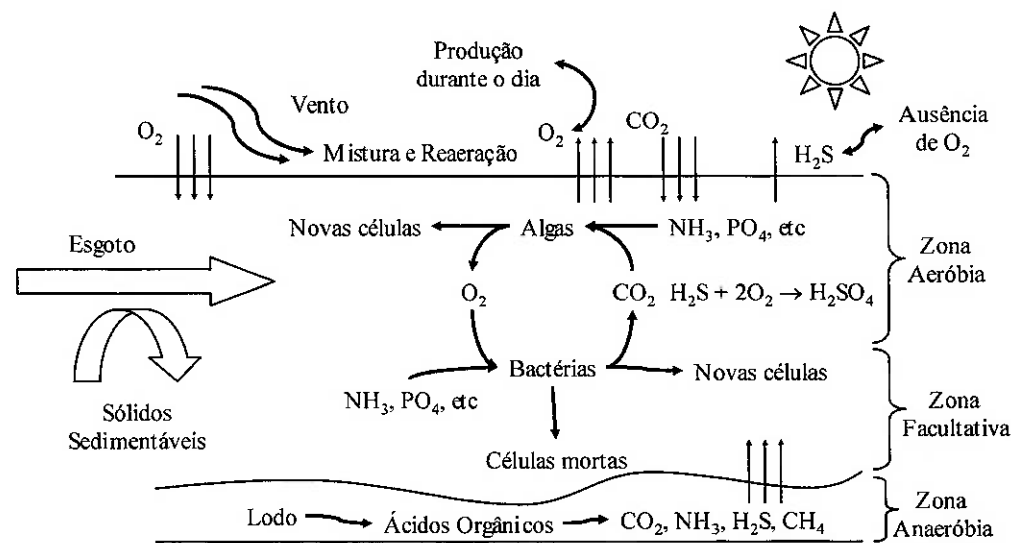


Figura 6: Transformações Bioquímicas em Lagoas Facultativas

Fonte: PIVELI, 2006.

É também devido à presença das algas que o efluente das lagoas facultativas possui cor verde, elevado teor de oxigênio dissolvido e sólidos em suspensão, embora não sejam sedimentáveis (algas).

Como a fotossíntese das algas depende da energia solar (como fonte de energia luminosa), à medida que se aprofunda na lagoa e, por conseguinte, a penetração da luz é menor, o consumo de oxigênio (respiração) vai predominando sobre a produção (fotossíntese), passando para a *zona facultativa*. Nesta, pelo fato da fotossíntese acontecer somente durante o dia, ocorrem ausências de oxigênio nos períodos sem luz. Portanto, é essencial que nessa zona haja diversos grupos de bactérias que possam sobreviver tanto na presença quanto na ausência de oxigênio. Algumas bactérias facultativas são capazes de se desenvolver e proliferar na ausência do oxigênio (anaeróbios facultativos verdadeiros) outras não (anaeróbios aerotolerantes).

Finalmente, logo abaixo da zona facultativa, encontra-se a *zona anaeróbia*, onde o lodo, composto pela matéria orgânica particulada e pelas algas mortas e das próprias bactérias, se acumula. Nessa zona, as bactérias que promovem a estabilização da matéria orgânica são estritamente anaeróbias.

5.5.3. Wetlands Construídas

Wetlands é um termo (do inglês) da ecologia, que designa áreas alagadas de modo geral. Segundo USEPA (1988), *wetlands* são áreas inundadas ou saturadas por água superficial ou subterrânea por frequência ou tempo suficiente para manter o solo permanentemente em condições saturadas. Podem ser pântanos, mangues, regiões de praias ou margens de rios, etc..., ou também as chamadas *wetlands* construídas (*constructed wetlands*). Para Kadlec e Knight (1995, p. 63), "o termo *wetland* é uma invenção relativamente recente para descrever ecossistemas transitórios entre sistemas terrestres [*uplands*] e sistemas aquáticos [*deeply flooded lands*]". A definição dada por Crites, Middelbrooks e Reed (2006) para *wetlands* é um local onde o nível d'água está no nível do solo ou acima dele tempo suficiente para mantê-lo saturado e o crescimento de uma vegetação relacionada.

Com o alto custo da energia elétrica utilizada e das tecnologias mais modernas, esses sistemas (de *wetlands* construídas) ganharam importância, principalmente para pequenas comunidades. O alto custo dos tratamentos de esgoto convencionais foi o que levou os engenheiros do mundo todo (Europa e Estados Unidos) a desenvolverem as chamadas *Wetlands* construídas (USEPA, 1988).

Wetlands construídas são sistemas de tratamento de esgoto que simulam o ambiente com as interações biológicas que ocorrem nas *wetlands* naturais.

Mesmo que o sistema possa ser projetado para atuar como um reator biológico e o potencial de absorção das plantas seja, de certa forma, suprimido, a presença de vegetação no sistema de *wetland* continua sendo essencial. Crites, Middlebrooks & Reed (2006) afirmam que o sistema de raízes consiste em uma das maiores fontes de oxigênio no sistema sub-superficial e a presença física de raízes, rizomas, folhas, galhos e detritos regula o fluxo de água e proporciona maiores oportunidades de contato com a comunidade biológica. Essas partes de vegetação submersas proporcionam um substrato para o desenvolvimento e suporte dos microrganismos, que são responsáveis por boa parte do tratamento. Os galhos e folhas acima da superfície proporcionam uma limitação à incidência da luz solar, controlando o crescimento da população de algas.

Existem basicamente dois tipos de *wetlands* construídas: (1) de fluxo superficial, (2) de fluxo sub-superficial horizontal e vertical:

(1) As *wetlands* construídas de fluxo superficial são sistemas onde o esgoto flui acima do nível do solo. São plantadas macrófitas emergentes (p. ex. taboa, *Craig campbell*) em um tanque impermeável de pequena profundidade. O biofilme que carrega a biomassa responsável pela estabilização do esgoto fica aderido na superfície das plantas. Um exemplo pode ser observado na Figura 7.



Figura 7: *Wetlands Construídas de Fluxo Superficial.*

Fonte: USEPA, 1999b, p1-4

Em sistemas de *wetlands* construídas desse tipo, as condições redutoras resultantes das inundações (CRITES, MIDDLEBROOKS & REED, 2006, p.270) favorecem bastante uma desnitrificação. Por isso, a remoção de nitrogênio desses sistemas de *wetlands* construídas é limitada pela capacidade de nitrificação, que depende, por sua vez, da disponibilidade de oxigênio dissolvido. Desta forma, esses sistemas são bastante recomendados para a remoção de nitrogênio na forma de nitrato, porém, não muito recomendado para uma nitrificação. A desnitrificação pode ocorrer nesses processos com a utilização da matéria orgânica proveniente das folhas e galhos das próprias plantas, não importando assim se ocorreu alguma remoção significativa em alguma etapa anterior a essa.

(2) As *wetlands* construídas de fluxo sub-superficial horizontal são sistemas que lembram filtros biológicos de fluxo horizontal. O esgoto a ser tratado atravessa um meio permeável (constituído de areia, pedregulhos, brita, etc...) que fica em estado de saturação permanente. Não há espelho d'água aparente nesse processo. São plantadas macrófitas¹⁰ sobre o leito filtrante,

¹⁰ O termo 'macrófita' (da biologia) é um termo utilizado para designar as plantas aquáticas superiores, porém não tem sentido taxonômico.

para que as raízes e rizomas adentrem e passem a constuir parte do meio. O biofilme que carrega a biomassa responsável pela estabilização do esgoto fica aderido no meio filtrante e nas raízes das macrófitas.

Para USEPA (1993), são duas as principais vantagens desse tipo de *wetlands* construídas sobre as de fluxo superficial. (a) Uma delas se deve ao fato de que o nível d'água fica abaixo da superfície, deste modo se reduz o risco de uma grande liberação de odores e da proliferação de mosquitos e vetores. A outra (b) é relacionada à grande superfície de contato para o tratamento que o meio permeável proporciona. Desta forma, a resposta do tratamento fica mais rápida, sendo assim necessário uma área construída menor para as mesmas condições do efluente. Um exemplo pode ser observado na Figura 8.

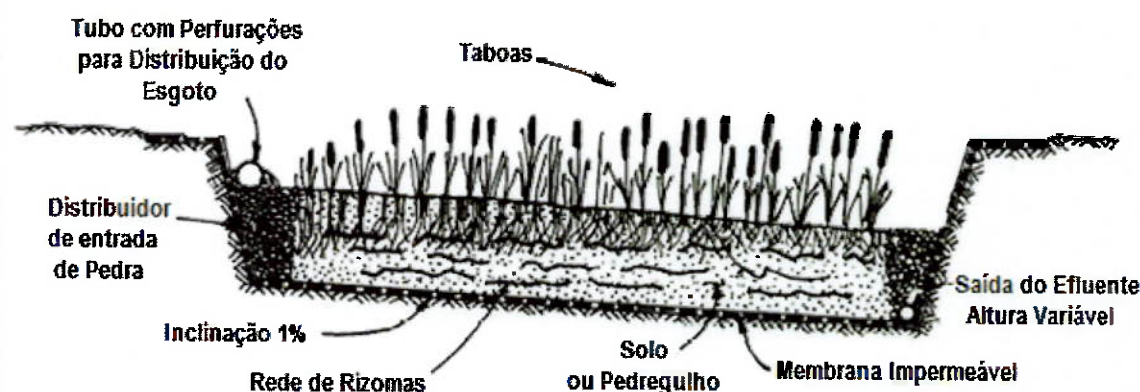


Figura 8: Wetlands Construídas de Fluxo Sub-superficial.

Fonte: USEPA, 1988, p. 16

Em relação à remoção de nitrogênio, este tipo de *wetlands* construídas leva vantagem sobre as de fluxo superficial, pois as raízes das plantas criam uma película aerada na sua superfície. Assim, é esperado a ocorrência de uma nitrificação em toda profundidade do leito em que as raízes penetrem. Nos espaços entre as raízes encontram-se pequenas zonas de anaerobiose, permitindo assim que todo o nitrogênio nitrificado seja desnitrificado por todo o leito conforme a nitrificação acontece. Apesar disso, esses tipos de *wetlands* construídas não possuem uma disponibilidade de matéria orgânica para a desnitrificação tão grande quantos as de fluxo superficial, que podem dispor da matéria orgânica dos galhos e folhas caídos.

As *wetlands* construídas de fluxo sub-superficial vertical são sistemas bastante similares a *wetlands* construídas de fluxo sub-superficial horizontal. A diferença consiste no fato que a descarga de efluentes ocorre em toda área

plana da *wetland*, área maior que o pequeno corte vertical de entrada da *wetland* horizontal, portanto, necessitando assim de uma área de entrada menor. A qualidade de purificação da *wetland* é uniforme em toda sua área. Distribuindo o efluente por toda a área, evita-se as incertezas e riscos de mal funcionamento por excesso de vazão.

Comparando a *wetland* de fluxo vertical descendente e ascendente, a primeira se destaca negativamente, pois sua disposição ocorre somente pelo despejo do efluente sobre a *wetland*, ação que prolonga a presença do esgoto no ambiente de contato humano, facilita a presença de mosquitos, odor proveniente de algas mortas ou aumento da poluição fecal. Apesar disso, as de fluxo descendente, têm uma grande vantagem pelo fato de permitir a incorporação do oxigênio dissolvido no lançamento do esgoto.

Sistemas ascendentes tendem a ser hidraulicamente auto-ajustáveis, resultando da redistribuição natural que ocorre em função do desvio de zonas entupidas. Além disso, mesmo que ocorra uma distribuição inicial não uniforme, essa será compensada pelos rápidos entupimentos que acontecerão nas áreas de fluxo preferencial, já que uma quantidade maior de nutrientes e sólidos em suspensão vai estimular o crescimento das raízes e aumentar o acúmulo de sedimentos nos interstícios da área.

5.5.3. Lagoas de Tratamento com Plantas Aquáticas

Esses processos são, vulgarmente falando, um meio termo entre *wetlands* construídas de fluxo superficial e lagoas de estabilização. Os processos biológicos que ocorrem nas lagoas de tratamento com plantas aquáticas são, deste modo, similares aos processos que ocorrem tanto nas *wetlands* construídas quanto nas lagoas de estabilização. As plantas que costumam ser utilizadas nesses processos são flutuantes: os aguapés (*Water hyacinth*, *Eichhornia crassipes*) e as Lentilhas D'água (*Duckweed*, *Lemna sp*) ou plantas submersas (da comumente encontrada para ornamentação de aquários). A Figura 9 mostra as espécies encontradas nesse tipo de tratamento.

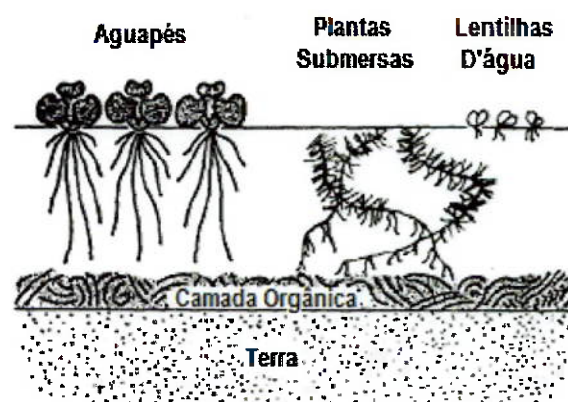


Figura 9: Plantas de Lagoas de Tratamento com Plantas Aquáticas

Fonte: USEPA, 1988, p.3

O tratamento nesses processos ocorre no biofilme aderido nas raízes das plantas flutuantes (ou nas próprias plantas, no caso das submersas), como nas *wetlands* construídas, e também em uma biomassa sobrenadante, como ocorre nas lagoas, além da deposição da matéria no fundo da lagoa. Porém, ao invés da oxigenação do meio ser efetuado pelas algas, ele é efetuado pelas plantas.

O processo é baseado na enorme velocidade em que esses tipos de plantas crescem e se reproduzem. Isso ocasiona um consumo considerável dos nutrientes dissolvidos (por *plant uptake*), o que corresponde por um atrativo desses processos.

De acordo com Metcalf & Eddy (1995) e USEPA (1988), um grande problema desses tipos de sistemas de tratamento de esgotos corresponde à grande produção de mosquitos e vetores. A solução mais adotada foi o controle por peixes que se alimentam das larvas dos mosquitos. Porém, para esses peixes sobreviverem, é necessário ou uma aeração complementar, ou um pré-tratamento, que deixa a carga aplicada bastante baixa.

Apesar de tudo, as diferentes espécies de plantas utilizadas apresentam alguns problemas e vantagens bastante características. As diferentes espécies utilizadas são:

(1) Aguapés (Water hyacinths, *Eichhornia crassipes*). Nas lagoas de tratamento que utilizam essa espécie, uma grande vantagem é a alta remoção de nitrogênio amoniacal. O nitrogênio é removido por consumo da planta (na época regular), por volatilização da amônia e nitrificação-desnitrificação. O nitrogênio pode florescer ligado às raízes, que provém oxigênio enquanto

microrganismos e a camada bêntica fornecem as condições anaeróbias e o carbono necessário para desnitrificação. O fósforo só é removido através do consumo das plantas.

A depleção de carbono inorgânico dissolvido na água e aumento da quantidade de oxigênio dissolvido devido à fotossíntese criam ótimas condições para volatilização da amônia.

Porém, uma grande desvantagem desse processo, é que uma remoção realmente efetiva de nutrientes só ocorre quando há um manejo bastante severo dos aguapés, não os deixando dominar mais que a metade da superfície do tanque. O problema desse manejo é que a grande velocidade de reprodução da espécie implica na necessidade de uma constante retirada de uma enorme quantidade de aguapés. Essa retirada, quando manual, também é dificultada pela grande massa que os aguapés atingem, podendo ter uma densa folhagem e raízes que medem de 0,5m a 1,2m aproximadamente (USEPA, 1988). Isso sem levar em conta a grande massa de água aderida à planta¹¹.

(2) Lentilhas D'água (*Duckweed*, *Lemna sp*). As lentilhas d'água também são plantas aquáticas que bóiam na superfície, porém, elas possuem dimensões bastante pequenas, diferentemente dos aguapés. Elas são plantas que também se desenvolvem com uma enorme velocidade e possuem dimensões menores que três ou quatro milímetros. Elas também removem satisfatoriamente os nutrientes (por *plant uptake*) e são de fácil remoção, devido ao tamanho reduzido.

O maior problema desses sistemas é que por possuírem uma massa bastante pequena, as lentilhas d'água são facilmente levadas pelos ventos. Quando expostas ao vento, elas se acumulam no canto das lagoas e também nos diques. Isso muitas vezes leva à decomposição, quando expostas ao sol intenso, o que gera um forte e desagradável odor.

Esse processo (lagoas de tratamento com lentilha d'água) é bastante usado nos EUA (USEPA, 1988). No Brasil, seu uso se restringe a algumas

¹¹ Esses problemas eram as principais queixas dos operadores de um sistema de tratamento que contava com a utilização de aguapés localizada em São Bernardo do Campo (bairro Jardim dos Pinheiros). Devido a essas dificuldades operacionais, a ETE em questão (ETE Pinheirinho) removeu essa lagoa com aguapés do sistema, após menos de um ano de operação.

estações no Paraná. Ainda conforme afirma USEPA (1988), a vantagem de lagoas com lentilhas d'água sobre as lagoas facultativas convencionais é a redução das algas no efluente final¹².

(3) Plantas Submersas. Vários experimentos provaram que minerais podem ser absorvidos diretamente pelas folhas dos vegetais quando submersos, porém não há estudos relativos à capacidade de absorver nutrientes das raízes de plantas submersas. Estas, porém, só sobrevivem bem em ambientes bastante oxigenados, e portanto em *wetlands* com pouca quantidade de matéria orgânica biodegradável, que devido à sua decomposição, gerará um ambiente anóxico. Ainda a turbidez da água não deve ser muito alta, impedindo a luz de penetrar até as plantas. O principal potencial das plantas submersas (macrófitas) é para tratamento secundário de efluentes ou "polimento".

Para USEPA (1988), essa constitui a maior dificuldade na utilização desses tipos de lagoas com plantas aquáticas, pois qualquer aumento na turbidez por um período de tempo um pouco maior ocasiona em uma desestabilização completa no ambiente. Isso acarreta na impossibilidade da realização de fotossíntese pelas plantas submersas, que conseqüentemente morrerão dentro de um período curto de tempo. Assim, elas entrarão em decomposição, causando a liberação da matéria orgânica e os nutrientes absorvidos, e o sistema entrará em colapso, necessitando novamente o desenvolvimento de novas plantas. A maior dificuldade no não aumento da turbidez é porque qualquer aumento da carga orgânica com uma insolação suficiente ocasiona um rápido brotamento de algas fotossintetizantes, e, conseqüentemente, um aumento da turbidez e colapso do sistema.

No Brasil, entretanto, não há relatos de tentativas de utilização desses processos de tratamento, por lagoas de tratamento de esgotos com plantas submersas.

¹² Por reduzir bastante a insolação que atravessa a superfície da lagoa, a população de algas também é bastante reduzida.

6. CONSIDERAÇÕES SOBRE A ESCOLHA DO PROCESSO DE TRATAMENTO A SER UTILIZADO

O Instituto Ikoi-no-sono foi quem solicitou a execução desse projeto e será responsável pela captação da verba para a sua implantação. Além disso, ele ainda se dispôs a ceder a área necessária para a construção da estação de tratamento de esgotos. É interessante ainda ressaltar a posição adotada pelo instituto, que em nenhum momento, cogitou remover a população da área invadida. Muito pelo contrário, se dispôs a fornecer um sistema de esgotamento sanitário para a população sem que essa sofra qualquer ônus por isso. Mesmo que a área do instituto também tenha sido invadida por algumas residências, ele optou por tentar tornar essa convivência o mais pacífica possível, de modo a minimizar os conflitos existentes. Uma função, que é do poder público, teve que ser desempenhada por uma instituição sem fins lucrativos.

Deste modo, quatro premissas foram elaboradas para a escolha da opção de tratamento mais adequada para o problema:

(1) A solução mais adequada deverá ser a que envolva o menor custo de implantação e de operação, mesmo que isso acarrete em uma área construída maior.

(2) Devido às circunstâncias já apresentadas anteriormente, provavelmente a ETE será operada pelos funcionários do próprio instituto¹³. Portanto, um dos fatores mais relevantes para a escolha do processo de tratamento será a facilidade de operação do processo.

(3) Como o projeto está localizado em meio a uma população de baixa renda, não se espera que a mesma apresente uma grande noção de educação ambiental, de higiene ou de saúde. Especificamente os processos de tratamento por lagoas de estabilização apresentam problemas quando localizadas perto de residências de baixa renda. Isso ocorre porque por mais que haja placas de aviso e cercas em torno das lagoas, a população do entorno dessas ETEs costuma invadir essas estações de tratamento de esgotos para a prática de atividades de lazer (nadar e pescar, p. ex.). Por esse

¹³ Existe a possibilidade de tentar passar a operação da ETE para o órgão público responsável (SAAE), porém a princípio, será considerado que a operação e a manutenção será executada pelo próprio instituto Ikoi-no-sono.

motivo, processos similares (p. ex. *wetlands* construídas) que não apresentam esses problemas terão preferência no processo de escolha.

7. MATERIAIS E MÉTODOS

Todo o projeto desenvolvido foi baseado na revisão bibliográfica, que foi elaborada antes de todo o resto. No entanto, de acordo com as necessidades de embasamento teórico que foram surgindo, foi dada continuidade ao desenvolvimento da revisão.

Como descrito na revisão bibliográfica, as etapas a serem desenvolvidas para a concepção do sistema de esgotamento sanitário foram basicamente: (1) Identificação e quantificação de todos os fatores intervenientes com o sistema de esgotamento sanitário. (2) Estabelecimento dos parâmetros básicos de projeto. (3) Pré-dimensionamento das unidades dos sistemas, para as alternativas selecionadas. (4) Escolha da alternativa mais adequada mediante a comparação técnica, econômica e ambiental, entre as alternativas. (5) Estabelecimento das diretrizes gerais dos serviços que devem ser executados na fase de projeto.

7.1. Identificação e quantificação de todos os fatores intervenientes com o sistema de esgotamento sanitário

Essa etapa corresponde principalmente ao levantamento dos dados e das características relativos à comunidade correspondente ao projeto. Nesses dados, incluem-se a localização do empreendimento, a infra-estrutura pré-existente à implantação do projeto, a população estimada na área de estudos, os cadastros existentes da prefeitura atualizados (sistema de abastecimento de água, de esgotos sanitários, energia elétrica, etc.), as condições sanitárias atuais e os estudos, projetos e levantamentos já existentes.

Essa etapa, apesar de bastante simples, foi extremamente demorada. A companhia de saneamento básico responsável (SAAE) colaborou com os dados. Foram disponibilizadas para o projeto algumas plantas da região: uma topográfica, uma das ruas e vias e uma da rede coletora de esgotos existente.

O que demorou bastante foi justamente a obtenção dos dados com a companhia de saneamento básico. Apesar da boa vontade dos funcionários da SAAE, que colaboraram com os dados, a demora foi grande. Primeiramente

foram necessárias diversas ligações (portanto, algumas semanas) para descobrir realmente alguém que pudesse fornecer os dados. Falando já com a pessoa certa, esta precisou dispor de um certo tempo para encontrar os dados do local, o que acarretou na espera de mais algumas semanas. Enquanto na teoria parecia ser bastante simples, na prática, cada pequeno passo se revelou um novo problema que custou algum tempo. Até encontrar o lugar exato da comunidade e entrar em consenso com o funcionário do SAAE para levantar os dados, por exemplo, custaram algumas ligações e trocas de emails. Como se trata de uma região bastante periférica, e a periferia de Guarulhos é extremamente grande, os dados não foram tão facilmente localizados e identificados.

Com todos esses empecilhos, uma etapa que se pensava que seria bastante rápida, acabou se estendendo por todo o primeiro semestre de 2008. Além da demora para conseguir as plantas da região, essa etapa foi concluída sem a obtenção de todos os dados que se esperava conseguir. Como a comunidade de estudo é composta por residências construídas em terrenos invadidos ilegalmente, nem o SAAE e nem a prefeitura possuem um cadastramento da população, ou dados populacionais, que são necessários para o desenvolvimento do projeto.

7.2. Estabelecimento dos parâmetros básicos de projeto

Com base nos dados adquiridos na etapa anterior a esta, podem ser determinados os parâmetros básicos de projeto. Tais incluem a população a ser atendida, a carga orgânica adotada, projeção da população da área de estudos, características topográficas e do solo e as características do corpo receptor que condicionarão o tratamento proposto.

De posse das plantas topográficas e de ruas, foi possível delimitar exatamente a sub-bacia de estudo e sobrepor a uma foto aérea (essa imagem foi apresentada anteriormente na 'Descrição do local de estudo'). Como esperado, observamos que não existe a possibilidade de ligação do esgoto coletado a uma rede de esgoto que leve a uma estação de tratamento. O corpo receptor será o lago do instituto Ikoi-no-sono, pois é o único corpo receptor que pode receber o efluente após o tratamento sem a necessidade de bombeamento, apenas por gravidade.

Observando a topografia da região, pode-se perceber também que tanto a coleta quanto a estação de tratamento poderão funcionar por gravidade, sem a utilização de bombas.

7.2.1. Dados de população

Como mencionado anteriormente, a determinação do volume do esgoto não pôde ser determinada a partir de dados já existentes. Para realizar esta tarefa, fez-se necessária a coleta de dados populacionais em campo.

7.2.1.1. Encontros e desencontros, pequena odisséia em busca dos dados populacionais

Para obter os dados, o grupo primeiramente pensou em fazer um estudo de estatística populacional: (a) calcular um número mínimo de casas (amostra significativa) para que se pudesse representar toda a população com apenas uma parte dela; (b) escolher aleatoriamente algumas casas com uma folga para garantir a aleatoriedade; (c) bater de porta em porta nas casas escolhidas e perguntar quantos moradores as habitavam; e (d) finalmente extrapolar o número médio de moradores das casas encontrado para toda a população estudada obtendo assim o número total de moradores.

Essa foi a idéia com a qual o grupo chegou no instituto Iko-no-sono, na sexta-feira, dia 29 de agosto, começo de tarde. Assim, o plano era: parar o carro dentro do instituto; procurar algum líder comunitário ou agente comunitário (agente de saúde) para facilitar a entrada na comunidade sem maiores perigos; e realizar a pesquisa. Ao parar o carro no instituto para poder prosseguir a pé, a secretária incumbiu um dos auxiliares de manutenção do instituto de acompanhar o grupo, o Josué (nome fictício), pois ele mora em uma região próxima e, portanto, poderia auxiliar a encontrar os lugares necessários.

No para a comunidade, Josué estava bastante apreensivo em relação a empreitada, e iniciou-se uma conversa para descobrir a razão. Foi então que Josué contou que a população da Vila Real estava bastante desconfiada e “ressabiada”. Ele contou que sempre que chegam as épocas de eleição, as pessoas começam a ameaçar a população da Vila Real, pois como se trata quase sempre de propriedades invadidas, eles têm muito medo de serem despejados. Josué disse que não depende muito de quem acaba vencendo as eleições, as pessoas sempre vêm ameaçar de despejo independente disso. O

discurso é de que algum parente ou amigo próximo do dono do terreno foi (será) eleito, e isso aumentaria o poder político. Até aí talvez que não fosse tão injusto, apenas proprietários querendo seus direitos. Porém, parece que normalmente, não são os donos dos terrenos que fazem isso, dizem que na maioria das vezes são outros tipos de posseiros que falsificam documentos e tentam despejar os outros para lhes tomarem os imóveis. Por causa dessas ameaças, a população se encontrava em um estado de alerta, e Josué temia que o grupo não fôsse bem recebidos se começássemos a bater nas portas das pessoas com perguntas sobre os moradores. Como se trata de uma comunidade bastante carente na periferia de Guarulhos (onde o índice de criminalidade é altíssimo), começou-se a preocupação com o que seria ser "mal recebido".

Mesmo assim, seguimos rumo a uma casa a qual Josué disse ser o local de um núcleo da população, onde poderia-se encontrar algum tipo de líder comunitário. Era uma construção bastante precária e pequena, construída de materiais que pareciam provir de restos de entulho, com uma plaqueta de madeira dizendo que era lá mesmo o local. Porém, essa casa estava vazia, e Josué confirmou que raramente que passava por lá avistava alguém lá dentro.

Prosseguindo no rumo então para um posto de saúde da região, que era o posto responsável pela população da Vila Real. Lá a empreitada começou a obter êxito. Era a Unidade de Saúde da Família "Jardim Normandia", da prefeitura de Guarulhos - Secretaria da Saúde - Seção Técnica da Unidade Básica de Saúde- Estrada da Água Chata, 987 0 Jd Normandia, CEP: 07252-000 tel: 6480-1202 (adm) / 6496-9008 (posto saúde).

No posto, foi conversado com a atendente Ana Luisa, que ajudou esclarecendo algumas dúvidas sobre a confusa região (ela que mostrou um mapa feito de colagens sobre cartolina que mostrava que a delimitação da nossa área de estudos era praticamente a Vila Real), e principalmente, apresentou Rosalvo aos integrantes do grupo. Rosalvo é o agente de saúde responsável pela Vila Real. Ele mora dentro da região de estudos, na Rua do Córrego, nº 260, e, dessa forma, é quem sempre faz toda a coleta de dados populacionais e sobre saúde pública no local, ele conhece os moradores, e está sempre fazendo um recenseamento atualizado da área. Ele disse que realmente foi uma sorte não chegar direto na população para os

questionamentos sem o auxílio de Josué, e forneceu os dados que tanto necessários para poder dar continuidade ao estudo. Segundo ele, a grande dificuldade de lidar com dados da população não muito atualizados, é que esta flutua muito, devido às constantes migrações que ocorrem dos moradores para o norte e nordeste do país e as migrações contrárias, como já foi mencionado anteriormente.

Rosalvo ainda deixou a garantia que quando alguém precisar entrar em contato com a população é só aparecer na casa dele ou na rua mesmo e perguntar por 'Rosalvo, o agente de saúde'. E provavelmente será necessário, antes do início qualquer tipo obra, e também quando for preciso iniciar algum trabalho de educação ambiental, já que este é essencial para complementar qualquer obra de engenharia ambiental, além das obras de engenharia.

E assim, foi na Unidade de Saúde da Família "Jardim Normandia" que concluiu-se essa jornada do dia 29 de agosto de 2008 com êxito. Conseguiu-se todos os dados necessários, foi encontrado um ótimo contato para poder se comunicar com a população quando precisar, e de brinde o grupo ainda recebeu uma aplicação de vacina contra rubéola em todos os integrantes.

7.2.1.2. Definição da população

Como se trata de uma população urbana de baixa renda, adotaremos os valores de carga orgânica produzida costumeiros para esse tipo de estudos, de $DBO = 0,054kg / hab * d$.

A população, segundo o último recenseamento do agente de saúde responsável, é de 167 famílias, num total de 680 pessoas.

Para o dimensionamento da rede coletora de esgotos e do processo de tratamento, será adotado um fim de plano de 20 anos. Para o cálculo da população no fim de plano, será utilizada a fórmula de crescimento exponencial (ALEM SOBRINHO e TSUTIYA, 2000).

Para estimar a população de fim de plano, foi utilizado duas populações, 680 pessoas atualmente (no ano de 2008), e 600 pessoas no ano de 2003. Para a obtenção desse último dado, foi necessário entrar em contato novamente com o agente de saúde Rosalvo, que forneceu esse dado. Deste modo, a população de projeto para 20 anos calculada é de 755 pessoas.

No projeto, foi adotada a vazão de 200l/hab.d, os coeficientes de máxima vazão diária e horária, respectivamente, $k_1 = 1,2$, e $k_2 = 1,5$. O coeficiente de retorno adotado foi de 0,8, e a taxa de infiltração de 0,6L/s/km.

Assim:

Cálculo da Vazão para Início de Plano	
Vazão média (m ³ /d)	160,1
Vazão mínima (m ³ /d)	80,1
Vazão máxima (m ³ /d)	247,2
Cálculo da Vazão para Final de Plano	
Vazão média (m ³ /d)	172,1
Vazão mínima (m ³ /d)	86,1
Vazão máxima (m ³ /d)	268,8

7.2.2. Análise preliminar das alternativas de tratamento

As possibilidades de tratamento mencionadas na revisão bibliográfica são: (1) lagoas anaeróbias; (2) decanto-digestores; (3) reatores anaeróbios de fluxo ascendente; (4) lagoas de estabilização; (5) wetlands construídas; (6) lagoas de tratamento com plantas aquáticas.

(1) As lagoas anaeróbias não são uma tecnologia recomendada para esse projeto, pois elas podem sempre exalar um forte odor de gás sulfídrico. Isso seria muito ruim, tanto para a população quanto para o instituto Ikoi-no-sono. Apesar de haver algumas medidas que podem ser tomadas para eliminar esse problema (p. ex. reciclo do efluente final na área de entrada do afluente), esse controle requer uma operação mais delicada. Além disso, para a utilização de lagoas anaeróbias, seria necessário a complementação do tratamento com lagoas facultativas.

(2) Decanto-digestores são processos de tratamento que não apresentam desvantagens significativas para o projeto atual especificamente, se houver um pós-tratamento. Deste modo, os decanto-digestores serão analisados posteriormente. Um tratamento composto por um tanque séptico seguido de um filtro anaeróbio é também uma alternativa interessante a ser analisada, apesar de não apresentar nenhuma possibilidade de remoção de nutrientes.

(3) Apesar de sabidamente os RAFAs apresentarem custos de manutenção e operação superiores aos decanto-digestores, eles também são

uma possibilidade a ser estudada e comparada. Assim, os RAFAs também seguirão para a etapa de pré-dimensionamento.

(4) Como discutido antes, as lagoas de estabilização apresentam o grande problema de atrair a população para a prática de atividades de lazer. Como a tecnologia de *wetlands* construídas apresenta respostas de tratamento similares às lagoas facultativas, com requisito de operação, manutenção e de área também similares, foi dada preferência no presente estudo à adoção de *wetlands* construídas.

(5) Nas *wetlands* construídas de fluxo vertical, o nível de tratamento se resume à altura da wetland, que não pode ser muito maior que 30cm, pois não pode superar muito a rede radicular das plantas. Deste modo, essas são mais empregadas quando o objetivo é uma configuração mais complexa entre diferentes tipos de *wetlands* para um tratamento mais sofisticado, ou quando se necessita de um pós tratamento. Assim, as *wetlands* construídas de fluxo sub-superficial vertical não foram estudadas para o presente caso.

As *wetlands* construídas se apresentam como uma parte essencial para o tratamento, pois o efluente final dos tratamentos anaeróbios não chega isoladamente à níveis de qualidade suficientemente bons para ser lançado diretamente nos corpos d'água. A adoção de um tratamento anaeróbio combinado a uma *wetland* construída, segundo Chernicharo (2001) e Campos (1999), minimizam bastante a necessidade de área da *wetland* construída (ou algum outro tipo de tratamento posterior), diminuindo assim, tanto seu custo de implantação quanto seu custo de manutenção.

Portanto, foi estudado posteriormente as possibilidades de se adotar sistemas de *wetlands* construídas em série com algum tratamento anaeróbio, dimensionados de modo a otimizar a remoção de nutrientes.

(6) Os sistemas de lagoas de tratamento com plantas aquáticas flutuantes demonstraram, no estudo desenvolvido na revisão bibliográfica, um custo de manutenção associada à mão de-obra muito superior a sistemas que apresentam uma eficiência similar. Portanto, essas lagoas não foram consideradas nos estudos posteriores. Pela fragilidade do sistema de lagoas de tratamento com plantas aquáticas submersas, já relatados na revisão bibliográfica, não se levou adiante a análise desse tipo de tratamento.

7.2.3. Limites do projeto

Tratamentos de esgotos podem ser separados em quatro níveis: tratamento preliminar, primário, secundário e terciário. O preliminar remove apenas os sólidos grosseiros; o primário, a matéria orgânica particulada; o secundário, a dissolvida, e o tratamento terciário ou pós-tratamento, os patógenos e os nutrientes.

Em países em desenvolvimento, como já discutido anteriormente, é bastante comum que o esgoto seja lançado *in-natura* nos corpos d'água. Na introdução, foi visto que no Brasil, o esgoto raramente recebe qualquer tipo de tratamento. Quando recebe, quase sempre é um tratamento primário ou secundário, muito raramente é terciário.

Desta forma, o parâmetro usado para o dimensionamento de estações de tratamento de esgotos no Brasil é a carga orgânica, com base na demanda bioquímica de oxigênio (de 5 dias a 20°C). Para atender a legislação, o efluente lançado deve ter uma concentração de DBO menor que 60mgO₂/L ou o tratamento deve remover mais que 80% da DBO de entrada.¹⁴

Além do dimensionamento do tratamento baseado na cinética da conversão da matéria orgânica, ele também foi dimensionado para a remoção do nitrogênio amoniacal. Como o esgoto tratado será lançado em um pequeno córrego, a ETE foi dimensionada de modo a não deixar que esse córrego ultrapasse os limites de um corpo receptor de classe 2.

Para isso, segundo a Resolução CONAMA 357/05, o córrego não deverá apresentar DBO de 5 dias a 20°C superior a 10 mg/L O₂, nem a concentração de nitrogênio amoniacal total superior a 3,7mg/L N (para pH < 7,5), após o lançamento.

Para estimar a vazão do córrego, utilizamos a média da chuva mensal de 1934 até 2008 retirada da página de internet do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos de São Paulo¹⁵ (SigRH):

CHUVA MENSAL, média de 1934 até 2008												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
pp(mm)	229,23	243,12	177,09	73,86	59,95	53,00	36,99	36,03	75,45	120,75	132,80	205,16
dias	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Q (m/s)	0,0056	0,0066	0,0043	0,0019	0,0015	0,0013	0,0009	0,0009	0,0019	0,0030	0,0034	0,0050
Q (L/s)	5,621	6,600	4,342	1,871	1,470	1,343	0,907	0,884	1,912	2,961	3,365	5,031

¹⁴ Segundo regulamenta o item V do artigo 18º do Decreto Estadual 8.468 de 1976.

¹⁵ www.sigrh.sp.gov.br/.

Área (km ²)	0,0493
Vazão média (L/s)	3,0255
Vazão mínima (L/s)	0,884

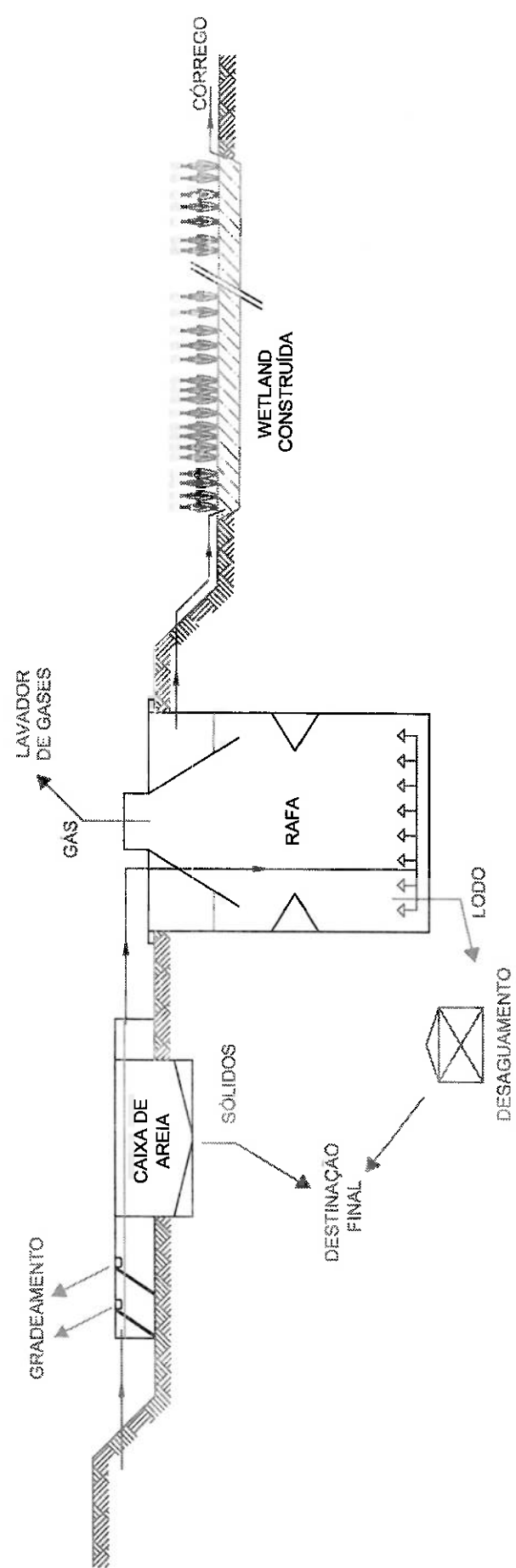
Assim, utilizaremos a vazão mínima de 0,884L/s.

7.3. Pré-dimensionamento das unidades dos sistemas

Os cálculos de pré-dimensionamento das unidades de tratamento, foram efetuados para a população atual e para final de plano.

Como discutido no item 7.2.2. (Análise preliminar das alternativas de tratamento), os processos dimensionados nessa etapa são:

- (1) RAFA + *Wetland* Construída;
- (2) Tanque Séptico + *Wetland* Construída;
- (3) Tanque Séptico + Filtro Anaeróbio.

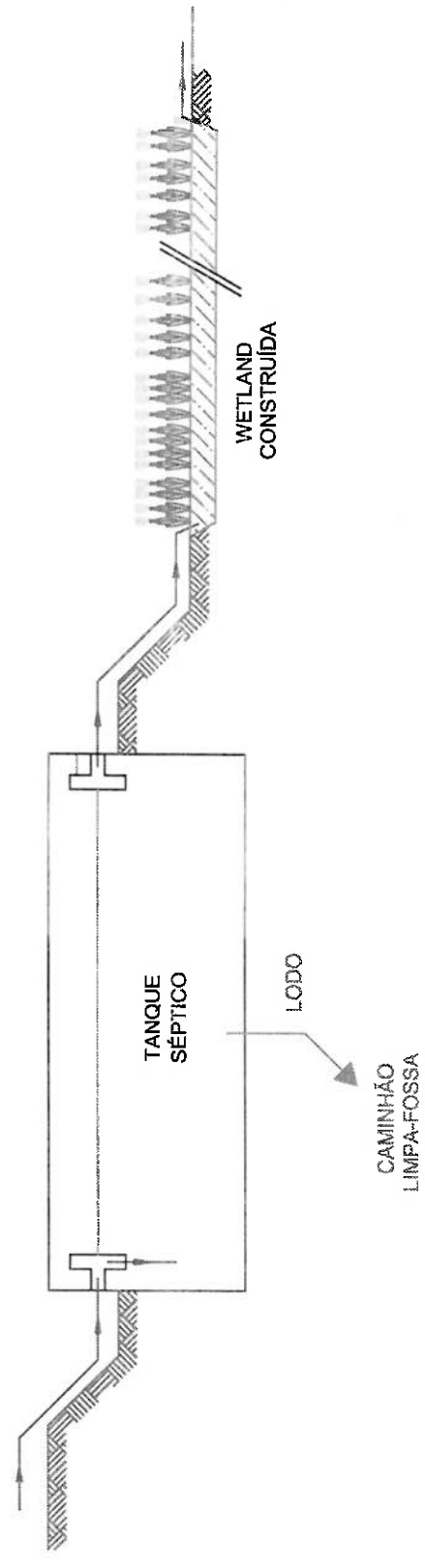


Empreendimento : IKOI NO SONO

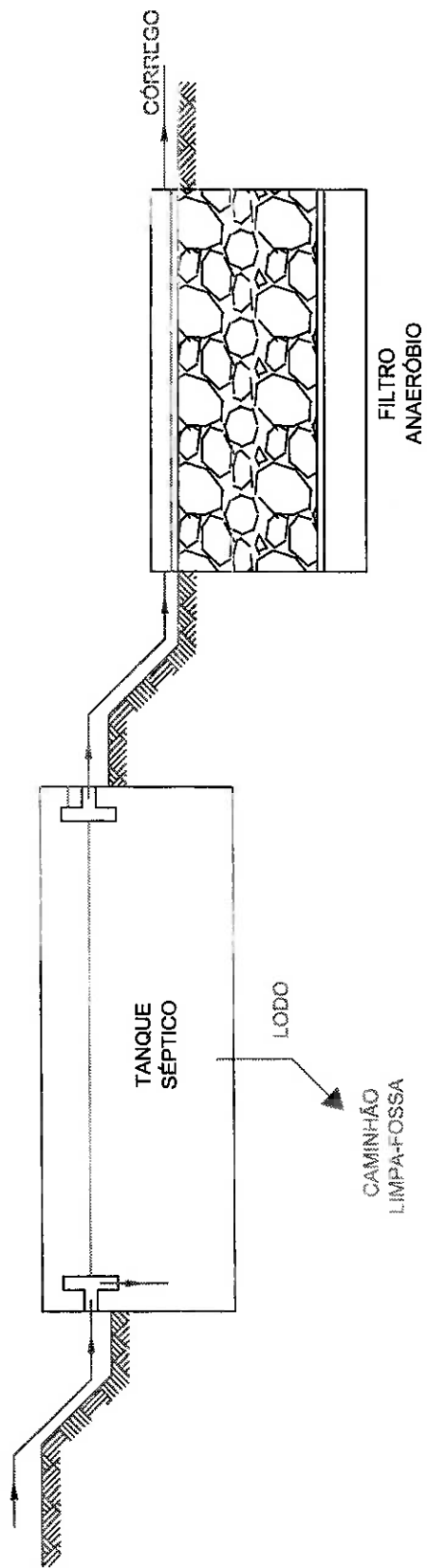
Local : GUARULHOS

Título : FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE TRATAMENTO
COM RAFA E WETLAND

Data	14/11/08
Escala	1:100



Empreendimento : IKOI NO SONO	
Local :	GUARULHOS
Título : FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE TRATAMENTO COM TANQUE SÉPTICO E WETLAND	
Data	14/11/08
Escala	1:100



Empreendimento : IKOI NO SONO	
Local : GUARULHOS	
Título : FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE TRATAMENTO COM TANQUE SÉPTICO E FILTRO ANAERÓBIO	
Data 14/11/08	Escala 1:100

7.3.1. Parâmetros Básicos

A carga orgânica adotada será de:

$$DBO_{af} = 0,054 \text{ kg} / \text{hab} * d$$

$$\text{e, } DQO_{af} = 0,1 \text{ kg} / \text{hab} * d$$

Para determinar a constante de reações de 1ª ordem relativa à dependência da temperatura (d^{-1}) para remoção de DBO, usamos as condições:

$$\theta = 1,06$$

$$T = 15^{\circ} C$$

Para WSS, tanto Crites, Middlebrooks & Reeds (2005, p.346), quanto USEPA (1993, p.3-8), recomendam que a constante de reações de 1ª ordem para 20°C seja $K_{20} = 1,104 d^{-1}$

Para o nitrogênio amoniacal, foi adotada a constante $K_{NH} = 0,41074 d^{-1}$.

Assim:

Carga orgânica e Constantes Kt	
DBO de entrada (kgDBO/d)	36,7
DQO de entrada (kgDQO/d)	68,0
K_{20} , WSS (d^{-1})	1,104
K_{NH} (d^{-1})	0,41074

7.3.2. RAFA + Wetland Construída

Início de plano:

RAFA:	
	Legenda: valor adotado
Dados	
População (habitantes)	680
Vazão Afluente média (m3/dia)	160,1
Vazão Afluente máxima (m3/dia)	247,16
DQO afluente (kg/dia)	75,5
DBO afluente (kg/dia)	40,77
T °C esgoto mês mais frio	23
Coeficiente de Produção de sólidos (kg SST/kgDQO)	0,18
Coeficiente de Produção de sólidos, em termos de DQO (kg DQO lodo/kgDQO apl)	0,21
Concentração esperada para o lodo de descarte (%)	4
Densidade do Lodo (kg SST/m3)	1020
K (g DQO/mol CH4)	64
R constante dos gases (atm.L/mol°K)	0,08206
Pressão Atmosférica (atm)	1
Cálculo Inicial	

Carga Afluente Média (kg DQO/dia)	75,5	
TDH (h)	8	
V reator (m3)	53,37	
número de módulo de reatores	1	
Volume de cada módulo (m3)	53,37	
H (altura do reator m)	4,5	
área de cada reator (m2)	11,86	
Comprimento (m)	3,5	
Largura (m)	3,0	
Verificação		
área total corrigida (m2)	10,5	
Volume total corrigido (m3)	47,25	
TDH corrigido (h)	7,1	
COV (kgDQO/m3.dia)	1,60	<15 ok!!!
CHV (m3/m3.dia)	3,39	<=5
velocidade média superficial (m/h)	0,635	0.5<v<0.7
velocidade máxima superficial (m/h)	0,981	0.9<v<1.1
Sistema de Distribuição de Esgoto Afluente		
pontos de distribuição	3	
comprimento do reator (m)	5	
	1,67	m
área de influência (m2)	2,8	
Número de Tubos	3,78	
ao longo do comprimento de cada reator	3	
ao longo da largura de cada reator	2	
área de influência corrigida (m2)	0,875	
Estimativa da Eficiência		
Remoção de DQO (%)	65,7	
Remoção de DBO (%)	73,7	
Concentração DQO no efluente final (mg/L)	162	
Concentração DBO no efluente final (mg/L)	67	
Produção de Metano		
DQO CH4 (kg DQO/dia)	33,77	
K(t) kg DQO/m3	2,63	
Q CH4 (m3/dia)	12,82	
Produção de Biogás		
Q biogás (m3/dia)	17,1	
Coletores de Gases		
Número de coletores de gases	1	
Comprimento de cada coletor (m)	3,0	
Comprimento total dos coletores (m)	3	
Largura de cada coletor de gás (m)	0,15	
Área total dos coletores de gás (m2)	0,45	
Verificação da taxa de liberação de biogás (m3/m2.h)	1,58225	>1 ok!!!!
Dimensionamento das aberturas para o decantador		
Numero de separadores trifásicos		
Numero de aberturas Simples	0	
Numero de aberturas Duplas	2	
Numero equivalente de abertura simples	4	
Comprimento de cada abertura (m)	3,0	
Comprimento equivalente de abertura simples (m)	12	
Largura de cada abertura (m)	0,45	
Área total das aberturas (m2)	5,4	

Verificação das velocidades através das aberturas		
Velocidade média (m/h)	1,235506	<2 ok!!!
Velocidade máxima (m/h)	1,907111	<4 ok!!!
Dimensionamento do compartimento de decantação		
Numero de compartimentos de decantação	2	
Comprimento de cada decantador (m)	3,0	
Comprimento total de decantadores (m)	6	
Largura de cada coletor de gás (m)	0,3	
Largura de cada compartimento de decantação (m)	1,75	
Largura útil de cada decantador (m)	1,45	
Área total de decantadores (m ²)	8,7	
Verificação das taxas de aplicação superficiais nos decantadores		
Velocidade média (m/h)	0,77	0.6<v<0.8
Velocidade máxima (m/h)	1,18	<1.2 ok!!!
Avaliação da produção de lodo		
P lodo (kg SST/dia)	13,59	
V lodo (m ³ /dia)	0,3	

Nitrificação:

Wetland construída de escoamento sub-superficial (WSS)		
Legenda:		valor adotado
Dados		
NH3 afluente	40	
Vazão do corpo receptor (L/s)	0,884	
Concentração objetivo à jusante (mg/L)	3,7	
Vazão (m ³ /dia)	160,1	
NH3 efluente (projeto, mg/L)	5,46	
Temperatura (°C)	20	
Fração do leito ocupado pela zona de raízes (decimal)	1	
KNH (d ⁻¹)	0,41074	
Teta	1,048	
Kt (d ⁻¹)	0,4107	
Gradiente hidráulico ou declividade (decimal)	0,02	
Porosidade (% em decimal)	0,4	
Condutividade hidráulica do meio, Ks (m ³ /m ² d)	10065	
Cálculo		
Área superficial (m ²)	5542,7	
Resultados		
Tempo (dias)	4,85	
Profundidade (m)	0,35	
Comprimento (m)	554,27	
Largura (m)	10,00	
Relação Largura: Comprimento 1:		55,4

Estimativa da carga orgânica efluente, com o sistema dimensionado para a remoção de nitrogênio amoniacal:

Wetland construída de escoamento sub-superficial (WSS)		
Legenda:		valor adotado

Dados	
DBO afluente	67
Vazão (m3/dia)	160,12
Temperatura (°C)	20
K20 (d ⁻¹)	1,104
Teta	1,06
Área superficial (m2)	5542,7
Porosidade (% em decimal)	0,4
Profundidade (m)	0,35
Kt (d ⁻¹)	1,1040
Resultado	
DBO efluente	0,3

Cálculos para o final de plano, adotando a implantação de um reator extra para a vazão sobressalente:

RAFA:	
Legenda: valor adotado	
Dados	
População (habitantes)	680
Vazão Afluente média (m3/dia) (Q _{máx} ,f.d.plano - Q _m)	108,6
Vazão Afluente máxima (m3/dia)	195,6
DQO afluente (kg/dia)	75,5
DBO afluente (kg/dia)	40,77
T °C esgoto mês mais frio	23
Coefficiente de Produção de sólidos (kg SST/kgDQO)	0,18
Coefficiente de Produção de sólidos, em termos de DQO (kg DQO lodo/kgDQO apl)	0,21
Concentração esperada para o lodo de descarte (%)	4
Densidade do Lodo (kg SST/m3)	1020
K (g DQO/mol CH ₄)	64
R constante dos gases (atm.L/mol°K)	0,08206
Pressão Atmosférica (atm)	1
Cálculo Inicial	
Carga Afluente Média (kg DQO/dia)	75,5
TDH (h)	8
V reator (m3)	36,21
número de módulo de reatores	1
Volume de cada módulo (m3)	36,21
H (altura do reator m)	2,5
área de cada reator (m2)	14,49
Comprimento (m)	3,0
Largura (m)	2,5
Verificação	
área total corrigida (m2)	7,5
Volume total corrigido (m3)	18,75
TDH corrigido (h)	4,1
COV (kgDQO/m3.dia)	4,03
CHV (m3/m3.dia)	5,79
velocidade média superficial (m/h)	0,604
velocidade máxima superficial (m/h)	1,086
Sistema de Distribuição de Esgoto Afluente	

pontos de distribuição	3	
comprimento do reator (m)	5	
	1,67	m
área de influência (m ²)	2,8	
Número de Tubos	2,7	
ao longo do comprimento de cada reator	3	
ao longo da largura de cada reator	2	
área de influência corrigida (m ²)	0,625	
Estimativa da Eficiência		
Remoção de DQO (%)	58,6	
Remoção de DBO (%)	65,6	
Concentração DQO no efluente final (mg/L)	287	
Concentração DBO no efluente final (mg/L)	129	
Produção de Metano		
DQO CH ₄ (kg DQO/dia)	28,43	
K(t) kg DQO/m ³	2,63	
Q CH ₄ (m ³ /dia)	10,79	
Produção de Biogás		
Q biogás (m ³ /dia)	14,4	
Coletores de Gases		
Número de coletores de gases	1	
Comprimento de cada coletor (m)	2,5	
Comprimento total dos coletores (m)	2,5	
Largura de cada coletor de gás (m)	0,15	
Área total dos coletores de gás (m ²)	0,375	
Verificação da taxa de liberação de biogás (m ³ /m ² .h)	1,598253	>1 ok!!!!
Dimensionamento das aberturas para o decantador		
Numero de separadores trifásicos		
Numero de aberturas Simples	0	
Numero de aberturas Duplas	2	
Numero equivalente de abertura simples	4	
Comprimento de cada abertura (m)	2,5	
Comprimento equivalente de abertura simples (m)	10	
Largura de cada abertura (m)	0,45	
Área total das aberturas (m ²)	4,5	
Verificação das velocidades através das aberturas		
Velocidade média (m/h)	1,005926	<2 ok!!!
Velocidade máxima (m/h)	1,810667	<4 ok!!!
Dimensionamento do compartimento de decantação		
Numero de compartimentos de decantação	1	
Comprimento de cada decantador (m)	2,6	
Comprimento total de decantadores (m)	2,6	
Largura de cada coletor de gás (m)	0,3	
Largura de cada compartimento de decantação (m)	3	
Largura útil de cada decantador (m)	2,7	
Área total de decantadores (m ²)	7,02	
Verificação das taxas de aplicação superficiais nos decantadores		
Velocidade média (m/h)	0,64	0.6<v<0.8
Velocidade máxima (m/h)	1,16	<1.2 ok!!!
Avaliação da produção de lodo		
P lodo (kg SST/dia)	13,59	
V lodo (m ³ /dia)	0,3	

Estimativa da carga orgânica efluente, com o sistema dimensionado para a remoção de nitrogênio amoniacal de primeiro plano:

Wetland construída de escoamento sub-superficial (WSS)	
Legenda: valor adotado	
Dados	
DBO afluente	92
Vazão (m3/dia)	268,76
Temperatura (°C)	20
K20 (d ⁻¹)	1,104
Teta	1,06
Área superficial (m2)	5542,7
Porosidade (% em decimal)	0,4
Profundidade (m)	0,35
Kt (d ⁻¹)	1,1040
Resultado	
DBO efluente	3,8

Estimativa do nitrogênio amoniacal efluente, com o sistema dimensionado para a remoção de nitrogênio amoniacal de primeiro plano:

Wetland construída de escoamento sub-superficial (WSS)	
Legenda: valor adotado	
Dados	
NH3 afluente	40
Vazão (m3/dia)	268,76
Temperatura (°C)	20
Fração do leito ocupado pela zona de raízes (decimal)	1
KNH (d ⁻¹)	0,41074
Teta	1,048
Kt (d ⁻¹)	0,4107
Área superficial (m2)	5542,7
Porosidade (% em decimal)	0,4
Profundidade (m)	0,35
Resultado	
NH3 efluente	12,2

Além disso, no projeto deverá constar o desaguamento e a destinação final do lodo. A produção é de 0,3m³/dia, portanto além das instalações de desaguamento, também deverá ter um tanque de armazenagem para o lodo. Provavelmente, a destinação final do lodo desaguado seria um aterro sanitário, o que encareceria ainda mais o projeto.

7.3.3. Tanque Séptico + *Wetland* Construída

Os tanques sépticos foram dimensionados para o intervalo entre limpezas de 1 ano.

Início de plano:

Tanque Séptico (TS):	
Legenda: valor adotado	
Dados	
Número de Pessoas	680
Contribuição (l/pessoa.dia) (160L+infiltração)	235,5
Contribuição Diária (l)	160121,6
Dimensionamento do tanque séptico	
Tempo (dias)	0,5
Taxa de acumulação do lodo digerido	65
Taxa de contribuição de lodo fresco	1
Volume útil da fossa (l)	125.261
Altura útil mínima (m)	1,8
Altura útil máxima (m)	2,8
Área (m2)	44,74
Lado (fossa quadrada, m)	6,69
Diâmetro da fossa redonda (m)	7,55

É importante lembrar que a área necessária pode, para facilitar a locação, ser dividida em dois tanques de mesmas dimensões, com um acréscimo de custo. A locação das unidades de tratamento anaeróbicos serão efetuadas posteriormente, já que não necessitam de grandes áreas em relação à disponível.

Nitrificação:

Wetland construída de escoamento sub-superficial (WSS)	
Legenda: valor adotado	
Dados	
NH3 afluente	40
Vazão do corpo receptor (L/s)	0,884
Concentração objetivo à jusante (mg/L)	3,7
Vazão (m3/dia)	160,1
NH3 efluente (projeto, mg/L)	5,46
Temperatura (°C)	20
Fração do leito ocupado pela zona de raízes (decimal)	1
KNH (d^-1)	0,41074
Teta	1,048
Kt (d^-1)	0,4107
Gradiente hidráulico ou declividade (decimal)	0,02
Porosidade (% em decimal)	0,4
Condutividade hidráulica do meio, Ks (m3/m2d)	10065
Cálculo	
Área superficial (m2)	5542,7

Resultados	
Tempo (dias)	4,85
Profundidade (m)	0,35
Comprimento (m)	554,27
Largura (m)	10,00
Relação Largura:Comprimento 1: 55,4	

Estimativa da carga orgânica efluente, com o sistema dimensionado para a remoção de nitrogênio amoniacal:

Wetland construída de escoamento sub-superficial (WSS)	
Legenda: valor adotado	
Dados	
DBO afluente	135
Vazão (m3/dia)	160,12
Temperatura (°C)	20
K20 (d ⁻¹)	1,104
Teta	1,06
Área superficial (m2)	5542,7
Porosidade (% em decimal)	0,4
Profundidade (m)	0,35
Kt (d ⁻¹)	1,1040
Resultado	
DBO efluente (projeto)	0,6

Cálculos para o final de plano, adotando a implantação de um tanque séptico extra para a vazão sobressalente:

Tanque Séptico (TS):	
Legenda: valor adotado	
Dados	
Número de Pessoas	75
Contribuição Diária/Pessoa + diferença k1 e k2 de início de plano (l)	108.640,0
Dimensionamento do tanque séptico	
Tempo (dias)	0,5
Taxa de acumulação do lodo digerido	65
Taxa de contribuição de lodo fresco	1
Volume útil da fossa (l)	60.195
Altura útil mínima (m)	1,8
Altura útil máxima (m)	2,8
Área (m2)	21,50
Lado (fossa quadrada, m)	4,64
Diâmetro da fossa redonda (m)	5,23

Cálculo da DBO efluente:

Wetland construída de escoamento sub-superficial (WSS)	
Legenda: valor adotado	
Dados	
DBO afluente (mg/L)	135

Vazão (m3/dia)	268,76
Temperatura (°C)	20
K20 (d ⁻¹)	1,104
Teta	1,06
Área superficial (m2)	5542,7
Porosidade (% em decimal)	0,4
Profundidade (m)	0,35
Kt (d ⁻¹)	1,1040
Resultado	
DBO efluente	5,6

Cálculo do nitrogênio amoniacal efluente:

Wetland construída de escoamento sub-superficial (WSS)	
Legenda:	valor adotado
Dados	
NH3 afluente	40
Vazão (m3/dia)	268,76
Temperatura (°C)	20
Fração do leito ocupado pela zona de raízes (decimal)	1
KNH (d ⁻¹)	0,41074
Teta	1,048
Kt (d ⁻¹)	0,4107
Área superficial (m2)	5542,7
Porosidade (% em decimal)	0,4
Profundidade (m)	0,35
Resultado	
NH3 efluente	12,2

7.3.4. Tanque Séptico + Filtro Anaeróbio

Os tanques sépticos foram dimensionados para o intervalo entre limpezas de 1 ano.

Início de plano:

Tanque Séptico (TS):	
Legenda:	valor adotado
Dados	
Número de Pessoas	680
Contribuição (l/pessoa.dia) (160L+infiltração)	235,5
Contribuição Diária (l)	160121,6
Dimensionamento do tanque séptico	
Tempo (dias)	0,5
Taxa de acumulação do lodo digerido	65
Taxa de contribuição de lodo fresco	1
Volume útil da fossa (l)	125.261
Altura útil mínima (m)	1,8
Altura útil máxima (m)	2,8
Área (m2)	44,74
Lado (fossa quadrada, m)	6,69
Diâmetro da fossa redonda (m)	7,55

Filtro Anaeróbio:		
		Legenda: valor adotado
Dados		
Número de Pessoas	680	
Contribuição (l/pessoa.dia) (160L+infiltração)	235,5	
Contribuição Diária (l)	160121,6	
Altura do Meio Suporte (m)	2	0,8 a 3,0
Altura do fundo falso (m)	0,6	
Altura da lâmina livre até o coletor (m)	0,3	
Altura total (m)	2,9	
Dimensionamento do Filtro Anaeróbio		
Tempo de Detenção Hidráulica (h)	6,4	5 a 10
Volume do filtro(l)	68.318,5	
Área de seção transversal (m2)	23,56	
Volume da camada do meio suporte (m3)	47,12	
Lado (filtro quadrado, m)	4,85	
Diâmetro do filtro redondo (m)	5,48	
Cálculo da Eficiência Necessária		
Vazão do corpo receptor (L/s)	0,884	
Concentração objetivo à jusante (mg/L)	10	
DBO efluente (projeto, mg/L)	15	
Estimativa da Eficiência		
Remoção de DBO (%)	65,6	
Concentração DBO no efluente final (mg/L)	46	>15!
Verificação da Taxa de Aplicação Superficial		
Taxa de Aplicação superficial (m3/m2.d) média	6,8	6 a 10
Taxa de Aplicação superficial (m3/m2.d) máxima diária	8,2	8 a 12
Taxa de Aplicação superficial (m3/m2.d) máxima horária	12,2	10 a 15
Verificação da Carga Orgânica		
Carga Orgânica Volumétrica (kgDBO/m3.d)	0,32	0,15 a 0,50
Carga Orgânica do Meio Suporte (kgDBO/m3.d)	0,46	0,25 a 0,75
Verificações do TDH para a Máxima Vazão Diária e Horária		
Tempo de Detenção Hidráulica (h) máxima diária	5,3	4 a 8
Tempo de Detenção Hidráulica (h) máxima horária	3,6	3 a 6

Cálculos para o final de plano, adotando a implantação de um tanque séptico e um filtro anaeróbio extra para a vazão sobressalente:

Tanque Séptico (TS):		
		Legenda: valor adotado
Dados		
Número de Pessoas	75	
Contribuição Diária/Pessoa + diferença k1 e k2 de início de plano (l)	108.640,0	
Dimensionamento do tanque séptico		
Tempo (dias)	0,5	
Taxa de acumulação do lodo digerido	65	
Taxa de contribuição de lodo fresco	1	
Volume útil da fossa (l)	60.195	
Altura útil mínima (m)	1,8	

Altura útil máxima (m)	2,8
Área (m ²)	21,50
Lado (fossa quadrada, m)	4,64
Diâmetro da fossa redonda (m)	5,23

Filtro Anaeróbio:

Legenda:		valor adotado
Dados		
Número de Pessoas	75	
Contribuição Diária (l)	108.640,0	
Altura do Meio Suporte (m)	2	0,8 a 3,0
Altura do fundo falso (m)	0,6	
Altura da lâmina livre até o coletor (m)	0,3	
Altura total (m)	2,9	
Dimensionamento do Filtro Anaeróbio		
Tempo de Detenção Hidráulica (h)	6,4	5 a 10
Volume do filtro(l)	46.353,1	
Área de seção transversal (m ²)	15,98	
Volume da camada do meio suporte (m ³)	31,97	
Lado (filtro quadrado, m)	4,00	
Diâmetro do filtro redondo (m)	4,51	
Cálculo da Eficiência Necessária		
Vazão do corpo receptor (L/s)	0,884	
Concentração objetivo à jusante (mg/L)	10	
DBO efluente (projeto, mg/L)	17	
Estimativa da Eficiência		
Remoção de DBO (%)	65,6	
Concentração DBO no efluente final (mg/L)	46	>17!
Verificação da Taxa de Aplicação Superficial		
Taxa de Aplicação superficial (m ³ /m ² .d) média	6,8	6 a 10
Taxa de Aplicação superficial (m ³ /m ² .d) máxima diária	8,2	8 a 12
Taxa de Aplicação superficial (m ³ /m ² .d) máxima horária	12,2	10 a 15
Verificação da Carga Orgânica		
Carga Orgânica Volumétrica (kgDBO/m ³ .d)	0,32	0,15 a 0,50
Carga Orgânica do Meio Suporte (kgDBO/m ³ .d)	0,46	0,25 a 0,75
Verificações do TDH para a Máxima Vazão Diária e Horária		
Tempo de Detenção Hidráulica (h) máxima diária	5,3	4 a 8
Tempo de Detenção Hidráulica (h) máxima horária	3,6	3 a 6

7.3.5. Interligação na rede coletora da SAAE

Uma outra opção a construir uma ETE para o tratamento do esgoto coletado é fazer uma interligação à rede coletora da SAAE. Porém, como o município de Guarulhos não possui tratamento de esgotos, essa opção incluiria exclusivamente a coleta e o afastamento do esgoto. Como discutido anteriormente, em uma área densamente povoada como a região em que se

encontra o local de estudos, essa opção apenas afastaria o problema real, passando-o para alguma população vizinha.

Por esse motivo essa opção não foi levada em conta nesse estudo.

7.4. Escolha do sistema de tratamento de esgotos mais adequado

A opção da utilização de um tanque séptico em série com um filtro anaeróbio é a opção provavelmente mais barata em termos de custo de execução. Porém, como a remoção de nutrientes inerente é muito baixa. Além disso, os níveis de remoção de matéria orgânica não são suficientes para enquadrar o córrego como corpo receptor classe 2. Portanto essa opção foi descartada.

A área necessária para o RAFA, de 11,86m², é realmente muito menor que a área necessária para o TS, 44,74m², o que aumenta o custo de implantação. Porém, a adoção de um tanque séptico apresenta diversas vantagens específicas para as condições do estudo atual:

(1) O tanque séptico apresenta uma maior facilidade de construção, já que esse sistema é muito mais simples.

(2) O RAFA necessita de sistema de lavagem de gases para o biogás produzido, o que encarece bastante o projeto.

(3) A complexidade de construção do RAFA devido à maior complexidade dos processos inerentes à ele encarece bastante a construção do projeto. O TS, por ser um sistema muito mais simples, é muito mais barato para ser construído.

(4) O TS é dimensionado para acumular os sólidos afluentes, não se fazendo necessário, assim, sistemas de pré-tratamento, como grades rotativas e caixas de areia, outro fator que aumenta o custo de implantação, de operação e a necessidade de mão de obra.

(5) O lodo produzido no TS pode ser retirado em intervalos muito maiores que no RAFA. O TS foi dimensionado, por exemplo para um intervalo entre limpezas de lodo de 2 anos. Já o lodo do RAFA, deve ser retirado constantemente.

(6) Para a operação de um RAFA, é necessário o acompanhamento de algum especialista em tratamento de esgotos, o que é inviável para o projeto

atual. Como o TS é um sistema bastante simplificado, ele requer apenas uma remoção do lodo produzido de dois em dois anos (ou o intervalo entre limpezas estipulado no dimensionamento).

A remoção da carga orgânica esperada de um RAFA (74%) é bem maior que a esperada de um TS (50%), mas como para o dimensionamento de um sistema de remoção de nutrientes essa remoção não fará tanta diferença - de 21mgDBO/L cairá para 10mg/L no efluente final - será adotado a utilização de um TS para o tratamento primário/secundário.

7.5. Projeto de Urbanização Para a Área em Estudo

Como já caracterizada anteriormente no presente estudo, a área responsável pela contaminação do lago do Instituto Ikoi-no-Sono apresenta hoje um estado de urbanização muito deficitário. Dentre todos os problemas verificados na área podemos destacar:

- Habitações executadas sem parâmetros técnicos, especialmente no que diz respeito ao revestimento das mesmas;
- inexistência de calçamentos adequados nas ruas e nos passeios;
- sistema de drenagem de águas pluviais é realizado por sulcos naturais escavados no solo pelo próprio caminhamento da água sem nenhum direcionamento;
- ausência de um planejamento viário adequado.

Todos os problemas supracitados e outros que possam existir na região fazem com que a qualidade de vida da população seja degradada, afetando o comportamento social e até mesmo aspectos psicológicos dos moradores da região.

Estudos realizados pela ONU em áreas de moradias de baixa renda indicam que o grau de urbanização e o acesso a serviços básicos (água, saneamento, energia, etc) são importantíssimos para os moradores das áreas. A melhora na auto-estima de cada um, proveniente do sentimento de residirem em um local com condições adequadas de moradia, provoca resultados positivos nos seus respectivos ambientes de trabalho, no ambiente escolar para crianças e adolescentes e em outros campos da vida pessoal dos habitantes do local.

Com esse pensamento em mente, foi realizado um levantamento dos principais problemas da área em estudo juntamente com a elaboração de um plano de ação para minimizar ou eliminar tais problemas.

Note-se que nem todos os problemas sociais encontrados na Vila Real serão contemplados com um plano de ação, pois para isto seria necessário um desembolso de investimentos fora dos planos do Instituto Ikoi-no-Sono.

Este assunto é muito delicado, uma vez que essa análise das necessidades da área e a implementação de soluções para os problemas encontrados deveria ser de responsabilidade do Estado.

Dessa maneira, a iniciativa privada não pode arcar com todo prejuízo causado pela ocupação irregular que interfere no andamento de suas atividades. Assim, medidas como, por exemplo, a construção de habitações populares, que auxiliariam na melhora das condições de vida da população, não poderão ser contempladas pelo plano de ação do Instituto Ikoi-no-sono para a área da Vila Real.

A análise da situação atual da área da Vila Real e de seu plano de ação será feita nos itens a seguir.

7.5.1. Habitação

A maioria das habitações do local pode ser considerada como de baixa renda e com padrões técnicos baixos no que se refere à execução das mesmas.

Grande parte dos problemas verificados foi relacionada à infiltração de água, importante gerador de desconforto aos habitantes. A infiltração, causada pela má execução dos revestimentos externos e das lajes, proporciona a proliferação de fungos no interior das moradias, bem como rachaduras nas fachadas que podem permitir a entrada da água das chuvas e de outros agentes externos.

Para solução desse problema, alternativas como realização de mutirões entre os moradores e a construção de conjuntos habitacionais são bastante indicadas.

7.5.2. Urbanismo e Paisagismo

Embora a área assentada encontre-se cercada por vegetação, não há nenhum plano urbanístico e paisagístico no local. A realização de um projeto para adequabilidade da área em questão deve ser contemplada por iniciativa governamental e não apenas para a Vila Real, mas também para as outras comunidades no seu entorno.

7.5.3. Sistema Viário e Drenagem Superficial

A área em estudo possui um sistema viário razoavelmente organizado, com arruamentos e calçamentos de pedestres irregulares por toda sua extensão. A não pavimentação das ruas causa problemas para os moradores, principalmente pelo fato de a área encontrar-se em região com elevada inclinação. A ausência de calçadas para pedestres ao longo de toda a extensão afeta a segurança dos moradores e usuários.



Figura 10 – Seção típica de arruamento na Vila Real

Para solução desses problemas, sugere-se a pavimentação das ruas do local através de blocos intertravados sextavados de concreto com execução de passeio para pedestres em concreto. Além disso, a definição de seções mais regulares no que se refere à largura das ruas deveria ser atendida.

A solução por blocos intertravados de concreto é mais indicada, pois apresentam maior durabilidade que o asfalto, além de proporcionar maior

segurança em trechos com rampas ou curvas, principalmente quando da presença de chuva.

Mas a maior vantagem do piso intertravado de concreto é sua grande capacidade de permeabilização, permitindo a perfeita drenagem das águas da chuva e, ao mesmo tempo, evitam a impermeabilização do solo, pois as juntas entre as peças possibilitam a infiltração de uma parcela das águas incidentes, amenizando desta forma, o impacto ambiental. A permeabilização chega a 75% e por isso é um piso considerado ecologicamente correto.

Deve ser feito um projeto de dimensionamento que levará em considerações o tráfego e a frequência, definindo assim o material da sub-base e a espessura do piso, que pode ser 6,8 ou 10cm. De acordo com as características do local, que recebe o tráfego de alguns caminhões de coleta de lixo, a melhor solução seria utilização de blocos de 8 cm de espessura assentados sobre uma camada de 5cm de areia, sobre 10cm de pedrisco conforme apresentados no esquema a seguir.

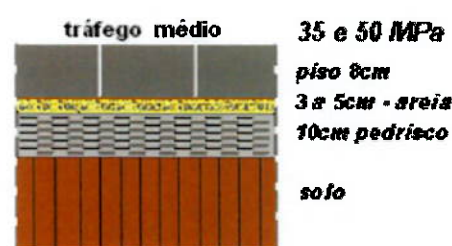


Figura 11 - Esquematização da pavimentação das ruas

Juntamente com a pavimentação deve ser contemplado um sistema de drenagem superficial de águas pluviais através de canaletas junto à guia das ruas. O volume total de água gerado será então desaguado no mesmo córrego onde, atualmente, é despejado o esgoto doméstico a céu aberto.

A realização do sistema de drenagem por canaletas trará uma melhora significativa no nível de material particulado transportado para o córrego. Atualmente, com a inexistência da pavimentação no local, a quantidade de material particulado carregado pela água das chuvas e pelo próprio esgoto é consideravelmente elevada.

Mesmo com a realização da pavimentação e drenagem superficial da área, cabe-se fazer uma análise posterior da quantidade de material particulado carregado para o córrego. No caso da identificação da necessidade de intervenção, deve-se considerar a implantação de uma caixa de areia para

deposição desses materiais e conseqüente diminuição da quantidade de material particulado despejado no córrego.

Essa medida de urbanização é de grande importância para o objetivo desse estudo, pois o lago do Instituto Ikoi-no-sono, além de bastante eutrofizado, se encontra bastante assoreado.

7.5.4. Rede de Esgoto

A execução da rede de esgoto sanitário na área é a medida de maior impacto para a população da Vila Real. A existência, hoje, de esgoto a céu aberto pela comunidade é o maior fator para a baixa qualidade de vida dos moradores da região. Com a implantação de tal sistema as seguintes melhorias são esperadas:

- menor proliferação e incidência de vetores transmissores de doenças atraídos pela ocorrência de esgoto a céu aberto;
- renovação do aspecto visual da comunidade;
- diminuição de problemas referentes à maus odores causados pela esgoto;
- melhora na qualidade de vida da população
- canalização do esgoto para posterior tratamento.

Além das medidas acima, essa intervenção vem a ser a de maior impacto para a recuperação do lago existente dentro do Instituto Ikoi-no-Sono, objetivo principal deste estudo. Essa medida foi contemplada em um item posterior do projeto.

7.5.5. Fiscalização

Um aspecto muito importante também é a fiscalização da área com respeito a seu crescimento desordenado. Essa fiscalização deve acontecer em dois níveis: fiscalização dos loteamentos e favelas urbanizados – para garantir a sustentabilidade das ações de melhoria urbana e das obras de infra-estrutura – e fiscalização das áreas não ocupadas ou de ocupação esparsa em área imprópria – para impedir a abertura de novos loteamentos, invasões e adensamento das áreas impróprias.

A não fiscalização da área pode acarretar em um não funcionamento adequado dos novos sistemas propostos ou de uma sobrecarga dos mesmos. De qualquer forma, isso levaria a um estágio de saturação onde os problemas ora resolvidos voltariam a ocorrer.

No que diz respeito a responsabilidade da fiscalização, esta deve ser integrada entre governo, iniciativa privada e a própria comunidade. Devem ser também delimitadas as áreas a serem mantidas desocupadas e definidos os padrões para a ampliação das construções com assistência técnica da Prefeitura do Município. Estabelecidos estes padrões, a Prefeitura deve garantir a fiscalização desses assentamentos, com apoio na organização comunitária, dando respaldo às denúncias da população e realizando a fiscalização periódica.

7.5.5. Educação Ambiental

A educação ambiental da comunidade também deve ser tratada de maneira especial uma vez que a responsabilidade pelo bom funcionamento do sistema cabe, e grande parte, a eles.

A não disposição de lixo em locais inadequados (tanto na rua como em terrenos baldios) é tarefa fundamental do dia-a-dia da população, pois esse lixo pode ser levado pela água das chuvas até o córrego da Vila Real, contaminando-o indiscriminadamente.

Para isso, medidas simples podem auxiliar no combate à disposição irregular do lixo, tais como a instalação de lixos comunitários com fiscalização e limpeza freqüentes; e a execução de estruturas que mantenham o lixo doméstico suspenso próximo a cada moradia

O cuidado e fiscalização da limpeza da área devem partir dos próprios moradores, pois eles são os maiores prejudicados com a proliferação de vetores próximos aos lixos, poluição ambiental e visual do local onde vivem.

7.6. Dimensionamento da rede coletora de esgotos

Para o cálculo da Rede de Coleta foi utilizado o programa "CESG 7.3.3" - versão demo, desenvolvido pela FCTH. Mapas da rede viária local e das linhas de topografia foram gerados no AutoCAD e importados no CESG. Após esboçar a rede à mão, levando em conta as inclinações do terreno, foram

marcados os pontos no programa, como mostrado na *Figura 10: Imagem do programa CESG com o traçado da rede de coleta.*

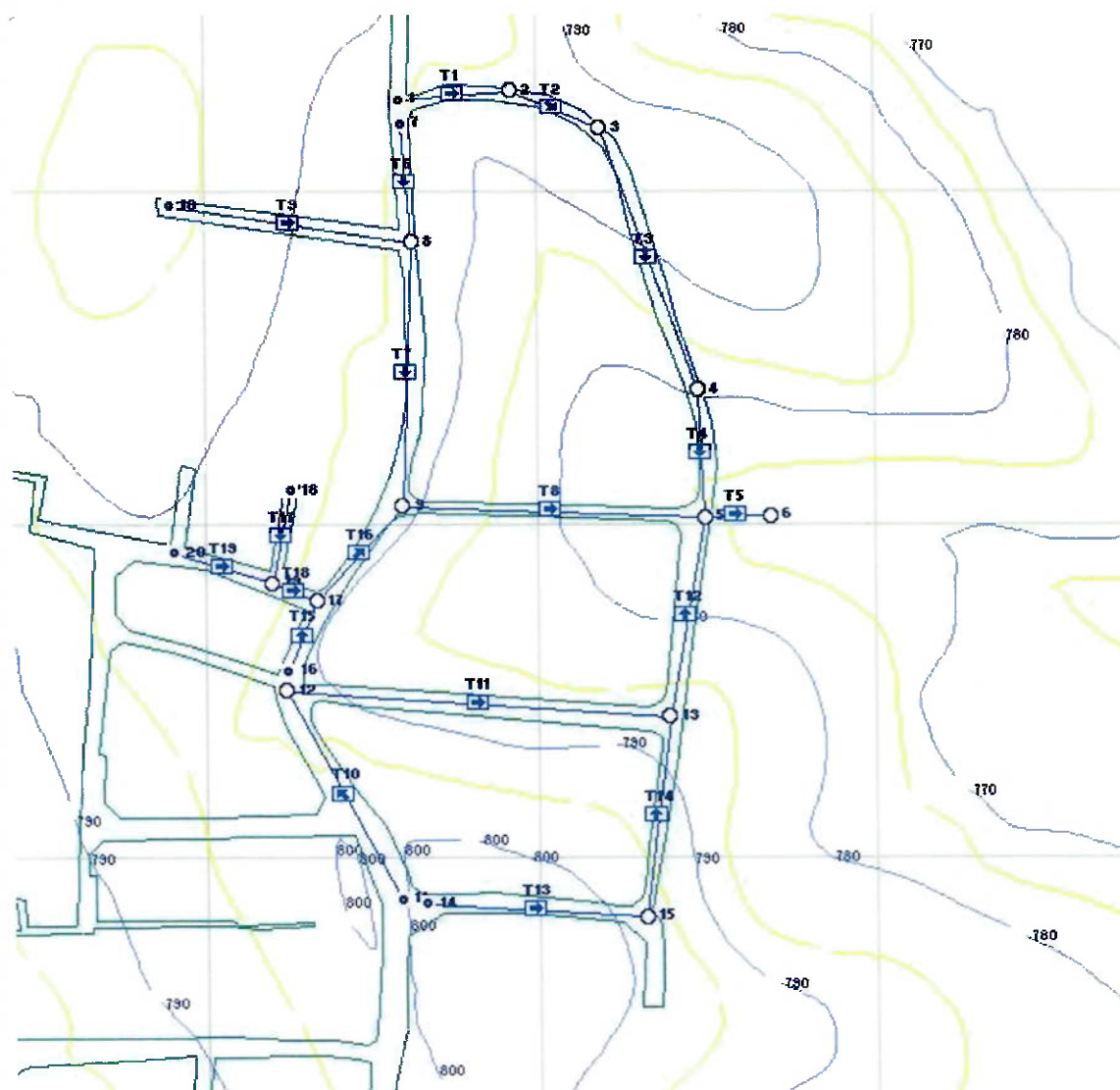


Figura 12: Imagem do programa CESG com o traçado da rede de coleta

O dimensionamento foi realizado para um período de 20 anos, com uma previsão de população nesse período. O grupo optou por utilizar um recobrimento mínimo de 1,35m e, por se tratar de um terreno íngreme, atentou para os valores de velocidade de escoamento, que não poderiam ultrapassar 5m/s.

Segundo a norma NTS025 da Sabesp, sobre a construção de redes de esgoto, fica definido que devem ser usados Poços de Inspeção (PI) nos casos de confluência de trechos, pontos e profundidade do coletor com valor inferior a 1,60m, premissas básicas adotadas para diâmetro do coletor até 200 mm. As

construções em concreto que fazem parte do PI devem apresentar dosagem e características físicas e químicas adequadas para exposição ao esgoto, conforme capítulo 8 da Especificação Técnica e Critérios de Medição da Sabesp.

Como representação estão em anexo desenhos de corte e planta dos pontos onde ocorrem confluência na rede de coleta de esgoto, dados que são os pontos que merecem maior atenção. Também em anexo a planta de toda a rede de coleta e o perfil de caminamento da rede coletora (em seus diversos trechos).

Para os cálculos, foram utilizados no programa CESG, os dados:

Dados utilizados no CESG	
População inicial (pessoas)	680
População de fim de projeto (pessoas)	755
Consumo de água (l/hab.dia)	200
Coefficientes de retorno	0,8
k1	1,2
k2	1,5
Velocidade de escoamento máxima (m/s)	5
Recobrimento mínimo (m)	1,3

Os resultados obtidos estão representados na *tabela 2, Resultados do programa CESG*, a seguir:

PLANILHA DE CÁLCULO HIDRÁULICO										SISTEMAS DE ESGOTOS SANITÁRIOS										CÁLCULO:		VERIFICADO:		DATA	
contribuição de 200 l/hab/dia																									
PV _m - PV _i (Trecho)	Extensão (m)	Taxa de Contrib. Lin. (l/s.km)	Compr. do Trecho (l/s)		Vazão a Montante (l/s)		Vazão a Jusante (l/s)		Diâmetro (mm)	Declividade (m/h)	Colado Término (m)		Colado Coletor (m)		Prof. do Coletor (m)	Linha Liquida (m)	Prof. da Singular. adjuvante (m)	V _i (m/s)	Tensão Trativa (Pa)	V _e (m/s)					
			Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final			Inicial	Final	Inicial	Final											
1	33,91	1,910	0,065	0,000	0,000	0,065	150	0,0977	796,696	796,346	1,350	0,12		1,22	11,21	2,01									
2		2,540	0,066	0,000	0,000	0,066			793,382	792,032	1,350	0,12		1,22											
3	29,20	1,910	0,056	0,065	0,065	0,121	150	0,0302	793,382	792,032	1,350	0,16		0,81	4,51	2,30									
4		2,540	0,074	0,066	0,066	0,160			792,500	791,150	1,350	0,16		0,81											
5	83,56	1,910	0,160	0,121	0,121	0,280	150	0,1416	792,500	791,150	1,350	0,11		1,39	14,94	1,95									
6		2,540	0,212	0,160	0,160	0,373	150	0,1300	790,667	779,317	1,350	0,11		1,39											
7	38,09	1,910	0,073	0,373	0,373	0,468	150	0,1009	775,714	774,364	1,350	0,11		1,35	13,99	1,95									
8		2,540	0,097	0,373	0,373	0,468			775,714	774,364	1,350	0,11		1,35											
9	19,27	1,910	0,037	1,856	1,856	1,893	150	0,1009	775,714	774,364	1,350	0,14		1,33	12,76	2,25									
10		2,540	0,049	2,468	2,468	2,518			773,769	772,419	1,350	0,16		1,44											
11	35,67	1,910	0,068	0,000	0,000	0,068	150	0,0574	796,207	794,857	1,350	0,14		1,02	7,42	2,14									
12		2,540	0,091	0,000	0,000	0,091			794,158	792,808	1,350	0,14		1,02											
13	79,05	1,910	0,151	0,207	0,207	0,358	150	0,0478	794,158	792,808	1,350	0,14		0,95	6,43	2,18									
14		2,540	0,201	0,276	0,276	0,477			790,381	789,031	1,350	0,14		0,95											
15	90,77	1,910	0,173	0,616	0,616	0,788	150	0,1616	790,381	789,031	1,350	0,11		1,46	16,55	1,90									
16		2,540	0,231	0,819	0,819	1,050			775,714	774,364	1,350	0,11		1,46											
17	72,94	1,910	0,139	0,000	0,000	0,139	150	0,1545	805,428	804,078	1,350	0,11		1,44	15,99	1,91									
18		2,540	0,185	0,000	0,000	0,185			794,158	792,808	1,350	0,11		1,44											
19	71,42	1,910	0,136	0,000	0,000	0,136	150	0,0025	795,179	793,829	1,350	0,30		0,34	0,64	3,01									
20		2,540	0,181	0,000	0,000	0,181			795,000	793,650	1,350	0,30		0,34											
21	114,99	1,910	0,220	0,138	0,138	0,358	150	0,0714	795,000	793,650	1,350	0,13		1,10	8,79	2,08									
22		2,540	0,292	0,181	0,181	0,473			786,786	785,436	1,350	0,13		1,10											
23	61,09	1,910	0,117	0,593	0,593	0,714	150	0,1812	786,786	785,436	1,350	0,10		1,52	18,09	1,88									
24		2,540	0,155	0,765	0,765	0,950			775,714	774,364	1,350	0,10		1,52											
25	66,20	1,910	0,128	0,000	0,000	0,128	150	0,0915	802,638	801,288	1,350	0,12		1,20	10,65	2,03									
26		2,540	0,168	0,000	0,000	0,168			796,582	795,232	1,350	0,12		1,20											
27	60,27	1,910	0,115	0,126	0,126	0,242	150	0,1625	796,582	795,232	1,350	0,11		1,46	16,63	1,90									
28		2,540	0,153	0,168	0,168	0,321			786,786	785,436	1,350	0,11		1,46											
29	22,90	1,910	0,044	0,000	0,000	0,044	150	0,1344	795,000	793,650	1,350	0,11		1,37	14,35	1,94									
30		2,540	0,058	0,000	0,000	0,058			791,923	790,573	1,350	0,11		1,37											
31	38,24	1,910	0,073	0,184	0,184	0,257	150	0,0403	791,923	790,573	1,350	0,15		0,90	5,64	2,22									
32		2,540	0,097	0,245	0,245	0,342			790,381	789,031	1,350	0,15		0,90											
33	28,37	1,910	0,054	0,000	0,000	0,054	150	0,0251	796,389	795,039	1,350	0,17		0,76	3,90	2,34									
34		2,540	0,072	0,000	0,000	0,072			795,677	794,327	1,350	0,17		0,76											
35	14,37	1,910	0,027	0,113	0,113	0,141	150	0,2612	795,677	794,327	1,350	0,10		1,72	24,01	1,80									
36		2,540	0,036	0,151	0,151	0,187			791,923	790,573	1,350	0,10		1,72											
37	30,89	1,910	0,059	0,000	0,000	0,059	150	0,1089	799,041	797,691	1,350	0,12		1,27	12,19	1,99									
38		2,540	0,078	0,000	0,000	0,078			795,677	794,327	1,350	0,12		1,27											

8. CONCLUSÃO

A partir das análises realizadas no estudo, foi concluído que a melhor opção para o caso é a adoção de um sistema de tratamento de esgotos composto por um tanque séptico seguido de uma *wetland* construída de fluxo sub-superficial. Como o dimensionamento foi feito para um intervalo entre limpezas do tanque séptico de 1 ano, deverá ser chamado um caminhão limpa-fossas com essa regularidade.

Foram apresentados também os cálculos e o dimensionamento da rede coletora de esgotos, assim como uma projeto de urbanização. Em anexo, apresenta-se a planta geral com layout preliminar de implantação da ETE, considerando a alternativa recomendada. Segue também, em anexo, algumas plantas e cortes relativos ao projeto da rede coletora de esgotos.

9. BIBLIOGRAFIA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Caderno de recursos hídricos.** Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. Brasília: ANA, 2005.

ALEM SOBRINHO, P. e TSUTIYA, M. T.. **Coleta e transporte de esgoto sanitário.** São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Santária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000.

BRASIL. NBR 7229-93 – Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1993.

CAMPOS, J. R.. **Tratamento de esgotos domésticos por processo anaeróbio e disposição controlada no solo.** Rio de Janeiro: PROSAB, 1999.

CHERNICHARO, C. A. L. **Pós tratamento de efluentes de reatores anaeróbios.** Belo Horizonte: PROSAB, 2001.

CHERNICHARO, C. A. L. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: reatores anaeróbicos.** Belo Horizonte: DESA, 1997.

COSSÍO, F. Y. **Lagunas de estabilización, teoría, diseño, evaluación y mantenimiento.** Cuenca: ETAPA, 1993.

CRITES, R. W., MIDDLEBROOKS, E. J., REED, S. C. **Natural wastewater treatment systems.** Boca Raton: CRC Press, 2006.

GUERRA, L. D., RAMALHO, D. S., SILVA, J. B., VASCONCELOS, C. R. P. (2007), em "Ecologia política da construção da crise ambiental global e do modelo de desenvolvimento sustentável". In: **Interações – Revista Internacional de Desenvolvimento Local**, V.8, N.1, p.9025, Mar. 2007.

KADLEC, R.H., KNIGHT, R.L. **Treatment wetlands.** Gainesville: CRC Press LLC, 1996.

KELLNER, E. e PIRES, E. C. **Lagoas de estabilização projeto e operação.** Rio de Janeiro: ABES, 1997.

INTERNATIONAL WATER ASSOCIATION (IWA). **Pond treatment technology.** Londres: IWA Publishing, 2005.

MAYS, L. W. **Water resources handbook.** Tempe: McGraw-Hill, 1996.

METCALF & EDDY. **Wastewater engineering: treatment disposal reuse.** Nova Iorque: McGraw-Hill, 1995.

MORITA, D. M. Aspectos relativos à poluição das águas. In: PINTO, T.J. A. (Org.). **A gestão ambiental no ensino e pesquisa de Ciências Farmacêuticas.** São Paulo: Guanabara Koogan, (no prelo).

MOSHIRI, G.A. **Constructed Wetlands for Water Quality Improvement.** CRC Press, 1993.

MUDRACK, K; KUNST, S. **Biology of sewage treatment and water pollution control.** Chinchester: Ellis Horwood Limited, 1986.

PHILIPPI JR, A. **Saneamento, saúde e ambiente, fundamentos para um desenvolvimento sustentável.** Barueri: Editora Manole Ltda, 2005.

PIVELI, R. P. e KATO, M. T. **Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos.** São Paulo: ABES, 2006.

SÃO PAULO. Decreto no. 8468/76. Aprova o regulamento da lei no. 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. São Paulo, 1976.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAM (UNDP). **Human Development Report 2006 Beyond scarcity: Power, poverty and the global water crisis.** Nova Iorque: UNDP, 2006.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Design manual, constructed wetlands and aquatic plant systems for municipal wastewater treatment.** Cincinnati: USEPA, 1988.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Subsurface flow constructed wetlands for wastewater treatment, a technology assessment.** Nova Orleans: USEPA, 1993.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Manual: constructed wetlands treatment of treatment of municipal wastewater.** Cincinnati: USEPA, 1999a.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Free water surface wetlands for wastewater treatment, a technology assessment.** City of Phoenix: USEPA, 1999b.

VISSMAN JR, W. e HAMMER, M. J. **Water supply and pollution control.** Lincoln: Pearson Education Inc., 2005.

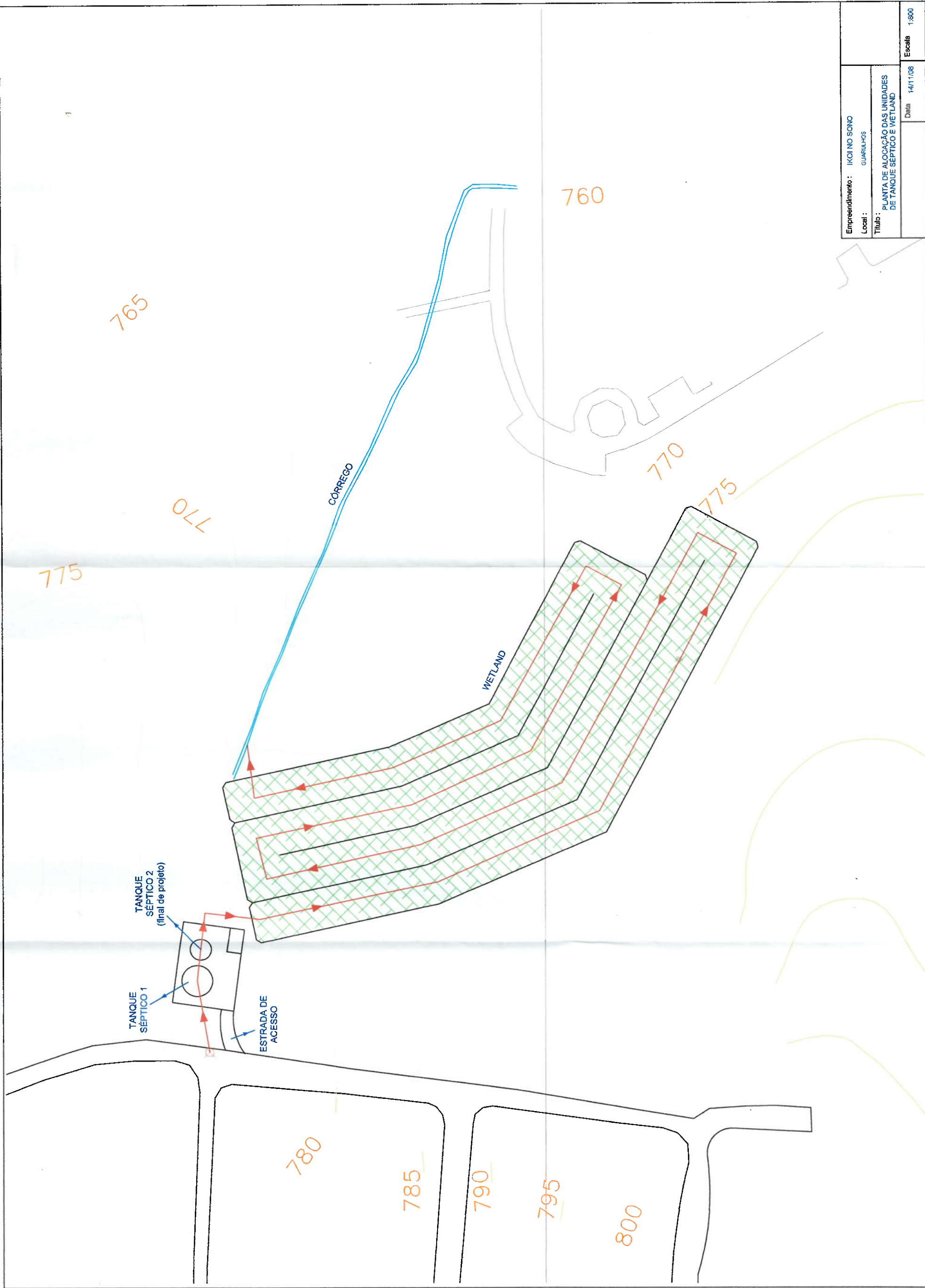
VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. v. 1.**Belo Horizonte: DESA, 1996a.

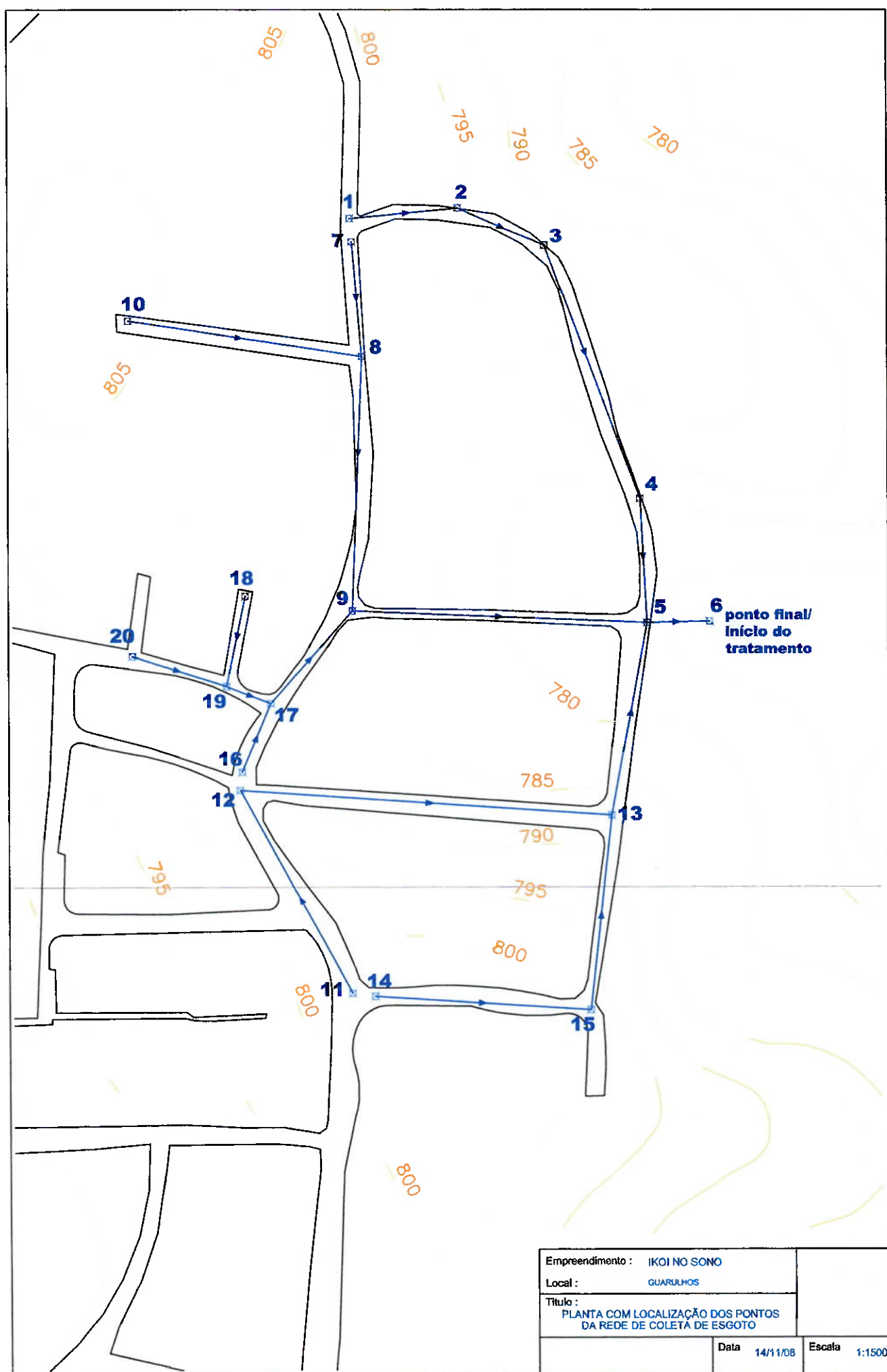
VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: princípios do tratamento biológico de águas residuárias.v.2.** Belo Horizonte: DESA, 1996b.

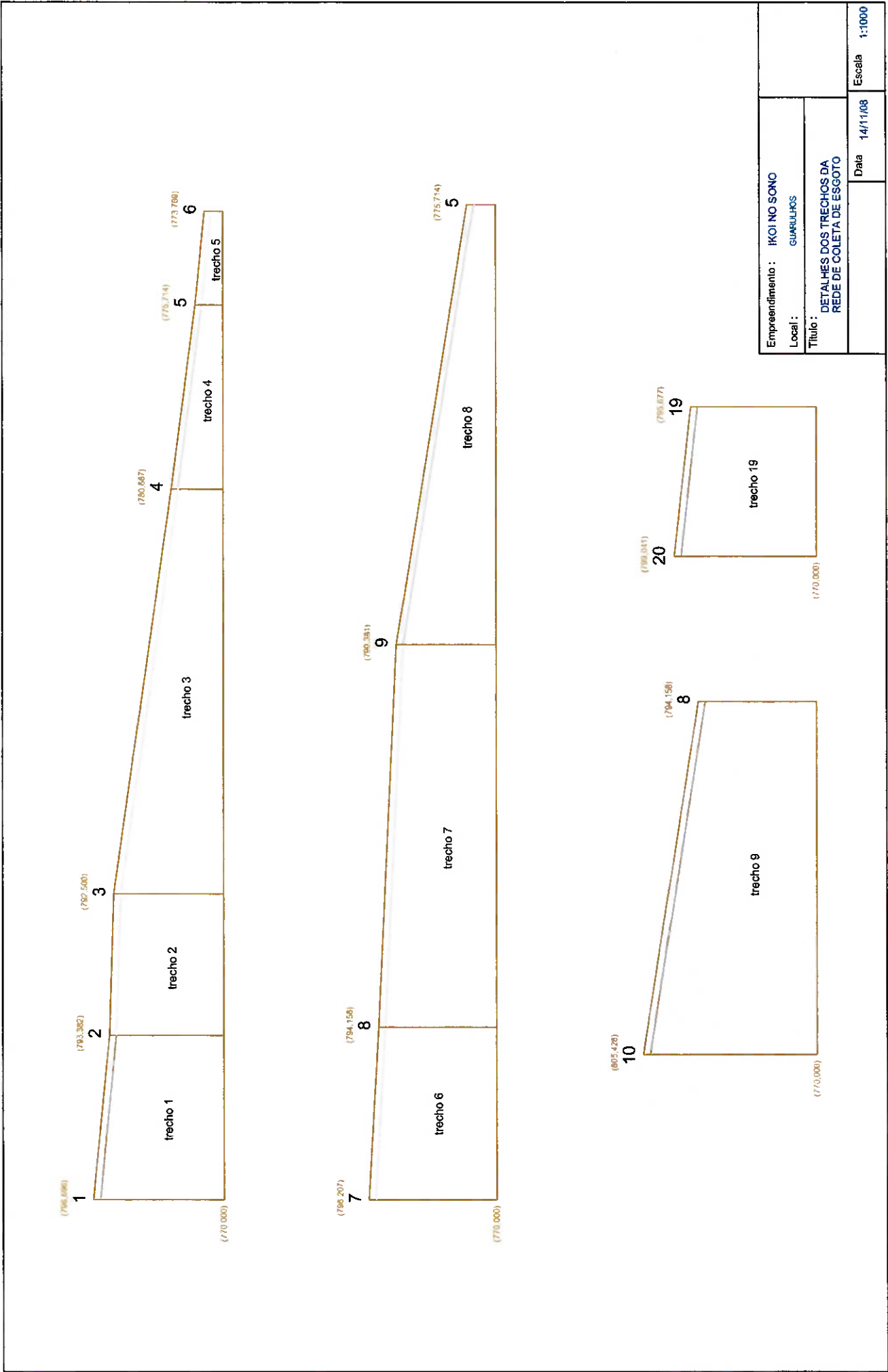
VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: lagoas de estabilização. v.3.** Belo Horizonte: DESA, 2002a.

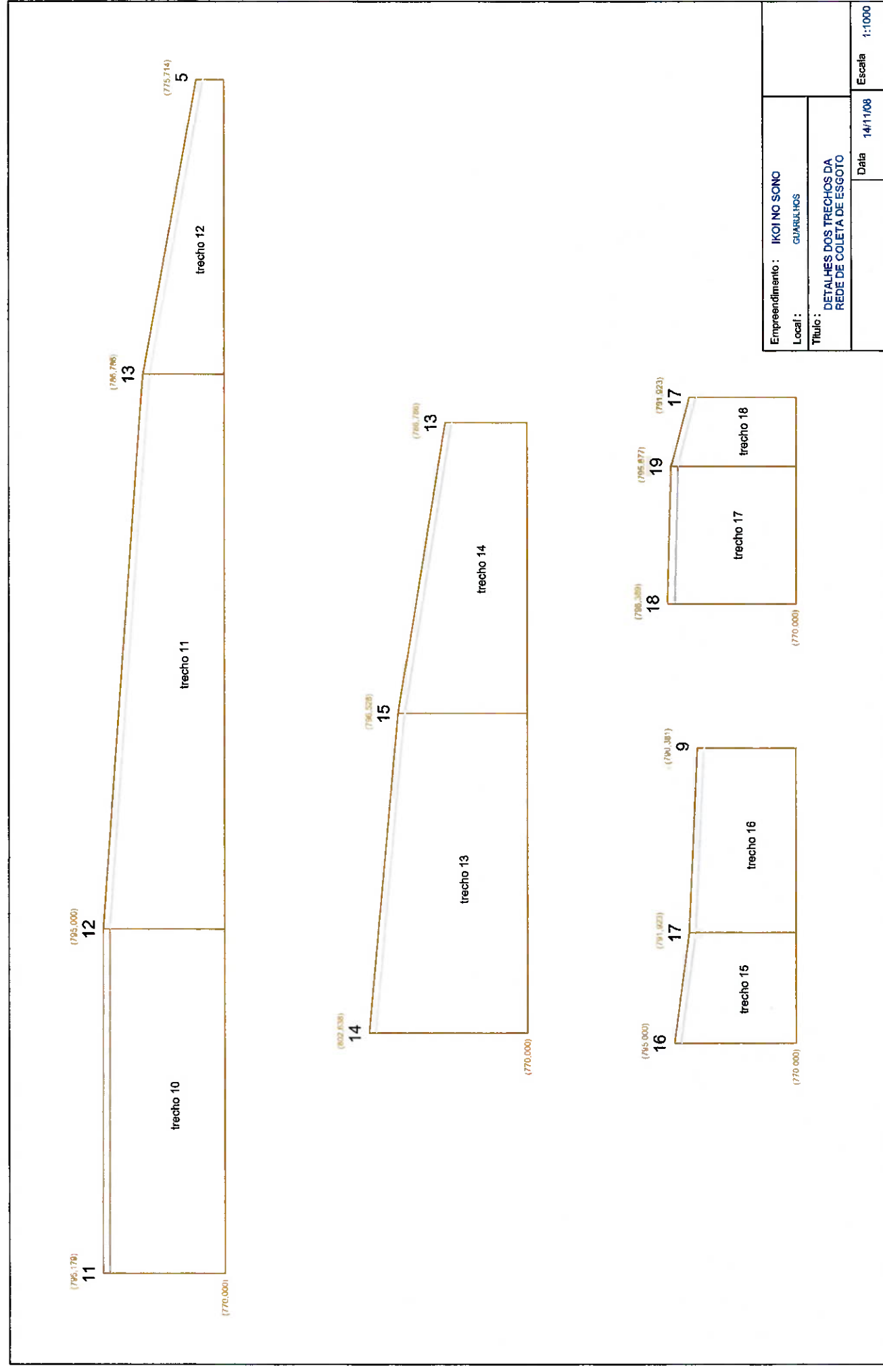
VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: lodos ativados. v. 4 .** Belo Horizonte: DESA, 2002b.

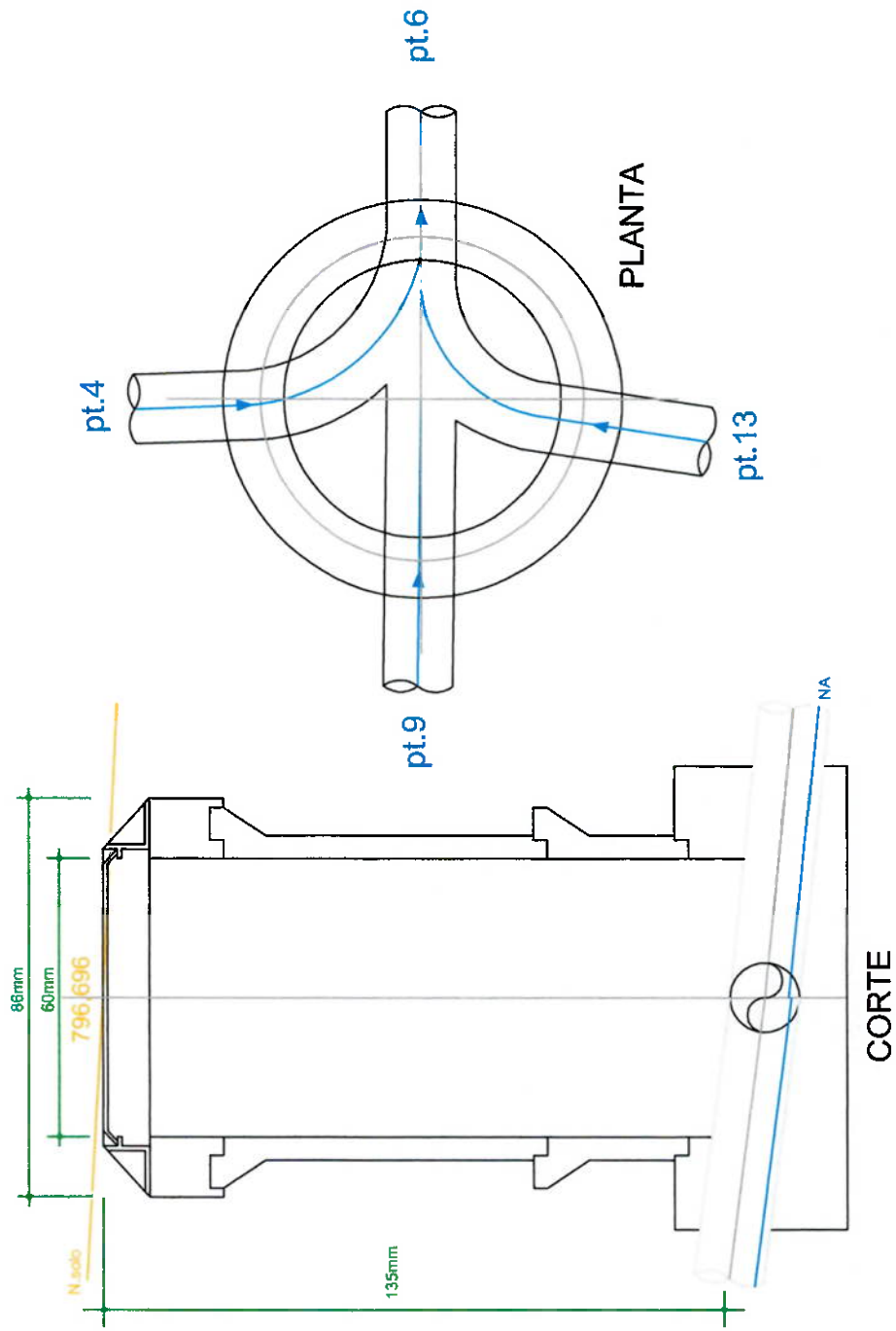
Empreendimento : IKOI NO SONO		Escala: 1:800
Local : GUARULHOS		
Título : PLANTA DE ALOCAÇÃO DAS UNIDADES DE TANQUE SÉPTICO E WETLAND		Data: 14/11/08



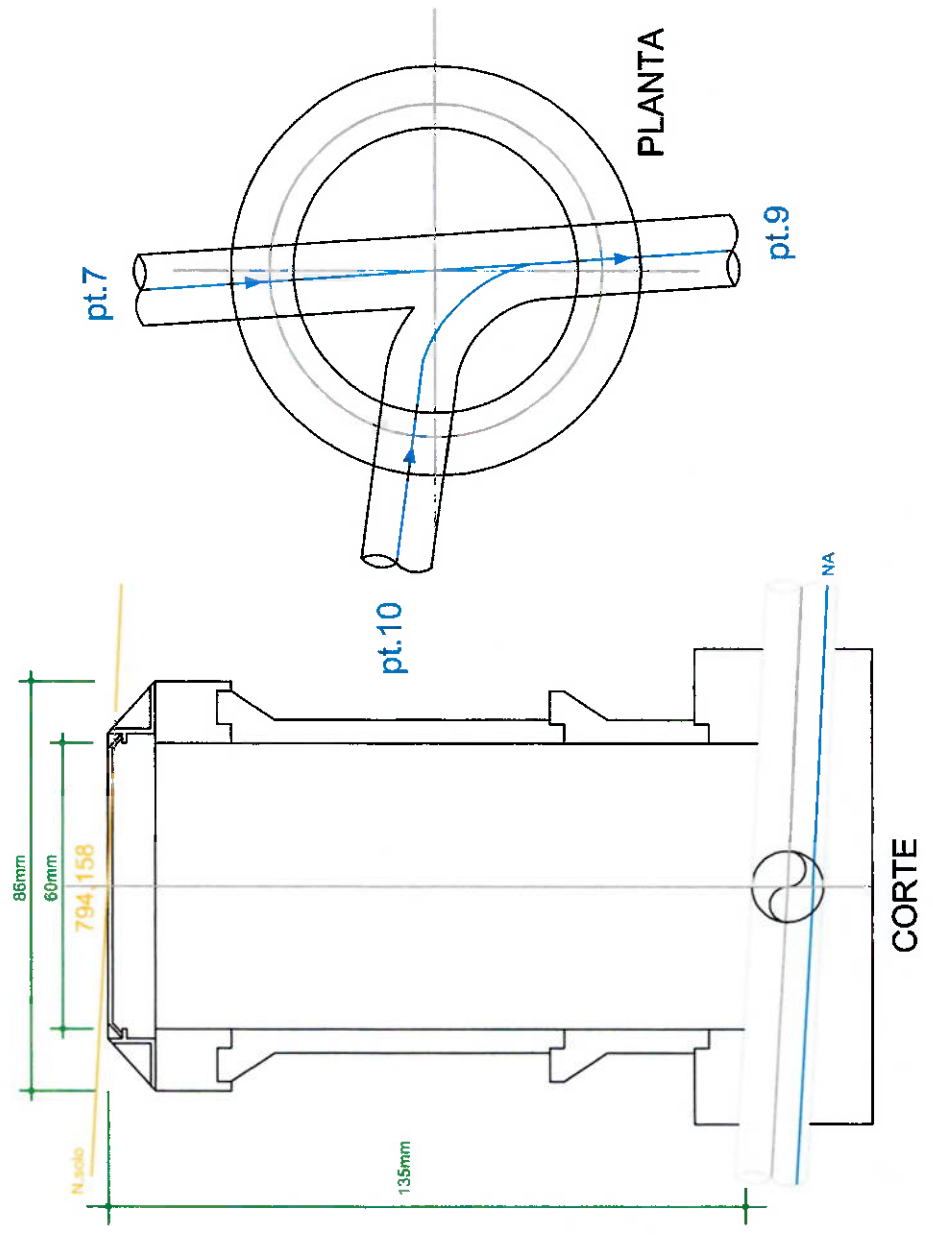




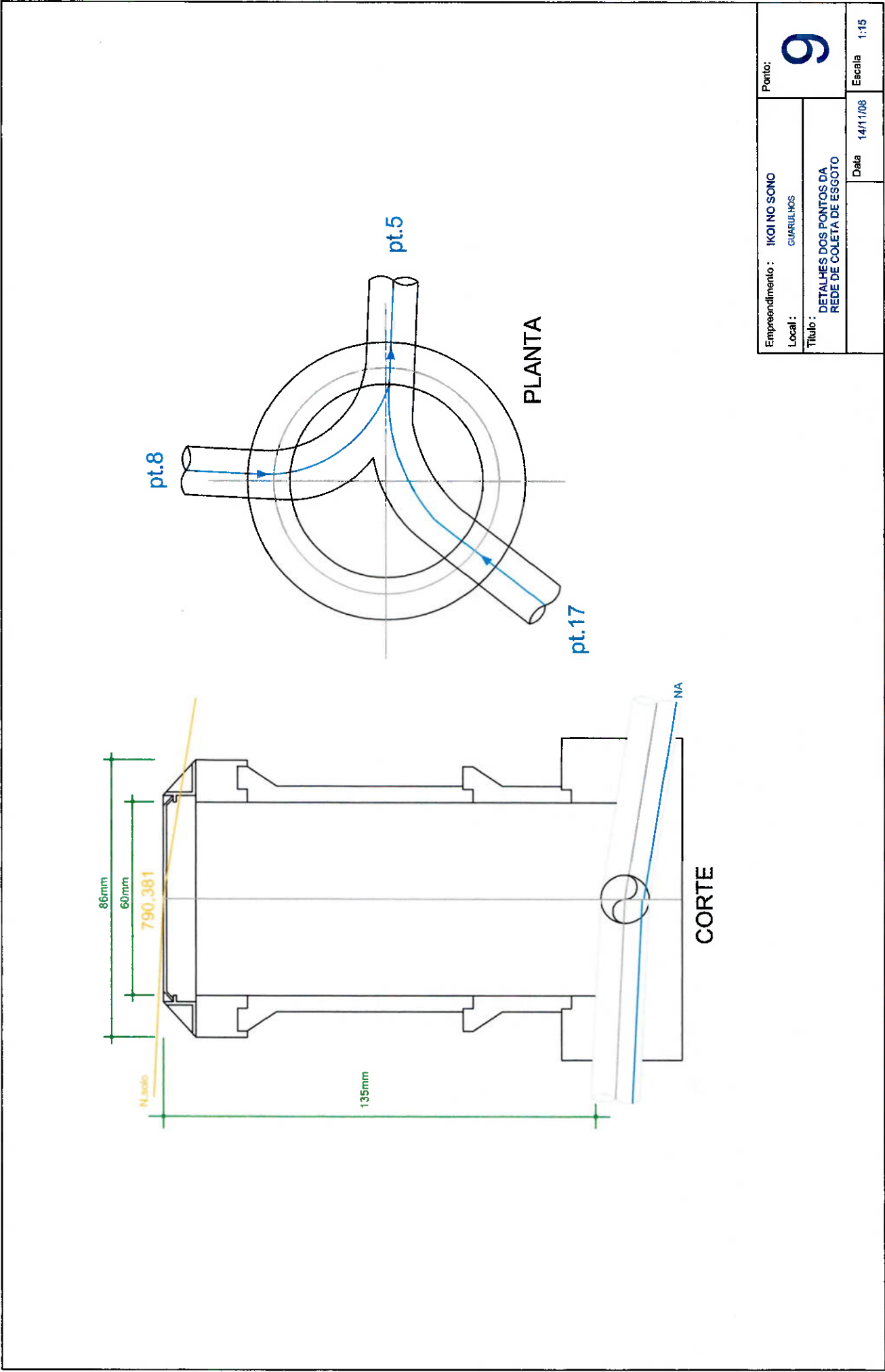


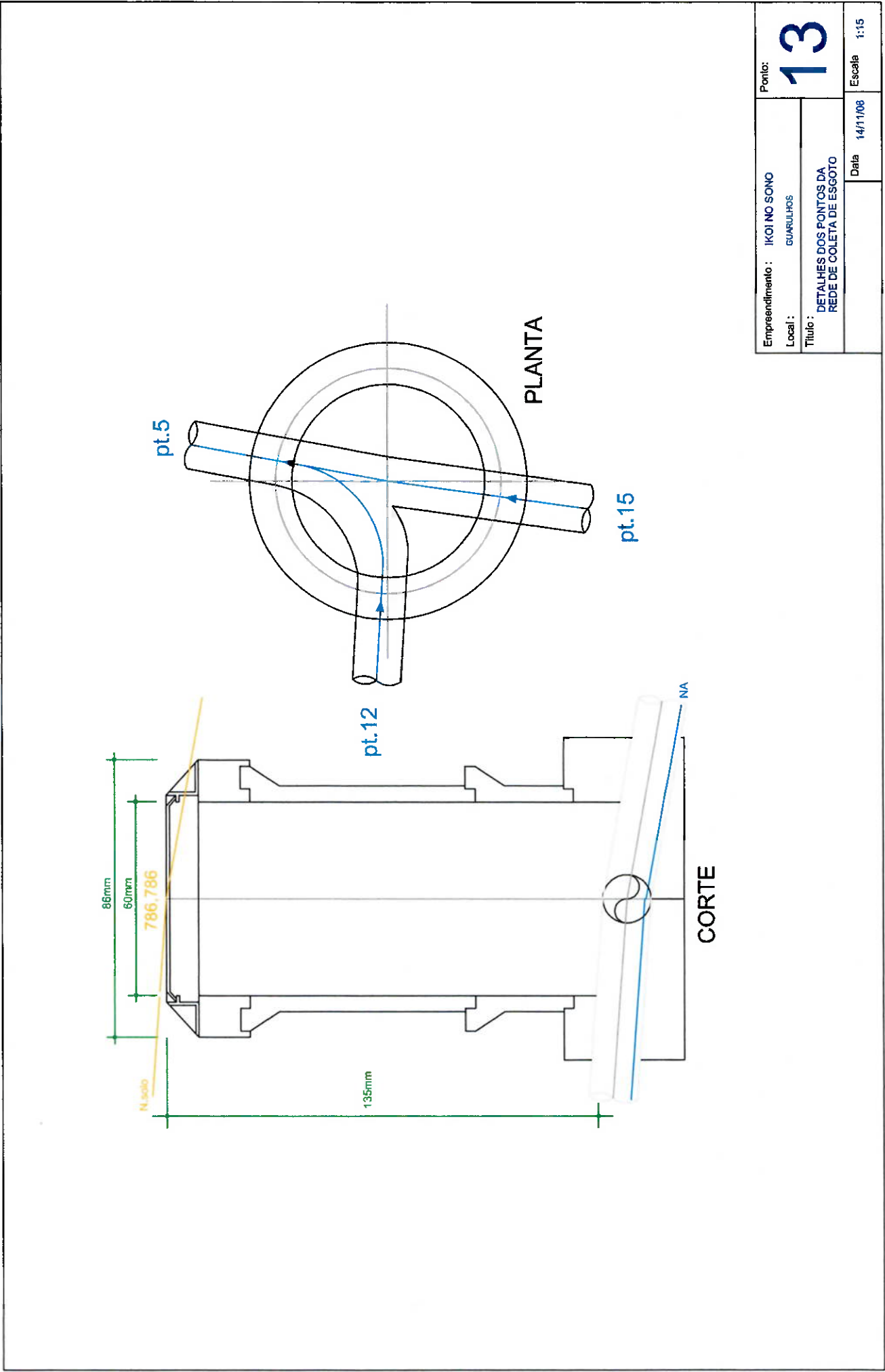


Empreendimento : IKOI NO SONO	Ponto:
Local : GUARULHOS	5
Título : DETALHES DOS PONTOS DA REDE DE COLETA DE ESGOTO	
Data : 14/11/08	Escala : 1:15

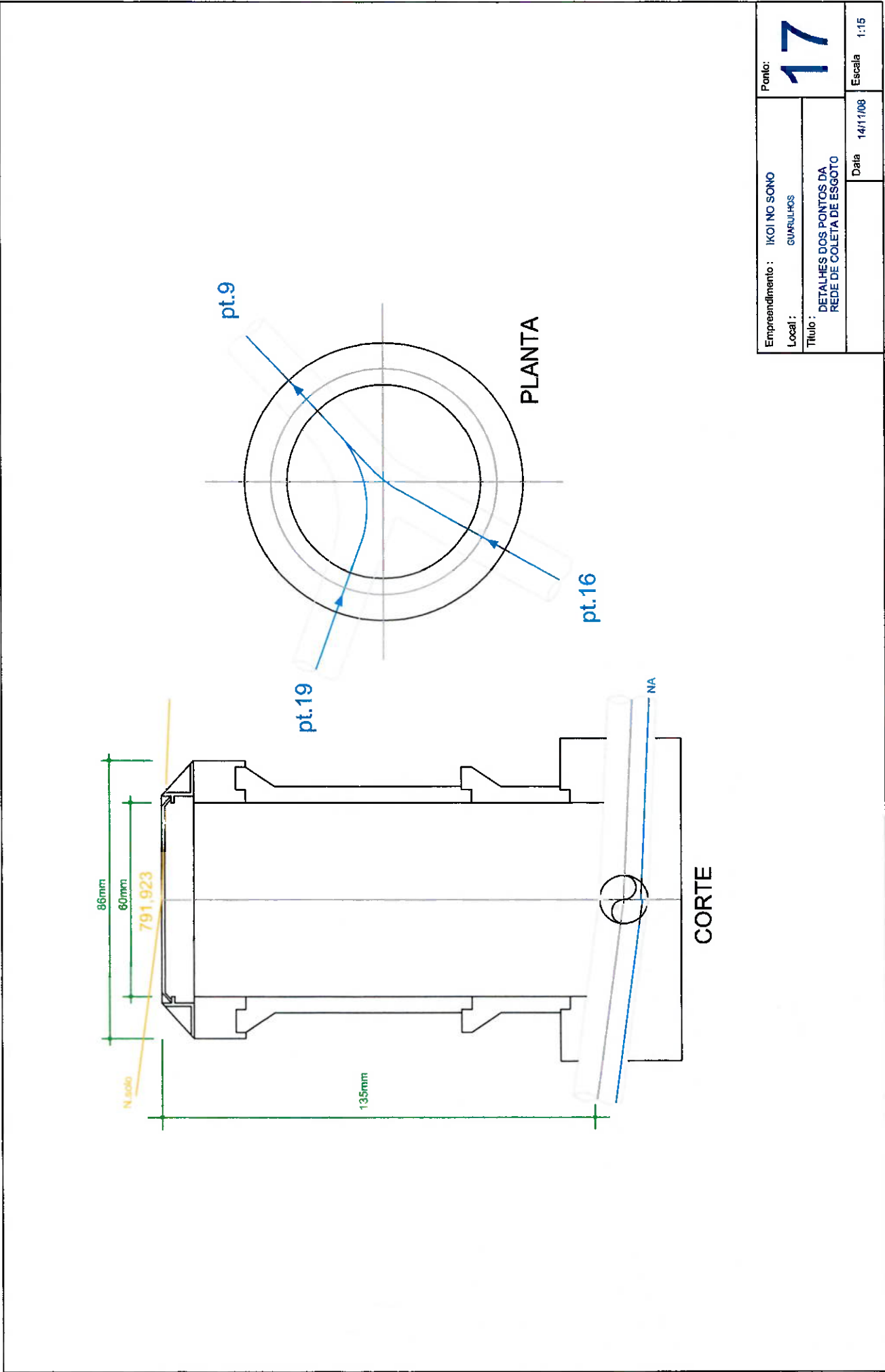


Empreendimento :	IKOI NO SONO	Ponto:	8
Local :	GUARULHOS		
Título :	DETALHES DOS PONTOS DA REDE DE COLETA DE ESGOTO		
	Data	14/11/08	Escala
			1:15

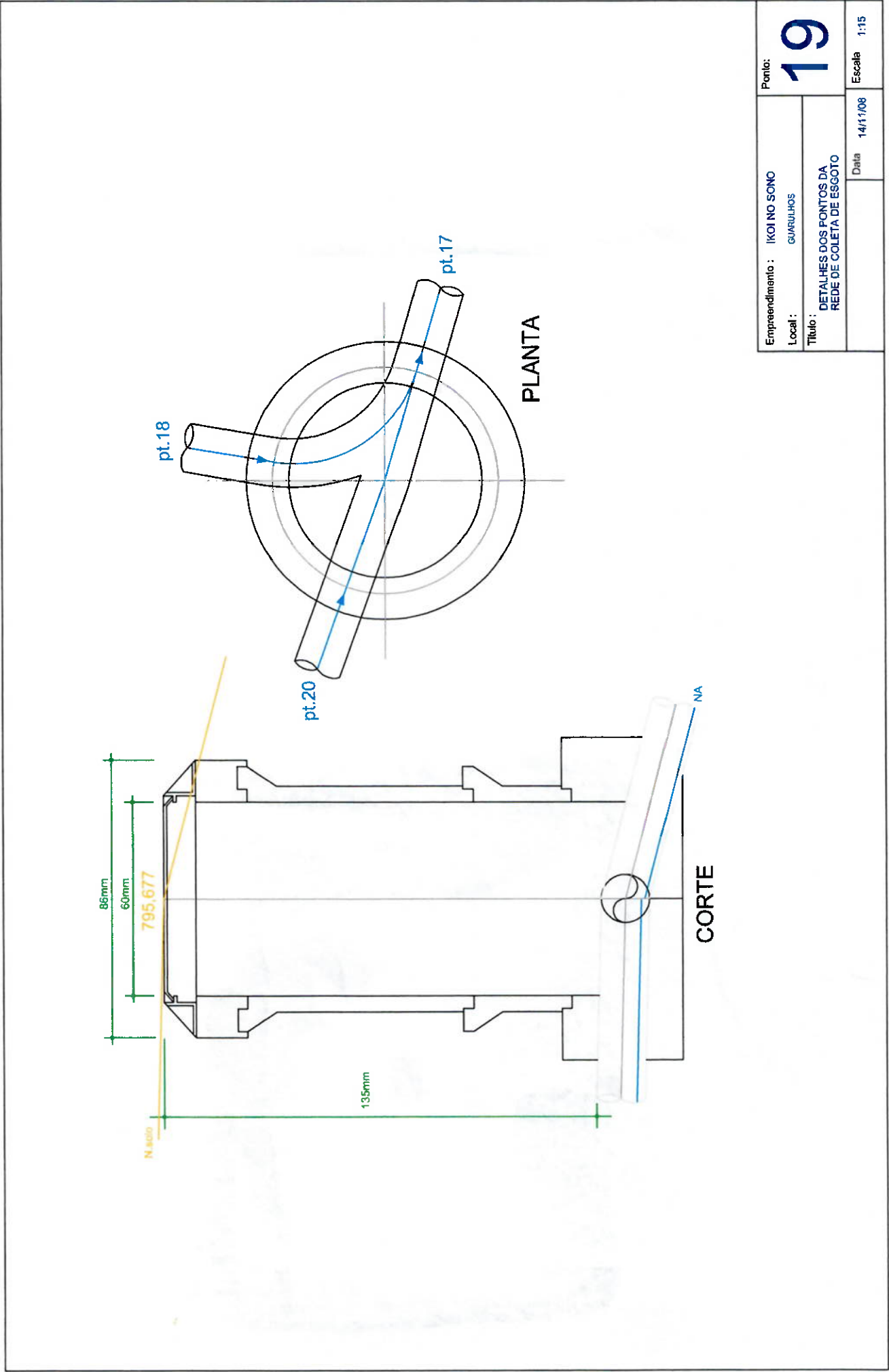




Empreendimento : IKOI NO SONO	Ponto:
Local : GUARULHOS	13
Título : DETALHES DOS PONTOS DA REDE DE COLETA DE ESGOTO	
Data 14/11/08	Escala 1:15



Empreendimento : IKOI NO SONO		Ponto: 17
Local : GUARULHOS		
Título : DETALHES DOS PONTOS DA REDE DE COLETA DE ESGOTO		
Data : 14/11/08		Escala : 1:15



Empreendimento:	IKOI NO SONO	Ponto:	19
Local:	GUARULHOS		
Título:	DETALHES DOS PONTOS DA REDE DE COLETA DE ESGOTO		
		Data:	14/11/08
		Escala:	1:15