



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
ÁREA DE ENGENHARIA RECURSOS HÍDRICOS**

**ESTUDO DO MEMORIAL DESCRITIVO DA ESTAÇÃO DE  
TRATAMENTO DE ESGOTO DA CIDADE DE MONTEIRO**

**ROSÂNGELA EVANGELISTA MEDRADO**

**Campina Grande/PB**

**2004**

**ROSÂNGELA EVANGELISTA MEDRADO**

**ESTUDO DO MEMORIAL DESCRITIVO DA ESTAÇÃO DE  
TRATAMENTO DE ESGOTO DA CIDADE DE MONTEIRO**

Trabalho de conclusão de curso, na forma de Relatório de Estágio Supervisionado, apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito final para obtenção do grau de Engenheiro Civil, sob a orientação da professora Dra Annemarie König.

**Campina Grande/PB**

**2004**



Biblioteca Setorial do CDSA. Junho de 2021.

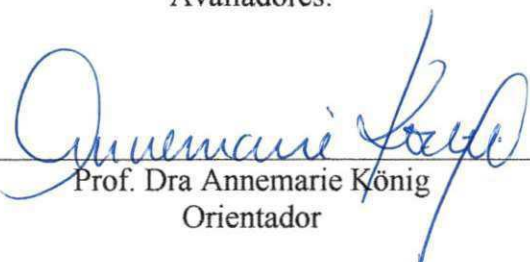
Sumé - PB

Trabalho de conclusão de curso, na forma de Relatório de Estágio Supervisionado, apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito final para obtenção do grau de Engenheiro Civil.


**ROSÂNGELA EVANGELISTA MEDRADO**

Relatório de Estágio Supervisionado aprovado em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_.

Avaliadores:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra Annemarie König  
Orientador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra Annemarie König  
Supervisor

  
\_\_\_\_\_  
Rosângela Evangelista Medrado  
Estagiária

**Campina Grande/PB**

**2004**

***Grandes trabalhos não são realizados com força, mas  
perseverança.***

*Samuel Johnson*

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – População existente entre os anos de 2000 a 2003	9
Tabela 4.8.1 – Relação entre diâmetros e extensão da cidade de Monteiro	21
Tabela 4.8.2 – Relação entre profundidades e quantidades de poços de visita	22
Tabela 4.14 – Comparação entre o projeto existente e o proposto	33

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	07
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	08
3 ASPECTOS URBANOS	09
4 LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO	16
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

## 1. INTRODUÇÃO

Nos países com baixo IDH, o saneamento básico é um dos setores que possui a maior capacidade de promover mudanças marcantes na sociedade.

A expansão demográfica e o desenvolvimento tecnológico trazem como consequência imediata o aumento de consumo de água e a ampliação constante do volume de águas residuárias hoje não reaproveitáveis que, quando não condicionadas de modo adequado, acabam poluindo as águas receptoras causando desequilíbrios ecológicos e destruindo os recursos naturais da região atingida.

O baixo padrão sócio-econômico, a ausência de saneamento básico e o inadequado suprimento de água potável das populações são fatores que, indiscutivelmente, contribuem para a alta incidência de doenças de veiculação hídrica.

As enteroparasitoses são doenças causadas por helmintos e protozoários que acometem homens e animais, acontecendo com maior frequência em países tropicais. Nas áreas urbanas e rurais brasileiras as helmintoses têm incidência elevada e alta morbidade, por serem doenças parasitárias ligadas a falta de saneamento. Em locais de escassez de água, como no Nordeste brasileiro, os esgotos sem tratamento são muito utilizados em irrigação favorecendo a perpetuação dos ciclos endêmicos dessas doenças.

As lagoas de estabilização é a forma mais simples de tratamento de esgotos e produzem um efluente de alta qualidade com excelente redução de microorganismos patogênicos e constituem um método econômico e vantajoso de tratamento de águas residuárias. Apresentam custos relativamente baixos para a sua construção e operação. São de fácil manutenção e tratam grande variedade de águas residuárias domésticas e industriais, atingindo qualquer padrão de qualidade sanitária desejado. A principal desvantagem associada à utilização de lagoas é a grande extensão de terra requerida para a sua construção.

O relatório é referente às condições de funcionamento dos sistemas de lagoas de estabilização da cidade de Monteiro – PB, através de memoriais descritivos.



## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Histórico da Cidade**

A cidade de Monteiro teve seu povoamento iniciado em fins do século XVII, quando estabeleceram naquela região fazendas de criação de gado.

A cidade originou-se do patrimônio da Capela de Nossa Senhora das Dores, doado em 1800 por Manoel Monteiro do Nascimento. Em 1840, havia um pequeno povoado naquela região conhecido como “Alagoa do Monteiro” em homenagem ao seu fundador. O município de Alagoa de Monteiro foi desmembrada de São João do Cariri em 28 de junho de 1872.

### **2.2. Situação geográfica**

O município de Monteiro ( $37^{\circ} 7' 16''$ O;  $7^{\circ} 53' 27''$  Sul), esta situada na zona fisiográfica do Cariri, nos contrafortes da Borborema Central. Os limites municipais são: ao norte, o estado de Pernambuco e o município da Prata; à leste os municípios de Camalau e Sumé; ao sul, São Sebastião do Umbuzeiro e o estado de Pernambuco e a oeste, o Estado de Pernambuco.

### **2.3. Clima**

O clima é quente seco no verão, tornando-se agradável em grande parte do ano. As temperaturas variam entre valores médios de  $18^{\circ}$  a  $30^{\circ}$ .

### **2.4. Pluviometria**

O regime pluviométrico de Monteiro é bastante irregular, apresentando períodos secos periodicamente. De acordo com o LMRS (2004), os valores médios da pluviometria referentes ao período de janeiro de 2000 a maio de 2004 são:

Pluviometria média anual de 2000	66,1mm
Pluviometria média anual de 2001	46,4mm

Pluviometria média anual de 2002	64,9mm
Pluviometria média anual de 2003	70,38mm
Pluviometria média anual de 2004.	101,96mm

## 2.5. Hidrografia

O principal rio que cruza o município é o rio Paraíba, tendo com seus principais afluentes os rios Sucuru, o do Meio que atravessam a área urbana do município. Destaca-se ainda o riacho do Serrote, onde está construída a barragem de Barra do Tamanduá, que serve como manancial para o abastecimento da cidade. Todos os rios são de curso intermitente, secando nas épocas de estiagem prolongada.

## 2.6. Acidentes Geográficos

O município tem o seu território pouco acidentado, destacando-se as serras dos Cariris Velhos, do Jabitacá, da Mãe-D'água, da Quixabeira e do Açai. A cidade se desenvolve entre a cotas 590 e 616.

## 3. Aspectos Urbanos

### 3.1. População

Os dados censitários fornecidos pelo IBGE, referentes aos censos de 2000, 2001, 2002 e 2003 estão listados a seguir:

**Tabela 3.1** - população existente entre os anos de 2000 a 2003

<b>Anos</b>	<b>População</b>
2000	16.684
2001	16.916
2002	17.148
2003	17.380

### **3.2. Abastecimento de água**

Sistema de abastecimento d'água é o serviço público constituído de um conjunto de sistemas hidráulicos e instalações responsáveis pelo suprimento de água para atendimento das necessidades da população de uma comunidade.

No entanto, foi a partir da segunda metade do século XIX, com a revolução industrial, que os sistemas de abastecimento de água aos núcleos populacionais sofreu modificações profundas. O crescimento demográfico urbano, conseqüência dessa revolução, determinou a necessidade de se estabelecer uma infra-estrutura que assegurasse o consumo, a distribuição e a salubridade tanto da água potável quanto daquela destinada a usos industriais ou agrícolas.

Captada nos mananciais, tratada e dividida entre vários reservatórios, a água é entregue à comunidade pela rede externa de abastecimento. Da necessidade de depositar e utilizar a água nos domicílios tem-se a rede interna de abastecimento, constituída de ramais derivados da primeira.

Nas localidades onde o abastecimento de água não é contínuo, há necessidade de armazenamentos domiciliares para consumo. Esses depósitos domiciliares são reservas, para o caso de falhas eventuais ou acidentais. De modo geral, porém, impõe-se a colocação da chamada caixa-d'água superior, que, nos casos de pressão externa intensa, é suprida diretamente, mas nos grandes centros costuma ser alimentada através de bombeamentos de reservatórios inferiores. A fim de evitar desperdícios e estabelecer um sistema de cobrança pela prestação dos serviços de abastecimento de água, o consumo pode ser controlado por meio de dispositivos de medição, os hidrômetros.

### **3.3. Abastecimento rudimentar**

Nas áreas rurais ou periféricas as soluções individuais prevalecem e não devem ser desprezadas do ponto de vista sanitário, pois serão úteis, enquanto se aguardam soluções gerais de grandes gastos e mais onerosos. Estas soluções individuais quando caracterizadas por falta de um emprego prévio de técnicas efetivas de condicionamento

apropriado da água bruta, são chamadas de abastecimento rudimentar o consumo da água.

O abastecimento rudimentar compreende: captação manual → transporte pessoal ou com tração animal → coamento → armazenamento em tonéis, potes, jarras, etc.

### **3.4. Fornecimento de água**

Quando a densidade demográfica em uma comunidade aumenta, a solução mais econômica e definitiva é a implantação de um sistema público de abastecimento de água. Sob o ponto de vista sanitário, a solução coletiva é a mais indicada, por ser mais eficiente no controle dos mananciais, e da qualidade da água distribuída à população.

O fornecimento de água para ser satisfatório deve ter como princípios a seguinte dualidade: quantidade e qualidade. Em quantidade de modo que atenda todas as necessidades de consumo e em qualidade adequada às finalidades que se destina.

### **3.5. Objetivos do abastecimento**

Um sistema de abastecimento urbano de água deve funcionar ininterruptamente fornecendo água potável para que as seguintes perspectivas sejam alcançadas:

- controle e prevenção de doenças;
- melhores condições sanitárias (higienização intensificada e aprimoramento das tarefas de limpeza doméstica em geral);
- conforto e segurança coletiva (limpeza pública e instalações antiincêndio);
- desenvolvimento de práticas recreativas e de esportes;
- maior número de áreas ajardinadas, parques, etc;
- desenvolvimentos turísticos, industriais e comerciais.

### **3.6. Ganhos econômicos**

O consumo de água saudável implica em menores possibilidades de pessoas doentes na comunidade, ou mesmo períodos mais curtos para recuperação de pessoas enfermas. Conseqüentemente, ter-se-á:

- uma maior vida média por pessoa;
- menor índice de mortalidade (principalmente mortalidade infantil);
- maior produtividade (as pessoas terão mais disposição para trabalhar);
- mais horas de trabalho (menos horas de internações ou de repouso domésticos devido a enfermidades infecciosas e/ou contagiosas).

O sistema de abastecimento de água de Monteiro é operado pela CAGEPA (Companhia de abastecimento de água do estado da Paraíba), o qual fornece a população água do riacho Serrote, captada na barragem do Tamanduá.

A água é recalçada para Estação de Tratamento de Água que situa-se no ponto mais elevado entre a barragem e a cidade, onde em seguida recebe tratamento convencional, compreendendo: coagulação química, decantação, filtração e cloração. O tratamento recebido encontra-se dentro dos padrões internacionais de potabilidade, quer do ponto de vista físico, químico e bacteriológico.

### **3.7. Esgotamento sanitário**

É característico de qualquer comunidade humana, o consumo de água como uma necessidade básica para desempenho das diversas atividades diárias, e conseqüentemente, a geração de águas residuárias sem condições de reaproveitamento.

Os processos de consumo de água, na sua maioria geram vazões de águas residuárias que, por não disporem de condições de reutilização, devem ser coletadas e transportadas para locais afastados da comunidade, de modo mais rápido e seguro, onde, de acordo com as circunstâncias, deverão passar por processos de depuração adequados antes de serem lançadas nos corpos receptores naturais. Este condicionamento é necessário para preservar o equilíbrio ecológico no ambiente atingido direta ou

indiretamente pelo lançamento. Este serviço é executado pelo sistema de esgotos sanitários.

### **3.7.1. Elaboração do projeto de esgotamento sanitário**

#### **3.7.1.1. Introdução**

A elaboração de um projeto de um sistema de esgotos sanitários envolve uma série de trabalhos que antecedem sua construção e operação. Tecnicamente estes trabalhos são desenvolvidos em duas fases: fase preliminar e fase de projeto. Nestas duas fases desenvolve-se a metodologia, a concepção e a elaboração do projeto.

A fase preliminar consiste em criar bases técnicas e econômicas visando a determinação dos elementos e informações necessárias ao projeto. Nesta fase é importante considerar a viabilidade econômica do projeto.

Na fase de projetos serão desenvolvidos todos os dimensionamentos da obra e apresentados todos os elementos necessários à abertura de concorrência, contratação e sua execução (Medeiros Filho, 1997).

#### **3.7.1.2. Concepção de sistemas de esgoto sanitário**

##### **3.7.1.2.1 Definição e objetivos**

Segundo Tsutiya (1999), entende-se por concepção de um sistema de esgoto sanitário o conjunto de estudos e conclusões referentes ao estabelecimento de todas as diretrizes, parâmetros e definições necessárias e suficientes para a caracterização completa do sistema a projetar.

No conjunto de atividades que constitui a elaboração do projeto de um sistema de esgoto sanitário, a concepção é elaborada na fase inicial do projeto. Basicamente, a concepção tem como objetivos:

- identificação e quantificação de todos os fatores intervenientes com o sistema de esgotos;
- diagnóstico do sistema existente, considerando a situação atual e futura;

- estabelecimento de todos os parâmetros básicos de projeto;
- pré-dimensionamento das unidades dos sistemas, para as alternativas selecionadas;
- escolha da alternativa mais adequada mediante a comparação técnica, econômica e ambiental, entre as alternativas;
- estabelecimento das diretrizes gerais de projeto e estimativas das quantidades de serviços que devem ser executados na fase de projeto.

### **3.8. Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário**

Para o estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário, são necessários o desenvolvimento de uma série de atividades, sendo as principais:

- localização;
- infra-estrutura existente;
- cadastro atualizado dos sistemas de abastecimento de água, de esgoto sanitário, de galerias de águas pluviais, de pavimentação, de telefone, de energia elétrica e etc;
- condições sanitárias atuais, índices estatísticos de saúde; ocorrências de moléstias de origem hídrica;
- estudos, projetos e levantamentos existentes.

### **3.9. Vida útil do projeto**

Os projetos de esgotos sanitários são comumente projetados para períodos de vida útil aproximadamente de 20 a 30 anos, considerando-se que:

- o material utilizado nas redes coletoras tem, usualmente uma vida útil mais longa;
- o remanejamento das redes coletoras, em face das características próprias do serviço é bastante difícil e oneroso;

O sistema de esgotamento sanitário de Monteiro foi projetado, em 1972, para uma população de 25.000 habitantes. A construção desse sistema foi sem dúvida um importante fator para o desenvolvimento da cidade.

### **3.9.1. Objetivos do projeto**

O projeto de esgotos sanitários para a cidade de Monteiro foi elaborado com o objetivo de proporcionar boas condições de desenvolvimento habitacional, oferecendo aos habitantes as melhores comodidades em sua infra-estrutura.

O sistema adotado foi o separador absoluto, que é a coleta de águas residuárias provenientes, exclusivamente, dos esgotos sanitários, não sendo permitido o escoamento de águas pluviais.

### **3.10. Sistema de tratamento de esgoto**

A implantação dos serviços de saneamento básico, em função da sua importância, tem de ser tratada como prioridade sob quaisquer aspectos na infra-estrutura pública das comunidades, considerando-se que o bom funcionamento desses serviços implica em uma existência com mais dignidade para a população usuária, pois melhora as condições de higiene, segurança e conforto dos usuários (Medeiros Filho, 1997).

De fato, procuram-se sistemas para tratamento de esgotos sanitários eficientes na remoção de microorganismos patogênicos e de nutrientes eutrofizantes, levando-se em consideração os benefícios e custos para a população. Dessa forma, o sistema biológico que mais se adequa à realidade brasileira são as lagoas de estabilização e a disposição controlada de esgotos no solo (Andrade Neto, 1997).

A disposição de esgotos no solo é acima de tudo uma atividade de reciclagem, inclusive para a água, viabilizando um melhor aproveitamento do potencial hídrico e dos nutrientes presentes nos esgotos, sendo a natureza utilizada como receptora de resíduos e geradora de riquezas, sobretudo quando se explora o sistema solo-vegetais. Os esgotos ao serem dispostos no solo, sofrem depuração natural e qualquer que seja o tratamento alcançado, é menos maléfico ao corpo receptor (Ibiden).



Levando-se em consideração as condições climáticas e a topografia da cidade de Monteiro, foi escolhido o sistema de lagoas de estabilização como método de tratamento dos esgotos. Além disso, sabe-se que as mesmas têm como princípio a utilização de processos naturais, envolvendo algas e bactérias.

#### **4. Lagoas de Estabilização**

##### **4.1. Histórico**

Há séculos existem lagoas naturais ou artificiais que recebem despejos de animais de usos domésticos, e de pequenas comunidades, que realizam os fenômenos típicos e próprios de depuração das lagoas de estabilização (Jordão e Pessoa, 1995). Nos EUA, provavelmente em 1901, uma lagoa de armazenamento de esgotos foi construída na cidade de San Antonio, Texas, com a finalidade de utilizar a água na irrigação. Verificou-se, posteriormente, que os efluentes possuíam melhor qualidade que os afluentes, ou seja, ocorrera um tratamento do esgoto (Mara e Silva, 1979).

Em 1924 na cidade de Santa Rosa, Califórnia, para evitar o custo de uma estação de tratamento de esgoto, se fez passar o esgoto sobre um leito de pedras, acreditando-se que este teria um efeito de filtro percolador. Em pouco tempo, o esgoto bruto colmatou o leito de pedra formando uma lagoa de 90 cm de profundidade, sem apresentar odores desagradáveis (Jordão e Pessoa, 1995). Essas lagoas, embora não tenham sido construídas com o fim específico de tratar esgotos, demonstraram que seu uso poderia ser uma solução para o problema do controle de poluição hídrica. Assim, de observações obtidas com soluções acidentais construiu-se a primeira instalação americana projetada especialmente para a estabilização dos esgotos, na cidade de Maddok - Dakota do Norte, em 1948.

No Brasil, a primeira lagoa construída foi a de São José dos Campos (SP), em 1960 pelo Eng<sup>o</sup> Benoit Almeida Victoretti. (Kellner e Pires, 1998).

## **4.2. Definição**

Segundo Silva (1979), define-se lagoas de estabilização como grandes tanques de pequena profundidade, definidos por diques de terras, e nas quais as águas residuárias brutas são tratadas inteiramente por processos naturais, envolvendo algas e bactérias.

As lagoas de estabilização são muito utilizadas em vários países, sobretudo naqueles que têm clima tropical. Sua grande utilização deve-se ao fato de apresentarem um processo natural de tratamento de águas residuárias, além de serem economicamente viáveis. Lagoas de estabilização são usualmente localizadas a alguma distância das áreas residenciais, para evitar incômodos de odores e insetos, principalmente se lagoas anaeróbias são usadas.

O principal objetivo do tratamento de águas residuárias é promover melhorias na qualidade sanitária de seus efluentes, em função do uso final a que se destinam.

As lagoas de estabilização são geralmente classificadas de acordo com o tipo de processo biológico prevalecente na degradação da matéria orgânica

## **4.3. Vantagens das lagoas de estabilização**

- apresentam baixo custo para sua manutenção;
- Não exigem grandes necessidades de manutenção;
- Grande remoção de organismos patogênicos;
- Suportam grandes cargas orgânicas;
- Apta ao tratamento de águas residuárias industriais e agrícolas;
- Podem ser utilizadas para a criação de peixes, visto que as algas produzidas nas lagoas são fonte potencial de alimentos de alto teor protéico.

Como maior desvantagem das lagoas de estabilização é a necessidade de serem construídas em grandes áreas, fato este que outros processos de tratamento de águas residuárias não necessitam (Silva & Mara, 1979).

As lagoas são classificadas em facultativas, aeróbias, anaeróbias, aeradas e maturação.

#### 4.4. Lagoas Anaeróbias

São lagoas dimensionadas para receber carga orgânica tão grande que são completamente isentas de oxigênio dissolvido. São usadas com grandes vantagens como pré-tratamento para águas residuárias com grande concentração e alto teor de sólidos. Os sólidos sedimentam no fundo da lagoa, aonde são degeridos anaerobicamente e o líquido sobrenadante parcialmente clarificados é lançado em uma lagoa de estabilização facultativa para tratamento posterior (Silva & Mara, 1979).

A estabilização em condições anaeróbias é lenta, pelo fato das bactérias anaeróbias se reproduzirem numa vagarosa taxa. A temperatura do meio tem uma grande influência nas taxas de reprodução e estabilização, o que faz com que locais de climas favoráveis (temperatura elevada), como no Brasil, se tornem propícios a este tipo de lagoas (von Sperling, 1996). Com a decomposição da matéria orgânica, as bactérias transformam anaerobiamente a matéria em produtos finais gasosos. Nessas lagoas, são formados produtos intermediários com odores indesejáveis, como os ácidos orgânicos e gás sulfídrico (Hammer, 1979). Tais lagoas podem ser projetadas com profundidades da ordem de 4 m a 5 m. A profundidade é importante, no sentido de reduzir a possibilidade da penetração do oxigênio produzido na superfície para as demais camadas, além de nos possibilitar menor área superficial em relação ao volume, que já é pequeno em função da alta carga orgânica e do baixo tempo de detenção.

Devido aos maus odores, não é recomendada a construção dessas lagoas próximas às áreas residenciais. A remoção da matéria orgânica neste tipo de lagoa ocorre exclusivamente por digestão anaeróbia, um processo fermentativo no qual bactérias anaeróbias produzem metano e dióxido de carbono a partir de material orgânico complexo. Esta conversão biológica é um processo seqüencial, descrito em diferentes números de etapas por vários autores. Jordão e Pessoa (1995) sintetizam o processo em duas etapas: a digestão ácida e a fermentação matânica ou alcalina.

Tem como principais vantagens a baixa produção de lodo biológico e o fato de não necessitar de equipamento de aeração.

Como desvantagens cita-se a má qualidade do efluente e o desprendimento de gases mal cheirosos presentes no corpo d'água, pois esses gases dependem do equilíbrio entre bactérias das fases de digestão ácida e alcalina (Andrade Neto, 1997).

#### **4.5. Lagoas Aeradas**

Segundo Jordão e Pessoa (1995), as lagoas aeradas constituem uma modalidade de processo de tratamento através de lagoas de estabilização, onde o suprimento de oxigênio é realizado artificialmente por dispositivos eletromecânicos, com a finalidade de manter uma concentração de oxigênio dissolvido em toda ou parte da massa líquida, garantindo as reações bioquímicas que caracterizam o processo.

As lagoas aeradas são, quase sempre, construídas em terra, da mesma forma que as lagoas clássicas de estabilização, ou eventualmente em concreto armado. O processo de lagoas aeradas é utilizado para o tratamento de esgotos domésticos e de despejos industriais com elevado teor de substâncias biodegradáveis. Os fatores de maior influência na seleção deste processo são a área adequada disponível, a fonte de energia elétrica e, obviamente, os custos de implantação e operação.

As lagoas aeradas, devido ao fornecimento contínuo de oxigênio, dia e noite, e devido à capacidade de mistura dos equipamentos de aeração, permitem adotar maiores profundidades, menor tempo de detenção resultando conseqüentemente menor área de ocupada.

#### **4.6. Lagoas de maturação**

As lagoas de maturação predominantemente aeróbias são usadas ao final de um sistema clássico de lagoas de estabilização, e através delas almeja-se a melhoria da qualidade do efluente anteriormente tratado, pela redução de organismos patogênicos, e particularmente pela redução de coliformes fecais.

Na verdade, tem-se em consideração aspectos de proteção da saúde pública, buscando-se a diminuição da concentração de bactérias, vírus, parasitos, nos corpos d'água, e a conseqüente redução das doenças de veiculação hídrica.

O tamanho e o número de lagoas de maturação determinam a qualidade do efluente final numa série de lagoas (Mara e Pearson, 1986).

As lagoas de maturação são projetadas para receber o efluente de lagoas facultativas, tendo como objetivo a melhor qualidade daquele efluente. A principal função desse tipo de lagoa é a destruição de organismos patogênicos (Andrade Neto, 1997).

A profundidade da lagoa de maturação é geralmente a mesma da lagoa facultativa, sendo aproximadamente de 1 a 1,5m. Essa profundidade é benéfica para a destruição de vírus e bactérias, visto que áreas mais rasas facilitam essa destruição (Silva & Mara, 1979).

#### **4.7. Lagoas Facultativas**

As lagoas facultativas são as mais comumente usadas, e, normalmente, recebem águas residuárias brutas ou, então, aquelas que receberam apenas tratamento preliminar (Silva e Mara, 1979).

A lagoa facultativa se caracteriza por possuir uma zona aeróbia superior, em que os mecanismos de estabilização da matéria orgânica são a oxidação aeróbia e a redução fotossintética, e uma zona anaeróbia na camada de fundo, onde ocorrem os fenômenos típicos da fermentação anaeróbia (Jordão e Pessoa, 1995).

A camada intermediária entre essas duas zonas é dita facultativa, predominando os processos de oxigenação aeróbia e fotossintética. Embora parte do oxigênio necessário para manter as camadas superiores aeróbias seja fornecido pela reaeração atmosférica através da superfície, a maior parte é suprida pela atividade fotossintética das algas, as quais crescem naturalmente nas águas onde estão disponíveis grandes quantidades de nutrientes, e a energia da luz solar incidente (Silva e Mara, 1979).

A lagoa facultativa pode ser projetada para operar como uma única unidade; ou em seqüência a uma lagoa anaeróbia, aerada, ou mesmo após uma estação de tratamento. No primeiro caso costuma ser chamada de lagoa “primária”, e nos demais “secundária” (Jordão e Pessoa, 1995).

As vantagens relacionam-se à grande simplicidade e à confiabilidade da operação. Os processos naturais são vias de regra confiáveis: não há equipamentos que possam estragar ou esquemas especiais requeridos. 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 (Von Sperling, 1996).

Compostos mal cheirosos, como gás sulfídrico e ácidos orgânicos, são gerados a partir da liberação de nutrientes inorgânicos que provêm de resíduos sólidos decantáveis que se decompõem sob condições anaeróbias (Andrade Neto, 1997).

As lagoas facultativas, tratando somente esgotos domésticos, raramente liberam odores.

A profundidade de uma lagoa facultativa é um parâmetro importante para o desempenho da mesma. Lagoas facultativas muito profundas podem impedir que a mistura introduzida pelo vento ocorra em toda a profundidade, limitando o contato do volume da lagoa com a radiação solar. Pouca profundidade também proporciona o crescimento de plantas enraizadas que constituem suporte para larvas de insetos (Branco, 1986).

#### 4.8. Rede coletora da cidade de Monteiro

Toda área da cidade é constituída de uma única bacia de drenagem, sendo esgotada por meio de três coletores troncos, para uma estação elevatória de onde os esgotos são recalcados para a ETE. A extensão total da rede projetada é de 16.545 metros, com tubos de diâmetros de 150 mm (6") a 300 mm (12"), sendo a distribuição por diâmetro mostrados na Tabela 4.8.1.

**Tabela 4.8.1** - Relação entre diâmetros e extensão da cidade de Monteiro

<b>Diâmetro (mm)</b>	<b>Extensão (m)</b>	<b>Porcentagem (%)</b>
150	13285	80,30
200	516	3,12
250	1997	12,07
300	747	4,51
Total	16545	100

A rede foi projetada com 46 coletores, obedecendo as normas técnicas no que se refere à engenharia sanitária. Foram considerados os cálculos de diâmetro, declividade mínima, velocidade de escoamento, espaçamento entre poços de visita, recobrimento mínimo, altura molhada e etc.

Em todos os poços em que se verifica mudança de direção ou modificação de vazão nos coletores, foram indicados poços de visita, devidamente numerados, que servem para identificação dos trechos. Nos outros pontos onde se verificam ressaltos ou mudança de declividade, também foram indicados poços de visita sem identificação.

Os poços de visita foram distribuídos de acordo com as profundidades (Tabela 4.8.2.) A rede coletora foi projetada para receber futuras ligações domiciliares.

**Tabela 4.8.2** - Relação entre profundidades e quantidade de poços de visita

<b>Profundidade (m)</b>	<b>Número de poços</b>
Até 1,50	102
1,5 a 2,00	88
2,00 a 2,50	33
2,50 a 3,00	14
3,00 a 3,50	4
Total	241

#### **4.9. Estação Elevatória**

A estação elevatória de Monteiro foi projetada, junto do ponto de encontro do dique de proteção da cidade e do canal de drenagem do Açude Santa Terezinha, recebendo a vazão total de toda a rede coletora.

A estação projetada se compõe de um poço úmido, onde chegam os esgotos e de um poço seco, no qual serão instalados os conjuntos elevatórios.

No início da operação serão instalados apenas dois grupos elevatórios, com um em funcionamento e outro na reserva e na segunda etapa será instalado um terceiro grupo elevatório, com capacidade equivalente as duas da primeira etapa.

O sistema elevatório foi assim projetado para haver alternância entre os três grupos, evitando com isso a sobrecarga de recalque.

O poço úmido foi projetado o fundo com declividade entre a entrada do coletor geral e o ponto de sucção das bombas para permitir fácil escoamento e concentração dos materiais sólidos carreados nos esgotos, bem como a operação das bombas com a sucção afogada. No interior do poço úmido, haverá uma grade para reter materiais sólidos com diâmetros superiores a 5 cm. O volume do poço úmido até o nível de acionamento da primeira bomba é de  $12,92\text{m}^3$ , o que corresponde a uma permanência de 18 minutos para a vazão média, no início do plano.

Verificação dos períodos de paradas e de funcionamento das bombas:

### 1º etapa

- Vazão máxima.....23,44 l/s
- Vazão média.....11,72 l/s
- Vazão mínima.....4,688 l/s

### 2º etapa

- Vazão máxima.....46,88 l/s
- Vazão média.....23,44 l/s
- Vazão mínima.....9,376 l/s

### Volume do poço úmido

#### 1º etapa

- Vazão mínima – enchimento do poço úmido

$$\frac{12,920}{4,7} = 2750 \text{ segundos} \sim 48 \text{ minutos}$$

- Vazão média

$$\frac{12,920}{11,72} = 1100 \text{ segundos} \sim 18 \text{ minutos}$$

- Vazão máxima

$$\frac{12,920}{23,44} = 551 \text{ segundos} \sim 9 \text{ minutos}$$

O esvaziamento será em 9 minutos, que é a vazão da bomba em menor tempo.

Os ciclos de operação serão:

- Vazão mínima: 46 + 9 = 55 minutos



Ciclos por hora:  $\frac{60}{55} = 1,1$  ciclos pr hora

- Vazão média:  $18 + 9 = 27$  minutos

Ciclos por hora:  $\frac{60}{27} = 2,2$  ciclos por hora

- Vazão máxima:  $9 + 9 = 18$  minutos

Ciclos por hora:  $\frac{60}{18} = 3,3$  ciclos por hora

## 2º etapa:

- Vazão mínima – enchimento do poço úmido

$\frac{12,920}{9,379} = 1380$  segundos ~ 23 minutos

- Vazão média

$\frac{12,920}{23,44} = 551$  segundos ~ 9 minutos

- Vazão máxima

$\frac{12,920}{46,88} = 277$  segundos ~ 4,5 minutos

O esvaziamento será em 9 minutos, para a menor bomba e em 4,5 minutos para a menor bomba.

Os ciclos de operação serão:

- Vazão mínima:  $23 + 9 = 32$  minutos

Ciclos por hora:  $\frac{60}{32} = 1,9$  ciclos a cada hora

- Vazão média:  $9 + 9 = 18$  minutos

Ciclos por hora:  $\frac{60}{18} = 3,3$  ciclos por hora

- Vazão máxima:  $4,5 + 4,5 = 9$  minutos

Ciclos por hora:  $\frac{60}{9} = 6,63$  ciclos por hora

#### 4.10. Emissário

As águas residuárias de Monteiro serão recalçadas até a lagoa de estabilização, por um emissário de 1.900m de extensão, em tubos de cimento amianto de 200mm.

Determinações das condições de funcionamento do emissário na 1º e 2º etapa, para as respectivas vazões máximas:

##### 1º etapa:

- Vazão máxima..... 23,44l/s
- Tubulação..... 200 mm

Aplicando a equação de Hazen Williams, com o coeficiente de rugosidade,  $C = 120$ , tem-se:

$$J = 3,66 \text{ m/km}$$

$$h_t = 1,90 \times 3,66 = 6,954 \text{ m}$$

Onde:

J – perda de carga unitária

$h_t$  – perda de carga

## 2º etapa:

- Vazão máxima.....46,88 l/s
- Tubulação.....200 mm

Aplicando a equação de Hazen Williams, com o coeficiente de rugosidade,  $C = 120$ , tem-se:

$$J = 13,24 \text{ m/km}$$

$$h_t = 1,90 \times 13,24 = 25,156 \text{ m}$$

## Altura geométrica de recalque

- Cota na chegada do emissário.....591,9m
- Cota no eixo das bombas.....588,7 m

## Perdas de carga localizadas

- Determinação por comprimentos equivalentes

### Sucção

- Curva de 90°.....150 mm
- Registro gaveta.....150 mm
- Redução excêntrica..... 150 x 100 mm
- **Total de 9,20 m**

### Recalque

- Redução.....150 x 125 mm
- Redução.....200 x 125 mm
- Registro gaveta.....200 mm
- Válvula de retenção.....200 mm

- Curva de 90°.....200 mm
- Curva de 45° .....200 mm
- Junção y.....200 mm
- **Total de 54,80 m**

**Perdas de carga**

**1º etapa**

$$h_s = 9,20 \times 0,01453 = 0,134 \text{ m}$$

$$h_r = 54,80 \times 0,00366 = 0,201 \text{ m}$$

$$h_s + h_r = 0,335 \text{ m}$$

**2º etapa**

$$h_s = 9,20 \times 0,05245 = 0,483 \text{ m}$$

$$h_r = 54,80 \times 0,01324 = 0,725 \text{ m}$$

$$h_s + h_r = 1,208 \text{ m}$$

**Altura manométrica total**

**1º etapa**

$$6,954 + 3,20 + 0,335 = 10,564 \text{ m.c.a}$$

**2º etapa**

$$25,156 + 3,20 + 1,208 = 29,564 \text{ m.c a}$$

**Potência necessária**

**1º etapa**

$$N = \frac{23,44 \times 10,489}{75 \times 0,6} = \frac{245,86}{45} = 6 \text{Hp}$$

## 2º etapa

$$N1 = \frac{46,88 \times 29,564}{75 \times 0,6} = 32Hp$$

$$N2 = \frac{23,44 \times 29,564}{75 \times 0,6} = 16Hp$$

Na primeira etapa, os motores das bombas serão de 10 Hp, e na segunda etapa serão de 20Hp, para uma vazão de 23,44 l/s e de 35 a 40 Hp para uma vazão de 46,88 l/s.

### 4.11. Estação de Tratamento de Esgotos - ETE da cidade de Monteiro

A cidade de Monteiro teve seu projeto do sistema de esgotamento sanitário elaborado em janeiro de 1971 pelo engenheiro José Xavier de Lucena. Em 1986 foram realizados novos estudos do projeto já existente, com a finalidade de instalar três lagoas em série.

Foram projetadas duas lagoas, com capacidade para receber 640 m<sup>3</sup> de esgotos cada uma, sendo a primeira para construção no início de plano e a segunda quando atingir a percentagem de 50% da população de projeto.

As lagoas foram projetadas com uma área média de 1,36 ha, com dimensões de 75m de largura, por 180m de comprimento. As paredes laterais de cada lagoa foram projetadas com diques de 2 m de altura e com coroamento de 2 m de largura.

Foi considerada uma D.B.O. de 320 mg/l

O cálculo para o dimensionamento das lagoas foi calculado da seguinte forma:

População de projeto.....	22.900 hab.
Abastecimento de água.....	100 l/hab/dia
Vazão para esgoto.....	80 l/hab/dia
Percentual da população servida.....	70%
Volume diário de esgotos 22.900 x 70% x 80.....	1.282,4 m <sup>3</sup>

Para a vazão de 640 m<sup>3</sup>:

- Carga de D.B.O./ dia  
640 x 320 = 204,8 kg / dia
- Temperatura media – 22° C
- Percentagem do tempo de sol sobre o horizonte – 48%

$$F_1 = 3.9$$

$$F_2 = 5,2$$

$$T_c = 0.99$$

$$F = \frac{F_1 + F_2}{2} \times T_c = \frac{3.9 + 5.2}{2} \times 0.99 = 4.52$$

- Energia solar, em função da latitude e do mês crítico – 179
- Taxa de aplicação de D.B.O.

$$T = 0,196 \times F \times S = 157,9 \text{ k/dia/Há}$$

- Área necessária da lagoa

$$A = \frac{204,8}{157,9} = 1,3 \text{ ha}$$

Para o dimensionamento da lagoa foi considerado uma variação de profundidade entre 1 a 1,2 m, com um volume variado entre 13000 m<sup>3</sup> a 15600 m<sup>3</sup>, e o período de retenção de 21 a 24 dias. O diâmetro da tubulação utilizada foi de 200 mm.

O método utilizado dimensionamento da lagoa, foi baseado em dados experimentais e pesquisas de Gloyna e Eckenfelder (1971).

#### 4.12. Dimensionamento da nova ETE

Para o dimensionamento da nova ETE, foram realizados estudos demográficos entre 1970, quando foi elaborado o projeto, e 2005 para uma população prevista de 16.851 habitantes. Com base nos dados coletados chegou-se a conclusão que a população da cidade de Monteiro segue crescimento aritmético, com taxa média de 232 habitantes por ano.

A população prevista para 2005 é de 16851 habitantes, considerando-se uma população ligada à rede de esgoto de 8.426 habitantes, correspondendo uma ordem de 50% da população.

Para efeito de cálculo, foi adotada uma população de 10.000 habitantes.

#### 4.13. Dados utilizados para o dimensionamento

População a ser esgotada.....	100.00 habitantes
Quota per capita de água.....	100L/hab.dia
Coeficiente de retorno água - esgoto.....	0,80
Extensão total da rede coletora.....	16.545 m
Taxa de infiltração nos coletores.....	0,00056 l/s.m
Temperatura média das mínimas.....	22 <sup>o</sup> C
Carga orgânica.....	40g/hab.dia
Quota per capita de esgotos, inclusive infiltração.....	160L/hab.dia
Vazão média total.....	1.600m <sup>3</sup> /dia.

O sistema foi projetado sem a utilização de equipamentos eletro-mecânicos, devido ao custo elevado dos mesmos e a necessidade de manutenção.

Foram consideradas duas alternativas para a nova ETE do sistema de esgotos sanitários da cidade de Monteiro.

A primeira, consta de um sistema de lagoas de estabilização em série (lagoa facultativa + lagoa de maturação), enquanto que a segunda é composta de três lagoas em série (anaeróbia + facultativa + maturação).

Os cálculos do projeto foram efetuados com auxílio de fórmulas empíricas de autoria de professores conhecidos internacionalmente, sendo os principais: E. F. Gloyne, W. W. Eckenfelder Jr., G. V. R. Marais, D. Ducan Mara, S. J. Arceivala e L. G. Rich.

Os parâmetros regionais foram adotados como base para o dimensionamento da nova ETE. No caso da carga orgânica, embora o valor adotado de 40g/hab. dia esteja em discordância com as Normas Brasileiras, pode-se utilizá-lo com segurança, devido a semelhança de resultados com os estados de São Paulo, Paraná e Paraíba (Campina Grande).

#### 4.14. Equações utilizadas no dimensionamento das lagoas de estabilização

##### Lagoas anaeróbias

$$A = \frac{Q_{med} \times t}{h}$$

$$K_1 = 0,3 (1,05)^{T-20}$$

$$n_1 = \frac{A \times h_2}{2 \times K_1 \times P}$$

$$\lambda_v = \frac{S_o \times Q_{med}}{A \times h}$$

$$E = \frac{100 \times K_1 \times t}{1 + K_1 \times t}$$

$$S_e = S_0 (1 - E)$$

##### Lagoas facultativas

$$A = \frac{Q_{med} \times t}{h}$$

$$\lambda_s = \frac{Q_{med} \times t}{A}$$

$$\lambda_{smax} = 20^{T-120}$$

$$K_2 = 0,796 t^{-0,355} \times 1,085^{T-26}$$

$$E = \frac{100 \times K_2 \times t}{1 + K_2 \times t}$$

$$S_e = S_0 (1 - E)$$



## Lagoas de maturação

$$A = \frac{Q_{med} \times t}{h}$$

$$K_b = 2,60 (1,19)^{T-20}$$

$$N_e = \frac{N_i}{(1 + K_b \cdot t_A) \times (1 + K_b \cdot t_F) \times (1 + K_b \cdot t_M)^n}$$

$$\lambda_s = \frac{10 \cdot S_0 \cdot Q_{med}}{A}$$

$$K_2 = 0,796 t^{-0,355} \times 1,085^{T-26}$$

$$E = \frac{100 \times K_2 \cdot t}{1 + K_2 \cdot t}$$

$$S_e = S_0 (1 - E)$$

## Simbologia

A = área da lagoa de estabilização, em m<sup>2</sup>.

Q<sub>med</sub> = vazão média dos esgotos brutos, em m<sup>3</sup>/dia.

t = tempo de detenção da lagoa de estabilização, em dias.

h = profundidade útil da lagoa de estabilização, em m.

λ<sub>v</sub> = carga orgânica volumétrica da lagoa anaeróbia, em g/m<sup>3</sup>.dia

λ<sub>s</sub> = carga orgânica superficial das lagoas facultativas ou de maturação, em kg/ha.dia

λ<sub>smax</sub> = carga orgânica superficial máxima suportada pelas lagoas facultativas ou de maturação, em kg/ha.dia

k<sub>1</sub> = coeficiente de velocidade de remoção

$k_2$  = coeficiente de velocidade de remoção de  $\text{DBO}_5$  das lagoas facultativas e de maturação, em  $\text{dia}^{-1}$

$k_b$  = coeficiente de velocidade de remoção de coliformes fecais (CF) das lagoas de estabilização, em  $\text{dia}^{-1}$

$N_1$  = N° de CF/100 ml no esgoto bruto

$N_e$  = N° de CF/100 ml no efluente final

E = eficiência da lagoa de estabilização, em %.

$S_0$  = concentração de  $\text{DBO}_5$  do influente, em mg/l

$S_e$  = concentração de  $\text{DBO}_5$  efluente, em mg/l

P = população a ser esgotada, em habitantes.

$K_1$  = taxa de acumulação do lodo na lagoa anaeróbia, em  $\text{m}^3/\text{hab.ano}$ .

$n_1$  = frequência de limpeza do lodo, em anos.

De acordo com estudos analisados, foram adotadas três lagoas em série (anaeróbia + facultativa + maturação), por ser mais econômica, além de ser sanitariamente mais recomendado. A tabela a seguir mostra uma comparação entre o projeto existente e o proposto.

**Tabela 4.14** – Comparação entre o projeto existente e o proposto.

Item	Projeto existente	Projeto proposto
Tratamento	2 facultativas em paralelo	Anaeróbia + facultativa + maturação
Área total	2,60 há	1,55 há
População esgotada	16.030 hab.	10.000 hab.
% da população esgotada	70%	59,3%

O sistema de lagoa em série (anaeróbia + facultativa + maturação), é a alternativa mais recomendável, pois poderá produzir  $DBO_5$  do efluente final igual a 10 mg/l e redução de coliformes fecais da ordem de 99,994%.

É importante frisar que o corpo receptor do efluente da ETE será a barragem São José, manancial fornecedor de água para a cidade de Monteiro.

Se houver necessidade, poderá ser construída outra lagoa de maturação idêntica à projetada, também em série e interligada ao sistema, cujo efluente poderá ser utilizado para irrigação, evitando em consequência a poluição do manancial que abastece a cidade.

Em setembro de 1984, foi concluído o projeto definitivo da ETE de Monteiro a nível de relatório preliminar.

Após a garantia do aporte financeiro para a construção da referida obra, foram iniciados os serviços topográficos para locação da ETE.

Para a realização desta obra, houve grande dificuldade em obter um terreno apropriado, daí teve-se a necessidade de realizar novos estudos visando à diminuição da área em questão.

#### **4.15. Estudo da viabilidade com lagoas anaeróbias e aeradas em série**

O projeto inicial constava de lagoas em série (lagoa anaeróbia + lagoa aerada aeróbia + lagoa aerada facultativa + lagoa de polimento).

No nordeste brasileiro, segundo pesquisas realizadas na EXTRABES – UFPB, pelo professor Dr. Salomão Anselmo Silva, a eficiência das lagoas anaeróbias varia de 70% a 80%.

A demanda bioquímica de oxigênio do efluente bruto da ETE de Monteiro é da ordem de 250 mg/l. Admitindo-se redução da ordem de 70%, a concentração de  $DBO_5$ , ficaria no valor de 75 mg/l.

As lagoas aeradas em série têm a grande vantagem de ocuparem pouco espaço, e em contrapartida a capacidade de boa redução de  $DBO_5$ . Porém, no caso de pequenas cargas orgânicas, como no caso em questão, o tempo de detenção seria maior, pois o mesmo é inversamente proporcional a essa concentração. Neste caso, haveria a necessidade de instalação de equipamentos eletromecânicos, gerando maiores despesas

devido o consumo de energia. Em virtude desses fatores, foi descartada a possibilidade da construção da lagoa anaeróbia a montante desse sistema.

#### 4.16. Estudo para redução das áreas do sistema proposto no relatório preliminar

##### 1º etapa (1987 – 1996)

- construção de dois módulos compostos de: lagoa anaeróbia + lagoa facultativa.
- população de cada módulo: 5.000 habitantes.
- taxa per capita de esgotos inclusive infiltração: 160 l/hab.dia
- contribuição de DBO<sub>5</sub> per capita: 40 g/hab. dia

Verificação do funcionamento de cada módulo na 1º etapa

##### Lagoa anaeróbia:

- área do nível médio:  $A = 420,5 \text{ m}^2$  (14,5m x 29,0m)
- profundidade:  $h = 3,7\text{m}$
- tempo de detenção:  $t = 1,9$  dias
- carga orgânica volumétrica:  $\lambda_v = 129 \text{ g/m}^3 \cdot \text{dia}$
- eficiência:  $E = 70\%$
- frequência de limpeza de lodo:  $n = 4,4$  anos
- concentração de DBO<sub>5</sub> do efluente:  $S_e = 75 \text{ mg/l}$

##### Lagoa facultativa:

- área do nível médio:  $A = 3277 \text{ m}^2$  (29,0m x 113,0m)
- profundidade:  $h = 2,2\text{m}$
- tempo de detenção:  $t = 9$  dias
- carga orgânica máxima:  $\lambda_{s\text{max}} = 380 \text{ kg/ha. dia}$
- carga orgânica superficial  $\lambda_s = 183 \text{ kg/ha. Dia}$
- coeficiente de velocidade de remoção:  $k_1 = 0,263 \text{ dia}^{-1}$
- eficiência:  $E = 70\%$
- frequência de limpeza de lodo:  $n = 4,4$  anos
- concentração de DBO<sub>5</sub> do efluente:  $S_e = 23 \text{ mg/l}$
- coef. de velocidade de remoção de CF:  $k_b = 3,682 \text{ dia}^{-1}$

- CF/100 ml no efluente do sistema: 147.000 CF/100 ml
- Redução de CF/100 ml no efluente do sistema 99,63%

## 2º etapa (1997 – 2006)

- os dois módulos construídos na 1º etapa, compostos de: lagoa anaerobia + lagoa facultativa, serão mantidos.
- população de cada modulo: 7500 habitantes
- taxa per capita de esgotos inclusive infiltração: 160 l/hab. dia
- contribuição de DBO<sub>5</sub> per capita: 40 g/hab.dia

Verificação de funcionamento de cada módulo na 2º etapa

### Lagoa anaeróbia:

- área do nível médio:  $A = 420,5 \text{ m}^2$  (14,5m x 29,0m)
- profundidade:  $h = 3,7\text{m}$
- tempo de detenção:  $t = 1,3$  dias
- carga orgânica volumétrica:  $\lambda_v = 193 \text{ g/m}^3 \cdot \text{dia}$
- eficiência:  $E = 70\%$
- frequência de limpeza de lodo:  $n = 3.0$  anos
- concentração de DBO<sub>5</sub> do efluente:  $S_e = 75 \text{ mg/l}$

### Lagoa facultativa:

- área do nível médio:  $A = 3277 \text{ m}^2$  (29,0m x 113,0m)
- profundidade:  $h = 2,2\text{m}$
- tempo de detenção:  $t = 6$  dias
- carga orgânica máxima:  $\lambda_{s\text{max}} = 380 \text{ kg/ha. dia}$
- carga orgânica superficial:  $\lambda_s = 275 \text{ kg/ha. Dia}$
- coeficiente de velocidade de remoção:  $k_1 = 0,304 \text{ dia}^{-1}$
- eficiência:  $E = 65\%$
- concentração de DBO<sub>5</sub> do efluente:  $S_e = 26 \text{ mg/l}$
- coef. de velocidade de remoção de CF:  $k_b = 3,682 \text{ dia}^{-1}$
- CF/100 ml no efluente do sistema: 300.000 CF/100 ml

- Redução de CF/100 ml no efluente do sistema: 99,25%

Os cálculos descritos acima foram realizados utilizando um valor de 250 mg/l, para a DBO<sub>5</sub> do esgoto bruto afluente à ETE de Monteiro e uma eficiência de remoção dessa variável na ordem de 70% para a lagoa anaeróbia e para a lagoa facultativa. A seguir, estão descritos os mesmos cálculos, porém para uma DBO<sub>5</sub> do esgoto bruto de 600 mg/l (que corresponde a um valor médio do período 2000 - 2003) e considerando a mesma eficiência de remoção da ordem de 70% para ambos os reatores da série.

### **1<sup>o</sup> etapa**

#### **Lagoa anaeróbia**

- Carga orgânica volumétrica:

$$\lambda_v = \frac{S_o \times Q_{med}}{A \times h}$$

$$\lambda_v = 315,79 \text{ g/m}^3 \cdot \text{dia}$$

- Concentração de DBO<sub>5</sub> do efluente:

$$S_e = S_0 (1 - E)$$

$$S_e = 600 (1 - 0,70) = 180 \text{ mg/l}$$

#### **Lagoa facultativa**

- Concentração de DBO<sub>5</sub> do efluente:

$$S_e = S_0 (1 - E)$$

$$S_e = 180 (1 - 0,70) = 54 \text{ mg/l}$$

### **2<sup>o</sup> etapa**

#### **Lagoa anaeróbia**

- Carga orgânica volumétrica:

$$\lambda_v = \frac{S_o \times Q_{med}}{A \times h}$$

$$\lambda_v = 461,53 \text{ g/m}^3 \cdot \text{dia}$$

- Concentração de DBO5 do efluente:

$$S_e = S_0 (1 - E)$$

$$S_e = 600 (1 - 0,70) = 180 \text{ mg/l}$$

#### **Lagoa facultativa (E =65%)**

- Concentração de DBO5 do efluente:

$$S_e = S_0 (1 - E)$$

$$S_e = 180 (1 - 0,65) = 63 \text{ mg/l}$$

#### **4.17. População a ser atendida**

A população urbana da cidade de Monteiro prevista para 1996 é de 14.763 habitantes e para 2006 é de 17.083 habitantes (crescimento aritmético com taxa de crescimento de 232 hab. /ano).

Por conseguinte, no fim da 1º etapa, isto é, após 10 anos de implantação dos 2 módulos, a ETE deverá estar tratando cerca de 67,6% dos esgotos da cidade, enquanto que no fim do plano, a ETE deverá tratar cerca de 58,5% dos esgotos da população urbana do município.

É importante observar que a meta do governo brasileiro na área de esgotos sanitários, para 1990 era atingir 65% da população urbana dos municípios. Meta essa, utópica para o país como um todo, para a referida data.

Em 1990, Monteiro estava com população de 13.371 habitantes e a população atendida pela ETE foi da ordem de 74,8%.

#### **4.18. Verificação da redução de áreas**

O estudo a nível de relatório preliminar, previa como solução, 3 lagoas de estabilização em série ( anaeróbia + facultativa + maturação). O total dessas áreas equivalia a 1,55 ha (área útil do nível médio das lagoas), para um módulo de 10.000 habitantes.

O projeto definitivo foi realizado com dois módulos em paralelo. São duas lagoas de estabilização em série (anaeróbia + facultativa) com área total para os dois módulos de 0,74 ha, com 7.500 habitantes.



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As lagoas de estabilização como método de tratamento biológico de esgotos domésticos são adequados para regiões de clima tropical por se tratarem de uma forma simples, de baixo custo e muito eficientes para melhorar as condições de saneamento de áreas urbanas.

O estudo teórico realizado permitiu verificar a boa adequação das lagoas de estabilização como a melhor alternativa de tratamento de águas residuárias para a cidade de Monteiro, pois os esgotos domésticos são tratados através de processos físicos, químicos e biológicos, estes governados por condições climáticas, particularmente a luz solar, se tornando economicamente viável.

Os estudos preliminares realizados em 1972, previam um sistema de lagoas em série (anaeróbia seguida de facultativa e de maturação), ocupando uma área de 1,55 ha. Este projeto foi reformulado em 1986, com a substituição da série de lagoas por dois módulos em paralelo de lagoas de estabilização (anaeróbia + facultativa), correspondendo uma área de 0,74 ha para cada série de lagoas.

O projeto definitivo de 1986 foi dividido em duas etapas: na primeira (1987 - 1996) contemplaria uma população de 5.000 habitantes para cada módulo, totalizando 10.000 habitantes. Na segunda etapa (1996 - 2006) previa atender uma população de 7.500 habitantes por módulo, totalizando 15.000 habitantes. Segundo dados demográficos do IBGE (2000) a população urbana do município é de 17.146 habitantes. No caso de haver 100% de cobertura de atendimento em água de abastecimento e coleta de esgotos, o que não corresponde à realidade brasileira, o sistema de tratamento já estaria acima de sua capacidade de tratamento.

Considerando dados atualizados de DBO5 para o período entre 2000 e 2003, cujo valor médio foi de 600mg/L, e aplicando-se os mesmos percentuais de remoção da matéria orgânica na ordem de 70% para as lagoas anaeróbia e facultativa, o efluente final produzido pela ETE, segundo os cálculos teóricos, seria de 54 e 63mg/L para a primeira e segunda etapa, valores esses que não se adequariam ao exigidos pelos órgãos de vigilância ambiental.

## **6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

ANDRADE NETO, O. C. **Sistemas Simples para Tratamento de Esgotos Sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 1997. 299p.

JORDÃO, E. P. & PESSOA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995. 720p.

KELLNER, E. & PIRES, C. P. **Lagoas de Estabilização: Projeto e Operação**. Rio de Janeiro: ABES, 1998. 244p.

KONIG, A. **Comparação de Técnicas para Enumeração de Helmintos em Águas Residuárias Brutas e Tratadas**. Campina Grande, 2001. 44p. Relatório PIBIC.

MEDEIROS, C. F. **Esgotos Sanitários**. João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, 1997. 435p.

SILVA, S. A.; MARA, D. D. **Tratamentos Biológicos de Águas Residuárias**. Rio de Janeiro: ABES, 1979. 138p.

SPERLING, M. V. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. Belo Horizonte, 1996. 134p.

TSUTIYA, M. T. / SOBRINHO, P. A. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. 1. ed. São Paulo, 1999. 548p.