



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA – UEPB
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS – CCT
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

JOSÉ ÍTALO CARNEIRO RIBEIRO

**PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO
CONJUGADAS NO TRATAMENTO DE ESGOTO PARA FINS DE REUSO EM
AQUICULTURA E AGRICULTURA DA CIDADE DE TAVARES/PB**

CAMPINA GRANDE – PB

2013

JOSÉ ÍTALO CARNEIRO RIBEIRO

**PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO
CONJUGADAS NO TRATAMENTO DE ESGOTO PARA FINS DE REUSO EM
AQUICULTURA E AGRICULTURA DA CIDADE DE TAVARES/PB**

Trabalho de Conclusão de Curso,
submetida ao Curso de Engenharia
Sanitária e Ambiental da Universidade
Estadual da Paraíba UEPB, em
cumprimento às exigências para
obtenção do Título de Bacharel em
Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientador: Profº Dr. Howard William Pearson

CAMPINA GRANDE – PB

2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL – UEPB

R484p Ribeiro, José Ítalo Carneiro.

Proposta de implantação de um sistema de lagoas de estabilização conjugadas no tratamento de esgoto para fins de reuso em aquicultura e agricultura da cidade de Tavares/PB [manuscrito] / José Ítalo Carneiro Ribeiro. – 2013.

68 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologias, 2013.

“Orientação: Prof. Dr. Howard William Pearson, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental”.

1. Águas residuárias. 2. Tratamento de esgoto. 3. Sustentabilidade ambiental. I. Título.

21. ed. CDD 333.913

JOSÉ ÍTALO CARNEIRO RIBEIRO

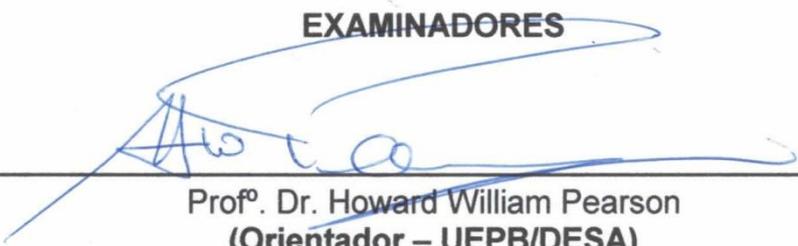
**PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO
CONJUGADAS NO TRATAMENTO DE ESGOTO PARA FINS DE REUSO EM
AQUICULTURA E AGRICULTURA DA CIDADE DE TAVARES/PB**

Trabalho de Conclusão de Curso, submetido ao
Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da
Universidade Estadual da Paraíba – UEPB,
como requisito do cumprimento às exigências
para obtenção do Título de Bacharel em
Engenharia Sanitária e Ambiental.

JULGADO EM: 02/09/2013

NOTA: (9,8)

EXAMINADORES


Prof. Dr. Howard William Pearson
(Orientador – UEPB/DESA)


Prof.ª Dra. Vandeci Dias dos Santos
(Examinadora – UEPB/DQ)


Prof.ª Dra. Neyliane Costa de Souza
(Examinadora – UEPB/DESA)

Campina Grande – PB

2013

Ao meu bisavô e minha bisavó, José Carneiro e Otaviana Carneiro pelo carinho e amor que me tinha, o que fez eles sempre se manterem vivos na minha memória.

(MINHA HOMENAGEM)

A minha mãe Maria José Carneiro Ribeiro incentivadora maior nessa minha conquista, pelo amor, carinho e confiança que sempre me dedicastes e me dedica exemplo de honestidade e muito trabalho. Ao meu pai Luiz Gonzaga Ribeiro pelo amor, carinho, amizade e pela sua compreensão. Aos meus irmãos João Paulo e Michelle, pelo carinho e amizade, de onde sempre recebi incentivo e apoio.

(DEDICO)

AGRADECIMENTOS

Ao meu grandioso “**DEUS**” que, durante todo esse período de luta e realização desse sonho, não deixou que meus ânimos e as minhas esperanças fossem abaladas pelas dificuldades.

A minha mãe, Maria José Carneiro Ribeiro, por seu esforço em me colocar para estudar, por ter sido meu braço direito, minha incentivadora constante, pela sua cumplicidade, pelo seu exemplo de mulher trabalhadora e principalmente pelo seu amor de mãe.

Ao meu Pai, Luiz Gonzaga Ribeiro, exemplo de homem trabalhador, pela sua forma de seriedade no jeito e forma de me educar, e pelo amor de pai que sempre me doaste.

Aos meus irmãos queridos, João Paulo Carneiro Ribeiro e Michelle Paula Carneiro Ribeiro, pelas conversas, companheirismo, conselho e principalmente pela amizade que há entre nós.

A minha namorada, Micaely Cordeiro Bezerra, pelas conversas de todas as noites, brincadeiras, conselhos, pela convivência e paciência com meu jeito de ser, mas principalmente por ter entrado em minha vida e ter dado sentido ao meu propósito de vida.

Ao meu tio, Gilberlan Carneiro, pelo carinho, incentivos, conselhos, confiança e principalmente pela amizade sincera e verdadeira que sempre mostrou quando necessário.

A Toda a minha família pela confiança, palavras, incentivos e pelo carinho que sempre me dedicaste.

Aos meus amigos, pelas conversas preciosas cheias de importantes palavras de incentivo e apoio, e principalmente por estarem ali comigo sempre que preciso. Em especial ao meu brother Jefferson Pena, um amigo para todas as horas e que considero como um irmão.

Ao meu orientador e amigo, Howard William Pearson pelo incentivo e ajuda na realização deste, pela orientação e conselhos valiosos para minha formação profissional e pessoal, e pelo seu companheirismo.

Enfim, gostaria de agradecer a todas as pessoas que direto ou indiretamente pensaram de forma positiva para a realização desse trabalho. Meu muito obrigado.

**PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO
CONJUGADAS NO TRATAMENTO DE ESGOTO PARA FINS DE REUSO EM
AQUICULTURA E AGRICULTURA DA CIDADE DE TAVARES/PB**

RESUMO

Este trabalho baseia-se no conceito de desenvolvimento sócio econômico e sustentabilidade ambiental com proposta de implantação de um sistema de tratamento de esgoto doméstico, integrado com a reutilização do efluente tratado para a agricultura e aqüicultura para a cidade de Tavares, localizada no nordeste do Brasil na região do semi-árido da Paraíba, possuindo uma população de 14.103 habitantes no último censo. A escolha de lagoas de estabilização como a tecnologia de tratamento foi influenciada pelas características do esgoto bruto, das condições climáticas preponderantes de projeto e do tipo de reutilização proposto. Para o projeto de reutilização foram consideradas culturas adaptadas à região, como feijão, milho, e criação de peixes. A produção de tilápia foi considerada a melhor opção por causa da aqüicultura espécie versatilidade de adaptação e produtividade na região e seu valor de mercado. O sistema de lagoas compreende duas lagoas anaeróbias paralelas seguidas por duas lagoas facultativas em paralelo e, finalmente, duas lagoas de maturação em série. A escolha de duas lagoas anaeróbias em paralelo e duas piscinas facultativas secundárias foi baseada na simplificação do protocolo de manutenção e a resolução de qualquer avaria relacionada ao sistema. Este tipo de tratamento é considerado uma boa alternativa para essas regiões semi-áridas tropicais, uma vez que têm baixos custos de implantação, baixa demanda de energia e simplicidade de manutenção, importante em comunidades difusas e integrar-se bem com a agricultura local.

Palavras-chave: reuso integrado; aqüicultura, irrigação com águas residuárias, tratamento de esgoto, lagoas de estabilização.

**PROPOSED ESTABLISHMENT OF A SYSTEM STABILIZATION PONDS COMBINED IN
SEWAGE TREATMENT FOR PURPOSES OF REUSE IN AQUACULTURE AND
AGRICULTURE OF THE CITY OF TAVARES / PB**

ABSTRACT

This work is based on the concept of socio-economic development and environmental sustainability with proposed the deploying a system of domestic wastewater treatment, integrated with the reuse of the treated effluent for agriculture and aquaculture for the city of Tavares, located in the semi-arid region of Paraíba in Northeast Brazil, having a population of 14,106 inhabitants in the last sense. The choice of waste stabilization ponds as the treatment technology was influenced by the characteristics of the raw sewage, the prevailing climatic conditions and the type of re-use project proposed. The reuse project considered crops adapted to the region such as beans and fish farming. The production of Tilapia was considered the best aquaculture option because of the species adaptive versatility and productivity in the region and its market value. The lagoon system comprises two parallel anaerobic ponds followed by two facultative ponds in parallel and finally two maturation ponds in series. The choice of two parallel anaerobic ponds and two secondary facultative pools was based on simplifying the maintenance protocol and the resolution of any system-related malfunction. This type of treatment is considered a good alternative for such tropical semi-arid regions, since they have low deployment costs, low energy demand, and simplicity of maintenance important in diffuse communities and integrate well with local agriculture.

Keywords: integrated reuse; aquaculture; treated wastewater irrigation; sewage treatment; waste stabilization ponds.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Característica da lagoa de estabilização Anaeróbia.....	20
Figura 2: Características da lagoa de estabilização facultativa	21
Figura 3: Característica da lagoa de estabilização Facultativa.....	22
Figura 4: Localização Geográfica da cidade de Tavares/PB.....	27
Figura 5: Profundidade das áreas mortas das lagoas	43
Figura 6: Detalhes e elementos constituintes de um dique de lagoa de estabilização.....	44
Figura 7: Fluxo diagonal do efluente.....	45
Figura 8: Condições de entradas das lagoas	46
Figura 9: Condições de saídas das lagoas	46
Figura 10: Fluxograma do projeto (sistema de lagoas integrado ao reuso agrícola).	58
Figura 11: Águas para fins de reuso com base na condutividade e adsorção de sódio....	65
Figura 12: Dimensões para construções dos tanques de engordas (Anexo D)	67
Figura 13: Locais de entradas e saídas do efluente na lagoa (Anexo D).....	68
Figura 14: Exemplos de lagoas escavadas (Anexo D).....	68

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Vantagens e Desvantagens para esse tipo de sistema	24
Quadro 2: Características geográficas do município de Tavares/PB.....	28
Quadro 3: Características físico-químicas e microbiológicas das águas residuárias da cidade de Tavares/PB.....	28
Quadro 4: Profundidade da área morta da lagoa (acima da borda).....	44
Quadro 5: Condições físicas de meia profundidade do sistema de lagoas.....	47
Quadro 6: Parâmetros biológicos de qualidade esperada do efluente final	48
Quadro 7: Conceitos atribuídos ao diagnóstico de eficiência esperado para o projeto	48
Quadro 8: Resumo dos custos do projeto de lagoas.....	50
Quadro 9: Resumo dos custos do projeto para criação de peixes.....	50
Quadro 10: Mecanismos para a participação do público	52
Quadro 11: Valores obtidos anualmente com as safras cultivados e criação de peixes ...	60
Quadro 12: Planilha de Custos das lagoas de estabilização anaeróbias.....	65
Quadro 13: Planilha de custo das lagoas de estabilização facultativas	66
Quadro 14: Planilha de custo das lagoas de estabilização de maturação	66
Quadro 15: Custo geral do projeto	67

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

CCT: Coliformes Termos-tolerantes

CF: Coliformes

DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO: Demanda Química de Oxigênio

ETE: Estação de Tratamento de Esgoto

RATE: Reservatório de Armazenagem e Tratamento do Efluentes

SAR: Relação de Adsorção de Sódio

SS: Sólidos em Suspensão

TDH: Tempo de Detenção Hidráulica

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 OBJETIVOS.....	16
2.1 Objetivos gerais.....	16
2.2 Objetivos específicos.....	16
3 JUSTIFICATIVA	16
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
4.1 Classificação das lagoas de estabilização.....	18
4.1.1 Lagoas anaeróbias	19
4.1.2 Lagoas facultativas	20
4.1.3 Lagoas de maturação ou aeróbias.....	22
4.1.4 Vantagens e Desvantagens para esse Tipo de sistema.....	24
4.2 O Pré Tratamento ou Tratamento Preliminar	25
4.2.1 Gradeamento	25
4.2.2 Desarenador	25
4.2.3 Medidor Parshall	26
5.1 Sistemas de tratamento.....	29
5.1.1 Algumas condições do tratamento preliminar.....	29
5.2 Definição da tecnologia de tratamento	29
5.3 Dimensionamento do sistema de lagoas	30
6 MEMORIAL DE CÁLCULOS.....	31
7 DESIGN FÍSICO.....	42
7.1 Características Gerais do projeto (aspectos físicos).....	42
7.1.1 Manutenção do sistema de lagoas	47
7.2 Resultados obtidos a partir dos cálculos de dimensionamento do sistema.....	47
7.4 Custos do projeto (sistema de lagoas) proposto neste trabalho	49
8 PROJETO PARA AQUICULTURA.....	51
8.1 Programa de Educação Ambiental.....	51
8.2 Criação de Peixes (piscicultura)	53
8.2.1 Escolha do Tipo de peixe.....	53
8.2.2 Tanques Berçário (viveiros de alevinos)	54
8.2.2.1 Transporte dos filhotes para os tanques de engorda.....	55
8.2.3 Tanques de Engorda ou Tanques escavados	55
8.2.4 Tanques de Depuração.....	56
9 PROJETO DE IRRIGAÇÃO	56
10 FLUXOGRAMA DO PROJETO.....	58
11 ESTIMATIVA DE RETORNO.....	59
11 CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
REFERÊNCIAS	61
ANEXOS.....	64

1 INTRODUÇÃO

A Terra é o único planeta do sistema solar munido de água nos três estados físicos, sólido, gasoso e líquido. Porém, o volume desse recurso natural é praticamente o mesmo desde sua formação a milhões de anos até os dias de hoje.

A água é essencial à vida dos seres vivos, seja como habitat, nutrição e até mesmo na constituição celular. Pelo menos dois terços da superfície da terra é coberta por água. Cerca de 97% correspondem aos oceanos e apenas 3% água doce, e dessas 75% estão na forma sólida, congelados nas calotas polares e 10% confinados em aquíferos. Nesse contexto, vemos que a disponibilidade hídrica do planeta é bastante reduzida. Garantir o suprimento de água de boa qualidade é fundamental não só para o desenvolvimento econômico e qualidade de vida das populações humanas, mas para toda a manutenção da vida na Terra.

Um aspecto marcante do nosso tempo é a crescente preocupação sobre os recursos naturais e um dos bens mais degradados sem dúvida é a água, e muitas populações em todo o mundo já se encontram em estado de calamidade devido à escassez. Na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, foi aprovada a Agenda 21 em que se afirmava a inevitabilidade da adoção do planejamento e do manejo integrado dos recursos hídricos. Enfatizava-se a escassez progressiva do recurso de água em escala global e as limitações que essa realidade impunha ao desenvolvimento dos países. A Agenda 21 diz: “O manejo holístico da água doce como um recurso finito e vulnerável e a integração de planos e programas hídricos setoriais aos planos econômicos e sociais nacionais são medidas de importância fundamental para a década de 90 e o futuro”. (AGENDA 21, 1992).

O Brasil é um país privilegiado por ser munido de grande quantidade de rios e mananciais superficiais, somando uma vazão estimada em 180 mil $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ que correspondem aproximadamente 12% da disponibilidade hídrica mundial. Porém a distribuição geográfica das bacias hidrográficas é irregular assim como o regime de pluviométrico no território nacional, sendo a Região Atlântico Nordeste Oriental, a menos favorecida com vazão aproximada de 1,2 mil $\text{m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$. (ANA, 2012).

Considerando a crescente demanda por água nos diversos setores usuários, é imprescindível identificar e minimizar desperdícios inclusive das águas residuais, que tem grande potencial de uso. Segundo Guidolin (2000), é importante destacar o conteúdo dos elementos minerais presentes em efluentes urbanos brutos, destacando a presença de macros nutrientes, como N, P e K, bem como de micronutrientes, As, Cd, Cr, Hg, Mo, Ni, Pb, Se e Zn, sendo alguns deles necessários ao desenvolvimento vegetal e outros até fitotóxicos. No que se referem aos patógenos, vetores de doenças aos seres humanos, é preciso destacar que o solo atua como redutor do período de sobrevivência dos mesmos.

Segundo Beekman (1996), como a demanda pela água continua a aumentar, o retorno das águas servidas e o seu reuso vem se tornando um componente importante no planejamento, desenvolvimento e utilização dos recursos hídricos, tanto em regiões áridas, como em regiões úmidas. A utilização das águas servidas para propósitos de uso não potável, como na agricultura, representa um potencial a ser explorado em substituição à utilização de água tratada e potável.

Através de planejamento integrado dos recursos de águas naturais e residuárias, o sistema de reuso pode propiciar suficiente flexibilidade para o atendimento das demandas de curto prazo, assim como, assegurar o aumento da garantia no suprimento de longo prazo.

Assim, o reuso de água para diversos fins, incluindo o da irrigação, surge então como alternativa para aumentar a oferta de água, garantindo economia e racionalização de águas de melhor qualidade. Diversos países já utilizam tecnologias de reutilização e possuem regulamentação específica na temática. Porém no Brasil esses conceitos ainda são muito incipientes e sua efetivação e regulamentação da técnica ainda estão em fase embrionária, mas com grande potencial de crescimento.

A agricultura irrigada demonstra ser uma atividade bastante lucrativa, porém é uma prática questionável em regiões de baixa disponibilidade hídrica a exemplo o Nordeste brasileiro. Apesar do Brasil ainda não adotar políticas que englobem o reuso de águas residuais, o emprego de tecnologias no tratamento de esgoto tem demonstrado ser uma alternativa para viabilizar o reuso principalmente na agricultura.

Geralmente os efluentes resultantes de um sistema de tratamento isolado, não conseguem atender as normas e diretrizes da OMS para padrões de reuso. É óbvio que combinações de tecnologias e formas integradas de tratamento de águas residuárias podem garantir um efluente de melhor qualidade para os diversos níveis de reutilização, uma vez que esses sistemas de tratamentos promovem baixos níveis de concentrações para parâmetros como DBO₅, CCT, Ovos de Helmintos e outros. Existem vários designs de sistemas combinados como exemplo: lagoas de estabilização conjugadas a reatores anaeróbios podendo estes ser lagoas anaeróbias, sistema UASB ou filtro anaeróbio. Outra combinação plausível são reatores anaeróbios conjugados a um sistema aeróbio como exemplo, filtros de areia intermitente com ou sem recirculação. Uma terceira opção de combinação de tecnologia é um pré-tratamento anaeróbio seguido de um sistema RATE (Reservatório de Armazenagem e Tratamento do Efluente).

As combinações de tecnologias e tratamentos integrados possibilitam um efluente de melhor qualidade sanitária para reuso em atividades de aquicultura e irrigação restrita e irrestrita.

É importante destacar que há fatores intervenientes como, geológicos, culturais, socioeconômicos que podem condicionar a escolha do modelo de tratamento a ser implantado em um determinado local. Geralmente, comunidades sertanejas nordestinas são de pequeno porte, pouca mão de obra especializada e muitas vezes, deficiências no fornecimento de energia elétrica. Diante deste cenário, deve-se optar por estações de tratamento de esgoto – ETE's de simples operação e mínimo requisito energético.

Lagoas de estabilização possuem grande vantagem devida suas características, fácil e econômica operação e manutenção, sendo apontadas por diversos autores como a alternativa de tratamento de menor custo financeiro. São ainda, reconhecidas por excelente remoção, dentre outros parâmetros, de microrganismos fecais, sendo, portanto propícias ao tratamento de águas residuárias com fins de reuso na agricultura.

Considerando a ampla disponibilidade de área no território nordestino e que há energia solar abundante na maior parte do ano. Diante desta assertiva, este projeto foi dividido em três etapas. A primeira, na identificação de atividades potenciais de reuso na região, considerando aspectos socioeconômicos e

culturais, e na segunda etapa concentrou-se na implantação de um sistema de tratamento das águas residuais que atenda as necessidades e anseios de uma comunidade interiorana do Estado da Paraíba, sendo a tecnologia de lagoas de estabilização conjugadas a lagoa anaeróbia, definida como potencialmente adequada. A terceira etapa se deu na elaboração de projeto de reuso para as atividades econômicas identificadas, contemplando também aspectos estruturais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos gerais

Propor a implantação de um projetar de um sistema de tratamento de águas residuárias integrado com reuso agrícola sustentável para comunidades difusas na região semi-árida nordestina.

2.2 Objetivos específicos

- Propor projetar um sistema de lagoas de estabilização;
- Criar projetos de aquicultura e agrícolas;
- Avaliar a sustentabilidade econômica, social e ambiental.

3 JUSTIFICATIVA

A região sertaneja onde está localizada a cidade de Tavares/PB, além de seu potencial na produção de milho e feijão para economia e necessidade da região, vem sofrendo bastante nos últimos tempos pela falta regular das chuvas nos períodos de plantio. Sistemas de tratamentos das águas residuárias aliada ao reuso desse efluente tratado, na agricultura e conseqüentemente na piscicultura, poderia suprir a escassez de água necessária para praticas de agricultura da região.

Aliados a parceiros/cooperativas poderiam potencializar ainda mais a economia da região com geração de renda para inúmeras famílias através da agricultura familiar. Contribuindo com o meio ambiente, uma vez que se utiliza de práticas ambientalmente corretas, como é o caso do reuso, visto e já consolidados em outras localidades e países.

Nesse contexto, se faz importante socialmente e economicamente a instalação desse tipo de sistema para a região, sendo este instalado e operado corretamente, podendo assim se adequar as exigências ambientais legais para garantir a sadia qualidade de vida da população.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No Brasil, as práticas e iniciativas políticas relacionada ao reuso da água, vem cada vez mais se destacando. Esse avanço vem se destacando desde da promulgação da Lei Nº 9433 de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997). Outra resolução que dispõe sobre diretrizes ambientais para enquadramento e lançamento em corpos d'água é a CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005, definindo ainda qualidade da água a serem observadas de acordo com os usos preponderantes dos cursos d'águas. O mais recente projeto Lei que se refere diretamente ao reuso da água é a Lei Nº 5296/2005, (Artigo 10/Inciso III) que institui as diretrizes para os serviços públicos de saneamento básico e a Política Nacional de Saneamento Básico (BRASIL, 2005). Logo, são perceptíveis os avanços quanto à regulamentação do reuso da água no Brasil, salientando que práticas de reuso já é uma realidade no país. A regulamentação de esgotos sanitários para diversos fins já é observada em vários países, distintos em termos de características sócio-econômicas e localização geográfica,

Por mais que a utilização dos tratamentos de esgotos domésticos para fins agrícolas ter sido uma prática mais que centenária, a mesma não deixa de ser também um conceito moderno, visto que a mesma, ganha cada vez mais reconhecimento como uma importante alternativa para o desenvolvimento sustentável. O grande problema anteriormente era o fato de que, esses tipos de técnica antes não tão bem estudados envolviam sérios riscos a saúde pública. Entretanto, nos últimos anos houve uma consolidação das bases técnicas e científicas para o reuso controlado.

Segundo (Lavrador Filho, 1987), citados por vários outros autores, descreve algumas possibilidades de reuso da água e algumas terminologias como:

- Reuso indireto não planejado: ocorre quando à água já utilizada é descarregada no meio ambiente, portanto sendo diluída, e novamente utilizada a jusante de maneira não intencional.

- Reuso indireto planejado: ocorre quando os efluentes, depois de convenientemente tratados, são descarregados de forma planejada nos cursos d'água superficiais ou subterrâneos, para serem utilizados a jusante de forma intencional e controlada, no intuito de algum uso benéfico.
- Reuso direto planejado: ocorre quando os efluentes, depois de convenientemente tratados, são encaminhados diretamente ao local de reuso.

Essa terminologia “planejada e intencional” adotada por Lavrador assume a existência de um sistema de tratamento de efluentes que atenda aos padrões de qualidades requeridos pelo novo uso que se deseja fazer da água residual tratada.

4.1 Classificação das lagoas de estabilização

O uso das lagoas de estabilização teve início nos Estados Unidos, há um século. Estas serviam para receber despejos de animais, de usos domésticos de pequenas comunidades, e, acidentalmente, realizavam os fenômenos típicos e próprios de depuração dos esgotos. Essas tais lagoas, de origem acidental, surgiram por volta de 1901, mais precisamente na cidade de San Antonio, Texas, Kellner e Pires (1998), com a finalidade de viabilizar o uso de efluentes na irrigação.

Jordão e Pessoa (2005) afirmam que, realmente, há um século, existiam lagoas naturais ou artificiais, de origem acidental, que recebiam despejos de animais e realizavam fenômeno de depuração de esgotos. Além da lagoa de San Antonio, existem outras lagoas de origem acidental como “Santa Rosa”, na Califórnia, e “Fesseden”, em Dakota do Norte, originadas, respectivamente, em 1924 e 1928.

As primeiras pesquisas sobre lagoas de estabilização foram realizadas nos Estados Unidos, nos estados de Dakota do Norte e do Sul, no ano de 1948. Na América Latina, em 1958, na cidade de Cañas, na Costa Rica, foi construída a primeira lagoa experimental, destinada a tratar efluentes domésticos (TALBOYS, 1971; FORERO, 1985). Dois anos depois, em 1960, entrou em funcionamento a primeira lagoa projetada especificamente para receber e depurar esgoto bruto.

Esse tipo de lagoa foi construído no Brasil primeiramente em São José dos Campos, SP, projetado de acordo com o sistema chamado “australiano”, sendo uma anaeróbia seguida de uma facultativa, com a finalidade de estabelecer parâmetros de projetos para outras lagoas.

A classificação das lagoas estabilização é abordada de acordo com a atividade metabólica predominante na degradação da matéria orgânica, tais como: *anaeróbias*, *facultativas* e *de maturação ou aeróbias*, podendo ser ainda classificada como variantes segundo a intensificação do processo, como por exemplo, lagoas com plantas macrófitas, aeradas, de alta taxa de degradação e outras. Elas podem ser distribuídas em diferentes números e combinações, a fim de alcançar a qualidade padrão requeridas (Pearson *et al*, 1995).

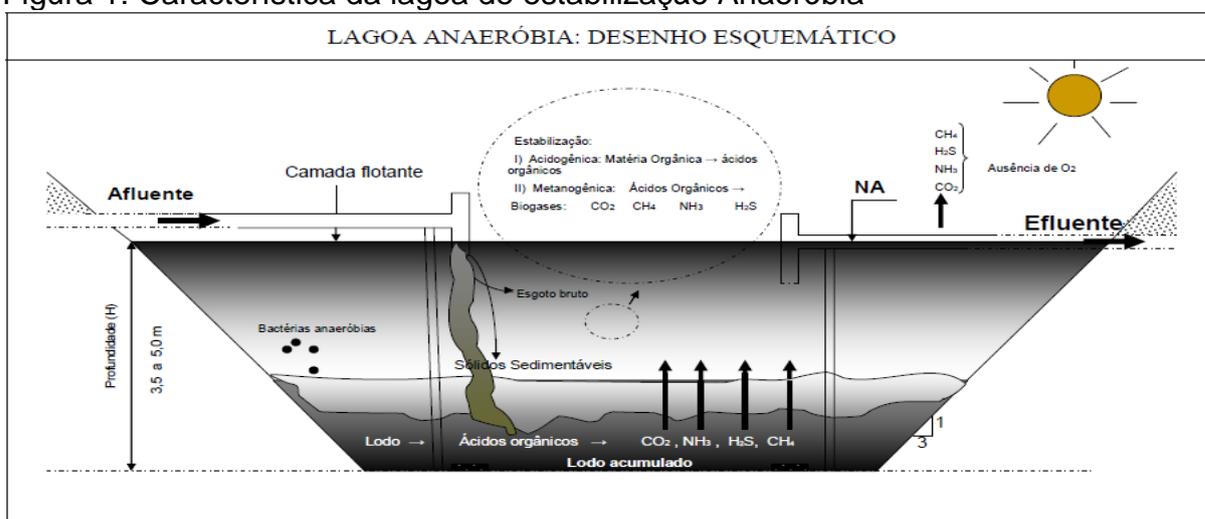
As lagoas de estabilização funcionam bem na remoção do nitrogênio, pois promovem a desnitrificação (perda de nitrogênio para a atmosfera). O fósforo por sua vez é removido pelo processo de precipitação, e os microorganismos, como os coliformes, ovos de helmintos e cistos de protozoários, são sedimentados no fundo da lagoa.

4.1.1 Lagoas anaeróbias

São reatores biológicos modelados para receber altas cargas orgânicas por unidade de volume do reator, fazendo com que a taxa de consumo de oxigênio seja muito superior à taxa de produção, sendo, portanto completamente isentas de oxigênio dissolvido e de atividade fotossintética, mas associando os mecanismos de fermentação e respiração anaeróbicos. Todo o tratamento anaeróbio são processos seqüenciais, os quais envolvem três fases (hidrólise, acidogênese e metanogênese). Na primeira etapa a MO complexa (carboidratos, proteínas e lipídios) passa por um processo de hidrolise, a qual é um processo que reduz o material orgânico a compostos dissolvidos de menor peso molecular. Na fase acidogênese os compostos formados na hidrolise são absorvidos pelas bactérias fermentativas acidogênicas e são liberados na forma de ácidos orgânicos. A partir desta etapa inicia-se a interferência das bactérias sulfo-redutoras, pois estas começam a competir com as bactérias acetogênicas e metanogênicas por substrato disponível, provocando alterações nos metabólicos nos digestores anaeróbios. A acetogênese utiliza os ácidos orgânicos para

produzir acetato, H_2 e CO_2 , esta produção será reduzida devido à redução do substrato, o qual será utilizado pelas bactérias redutoras de sulfato para produzir acetato, água e CO_2 . Na metanogênese as bactérias utilizam a H_2 , CH_3COO (acetato) e CO_2 (Dióxido de Carbono), para produção de CH_4 (metano), nesta etapa as sulforedutoras utilizam o H_2 , CO_2 e o acetato para a formação de $H_2S + CO_2$, logo a produção de gás sulfídrico pode resultar em problemas de corrosão, emanação de maus odores e toxicidade do meio, inibindo a produção do metano. A Figura 1 mostra algumas características da lagoa anaeróbia.

Figura 1: Característica da lagoa de estabilização Anaeróbia



Fonte: Adaptado de VON SPERLING, 2002.

4.1.2 Lagoas facultativas

São reatores dimensionados para receber tanto águas residuárias brutas (lagoa facultativa primária) quanto às águas residuárias que tenham recebido algum tratamento anterior (lagoa facultativa secundária). Contudo, de acordo com Mara e Pearson (1986), a sobrecarga neste tipo de lagoa pode mudar a cor do verde para o vermelho, devido à proliferação das bactérias de enxofre no lugar das algas. O termo facultativo significa condições aeróbias próximas à superfície superior e anaeróbia próximas ao fundo da lagoa, onde a matéria orgânica em suspensão é sedimentada.

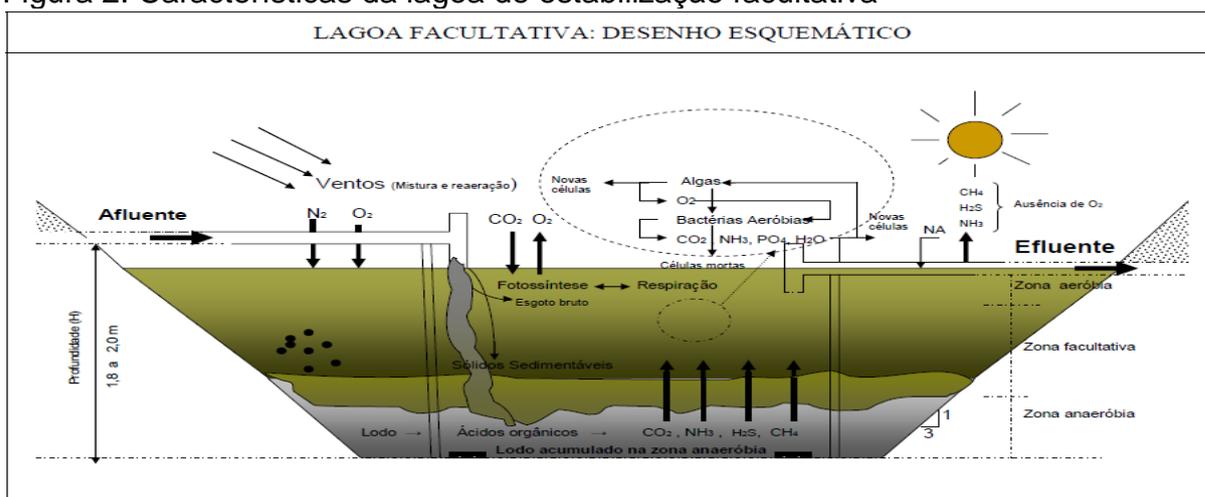
Essas lagoas funcionam através da atividade fotossintética das algas sob a influência da luz solar e da ação das bactérias. Esta forma de oxidação, por ser

anaeróbia, implica no consumo de oxigênio devido à respiração dos microorganismos decompositores, principalmente as bactérias heterotróficas aeróbias. As bactérias, na presença de oxigênio, convertem a matéria orgânica a compostos simples e inertes como o dióxido de carbono e água, além de sais de nitrogênio e fósforo. Esses compostos inorgânicos são utilizados pelas algas e através da fotossíntese ocorre à liberação do oxigênio molecular. Este, por sua vez, é utilizado pelas bactérias aeróbias e facultativas na sintetização da matéria orgânica.

As lagoas facultativas são o tipo mais comum e operam com cargas orgânicas mais leves que as utilizadas nas lagoas anaeróbias, permitindo um desenvolvimento de algas nas camadas mais superficiais e iluminadas. Essas algas, através da atividade fotossintética, oxigenam a massa líquida da lagoa, modificam o pH e consomem nutrientes orgânicos (SOUZA, 1995).

No fundo da lagoa, em condições anaeróbias, a matéria orgânica sedimentada também necessita ser estabilizada. Porém, esta estabilização, por ser anaeróbia, não traduz em consumo de oxigênio e liberam gases como metano, carbônico, sulfeto de hidrogênio e nitrogênio amoniacal, os quais se deslocam para a superfície da lagoa e grande parte se desprende para a atmosfera. A Figura 2 mostra algumas características da lagoa facultativa.

Figura 2: Características da lagoa de estabilização facultativa



Fonte: Adaptado de VON SPERLING, 2002.

Nas lagoas facultativas secundárias, as diferentes razões entre comprimento, largura e profundidade têm pouco efeito na qualidade do efluente

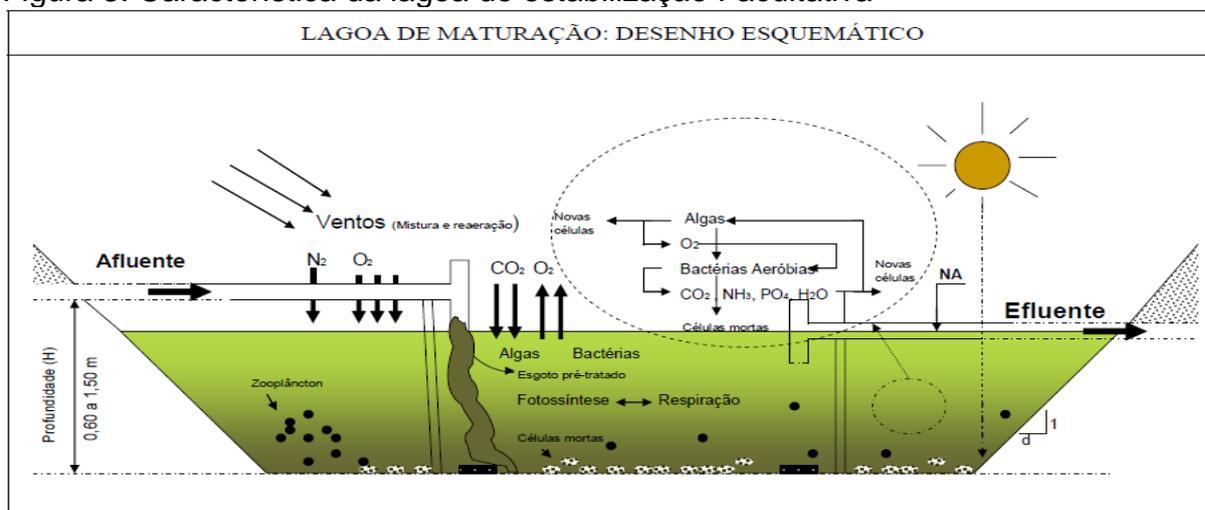
em termos de DBO_5 , SS e CF (PEARSON *et al*, 1995). Assim, se aumentar a profundidade das lagoas facultativas e, portanto, o tempo de detenção hidráulica, mantendo a mesma carga orgânica superficial, não melhora significativamente a qualidade físico-química ou microbiológica do efluente. Os autores ainda continuam dizendo que alguns projetistas têm a tendência de aumentar a profundidade da lagoa como uma maneira de aumentar o tempo de detenção na série de lagoas, na crença de que isto produzirá uma melhor qualidade do efluente em termos de microbiologia.

4.1.3 Lagoas de maturação ou aeróbias

Diante disso é importante entender que lagoas de maturação e polimentos diferem apenas na terminologia de autores para autores, sendo que uns trata o termo polimento como sendo mais usual e moderno.

São usadas como tratamento de descargas orgânicas leves provenientes de efluentes de outras lagoas. As eficiências de remoções de DBO e DQO são geralmente baixas (SOUZA, 1987). Porém, a função principal é a destruição de microorganismos patogênicos, além da redução de nutrientes e sólidos em suspensão (Mara e Pearson, 1986). É importante saber que as lagoas de maturação não são diferentes das lagoas de polimento, possuindo ambas as mesmas funções e sendo diferenciada apenas pela nomenclatura, uma vez que alguns autores preferem chamá-las de maturação enquanto outros usam o termo polimento. A Figura 3 mostra algumas características da lagoa de maturação.

Figura 3: Característica da lagoa de estabilização Facultativa



Fonte: Adaptado de VON SPERLING, 2002.

Este tipo de lagoas para tratamento de águas residuárias compreende unidades rasas necessárias para manter as condições aeróbias. O desempenho da lagoa depende exclusivamente do oxigênio produzido pelas algas, sendo ele transferido quase que por toda a lagoa através da turbulência dos ventos. De acordo com Pearson *et. al.* (1995), reduzindo a profundidade da lagoa também se reduz o tempo de detenção, mas isto não afeta a qualidade do efluente. Pelo contrário, isto traduz que as lagoas mais rasas são de melhor eficiência quanto à desinfecção natural do que as lagoas de maturação mais profundas.

As lagoas de maturação são conceitualmente similares às lagoas de polimento, distinguindo-se de outras lagoas por realizarem o pós-tratamento de efluentes de estações de tratamento, em particular, dos reatores anaeróbios. Além de ter efetiva remoção de orgânicos patogênicos, proporciona-se, ainda, um “polimento” do efluente, em termos de remoção de matéria orgânica.

Os principais parâmetros operacionais que interferem no funcionamento das lagoas de polimento são a carga orgânica aplicada e o tempo de detenção hidráulica (Von Sperling, 1996).

A carga orgânica aplicada está relacionada à necessidade de área de exposição à luz solar na lagoa, a fim de garantir a adequada atividade das algas, ou seja, da adequada realização do processo fotossintético. A baixa taxa de oxidação (estabilização da matéria orgânica) associada à alta taxa de produção fotossintética de oxigênio leva à prevalência da fotossíntese sobre a oxidação bacteriana, pois as taxas relativas aos dois processos são determinadas principalmente pelas condições de transparência, irradiação solar, temperatura, profundidade da lagoa, para a fotossíntese e de temperatura e concentração do material orgânico biodegradável, para oxidação bacteriana.

O tempo de detenção hidráulica (TDH) diz respeito ao tempo necessário para que as bactérias heterotróficas procedam à estabilização da matéria orgânica na lagoa. Quanto maior o TDH, mais tempo haverá para que as reações bioquímicas de conversão da matéria orgânica se processem e, então, maior será a eficiência da lagoa. Na prática, o TDH necessário para a remoção de organismos patogênicos é superior ao necessário para remover a matéria orgânica remanescente e, então, este não deve ser um fator limitante da eficiência da lagoa na remoção de matéria orgânica.

A eficiência prevista para a remoção de patógenos na lagoa de maturação será de aproximadamente 99,87%. Em relação à remoção de nutrientes, as lagoas de polimento podem cumprir bem este papel, por meio da volatilização da amônia e da precipitação dos fosfatos. Quanto mais rasa a lagoa de polimento for, maior será a remoção de amônia e fosfatos, tendo em vista que a intensa fotossíntese que ocorre em toda a lagoa elevará os valores de pH. Devido ao desprendimento da amônia para a atmosfera, e conseqüentemente devido à elevada eficiência de remoção de nutrientes em lagoas de polimento, a tendência para o destino do efluente é sua disposição em corpos receptores, em contraponto à irrigação irrestrita, já que o efluente final possui baixa carga de nutrientes.

4.1.4 Vantagens e Desvantagens para esse Tipo de sistema

No quadro 1 são levantadas algumas vantagens e desvantagens baseadas nesse tipo de sistema.

Quadro 1: Vantagens e Desvantagens para esse tipo de sistema

Lagoas de Estabilização	
VANTAGENS	<ul style="list-style-type: none"> • Baixo custo; • Tecnologia simples; • Simplicidade para operar e de manutenção; • Remoção de patógenos; • Efeito reservatório: capacidade de receber efluentes com alta variação; • Baixo consumo de energia; • Sedimentação no fundo da lagoa; • Sistema aeróbio, anaeróbio ou facultativo.
DESVANTAGENS	<ul style="list-style-type: none"> • Grande Área de terreno necessário para projetar; • Disponibilidade de terreno perto de cidades; • Sólidos em suspensão no efluente (algas). • Odores para as lagoas anaeróbias.

Fonte: VON SPERLING, 1996.

4.2 O Pré Tratamento ou Tratamento Preliminar

Esta etapa é constituída unicamente por processos físicos, uma vez que a principal importância do tratamento preliminar é o de remover os materiais grosseiros e grande parte dos materiais em suspensão, através da utilização de grelhas e de crivos grossos (gradeamento), e a separação da água residual das areias a partir da utilização de canais de areia (desarenação). Ao se tratar de projetos, procurou-se realizar os cálculos de projetos baseado em normas técnicas, as quais regulam os tipos de aparelhos e dimensões que será usado no projeto.

4.2.1 *Gradeamento*

O gradeamento tem como objetivo reter o material sólido grosseiro em suspensão no efluente visando à proteção dos dispositivos de transporte do efluente (bombas e tubulações) e das unidades de tratamento subseqüentes. O material retido nas grades deve ser removido com freqüência, de modo a evitar represamento a montante e conseqüente aumento de nível, possibilitando o transbordo de esgoto bruto.

Quando se trata de grades, temos, por exemplo, as grades grosseiras (espaços de 5,0 a 10,0 cm), grades médias (espaços entre 2,0 a 4,0 cm) e grades finas (entre 1,0 e 2,0 cm) que têm pôr objetivo reter o material sólido grosseiro em suspensão no efluente, para esse tipo de grade é usada certa inclinação para que possa ser feita a remoção dos sólidos retidos na grade.

Visando uma boa retenção dos resíduos grosseiros e também para evitar muito entupimento nas grades, tendo que fazer limpezas freqüentes, foi escolhido à grade média para ser utilizada no gradeamento.

4.2.2 *Desarenador*

Esta etapa esta fundamentada na remoção da areia por sedimentação. Este mecanismo ocorre da seguinte maneira: os grãos de areia, devido às suas maiores dimensões e densidade, vão para o fundo do tanque, enquanto a matéria orgânica, de sedimentação bem mais leve, permanece em suspensão, seguindo

para as unidades seguintes. As finalidades básicas da remoção de areia são: evitar abrasão nos equipamentos e tubulações; eliminar ou reduzir a possibilidade de obstrução em tubulações, tanques, orifícios, sifões, e facilitar o transporte do líquido, principalmente à transferência de lodo, em suas diversas fases

4.2.3 Medidor Parshall

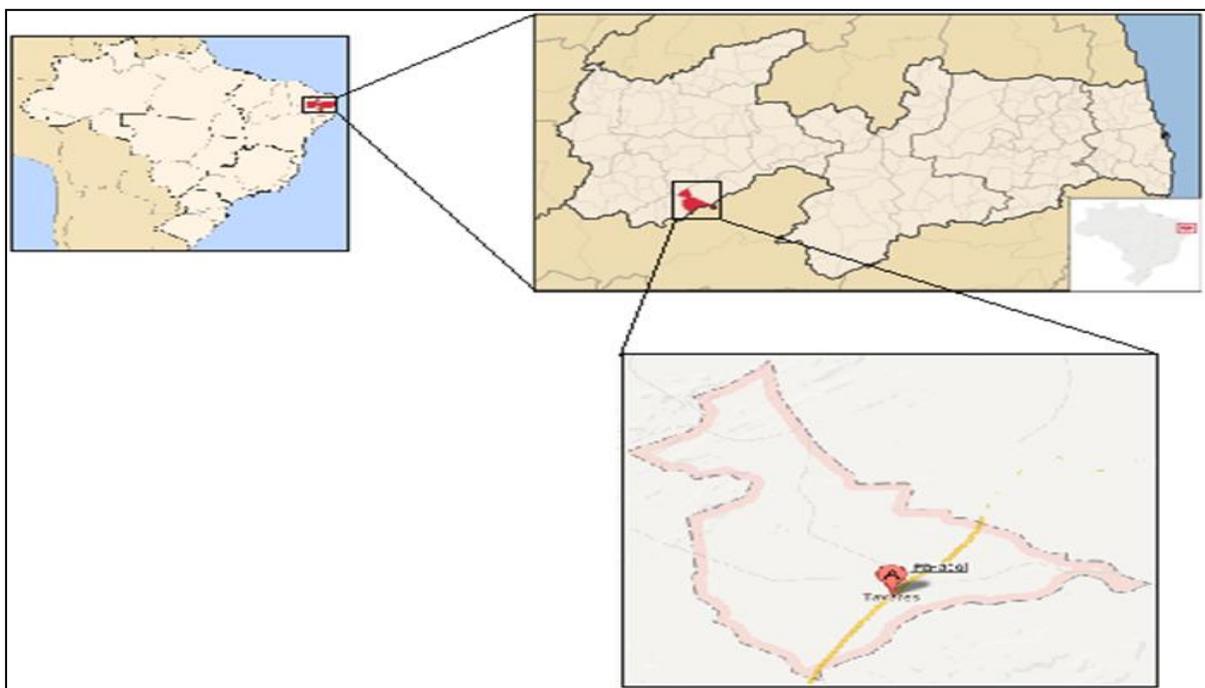
As calhas Parshall são medidores de vazão para canais abertos, apresenta paredes verticais, constituída a partir da entrada, por um trecho convergente com fundo em nível no sentido longitudinal e lateral de um trecho contraído e de um trecho divergente em aclave. A vazão é medida através de uma relação pré-estabelecida entre a altura da lâmina do fluido na calha, que está localizada na seção convergente do canal, demonstrada por meio de escala de graduação fixada no interior da mesma.

5 METODOLOGIA

A caracterização de um esgoto sanitário geralmente é muito complexa, pois estes variam muito no espaço e ao longo do tempo, em função de diversos fatores externos como regime climático, fatores próprios da região, hábitos culturais e desenvolvimento econômico e industrial.

Esse trabalho considera para fins de instalação do sistema de lagoas a cidade de Tavares na Paraíba, localizada no auto-sertão, sendo que esta possui uma área de 237.330 km², a cidade possui uma altitude de 742m com relação ao nível do mar, suas coordenadas geográficas de latitude e longitude (LAT: 07° 38' 09" W / LONG: 37° 52' 42"). A cidade ainda está munida de boas condições de saneamento básico, onde aproximadamente 80% da cidade é dotada de esgotamento sanitário. A figura 4 mostra a localização visual da cidade de Tavares no mapa.

Figura 4: Localização Geográfica da cidade de Tavares/PB.



Fonte: Adaptado – IBGE, 2010. / Google Earth (acessado em 22/08/2013).

Outros dados quanto à população e características da região são mostrados no Quadro 2, enquanto que os parâmetros físico-químicos para águas

residuárias, são apresentados no Quadro 3. Os esgotos tratados são predominantemente de origem doméstica, uma vez que, a cidade não possui outro tipo de fonte poluidora a não ser esgotos domésticos.

Quadro 2: Características geográficas do município de Tavares/PB.

População IBGE 2010	14.103,00 habitantes
Taxa de crescimento em 20 anos	(P ₂₀): 1,3% ao ano
População calculada para 20 anos	18.260,00 habitantes
Consumo de água	150L/h/dia
Coeficiente de retorno	0,7 (70% de água consumida)
Tempo da vida do projeto	20 anos (2032)
Evaporação (média meses- junho a janeiro)	5,0 mm/dia
Precipitação (média meses- fevereiro a maio)	180mm/mês

Fonte: IBGE, 2010.

As características físico-químicas e microbiológicas dos esgotos, sem desconsiderar os fins de reuso são, contudo, determinantes na escolha das tecnologias de tratamento mais adequadas. A respeito desses aspectos, alguns estudos mostram que esses tipos de efluentes possuem na sua grande maioria essas concentrações físico-químicas e microbiológicas.

Quadro 3: Características físico-químicas e microbiológicas das águas residuárias da cidade de Tavares/PB.

DBO ₅	350mg/L
DQO	680 mg/L
Temp. média período mais frio	25 °C
TKN	55 mg/L
Amônia	40 mg/L
Fósforo total	6mg/L
Condutividade	25 mS/m (25°C)
Sódio risco	Baixo
Coliformes termos-tolerantes (CTT)	10 ⁸ /100 ml
Ovos de helmintos	250/L

Fonte: Baseada em características de esgoto doméstico, VON SPERLING, 1996.

5.1 Sistemas de tratamento

O sistema de tratamento utilizado para este projeto é composto de um pré-tratamento seguido de lagoas de estabilização, onde esse sistema de lagoas é composta por lagoas anaeróbias, seguidas de lagoas facultativas e lagoas de maturação.

5.1.1 Algumas condições do tratamento preliminar

Com relação ao gradeamento, foram escolhidas grades médias com inclinação de 45° para facilitar na limpeza manual. O espaçamento entre as barras é de 2 a 4 cm, onde foi adotado $a = 3\text{cm}$, conseqüentemente, auxiliado pela tabela em Anexo E, onde escolheu-se a espessura das barras, sendo ela igual a 8mm. Barras são retangulares, $t = 20 \times 38$, 1mm.

A remoção dos sólidos grosseiros retidos pelas grades deve ser realizada através de um rastelo, de forma mecanizada. O material removido será depositado em um coletor de resíduo sólido perfurado, com coletores do líquido livre permitindo que retorne ao desarenador e receba o devido tratamento. O material sólido retido no coletor deverá ser ensacado e encaminhado para o aterro sanitário da cidade.

O desarenador será formado por dois canais que operam independentemente, de tal modo que enquanto um trabalha o outro recebe manutenção e limpeza. A limpeza pode ser realizada manualmente com auxílio de pá ou outra ferramenta desenvolvida. A areia retirada do processo será destinada ao aterro sanitário, podendo esta ser utilizada como cobertura das valas de resíduos do aterro.

Para a ETE do presente projeto, será instalado um medidor Parshall a jusante da caixa de areia, acoplado a uma régua graduada para leitura das lâminas de líquido, e respectivas vazões.

5.2 Definição da tecnologia de tratamento

Para escolha da forma de tratamento a ser implementada, levou-se em consideração as características do efluente bruto. A relação $\text{DQO}/\text{DBO}_5 < 2,5$

indicou um bom potencial para adoção de um tratamento biológico (adaptado de VON SPERLING, 1996).

A água por se tratar de um bem natural que está cada vez mais raro e caro, reutilizar a água é de fundamental importância para o meio ambiente e também para a economia das empresas, cidadãos e governos.

Considerando os fins de reuso, aquicultura e irrigação, pode-se confirmar a escolha do tratamento biológico de lagoas como ideal para o sistema, pois o efluente continuará significativamente rico em nutrientes, uma vez que o tratamento químico pode provocar uma redução indesejada desses parâmetros.

A escolha da cidade de Tavares para implementação desse tipo de sistema de tratamento, teve influência principalmente por se tratar de uma região escassa desse recurso, isto é, tem um baixo índice de precipitação pluviométrico durante todo o ano.

5.3 Dimensionamento do sistema de lagoas

O sistema de tratamento para o efluente da cidade de Tavares foi baseado nos designs propostos por (Mara; Pearson *et. al*, 1992). Todo o sistema aqui proposto, já é uma realidade em alguns lugares, sendo que este já foi estudado e implantado em várias outras regiões do Brasil por Pearson, e que o mesmo obteve resultados satisfatórios quanto aos aspectos de tratamento dos efluentes, obtendo assim, padrões de qualidade para reuso destas águas.

Como visto anteriormente, o projeto para tratamento do efluente é iniciado com um tratamento preliminar (Gradeamento, caixa de areia e Calha Parshall), seguido por 2 lagoas anaeróbias em paralelo, duas lagoas facultativas em paralelo e duas lagoas de maturação em séries. O motivo pela qual se usou duas lagoas para os processos anaeróbios e facultativos foi de facilitar a manutenção e operação do sistema, caso haja algum problema com uma das lagoas e manter o sistema em funcionamento.

6 MEMORIAL DE CÁLCULOS

Para realização dos cálculos de dimensionamento do sistema de lagoas, usou-se os dados no Quadros 2 e 3 visto anteriormente.

- **Cálculo da população futura:**

- **DIMENSIONAMENTO DA LAGOA ANAERÓBIA**

1. **Design da vazão total do efluente: Admitindo um coeficiente de retorno de 0,7 - (70% de água consumida)**

- Temos que, (P/ lagoa anaeróbia):

Onde:

L_i = DBO₅ (mg/L) do afluente;

Q = vazão (m³/dia)d;

V_a = volume (m³) da lagoa anaeróbia.

Para determinadas temperaturas temos:

T(°C)	Carga Volumétrica (g/m ³ /d)	Remoção de DBO (%)
<10	100	40
10 – 20	20T - 100*	2T +20
>20	300 (400)*	60(+)

Logo, com esses valores podemos calcular o volume da lagoa:

2. Design do volume da lagoa:

Onde:

$$L_i = 350 \text{ mg/L ou g/m}^3$$

$$Q = Q_T = 1.917,3 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$\text{Temp} = 25^\circ\text{C}$$

$$\lambda_v = 400 \text{ g/m}^3/\text{d}$$

3. Design da área da lagoa: Adotou-se uma profundidade de ($H = 4\text{m}$)

OBS: Foi adotada sistemas com 2 lagoas anaeróbias, logo a área de cada lagoa será:

4. Tempo de Retenção Hidráulica (TRH):**5. DBO₅ efluente da lagoa anaeróbia** - (admitindo 60% de remoção na lagoa anaeróbia)

6. Cálculo do acúmulo de lodo, considerando um acúmulo per capita de $0,04\text{m}^3/\text{hab}\cdot\text{dia}$

Logo, para não diminuir o tempo de detenção hidráulica na lagoa, a mesma terá uma profundidade maior para deposição do lodo. Fazendo que o TDH do efluente na lagoa permaneça o mesmo. Assim, o lodo acumulado em cada lagoa será removido a cada 2 anos.

7. Cálculo da espessura do lodo:

—

8. Tempo de limpeza das lagoas (a limpeza do lodo deverá ser realizada quando a espessura do lodo chegar a metade da altura da lagoa):

—

—

- **CÁLCULOS PARA A LAGOA FACULTATIVA (lagoa secundária)**

OBS: DBO afluente da lagoa facultativa = 140 mg/L

1. Cálculo da carga orgânica Superficial (kg/hab/dia)**2. Cálculo da área da lagoa facultativa (m²)**

OBS: Foi adotada sistemas com 2 lagoas facultativas, logo a área de cada lagoa será:

3. Cálculo do volume da lagoa facultativa (m³): adotando uma profundidade de $H = 2\text{m}$.**4. Tempo de Retenção Hidráulica (TRH)**

- **DIMENSIONAMENTO DAS LAGOAS DE MATURAÇÃO**

- Quantidade Afluente de CTT: = $10^8/100\text{ml}$

Fórmula:

Onde,

N_{efl} = conc. de CTT/100ml no efluente

N_{afi} = conc. de CTT/100ml no afluente

Kt = taxa de decaimento de CTT primário ordem em dias⁻¹ = $2,6(1,19)^{t-20}$

(Tabelas consultadas em anexo II)

Θ = TDH em dias

n = nº de lagoas de maturação

1. **Para 2 lagoas de maturação em série temos:** ($n = 2$ e $TDH = 3\text{dias}$)

OBS: Cálculo para encontrar a conc. de CCT/100mL no efluente

OBS: A quantidade de CCT/100mL está de acordo, pois o mesmo está abaixo dos padrões permitidos.

2. Dimensionamento das 2 lagoas de maturação

Temos:

$TDH = 3$ dias

$Q = 1.917,3$ m³/dia

$H = 1$ m

3. Cálculo do volume da lagoa de maturação

4. Cálculo da área de cada lagoa de maturação

OBS: Precisa dobrar a profundidade para acomodação do lodo sedimentado

Logo, a área total das lagoas de maturação será:

- **REMOÇÃO DE DBO₅ NO SISTEMA**

1. **Para os sistemas de lagoas (Anaeróbio + Facultativo), a eficiência de remoção será:**

Logo,

2. **Para as lagoas de maturação, temos uma eficiência de remoção de 25% DBO₅**

- MAT 1 (25% de remoção):

—

- MAT 2 (25% de remoção):

3. Efluente Final de DBO_5 filtrado:

NOTA: Esse valor obtido no final do sistema de lagoas, afirma que o processo funcionando em ótimas condições de projetos e sendo bem operado, gera resultados satisfatórios quanto aos aspectos de tratamento dos efluentes.

OBS: As algas no efluente = o mínimo de 60% de DBO_5 *total

- **REMOÇÃO DE OVOS DE HELMINTOS**

1.	—
2.	—
3.	—
4.	—

OBS: essas porcentagens de remoção são encontradas em tabela no anexo II

- **CÁLCULO DA ÁREA DO SISTEMA DE LAGOAS**

- Sabemos que para construção do sistema de lagoas, precisa-se ser acrescentado 25% da área total do sistema de lagoas.

Logo,

Área geral do projeto:

PROJEÇÕES	ÁREAS	TOTAL
Sistema de lagoas	3 ha	4 há
Usinas de beneficiamento e outros	1 ha	

- **TEMPO DE DETENÇÃO HIDRÁULICA TOTAL (TDH_{TOTAL})**

- **TEMPO DE LIMPEZA DAS LAGOAS**

Lagoa Anaeróbia: Cálculo do acúmulo de lodo, considerando acúmulo per capita entre 0,03-0,04 m³/hab·ano.

- Admitindo um acúmulo = 0,04 m³/hab·ano. Temos;

- Cálculo da espessura do lodo em m/ano:

- Limpeza: a limpeza do lodo deve ser feita quando a espessura do lodo chegar a metade da altura da lagoa, então:

$$\frac{-}{-}$$

Lagoa Facultativa: Cálculo do acúmulo de lodo, considerando acúmulo per capita entre 0,03-0,04 m³/hab·ano.

- Admitindo um acúmulo = 0,04 m³/hab·ano. Temos;

- Cálculo da espessura do lodo em m/ano:

- Limpeza: a limpeza do lodo deve ser feita quando a espessura do lodo chegar a metade da altura da lagoa, então:

$$\frac{-}{-}$$

Lagoa Maturação 1: Cálculo do acúmulo de lodo, considerando acúmulo per capita entre 0,03-0,04 m³/hab·ano.

- Admitindo um acúmulo = 0,04 m³/hab·ano. Temos;

- Cálculo da espessura do lodo em m/ano:

- Limpeza: a limpeza do lodo deve ser feita quando a espessura do lodo chegar a metade da altura da lagoa, então:

$$\frac{-}{-}$$

- **GEOMETRIA DAS LAGOAS**

- 1. Aspectos físicos das lagoas anaeróbias**

Para projeto de construção foram considerados os seguintes aspectos:

- Para as lagoas anaeróbias a configuração normalmente é:
(Largura:comprimento de 1:2).

Logo,

2. Aspectos Físicos das Lagoas Facultativas

Para projetos foram considerados os seguintes aspectos :

- Para as lagoas anaeróbias a configuração normalmente é:
(Largura:comprimento de 1:5).

Logo,

3. Aspectos Físicos das Lagoas de Maturação

Para projetos foram considerados os seguintes aspectos:

- Para as lagoas anaeróbias a configuração normalmente é:
(Largura:comprimento de 1:5).

Logo,

7 DESIGN FÍSICO

Os resultados esperados através do sistema de lagoas mostrado neste trabalho foram todos satisfatórios quanto aos padrões de qualidade para fins de reuso dessas águas. Após todos os cálculos realizados, foram obtidos os padrões para dimensionamento das lagoas e qualidades esperada com o tratamento de parâmetros como DBO₅, CCT, Ovos de Helminthos. Foram calculadas também outras características das lagoas como TDH dos efluentes de cada lagoa, podendo assim encontrar um tempo de retenção hidráulica final para todo o sistema de tratamento.

7.1 Características Gerais do projeto (aspectos físicos)

Os aspectos físicos do sistema de lagoas adaptado neste projeto foi o mais simples possível, objetivando diminuir o máximo de custos possível, mas sem tirar a confiabilidade de toda a estrutura física das lagoas.

Vejamos a seguir alguns aspectos adotados para execução/construção do sistema de lagoas:

- **Preparação do fundo das lagoas:**

Antes da execução do fundo da lagoa, é importante que se faça uma avaliação da permeabilidade do solo por meio de sondagens. Como sabemos, o objetivo dessa sondagem é garantir segurança, por ocasião de terraplanagem e construções dos taludes. Permitindo assim determinar a permeabilidade do solo e a capacidade de infiltração dessas águas nas lagoas.

A impermeabilização dos sistemas de lagoas é uma forma de evitar em alguns casos, que o efluente se infiltre no solo através do processo de percolação e possa comprometer e contaminar lençóis freáticos ou algo do tipo. No entanto, em alguns casos não se faz necessário essa impermeabilização, visto que, o tipo de solo possa garantir que esse líquido não se infiltre e contamine lençóis freáticos ou solos. Essa plasticidade do solo pode ser medida através do método de avaliação da natureza dos solos criado por Atterberg, através de uma série de

testes e ensaios, definindo assim o limite de liquidez, limite de plasticidade e o limite de contração de um solo como mostra o ANEXO - E.

Segundo Jordão e Pessoa (2005), a impermeabilização no fundo das lagoas sempre que necessário, pode ser realizada através de técnicas como: camada mínima de argila de 40cm compactada, revestimento asfáltico, solos cimento, geomembranas ou lençóis de plásticos e outros.

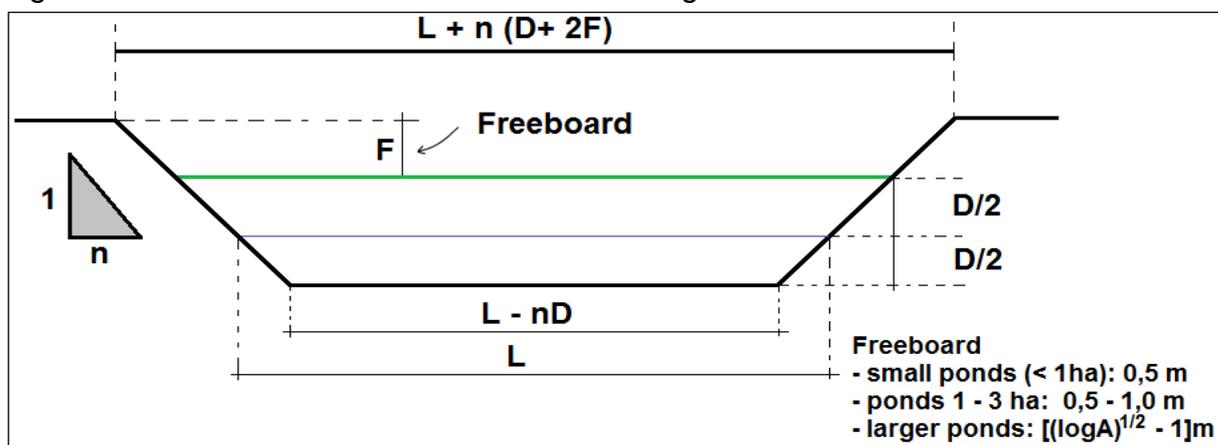
- **Escavação:**

Esta pode ser considerada a fase mais importante no processo de construção de lagoas e a que exige um planejamento que acarretará grande economia na obra de movimento de terra. O projeto aqui proposto levou em consideração quanto aos aspectos de escavação a seguinte situação: i) o material escavado é aproveitável, procurando-se aproveitar os volumes de aterros nos próprios diques, de maneira a minimizar esse movimento de terra.

- **Dimensões das lagoas de estabilização:**

No Pré-dimensionamento, as dimensões determinadas da lagoa são a meia profundidade. Sobretudo, a dimensão das lagoas no fundo, ao nível d'água e na crista do talude, depende da inclinação no talude externo. A figura 5 mostra algumas expressões utilizadas para calcular essas dimensões. Antes da Aplicação das expressões é necessário admitir que o talude externo tenha declividade de 1:n (vertical/horizontal) e que essa declinação varia de (1 para 1,5:8) e o ângulo varia de 18° a 26°.

Figura 5: Profundidade das áreas mortas das lagoas



Fonte: Adaptado & Modificado de Mendonça, 1990.

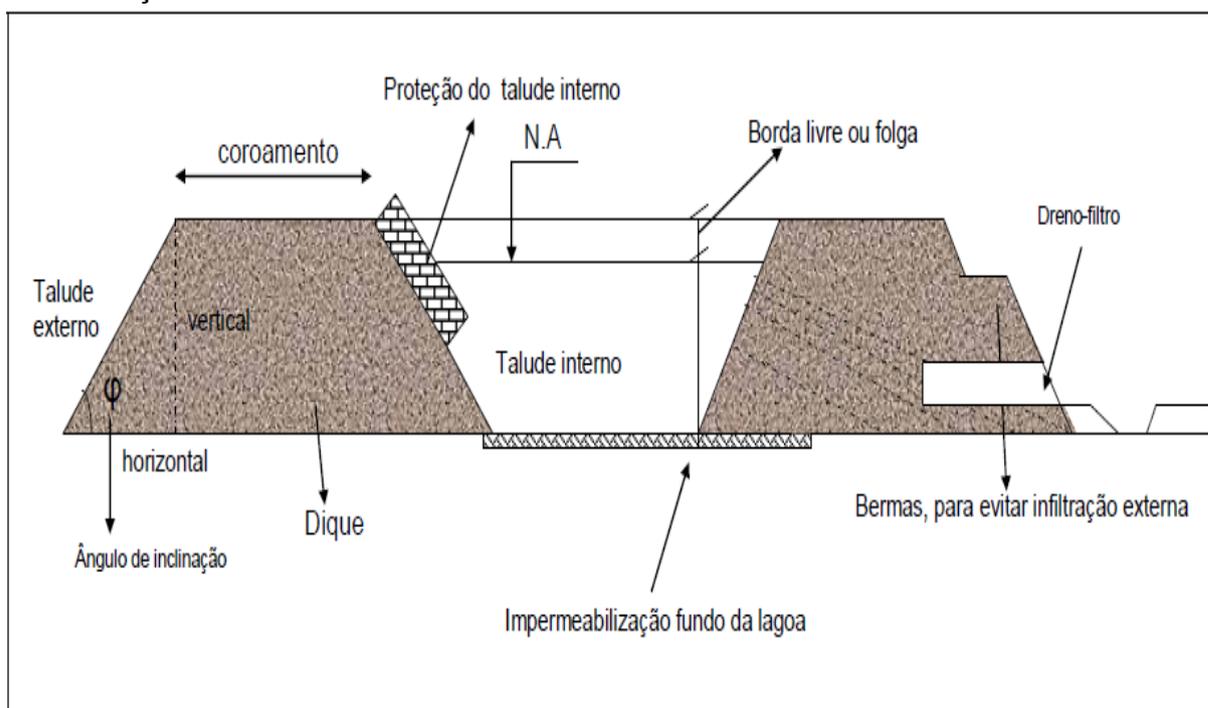
Quadro 4: Profundidade da área morta da lagoa (acima da borda)

SISTEMAS	Freeboard	
	Small ponds	Ponds
L. Anaeróbia	0,5 m	-
L. Facultativa	0,5 m	-
L. Maturação	-	0,5 – 1,0 m

Fonte: MARA & PEARSON, 1992.

- **Taludes:** É importante entender que os taludes são as partes laterais que forma os diques (barragens). Esses taludes deverão ter um coroamento de aproximadamente 2,5m de largura (crista), para que carros possam transitar pelas lagoas caso precise. As inclinações dos taludes serão de 3:1, para facilitar a subida de pessoas caso caiam nas lagoas ou caso precise fazer manutenção nas mesmas. A figura 6 mostra alguns aspectos físicos da lagoa.

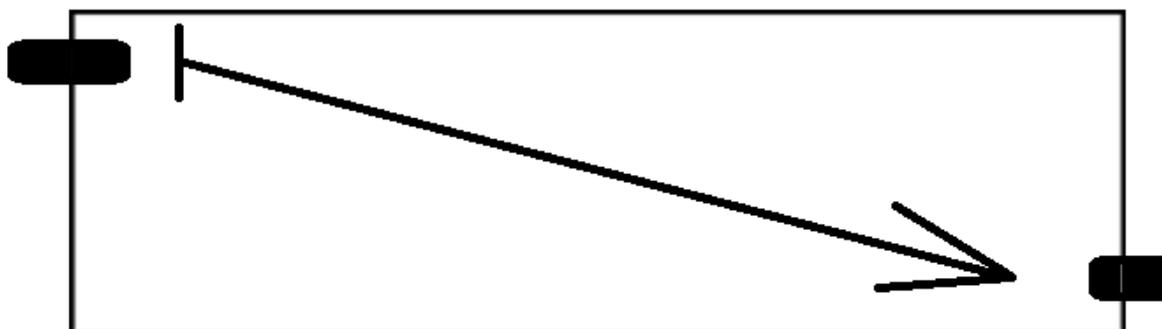
Figura 6: Detalhes e elementos constituintes de um dique de lagoa de estabilização



Fonte: Adaptado & Modificado de Mendonça, 1990.

- **Cobertura dos Taludes:** Para cobertura dos taludes de todo o sistema de lagoas, usou-se concreto, nas paredes e bases dos mesmos, a fim de evitar processo de erosão por intempéries ou pelo movimento da lâmina d'água, evitando assim que ocorra o rompimento desses taludes. A utilização do concreto para revestimento dos taludes é interessante, pois o mesmo evita o crescimento de mato em torno da lagoa e locais de sombreamentos. Mesmo sendo uma prática mais cara, é viável já que a longo prazo diminuirá custos com outros problemas que aconteceriam caso fosse utilizado outros tipos de revestimentos.
- **Entradas e saídas dos Efluentes nas lagoas:** Para as condições de entradas e saídas dos efluentes nas lagoas, foram escolhidas opções diagonais para o fluxo do efluente, a fim de, promover maior tempo desse efluente dentro da lagoa, evitar curtos circuitos promover caminhos corretos para o efluente. A Figura 7 descreve como deve ser o fluxo de entrada para saída de cada lagoa, sendo que a seta indica o caminho do efluente na lagoa.

Figura 7: Fluxo diagonal do efluente

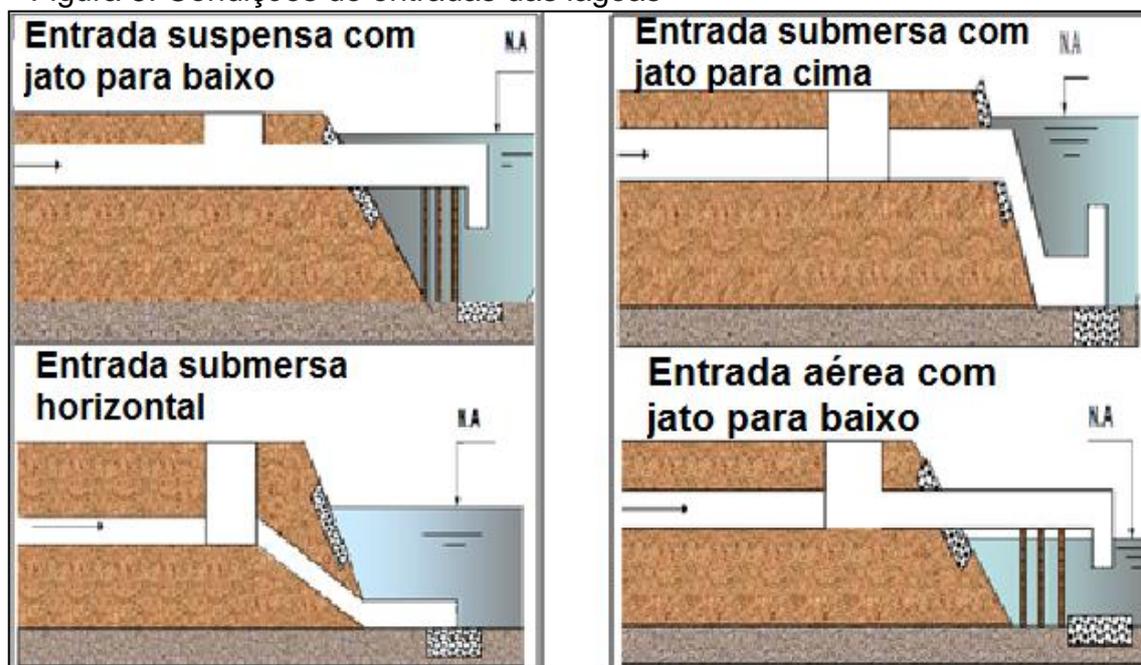


Fonte: Própria

- **Altura de entradas e saídas das tubulações nas lagoas:** é importante compreender o porquê desta diferença entre as entradas e saídas dos efluentes das lagoas. Para profundidades de entradas e Saídas das lagoas temos que, a entrada do efluente na lagoa é feita em determinada profundidade para promover uma mistura melhor do efluente enquanto, a

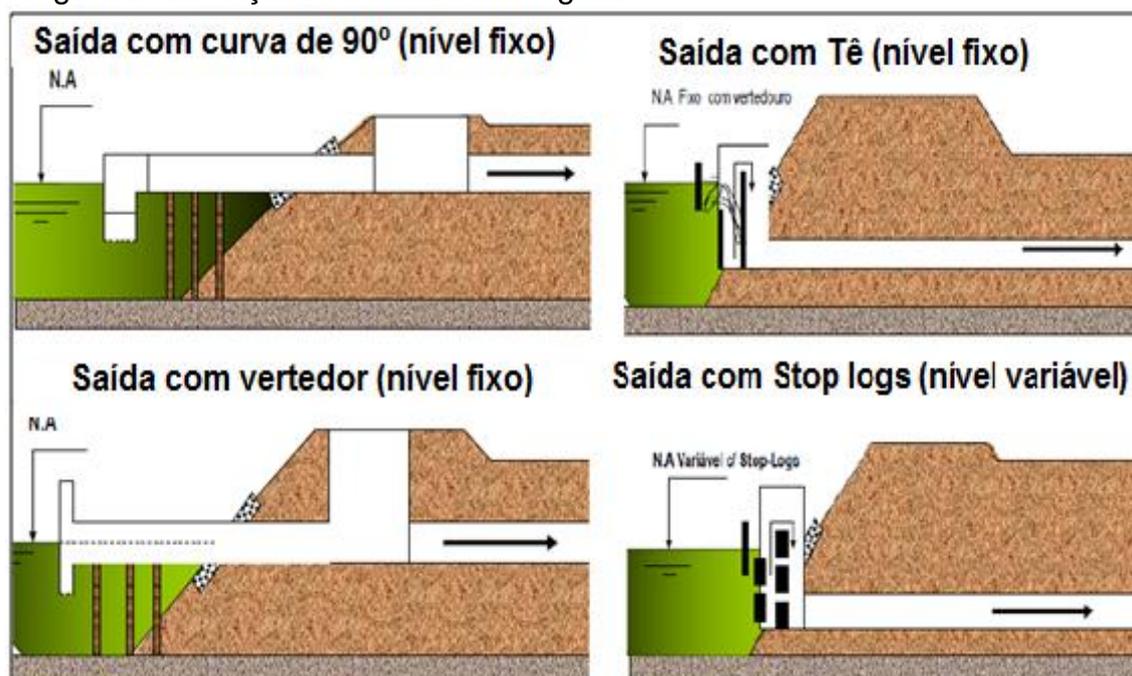
saída dos mesmos, precisa estar um pouco abaixo da borda do efluente na lagoa, onde esse procedimento deseja evitar que a camada (material) que fica na parte superior da lagoa (borda) passe para a próxima lagoa. As Figuras 8 e 9 mostram aspectos de entradas e saídas respectivamente.

Figura 8: Condições de entradas das lagoas



Fonte: Adaptado de Mara, Pearson et, all. 1992.

Figura 9: Condições de saídas das lagoas



Fonte: Adaptado de Mara, Pearson et, all. 1992.

7.1.1 Manutenção do sistema de lagoas

- **Limpeza:** Com relação a limpeza das lagoas é necessário compreender que a mesma precisa ser realizada quanto a espessura do lodo atingir a metade da altura da lagoa. Nessas condições o período para remoção do lodo em cada lagoa será de 2 anos.
- **Vegetação:** é importante sempre que necessário aparar a vegetação entorno das lagoas, visando evitar problemas com sombreamentos e condições de locomoção.
- **Inspeção:** é importante que freqüentemente seja realizadas inspeções nas lagoas, a fim de minimizar problemas com o sistema de operação e conseqüentemente evitar perdas de eficiência do sistema.

7.2 Resultados obtidos a partir dos cálculos de dimensionamento do sistema

Os resultados mostrados nos Quadros (5 e 6) mostram valores encontrados nos cálculos de dimensionamento das lagoas, sendo esses referentes aos aspectos físicos e biológicos e populacional do sistema de tratamento.

Quadro 5: Condições físicas de meia profundidade do sistema de lagoas

PARÂMETRO	UNID.	LAGOA ANAERÓBIA	LAGOA FACULTATIVA	LAGOA MATURAÇÃO
ÁREA	m ²	440	7.800	11.504
VOLUME	m ³	1.869	15.338,4	11.903
TDH	dias	1	8	3

Fonte: Própria (resultados obtidos)

Os valores descritos no quadro 6 são resultados obtidos a partir dos cálculos de meia profundidade para cada tipo de lagoa e seus respectivos tempos de retenção hidráulica.

Quadro 6: Parâmetros biológicos de qualidade esperada do efluente final

Parâmetro	UN	Esgoto Bruto	Lagoa Anaer.	Lagoa Fac.	Lagoa Mat. 1	Lagoa (L. Mat. 2)*	Efluente Final
DBO₅	(mg/L)	350	70		52,5	39,3	15,75
Remoção DBO₅	%	-	80		25	25	-
CCT	CCT/100ml	10 ⁸	-	-	-	830	830
OVOS HEL.	(O/L)	250	63,2	1,07	0,1	0,01 ≈ 0	0
AMÔNIA	(mg/L)	40	-	-	-	12	12

Fonte: Própria (resultados obtidos)

* Equivalente a qualidade do efluente final

É importante frisar que a DBO₅ encontrada na Lagoa de maturação 2, poderá ainda passar por um processo de filtração para melhorar mais ainda a qualidade do deste efluente. Essa filtração da DBO₅ diminuirá a incidência de algas na lagoa, evitando assim problemas quanto as aspectos de consumo de oxigênio.

Outro aspecto importante é entender que a concentração de amônia de 12mg/L encontrado no tratamento, não pode ser comparado com os padrões da OMS que é de 0,5 mg/L, uma vez que esses aspectos estudados neste trabalho são para condições diferentes dos estabelecidos dentro da norma. O quadro 7 mostra o conceito atribuído ao diagnóstico de eficiência de remoção esperado para o sistema de lagoas mostrado nesse trabalho.

Quadro 7: Conceitos atribuídos ao diagnóstico de eficiência esperado para o projeto

Conceito	Parâmetros	Faixa Considerada
BOM	DBO ₅	DBO ₅ ≤ 50 mg/L
	Coliformes Termotolerantes	CCT ≤ 10 ³ CT/100mL
MÉDIO	DBO ₅	50 mg/L ≤ DBO ₅ < 180 mg/L
	Coliformes Termotolerantes	10 ³ CT/100mL ≤ CT < 10 ⁴ CT/100mL
RUIM	DBO ₅	DBO ₅ > 180 mg/L
	Coliformes Termotolerantes	CT > 10 ⁴ CT/100mL

Fonte: Adaptado do Diagnóstico operacional de Lagoas de Estabilização. ALVES P. 2007.

7.3 Aspectos Geométricos do Sistema de Lagoas

- Aspectos geométricos das 2 lagoas anaeróbias (paralelas):

Temos que para as Lagoas Anaeróbias a configuração de geometria é normalmente (Largura: Comprimento de 1:2). Como foi obtida uma área total de aproximadamente 440m² para o sistema anaeróbio, temos que cada lagoa terá uma área de 220m², já que optou-se por usar duas lagoas anaeróbias em vez de uma só. Logo as lagoas terão aspectos geométricos retangulares e com dimensões de 10m x 22m para cada lagoa anaeróbia.

- Aspectos geométricos das 2 lagoas facultativas (paralelas):

Para as Lagoas Facultativas a configuração geométrica é diferente, sendo normalmente (Largura: Comprimento de 5:1). Como foi obtida uma área total de 7.800m² para o sistema facultativo, temos que cada lagoa terá áreas de 3.900m² para cada lagoa. Portanto as lagoas terão aspectos retangulares com dimensões de 26m x 150m para cada lagoa facultativa.

- Lagoas de maturação em séries:

Já para o sistema de Lagoas de maturação em série possuem geralmente configurações de geometria de (Largura: Comprimento de 7:1). Como foi obtida uma área total de aproximadamente 11.774m², sendo que cada lagoa de maturação terá áreas de aproximadamente 5.887m². Portanto, as dimensões para cada lagoa de maturação foi aproximadamente 29m x 203m, ou seja, duas lagoas com essas dimensões.

Todos os cálculos foram feitos de acordo com os parâmetros de projeto, e seus resultados se mostraram de acordo com as estabelecidas pelos órgãos ambientais vigentes em termos de eficiência de remoção de DBO₅ FINAL, da eficiência de remoção das concentrações de CCT e helmintos.

7.4 Custos do projeto (sistema de lagoas) proposto neste trabalho

O quadro 8 e 9 mostram respectivamente um resumo geral dos custos implantados a cada tipo de lagoa trabalhada e do sistema de beneficiamento,

sendo esses valores calculados e discriminados na planilha de orçamento em Anexo C.

Quadro 8: Resumo dos custos do projeto de lagoas

SISTEMA DE LAGOAS (Custos R\$)				VALOR
ATIVIDADE	ANAERÓBIAS	FACULTATIVAS	MATURAÇÃO	
Movimento de terra	4.206,40	37.284,00	39.112,92	80.603,30
Construção dos Taludes	12.619,20	111.852,00	117.338,76	241.810,00
Instalações Hidráulicas	24.643,24	24.643,24	24.643,24	73.959,72
Compra do Terreno (4 hectares)				100.000,00
CUSTO GERAL DO SISTEMA =				496.373,02

Fonte: Própria (resultados obtidos)

Quadro 9: Resumo dos custos do projeto para criação de peixes

SISTEMA DE PSICULTURA (Custos R\$)	VALOR
Instalação da Usina de Beneficiamento	100.000,00
Instalação do tanque berçário	50.000,00
Instalação do Tanque de depuração de peixes	80.000,00
Instalação dos tanques de engorda	70.000,00
CUSTO GERAL PARA CULTIVO E PRODUÇÃO	300.000,00

Fonte: Própria (Valores obtidos através de pesquisa de mercado)

Como observado nos quadros acima, o custo do projeto foi satisfatório, uma vez que, a forma e os aspectos de construção é que faz com que a sua aplicabilidade seja viável. Muitas vezes o que deixa um sistema de lagoas com um alto custo é a impermeabilização das lagoas, quando nesta são utilizadas geomembranas. Porém o Projeto proposto neste trabalho não utilizou a impermeabilização das lagoas, uma vez que as características do solo da região

não possuir altos índices de infiltração. Por este motivo todo o sistema de lagoas com aspectos geotécnicos, considerou os princípios de Atterberg com relação aos limites (k), ou seja, os limites de permeabilidade máximos. O terreno no qual será feita a instalação do sistema de tratamento de lagoas tem um $k > 10^{-8}$ m/s, que se refere a um limite de Atterberg ótimo, sem problemas e com nenhum risco de infiltração.

O trabalho levou em consideração vários estudos, onde um deles foi detectado que não seria preciso fazer estudos hidrogeológicos, uma vez que o lençol freático não está próximo da superfície e por não ser próximos de açudes.

8 PROJETO PARA AQUICULTURA

Aqüicultura é a produção de organismos aquáticos em cativeiro, como por exemplo, a criação de animais aquáticos e plantas aquáticas. No Brasil, é comum o cultivo de peixes, crustáceos, moluscos, anfíbios e o cultivo de plantas aquáticas comestíveis e ainda produção de biocombustível.

A criação de peixes é uma importante atividade que pode ser desenvolvida com o intuito de melhorar a qualidade da alimentação e a renda dos agricultores ou de pessoas que necessitam aumentar sua renda mensal. Por demandar pouco tempo e baixa especialidade de mão de obra, a piscicultura não cria obstáculos às atividades principais da propriedade e pode ser desenvolvida por membros de cooperativas e associações.

A região de Tavares/PB apresenta grande potencial para a piscicultura dentro do sistema de lagoas, devido à disponibilidade de áreas para construção das lagoas e, em alguns casos, facilidades em função da topografia.

8.1 Programa de Educação Ambiental

É importante que, para uma ampla aceitação de projetos de reuso, é fundamental envolver ativamente o público, desde a fase de planejamento, até a implementação definitiva do projeto. Esse relacionamento deve ser iniciado nas primeiras fases do empreendimento, através de contatos com os usuários

potenciais, da formação de um comitê consultivo e da realização de seminários para discutir possíveis modalidades de reuso.

A troca contínua de informações, entre os representantes do público e as autoridades garante que a adoção de um determinado programa de reuso que atenderá às verdadeiras necessidades dos usuários, assim como os objetivos comunitários associados à saúde, segurança e meio ambiente. A aceitação de sistemas de reuso depende do nível de sucesso com o qual as agências governamentais conseguem comunicar-se com o público alvo:

- Uma idéia clara e completa do programa que se pretende implementar;
- Um conhecimento adequado da qualidade dos esgotos tratados, e de como ele será utilizado;
- Confiabilidade na capacidade de gestão da agência encarregada dos serviços e na adequabilidade dos sistemas de tratamento propostos;
- Certeza de que o sistema envolve riscos mínimos de saúde e de degradação ambiental e segurança na sustentabilidade do abastecimento e na adequabilidade dos esgotos tratados para os tipos de cultura estabelecidos nos programas de reuso.

O Quadro 10 sugere uma série de mecanismos para contatar, educar e informar o público, durante as diversas fases de implementação de programas de reuso (CROOK; AMMERMMAN; OKUN AND MATTHEWS, 1992).

Quadro 10: Mecanismos para a participação do público

OBJETIVO	MECANISMO
Educação e informação	Artigos de jornais, programas de rádio, palestras, visitas de campo, exposições, programas escolares, filmes, boletins, relatórios, conferências.
Acompanhamento	Reuniões públicas, audiências públicas, pesquisa de opinião e questionários, programas de perguntas e respostas.
Interação e diálogo	Seminários, grupos de trabalho especiais, entrevistas, grupos consultivos, contatos informais, discussão em grupos.

Fonte: própria.

8.2 Criação de Peixes (piscicultura)

A utilização das águas residuais devidamente tratadas para criação de peixes vem sendo empregadas com sucesso em várias partes do mundo, gerando renda e vários benefícios sócios ambientais como economia e preservação de recursos hídricos, melhoria da qualidade do efluente de lançamento. Essa prática, contudo, requer cuidados especiais de monitoramento para atender as normas sanitárias.

Vários estudos demonstram que a qualidade da carne dos peixes criados em efluentes de lagoas de estabilização, é satisfatória para o consumo. Porém, por se tratar de um efluente residual, devem-se adotar o princípio da precaução. O sucesso de um sistema de criação de peixes depende de monitoramento criterioso da eficiência do sistema de tratamento, e qualidade do efluente e produto, peixes.

Segundo Pereira, (2000), o aparecimento de algas cianofíceas é comum neste ambiente, são produtoras de toxinas, em vista disto é aconselhável o acompanhamento da presença destas toxinas nos músculos e vísceras dos peixes. Comercialmente é importante considerar na qualidade do pescado, possíveis alterações de sabor da carne dos peixes, pois é o resultado da sua alimentação. O sabor mais forte descrito como “favors” pode ser amenizado com a manutenção dos peixes por um curto período em água limpa alimentando-os com ração. Alguns experimentos sugerem que o período de 3 a 5 dias de depuração em água limpa é suficiente para que os peixes percam o sabor indesejado.

O projeto prever todo um sistema de beneficiamento dentro da área das lagoas, com uma criação de associações e cooperativas, minimizando os custos do beneficiamento por ter um sistema único.

8.2.1 Escolha do Tipo de peixe

A escolha da espécie Tilápia (*OREOCHROMIS NILOTICUS*) para criação foi devido esse tipo de peixe apresentar grande resistência em ambientes

adversos (baixas concentrações de oxigênio, temperatura e outros), por ter facilidade de criação e comercialização (pelo excelente filet).

Essa escolha também teve influencia devido esse peixe ser bem comercializado na região em questão e pela rusticidade e facilidade de informações sobre suas exigências e características. Nesse sentido, a tilápia (*Oreochromis niloticus*) é a espécie de peixe proposta pelo projeto.

Para criação/cultivo de tilápias, é necessária uma infra-estrutura simples, munida de Lagoas escavadas, tanques berçário para produção de alevinos, tanques de engorda e tanque de depuração (para lavagens dos peixes). Como citado anteriormente o projeto prever também uma usina de beneficiamento que agregará valor ao produto final.

Uma especificação importante na criação de peixes é que, nunca devemos usar águas (Residuárias) com SARs e condutividades fora de padrões. Os efluentes das lagoas precisam ter padrões de condutividade dentro da área clara do gráfico, nunca podendo estar área escura, pois isso comprometeria a produção dos peixes. Em geral esses parâmetros para os efluentes das lagoas no final do tratamento precisam estar dentro das regiões A e B mostrada na Figura 10 (ANEXO B).

8.2.2 Tanques Berçário (viveiros de alevinos)

O processo de produção de alevinos deve ser realizado em tanques isolados chamados de tanques berçários afim de, evitar contaminação dos tanques de engorda e outros corpos de água por compostos hormonais. O tanque berçário é um pequeno tanque onde os alevinos serão mantidos protegidos e bem alimentados por um determinado tempo, até que tenham um tamanho que os predadores não possam atacá-los. A adição de hormônio é necessária para os alevinos se desenvolvam pelo sexo macho, garantindo uma melhor biometria e evitando procriação nos tanques de engorda.

Esse berçário pode ser feito com madeira e tela fina e colocado dentro da própria represa. Ou pode ser escavado, próximo ao local que será povoado. Nesse caso, deve ter sistema de abastecimento e escoamento constante de água.

Os alevinos são alimentados com ração até serem levados para os tanques de engorda

8.2.2.1 Transporte dos filhotes para os tanques de engorda

São transportados em sacolas plásticas contendo água e oxigênio. Tendo cuidado, pois eles podem ficar nessas sacolas de 6 até 7 horas.

Essas sacolas contendo os alevinos deverão ser colocadas, ainda fechadas, para boiar na água do viveiro que receberá os alevinos, durante um período de 15 a 20 minutos, para que a temperatura da água contida na embalagem se aproxime da temperatura da água do viveiro, evitando assim, que os filhotes sofram um choque térmico. Feito isso, os alevinos poderão ser, lentamente, transferidos da sacola para o viveiro.

8.2.3 Tanques de Engorda ou Tanques escavados

Para o desenvolvimento e aumento da massa corpórea dos peixes são necessários tanques de engorda onde se alimentam da matéria orgânica do próprio efluente ou da adição de ração apenas como auxiliar. Nesse projeto, são utilizadas as lagoas escavadas como tanques de engorda, sendo que estas lagoas são localizadas após o sistema de maturação/polimento. Em anexo D é mostrado esse tipo de lagoa escavada. Com alguns aspectos de construção dos mesmos.

O desenvolvimento e aumento de massa dos peixes, sofre influência significativa da densidade populacional de indivíduos no tanque. Em algumas regiões temos uma concentração de 3 a 7 peixes/m² como melhores resultados. Leon e Moscosso (1999) consideram que a máxima capacidade de carga para produzir tilápias em lagoas de estabilização é de 4.400kg/ha, sem o uso de alimento suplementar. Os autores consideram que acrescentar ração não aumenta a capacidade de produção de peixes devido à alta produtividade do ambiente. É importante que a área dos tanques escavados sejam isentas de possibilidades de enchentes e de fácil drenagem.

Considerando a área de um tanque de engorda de 5.752 m², e considerando 5 peixes/m², temos que a capacidade total para cada tanque de

engorda que será de aproximadamente 9.750 peixes. É importante lembrar que o sistema é composto por três tanques de engorda. Preparados para dar safras de peixes de dois em dois meses. Com esses estudos, é possível a partir do primeiro ano de implantação, fazer 6 colheitas de peixes anuais. - Na nossa região elas levam de 4 a 8 meses para chegar a esse peso (média de 6 meses) dependendo do manejo, da temperatura, da qualidade da água e da qualidade da ração fornecida.

8.2.4 Tanques de Depuração

O sistema de criação será munido de um tanque de depuração com água limpa, cujas proporções terão $\frac{1}{2}$ do volume da dos 3 tanques de engorda e mesma área superficial. O tempo de detenção dos peixes será de três a cinco dias. Após esta etapa, os peixes serão destinados a usina de beneficiamento, e destinação final.

9 PROJETO DE IRRIGAÇÃO

A contaminação da parte vegetativa é um obstáculo para o emprego de irrigação por aspersão quando se considera águas servidas. Mediante cenário, é preciso adotar um sistema que minimize esse tipo de contaminação. Dentre os métodos viáveis destacam-se o sistema de gotejamento e também a irrigação por sulcos.

O sistema de gotejamento se baseia na distribuição de água, gota a gota, ao pé da planta, provenientes de tubulações fixas (secundárias), às quais estão fixados os gotejadores. Nesse tipo de sistema, se forma abaixo do gotejador uma zona de solo úmido ao qual se denomina “bulbo” de umedecimento. O gotejamento se pratica essencialmente com equipamento fixo, o qual garante um perfeito domínio sobre o cronograma de irrigação e uma enorme economia de mão-de-obra.

Esse tipo de irrigação emprega uma grande quantidade de gotejadores por unidade de área, distribuindo a água em cada ponto do terreno de forma exata.

Cada gotejador trabalha com uma tolerância máxima de $\pm 8\%$, o qual assegura uma distribuição uniforme da água.

Esse projeto prever uso de tubulações herméticas, com velocidades de água muito baixas, tornando mínimas as perdas de carga na tubulação dimensionada e flutuações de pressão que possam influenciar na uniformidade da aplicação.

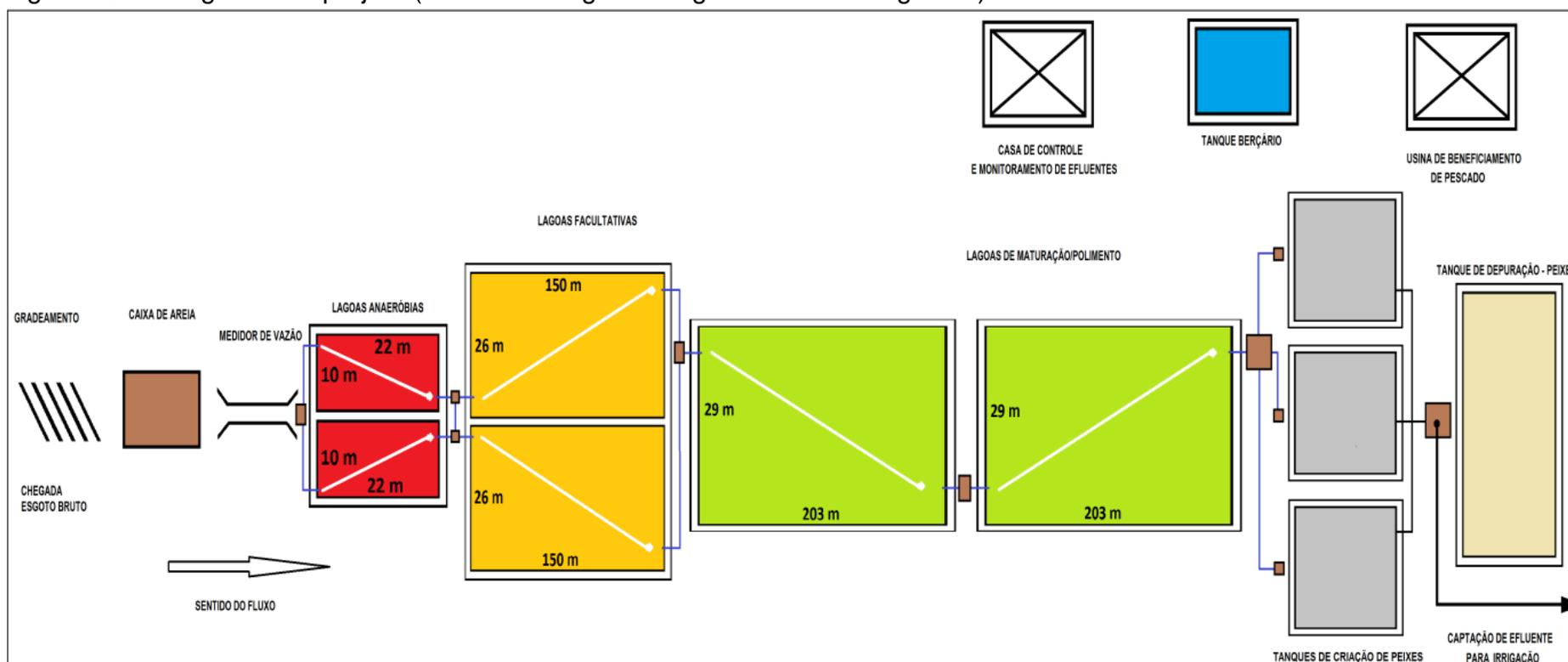
Outro fator preponderante para escolha dessa tecnologia são as vantagens de flexibilidade de aplicação, intervalo entre as irrigações, duração da irrigação e exploração de solos problemáticos. Em função do molhamento localizado, e devido à sua capacidade de levar os sais para a periferia do bulbo úmido, solos antes desprezados por serem salinos, calcários, pedregosos ou pouco profundos, tornam-se perfeitamente agricultáveis, com produções altamente rentáveis.

A área irrigada por meio de gotejamento é muito maior do que a área molhada por aspersão quando consideramos um volume definido de água. A distribuição homogênea e mais eficiente permite irrigar uma área em média 6 vezes maior que a área ocupada pela aspersão. A região na qual o sistema de lagoas está inserido, possui uma área para ser beneficiada com o sistema de irrigação de aproximadamente 20 ha. 10 hectares desta área disponível será para plantação de feijão e milho, 1 hectare para cultivo do tomate e os outros 9 hectares serão feitos estudos para possíveis cultivos de outras culturas tipos de culturas no decorrer do tempo como por exemplo mamão, maracujá, pimentão.

10 FLUXOGRAMA DO PROJETO

A figura 11 mostra esquematicamente o fluxograma de todo o projeto proposto nesse trabalho, desde o tratamento preliminar, sistema de lagoas até os locais onde serão implantadas (usina de beneficiamento, tanque berçário, casa de controle, tanques de engorda e tanque de depuração dos peixes) como descritas no projeto de piscicultura.

Figura 10: Fluxograma do projeto (sistema de lagoas integrado ao reuso agrícola).



Fonte: própria

11 ESTIMATIVA DE RETORNO

Todas as estimativas de valores obtidos nos finais de cada safra foram realizadas em proporções de valores totais, diminuído 25% do valor bruto para obter valores líquidos em cima de cada parâmetro cultivado. Os 25% diminuído do total foi para cobrir gastos com equipamentos utilizados, compra de sementes, rações e outros.

Considerando o cultivo do milho e do feijão para a região em uma área de 10 ha, e sabendo que cada hectare irrigado poderá produzir cerca de 180 e 50 sacas de 60 kg respectivamente para cada tipo de grão. Em 2013 o preço da saca de 60 Kg para o milho esteve em torno de R\$ 24,22. Isso geraria uma receita bruta de R\$ 43.596,00 por safra. O feijão em 2013 teve um preço de mercado de aproximadamente R\$ 140,00 por saca de 60 kg, produzindo uma receita bruta de R\$ 70.000,00 por safra. Em plantio conjugado misto (feijão + milho) com sistema irrigado em 10 hectares a receita bruta total foi de R\$ 113.596,00 por safra com uma receita líquida de R\$ 85.197,00. Sabendo que para (milho+feijão) será realizada três safras por ano, rendo um total líquido de R\$ 255.591,00. Outro fruto que a área irá cultivar é o tomate em aproximadamente 1 hectare, sabendo que a produção anual do tomate em 1 hectare chega aproximadamente a 50 toneladas, que por sua vez poderá gerar uma renda bruta de R\$ 125.000,00 e uma renda líquida de R\$ 93.750,00.

Já o programa de cultivo e produção de peixes terá capacidade de produção de 6.825Kg de peixes por safra em cada lagoa. Considerando 3 safras por ano temos uma quantidade de 20.475 kg/ano. No ano de 2013 o preço de mercado para o Filé de Tilápia situa-se em torno de R\$ 8,00/kg. Em termos de receita, o projeto estima receita bruta em torno de R\$ 163.800/ano. Rendendo assim uma receita líquida de R\$ 122.850,00. O quadro 7 mostra o resumo dos valores líquidos obtidos em todas as safras.

É importante salientar que o projeto será estudado para adaptações e cultivo de novas culturas como mamão, maracujá e pimentão. Tendo que esta implementação de outros tipos de cultivo agregar valor a renda geral da cooperativa. O quadro 11 mostra o resumo dos valores líquidos obtidos anualmente na produção de feijão, milho, tomate e peixe.

Quadro 11: Valores obtidos anualmente com as safras cultivados e criação de peixes

TIPO	VALOR (R\$)
(Misto: Feijão +Milho)	255.591,00
Tomate	93.750,00
Tilápia	122.850,00
TOTAL	472.191,00

Fonte: Própria

Tendo em vista todas as receitas líquidas geradas na aqüicultura e irrigação agrícola, o tempo de retorno do projeto será de aproximadamente 2 anos. Sabendo que a produção de feijão é realizada apenas uma vez no ano, podemos buscar outras culturas para que possam ser produzidos durante o resto do ano.

11 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que o tempo de retorno do custo do projeto ser de aproximadamente 2 anos, verifica-se que a viabilidade econômica do projeto é bastante significativa.

O sistema de lagoas de estabilização acopladas com reator anaeróbio para tratamento de águas residuais domésticas com fins de reuso em aqüicultura e irrigação agrícola se mostra, com grande potencial para geração de emprego e renda além de diversos benefícios sócios ambientais.

Nesse sentido, verificamos que esse tipo de sistema, é de importantíssimo uma vez que busca tratar e reutilizar os efluentes domésticos de forma correta e dentro de alguns padrões estabelecidos por órgãos e agências ambientais. Por esta prática reciclar uma água em desuso para outros fins, torna-se um projeto totalmente sustentável, contribuindo de forma direta para a região, para as pessoas e para o meio ambiente como um todo.

REFERÊNCIAS

AGENDA 21. **Conferência das Nações Unidas Sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento**, 1992.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**: informe 2012. Ed. Especial. 215 p. Brasília, 2012.

BEEKMAN, G. B. **Qualidade e conservação da água**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL, 1996, Brasília. Conferência. Brasília: Associação Brasileira das Entidades de Assistência Técnica e Extensão Rural, 1996.

BIATO, D. O. **Detecção e controle do offflavor em tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus), por meio de depuração e defumação**. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Brasil. 2005.

BRASIL. Lei nº 9.433/1997. Institui a **Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2001.

BRASIL. **Secretária Nacional de Saneamento Ambiental**. Projeto de Lei nº 5296/2005: diretrizes para serviços públicos de saneamento básico e política nacional de saneamento básico PNS. Brasília: Ministério das Cidades, 2005.

CONAMA, resolução 357, de 19 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento**, bem como estabelece as condições e padrões de lançamentos de efluentes, e dá outras providências. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.

EMATER-RIO / FIPERJ - **Criação de Tilápias**. Autores: Augusto da Costa Pereira (FIPERJ); Pedro Paulo Menezes de Oliveira Carvalho (FIPERJ) e Reinaldo A. Guedes da Silva. 2000.

CROOK, J.; AMMERMMAN, D. K.; OKUN, D. A.; MATTHEWS, R. L. **Guidelines for Water Reuse**. Cambridge, Massachussets: Camp Dresser & Mc Kee, Inc.,1992.

FORERO, R. S. **Lagunas de estabilización y otros sistemas simplificados para el tratamiento de aguas residuales**. 2ª ed. Lima: CEPIS, 1985.

GEO Brasil: Recursos hídricos: **Componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil**. Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional de Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília: MMA; ANA, 2007.

GUIDOLIN, J. C. **Reuso de efluentes**. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, Ministério do Meio Ambiente, 2000.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2010.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 4. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2005.

KELLNER, E.; PIRES, E. C. **Lagoas de estabilização: projeto e operação**. Rio de Janeiro: ABES, 1998.

LAVRADOR FILHO, J. **Contribuição para o entendimento do reuso planejado da água** e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil. São Paulo: Escola Politécnica de São Paulo, Universidade de São Paulo, 1987.

MARA, D. D.; PEARSON, H. W.; et. al. – **Lagoon Technology International Leeds. England**. 1992.

MENDONÇA, S. R. (Org.) **Lagoas de Estabilização**. Novos conceitos. João Pessoa: [s.n.]. 1990.

MITCHELL, J.K. **Fundamentals of Soil Behavior**, 2nd edition, John Wiley & Sons. 1993.

PEARSON, H. W.; et. al. **Guidelines fo the Minimum Evaluation of the Performance os Full - Scale Waste Stabilization Pond Systms**. 1995.

PEARSON, H. W. et. al.: **Aspectos de processos biológicos e físico-químicos afetando o design físico de lagoas de estabilização**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2005, Campo Grande. Anais. Rio de Janeiro: ABES, 2005.

PEREIRA, C. M. **Avaliação do uso de peixes planctófagos como auxiliares do tratamento de efluentes**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil. 2000.

SOUZA, H. R. **Agricultura irrigada no semi-árido Nordestino**, 195-236. In: Desenvolvimento Sustentável no Nordeste (Editado por Gomes, G., Souza, H. R and Magalhães, A. R. - Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada). São Paulo, 1995.

TALBOYS, A. P. **Lagunas de estabilización en américa latina**. Lima: CEPIS, 1971.

VON SPERLING, M. **lagoas de Estabilização**. 2 ed. rev. e atual. Belo Horizonte: UFMG/DESA, 2002.

VON, SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**: lagoas de estabilização. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária E Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

ANEXOS

ANEXO A: Tabelas com alguns parâmetros para dimensionamento

Tabela 1: Taxas de decaimentos de CCT em função da temperatura

Table 4.6 Values of the first order rate constant for faecal coliform removal at various temperatures (calculated from equation 4.15)

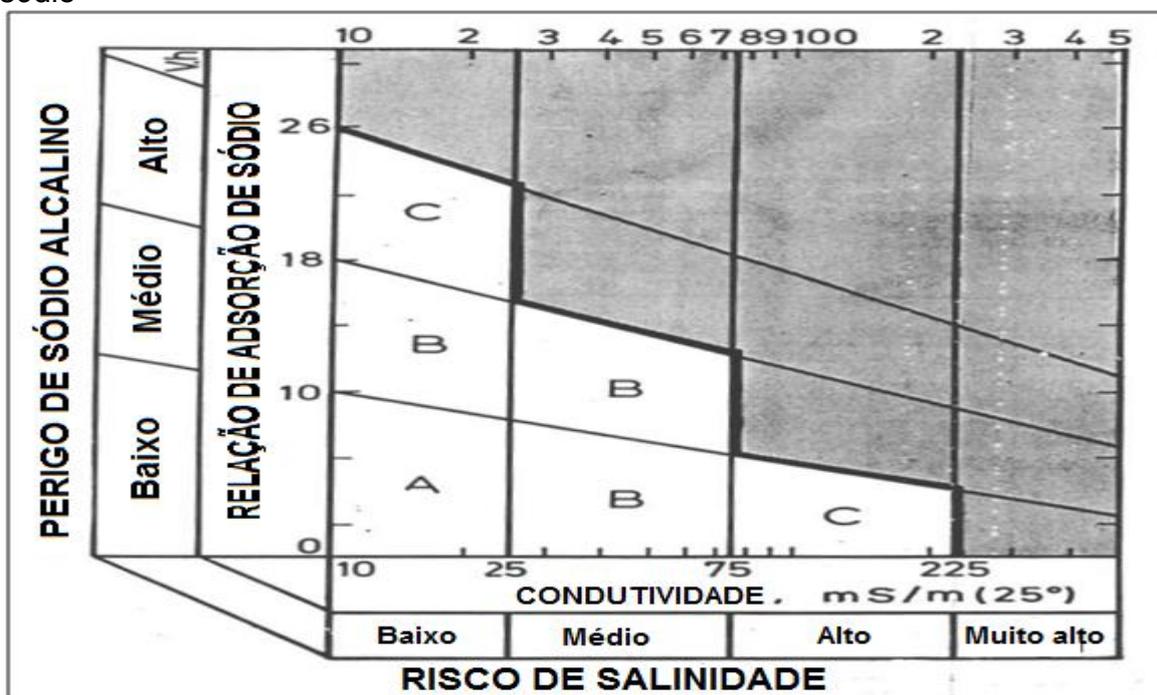
T(°C)	$k_T(\text{day}^{-1})$	T(°C)	$k_T(\text{day}^{-1})$
11	0.54	21	3.09
12	0.65	22	3.68
13	0.77	23	4.38
14	0.92	24	5.21
15	1.09	25	6.20
16	1.30	26	7.38
17	1.54	27	8.77
18	1.84	28	10.46
19	2.18	29	12.44
20	2.60	30	14.81

Tabela: Remoção de ovos de helmintos em lagoas de estabilização (95% confiança)

Retention time (d)	% Removal	Retention time (d)	% Removal
1.0	74.7	5.5	96.4
1.2	76.9	6.0	97.1
1.4	79.0	6.5	97.6
1.6	80.9	7.0	98.0
1.8	82.6	7.5	98.3
2.0	84.1	8.0	98.6
2.5	87.3	8.5	98.8
3.0	89.8	9.0	99.1
3.5	91.8	10.0	99.3
4.0	93.4	15.0	98.8
4.5	93.4	18.0	99.9
5.0	95.6	20.0	99.9

ANEXO B: Condições da relação de adsorção de sódio

Figura 11: Águas para fins de reuso com base na condutividade e adsorção de sódio



Fonte: Adaptado de USDA, (1954)

ANEXO C – PLANILHAS DE ORÇAMENTOS

Quadro 12: Planilha de Custos das lagoas de estabilização anaeróbias

ESPECIFICAÇÃO DO SERVIÇO	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID	PREÇO UNITÁRIO (R\$)	QUANT	TOTAL (R\$)
Movimento de Terra	Escavação mecânica, campo aberto em terra exceto rocha até 6m.	m³	2,39	1.760	4.206,40
Taludes	Construção e compactação dos taludes	-	-	-	12.619,20
Instalações Hidráulicas	Assentamento de tubos e conexões em PVC, JE DN 200mm	m	2,13	80	170,40
	Tubos e conexões de PVC	m	11,20	80	896,00
	Registro c/ volante e flange DN 200 PN10	UN	1.823,10	12	21.877,20
	Caixa em alvenaria (60x60x60cm) de 1/2 tijolo comum, lastro de concreto e tampa de concreto	UN	142,47	12	1.709,64
SUB TOTAL					41.478,84

Fonte: Própria

Quadro 13: Planilha de custo das lagoas de estabilização facultativas

ESPECIFICAÇÃO DO SERVIÇO	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID	PREÇO UNITÁRIO (R\$)	QUANT	TOTAL (R\$)
Movimento de Terra	Escavação mecan. Campo aberto em terra exceto rocha até 2m	m³	2,39	15.600	37.284,00
Taludes	Construção e compactação dos taludes	-	-	-	111.852,00
Instalações Hidráulicas	Assentamento de tubos e conexões em PVC, JE DN 200mm	m	2,13	80	170,40
	Tubos e conexões de PVC	m	11,20	80	896,00
	Registro c/ volante e flange DN 200 PN10	UN	1.823,10	12	21.877,20
	Caixa em alvenaria (60x60x60cm) de 1/2 tijolo comum, lastro de concreto e tampa de concreto	UN	142,47	12	1.709,64
SUB TOTAL					173.789,20

Fonte: Própria

Quadro 14: Planilha de custo das lagoas de estabilização de maturação

ESPECIFICAÇÃO DO SERVIÇO	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID	PREÇO UNITÁRIO (R\$)	QUANT	TOTAL (R\$)
Movimento de Terra	Escavação mecan. Campo aberto em terra exceto rocha até 2m	m³	1,70	27.610	39.112,92
Taludes	Construção e compactação dos taludes	-	-	-	117.338,76
Instalações Hidráulicas	Assentamento de tubos e conexões em PVC, JE DN 200mm	m	2,13	80	170,40
	Tubos e conexões de PVC	m	11,20	80	896,00
	Registro c/ volante e flange DN 200 PN10	UN	1.823,10	12	21.877,20
	Caixa em alvenaria (60x60x60cm) de 1/2 tijolo comum, lastro de concreto e tampa de concreto	UN	142,47	12	1.709,64
SUB TOTAL					181.104,92

Fonte: Própria

Quadro 15: Custo geral do projeto

ATIVIDADE	CUSTO (R\$)
Construção das lagoas anaeróbias	41.478,84
Construção das lagoas facultativas	173.789,20
Construção das lagoas de maturação	181.104,92
Instalação da usina de beneficiamento	100.000,00
Instalação do tanque berçário	50.000,00
Instalação do tanque de depuração dos peixes	80.000,00
Instalação dos tanques de engorda	70.000,00
Compra do terreno	100.000,00
TOTAL	796.373,02

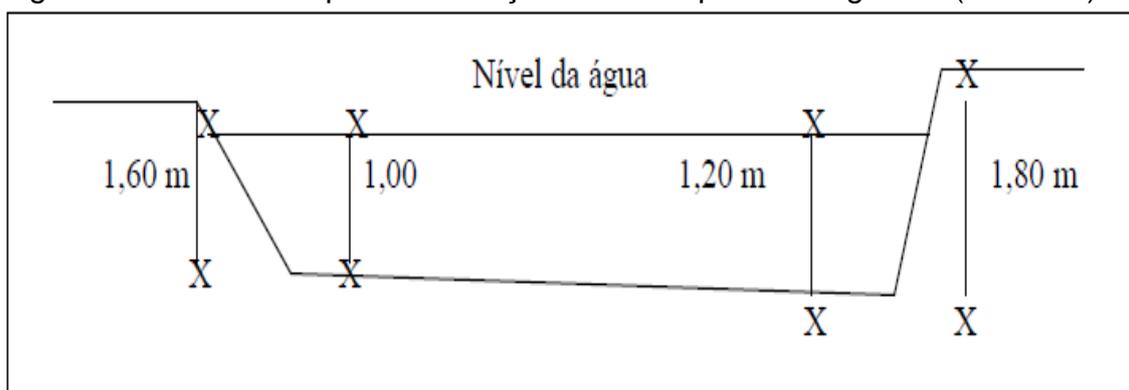
Fonte: Própria

ANEXO D – Aspectos físicos de dimensionamento dos tanques de engorda

1. A Construção dos Tanques de Engorda

- A profundidade na parte mais rasa é de 1,60m e na parte mais funda de 2,00 metros (tanque de terra escavada).
- A profundidade da água (o nível) no viveiro é de 1,00m na parte mais rasa e 1,50 na parte mais funda.

Figura 12: Dimensões para construções dos tanques de engordas (Anexo D)

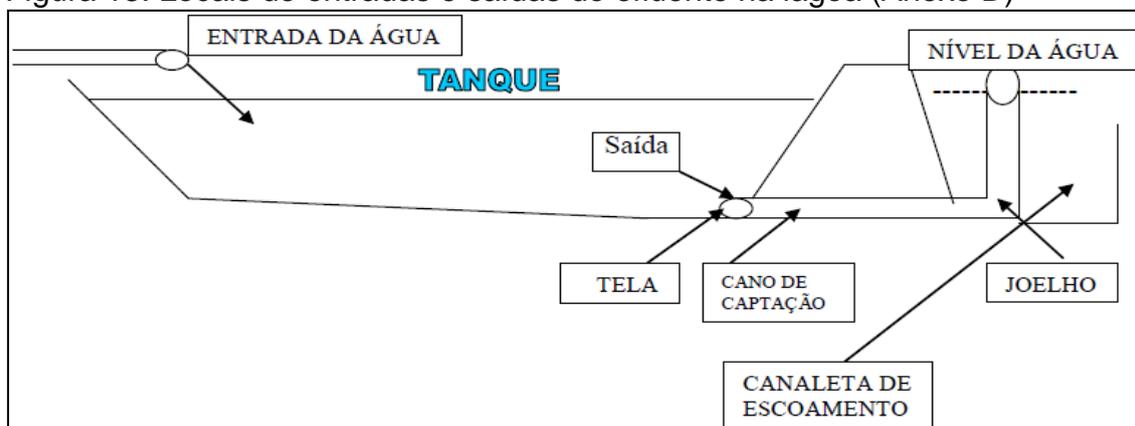


Fonte: Criação de Tilápias/EMATER-RIO, 2000.

- Em terrenos muito arenosos colocar argila (barro) no fundo do tanque para que o peso da água comprima-a e evite infiltrações.
- A entrada da água deve ser POR CIMA do viveiro, de preferência “chuveirando” dentro dele (quanto mais à água bater mais irá oxigená-la), e a saída da água

deve ser POR BAIXO do viveiro na parte mais funda para a retirada do excesso de amônia, fezes e restos de rações. Utilizamos para isso o sistema PESCOÇO DE GANSO (ou Joelho articulado) que é um cano com cotovelo dobrável colocado externamente ao viveiro.

Figura 13: Locais de entradas e saídas do efluente na lagoa (Anexo D)



Fonte: Criação de Tilápias/EMATER-RIO, 2000.

Figura 14: Exemplos de lagoas escavadas (Anexo D)

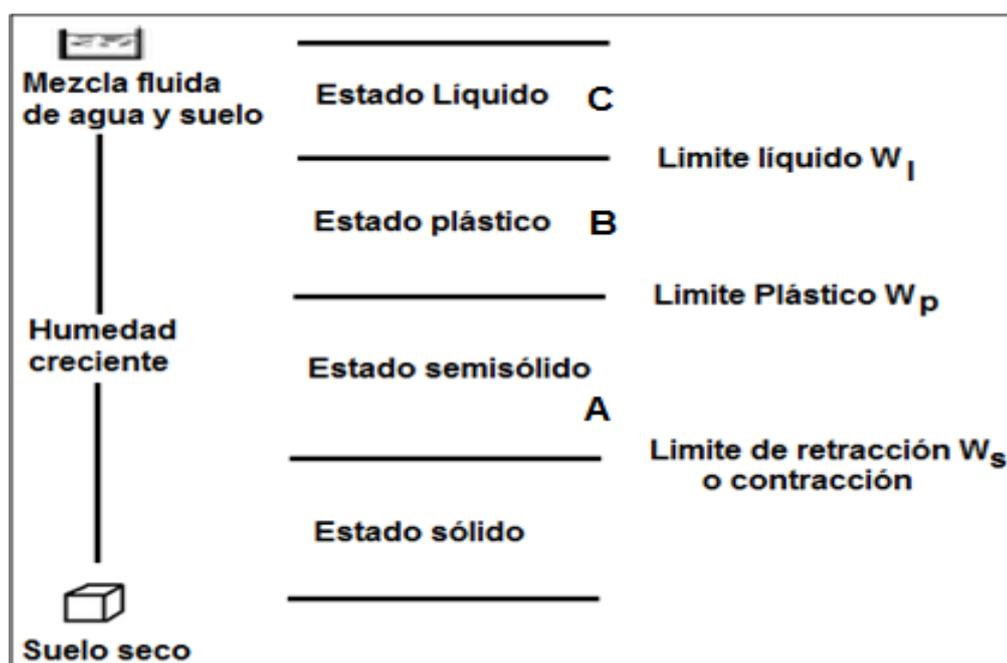


Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ANEXO E – Tabela para dimensionamento da grade de remoção

Tipo de grade	Espaçamento entre as barras (mm)	Espessuras das barras mais usuais (mm)
Grosseira	40	10 e 13
	60	10 e 13
	80	10 e 13
	100	10 e 13
Média	20	8 e 10
	30	8 e 10
	40	8 e 10
Fina	10	6; 8 e 10
	15	6; 8 e 10
	20	6; 8 e 10

ANEXO F: Esquema indicando a posição relativa dos limites de Atterberg e do índice de plasticidade.



Logo, se:

- $LC < 0$ (A)
- $0 < LC < 1$ (B)
- $LC > 1$ (C)