UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – UNIOESTE
CENTRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO STRICTU SENSU EM ENGENHARIA QUÍMICA – NÍVEL MESTRADO

TECNOLOGIA ALTERNATIVA PARA TRATAMENTO DE EFLUENTE PROVENIENTE DE FRIGORÍFICO DE PEIXES

ANA PAULA SONE

TOLEDO – PR
FEVEREIRO DE 2013

ANA PAULA SONE

TECNOLOGIA ALTERNATIVA PARA TRATAMENTO DE EFLUENTE PROVENIENTE DE FRIGORÍFICO DE PEIXES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Química, área de concentração em monitoramento e controle ambiental.

Orientador:
Prof. Dr. Camilo Freddy Mendoza Morejon

TOLEDO – PR
FEVEREIRO DE 2013

“A vida é uma peça de teatro que não permite ensaios. Por isso, cante, chore, dance, ria e viva intensamente, antes que a cortina se feche e a peça termine sem aplausos.”

Charles Chaplin.

AGRADECIMENTOS

À Deus que me fortalece e me conduz a cada dia, para conseguir superar as dificuldades com perseverança e determinação, e que com sua graça e benção me capacitou para esta etapa de minha formação.

A minha mãe Ivone Fortuna, meu pai Nelson Sone, meus irmãos Paulo Henrique e Camila, e demais familiares, por toda compreensão, apoio e incentivo e por estarem ao meu lado acreditando em minhas capacidades.

Ao prof. Dr. Camilo Freddy Mendoza Morejon, orientador desta dissertação, por ter me acompanhado ao longo deste trabalho, agradeço pela orientação, oportunidade, atenção, dedicação e paciência.

A Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus Toledo pela oportunidade da execução do curso e atividades de desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu namorado Alexandre pelo apoio, incentivo e amor.

Aos Professores e colegas e amigos pela confiança, apoio e colaboração.

Ao Engenheiro de Pesca Lucas Renato Pinz, e a aluna de Graduação em Química Jocasta Mileski Machado, pela amizade e pela importante contribuição à parte experimental do trabalho.

Aos professores Dr. Elvio Antonio de Campos e Dr. Helton Alves pela atenção e apoio na execução deste trabalho, assim como pelas oportunas críticas e sugestões que contribuíram para a elaboração deste trabalho.

À todos que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento desta pesquisa.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS..... vii
LISTA DE TABELAS..... ix
LISTA DE TABELAS..... ix
LISTA DE ABREVIATURAS..... x
RESUMO..... xi
ABSTRACT xii
CAPITULO I - INTRODUÇÃO 1
I.1 GENERALIDADES..... 1
I.2 OBJETIVOS..... 3
I.3 JUSTIFICATIVA..... 3
CAPITULO II - REVISÃO DA LITERATURA..... 6
II.1 SITUAÇÃO DA PRODUÇÃO DE PEIXE NO MUNDO 6
II.2 SITUAÇÃO DA PRODUÇÃO DE PEIXES NO BRASIL..... 7
II.3 SITUAÇÃO DA PRODUÇÃO DE PEIXES NO ESTADO DO PARANÁ..... 8
II.4 OS PROCESSOS DE INDUSTRIALIZAÇÃO DO PEIXE 9
II.6 CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE/ POLUENTES 11
II.7 MÉTODOS, PROCESSOS E TECNOLOGIAS CONVENCIONAIS PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES DE FRIGORÍFICOS DE PEIXES 12
II.7.1 Níveis de tratamentos.....13
II.7.2 Processos de tratamento.....14
II.7.3 Processos de tratamento comumente utilizados na depuração dos despejos de matadouros e frigoríficos.....15
II. 8 PESQUISAS EM BANCOS DE PATENTES..... 16
CAPÍTULO III - MATERIAIS E MÉTODOS..... 18
III. 1 CARACTERIZAÇÃO DA FONTE GERADORA DE RESÍDUOS 18
III. 2 CARACTERIZAÇÃO QUANTITATIVA E QUALITATIVA DOS EFLUENTES DE FRIGORÍFICOS DE PEIXES 18
III. 2.1 Análises Laboratoriais 19
Análise de turbidez 19
Análise da demanda química de oxigênio (DQO).....20
Análise da demanda bioquímica de oxigênio (DBO).....21
Análise de óleos graxos 23

Análise de sólidos sedimentáveis 23
Medidas de pH.....23
III 3 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DOS MÉTODOS, PROCESSOS E TECNOLOGIAS CONVENCIONAIS EXISTENTES..... 24
III. 4 DESENVOLVIMENTO/CONSTRUÇÃO DE UMA TECNOLOGIA ALTERNATIVA PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES DE FRIGORÍFICOS DE PEIXES 25
III. 4.1 Cálculo da vazão e velocidade 25
III. 4.2 Projeto de dimensionamento 26
III. 4.3 Construção e Montagem.....26
III. 5 TESTES EXPERIMENTAIS DA TECNOLOGIA ALTERNATIVA E ANÁLISE DO DESEMPENHO DA TECNOLOGIA DESENVOLVIDA..... 26
CAPÍTULO IV - RESULTADOS E DISCUSSÕES..... 27
IV.1 CARACTERIZAÇÃO DA FONTE GERADORA DE RESÍDUOS..... 27
IV. 2 CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA E QUANTITATIVA DOS RESÍDUOS DE FRIGORÍFICOS DE PEIXES 29
IV.3 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DOS MÉTODOS, PROCESSOS E TECNOLOGIAS CONVENCIONAIS 36
IV.4 O DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLGIA/TECNOLOGIA ALTERNATIVA PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES DE FRIGORÍFICOS DE PEIXES 47
IV. 4.1 Cálculo da vazão e velocidade do efluente 48
IV. 4.2 Projeto de dimensionamento 50
IV. 4.3 Construção e montagem 52
IV.5 TESTES EXPERIMENTAIS DA TECNOLOGIA ALTERNATIVA E ANÁLISE DO DESEMPENHO DA TECNOLOGIA DESENVOLVIDA..... 52
CAPÍTULO V – CONCLUSÕES..... 55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Destino do pescado no Estado do Paraná 2
Figura 2 Esquema do elemento de análise 4
Figura 3 Produção nacional de pescado, em 2002 8
Figura 4 Fluxograma do processo de filetagem (Frigorífico de peixes) 28
Figura 5 Cálculo da quantidade de resíduos provenientes da filetagem de uma tilápia de 0,418kg 29
Figura 6 Cálculo da quantidade de resíduos provenientes da filetagem de uma tilápia de 0,886kg 30
Figura 7 Produção diária de resíduos líquidos ($L.dia^{-1}$) e sólidos ($kg.dia^{-1}$) de cada frigorífico 31
Figura 8 Produção diária de resíduos sólidos no Frigorífico 1 32
Figura 9 Produção diária de resíduos sólidos no Frigorífico 2 32
Figura 10 Produção diária de resíduos sólidos no Frigorífico 3 33
Figura 11 Produção diária de resíduos líquidos nos Frigoríficos 1, 2 e 3 33
Figura 13 Mapeamento do frigorífico com os cinco pontos de coletas 36
Figura 14 Esquema do mapeamento do frigorífico com os pontos de coletas detalhando cada etapa do tratamento de efluente 37
Figura 15 Avaliação do comportamento do efluente frente ao repouso analisando a clarificação do efluente no primeiro ponto de coleta 38
Figura 16 Efluente do primeiro ponto de coleta com material particulado em suspensão (A) e precipitado (B) depois de repouso por 48 horas 39
Figura 17 Comportamento do efluente no primeiro ponto de coleta (variação da turbidez em relação ao tempo) 39
Figura 18 Avaliação do comportamento do efluente frente ao repouso analisando a clarificação do efluente no segundo ponto de coleta 40
Figura 19 Efluente do segundo ponto de coleta com material particulado em suspensão (A) e precipitado (B) depois de repouso por 48 horas 40
Figura 20 Comportamento do efluente no segundo ponto de coleta (variação da turbidez em relação ao tempo) 41
Figura 21 Avaliação do comportamento do efluente frente ao repouso analisando a clarificação do efluente no terceiro ponto de coleta 42

Figura 22 Efluente do terceiro ponto de coleta com material particulado em suspensão (A) e precipitado (B) depois de repouso por 48 horas 42
Figura 23 Comportamento do efluente no terceiro ponto de coleta (variação da turbidez em relação ao tempo) 43
Figura 24 Avaliação do comportamento do efluente frente ao repouso analisando a clarificação do efluente no quarto ponto de coleta 43
Figura 25 Efluente do quarto ponto de coleta com material particulado em suspensão (A) e precipitado (B) depois de repouso por 48 horas 44
Figura 26 Comportamento do efluente no quarto ponto de coleta (variação da turbidez em relação ao tempo) 44
Figura 27 Avaliação do comportamento do efluente frente ao repouso analisando a clarificação do efluente no quinto ponto de coleta 45
Figura 28 Efluente do quinto ponto de coleta com material particulado em suspensão (A) e precipitado (B) depois de repouso por 48 horas 45
Figura 29 Comportamento do efluente no quinto ponto de coleta (variação da turbidez em relação ao tempo) 46
Figura 30 Comportamento do efluente nos cinco pontos de coleta (variação da turbidez em relação ao tempo) 46
Figura 31 Avaliação da densidade dos componentes do peixe em relação a água 47
Figura 32 Estimativa diária de volume de efluente do frigorífico de peixes 49
Figura 33 Projeto de dimensionamento do tanque pulmão 51
Figura 34 Planilha eletrônica utilizada para dimensionamento da tecnologia alternativa 51
Figura 35 Imagem do equipamento (protótipo) 52
Figura 36 Preparação do efluente (mistura de óleo e água) 53
Figura 37 Efluente retirado do equipamento: Primeira proveta - efluente tratado, segunda proveta – óleo 54
Figura 38 Esquema da nova metodologia para o tratamento de efluentes de frigoríficos de peixes 54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Principais Produtores Mundiais de Tilápia em 2006 1
Tabela 2 Produção total da aqüicultura mundial em diversos países 7
Tabela 3 Quantidade de poluente que podem ser descartados no corpo receptor 11
Tabela 4 Tabela de diluição de DQO 21
Tabela 5 Valores de DQO referente aos dias de incubação 22
Tabela 6 Resultado das análises dos efluentes do frigorífico de peixe no primeiro ponto de coleta 35
Tabela 7 Resultado das análises dos efluentes do frigorífico de peixe em cada ponto de coleta 37
Tabela 8 Vazão e velocidade do efluente que chega a estação de tratamento em um dia normal de produção 49

LISTA DE ABREVIATURAS

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente.

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio.

DQO – Demanda Química de Oxigênio.

EMATER – Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural.

FAO – *Food and Agriculture Organization of the United Nations.*

IAP – Instituto Ambiental do Paraná.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

INPI - Instituto Nacional de Propriedade Industrial.

NKT – Nitrogênio Kjeldahl Total.

NTU – Unidades Nefelométricas de Turbidez.

OD – Oxigênio dissolvido.

pH – potencial hidrogeniônico.

RS – Resíduo Sólido.

RL – Resíduo Líquido.

RG – Resíduo Gasoso.

SS – Sólidos Sedimentáveis.

ST – Sólidos Totais.

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro.

UNIOESTE – Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

TECNOLOGIA ALTERNATIVA PARA TRATAMENTO DE EFLUENTE PROVENIENTE DE FRIGORÍFICO DE PEIXES

AUTOR: ANA PAULA SONE

ORIENTADOR: PROF. DR. CAMILO FREDDY MENDOZA MOREJON

Dissertação de Mestrado; Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química; Universidade Estadual do Oeste do Paraná; Rua da Faculdade, 645; CEP: 85903-000 - Toledo - PR, Brasil, defendida em 06 de fevereiro de 2013.

RESUMO

A crescente demanda de carne branca motivou a expansão da atividade de frigoríficos de peixes, porém esse crescimento trouxe consigo a geração de grandes quantidades de resíduos, os quais, quando não tratados se transformam em sérios problemas ambientais. Nesse contexto o trabalho objetivou o desenvolvimento de uma tecnologia alternativa para tratamento de efluentes de frigoríficos de peixes. A metodologia contemplou a realização de 5 etapas: 1) caracterização da fonte geradora de resíduos; 2) caracterização qualitativa e quantitativa dos resíduos de frigoríficos de peixes; 3) estudo para avaliação do desempenho dos métodos, processos e tecnologias convencionais; 4) desenvolvimento/construção de uma tecnologia alternativa para tratamento de efluentes de frigoríficos de peixes; e 5) testes experimentais da tecnologia alternativa e análise do desempenho da mesma. Os resultados compreendem: o detalhamento do processo produtivo (fluxograma), uma correlação (relação quantitativa entre matéria prima, produto e resíduos) que possibilita a estimativa total (0,635 tonelada de resíduo sólido por tonelada de peixe processado e 12,5 m^3 de efluente por tonelada de peixe processado) e parcial (33% carcaça, 20% cabeça, 11% couro com escamas, 7% brânquias, 6% vísceras, 5% rebarbas do filé, 4% fígado, 4% barbatana dorsal espinhosa, 3% opérculo, 3% barbatana caudal, 1% barbatanas pélvicas, 1% barbatanas peitorais, 1% olho e 1% barbatana anal) de geração, em massa, de resíduos de frigoríficos de peixes, a análise do efluente (do frigorífico em estudo) e, o desenvolvimento/construção da tecnologia alternativa.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos sólidos, Efluentes industriais, frigoríficos de peixes.

ALTERNATIVE TECNOLOGY FOR WASTEWATER TREATMENT FROM FISH SLAUGHTERHOUSE

AUTHOR: ANA PAULA SONE

SUPERVISOR: PROF. DR. CAMILO FREDDY MENDOZA MOREJON

Master Thesis; Chemical Engineering Graduate Program; Western Paraná State University; Rua da Faculdade, 645; CEP: 85903-000 - Toledo - PR, Brazil, presented on February, 06th 2013.

ABSTRACT

The growing demand for white meat prompted the expansion of fish slaughterhouses activities, but this growth has brought with it the generation of large amounts of waste, which, if left untreated become serious environmental problems. In this context, the present study aimed to develop an alternative technology for wastewater treatment from fish slaughterhouses. The methodology included the realization of 5 steps: 1) to characterize the source of waste; 2) the qualitative and quantitative characterization of the slaughterhouse waste; 3) study to assess the performance of methods, processes and conventional technologies; 4) the development / construction of an alternative technology for slaughterhouses wastewater treatment; 5) experimental tests of alternative technology and reviewing the performance of the technology developed. The results include a breakdown of the production process (flowchart), a correlation (quantitative relationship between raw material, product and waste) that allows the total estimate (0.635 tonne of solid waste per tonne of processed fish and 12.5 m3 of effluent per tonne of processed fish) and partial (33% carcass, 20% head, 11% leather with scales, 6% gills, 5% gut, 5% burrs fillet, 4% liver, 4% spiny dorsal fin, 3% operculum, 3% caudal fin, 1% pelvic fins, 1% pectoral fins, 1% eye and 1% anal fin) generation by mass of fish waste from slaughterhouses, analysis of effluent (the refrigerator under study) and, development / construction of alternative technology.

KEYWORDS: Solid waste, industrial effluents, fish slaughterhouse.

CAPITULO I - INTRODUÇÃO

I.1 GENERALIDADES

Nos últimos anos o consumo mundial de peixe tem aumentado consideravelmente e o motivo principal desse aumento se deve a preocupação com a alimentação saudável, neste caso, por meio do incentivo para o consumo de carne branca. Entre os alimentos que possuem essas características a tilápia se apresenta como carne de ótima qualidade e com boa aceitação no mercado consumidor. Além disso, este tipo de peixe apresenta a vantagem de não possuir espinhos em formato de "Y" no seu filé, o que facilita a sua retirada nos processo de preparação/industrialização. Esta característica tem favorecido o processo de industrialização (BOSCOLO, 2007).

O cultivo de tilápia em cativeiro provém da Idade Antiga. Os registros históricos, de dois mil anos a.C., mostram evidências sobre o cultivo destes peixes em tanques para posterior consumo pelos egípcios. O crescimento da atividade de cultivo de tilápia se intensificou somente no século XX, sendo a China, que possui tradição milenar em aquicultura, o maior produtor mundial de tilápia cultivada, conforme apresentado na Tabela 1 (JUNIOR *et.al.*, 2008).

Tabela 1 Principais Produtores Mundiais de Tilápia em 2006

País	Produção (t)
China	897,276
Egito	199,078
Filipinas	145,869
Indonésia	139,651
Tailândia	97,653
Taiwan	89,275
Brasil	69,078

Fonte: FAO (2007)

Dentre todas as espécies, a tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) é atualmente a terceira espécie de maior importância econômica na aqüicultura mundial (WATANABE *et al.*, 2002). O Brasil é responsável por 3,3% do total da produção mundial (FAO, 2007) ocupando o sétimo lugar na produção de tilápia, sendo que a aquicultura continental (considerando a tilápia e a carpa as espécies mais representativas), é responsável por 19,6% da produção de pescado no Brasil. A região sul contribui com a maior parcela da

produção nacional (30,6%) e o Estado do Paraná é o maior produtor de tilápia dessa região (IBAMA, 2007).

A tilapicultura é reconhecida como uma importante atividade agroindustrial, capaz de gerar grande retorno financeiro para os produtores (PINHEIRO *et al.*, 2006). A oferta de peixe e a demanda por filé de peixe tem contribuído para a expansão da atividade industrial.

Segundo Boscolo (2007), o Estado do Paraná é o pioneiro na industrialização da tilápia. A primeira unidade de frigoríficos localizados na região oeste do Paraná surgiu em 1992 e a sua certificação sanitária ocorreu em 1994. Após a implantação de outras indústrias de filetagem de peixes no Estado do Paraná, o consumo da tilápia como matéria prima (dos frigoríficos) aumentou. Até 2003, 36 % da produção desse estado, era absorvido pelo setor industrial conforme ilustra a Figura 1.

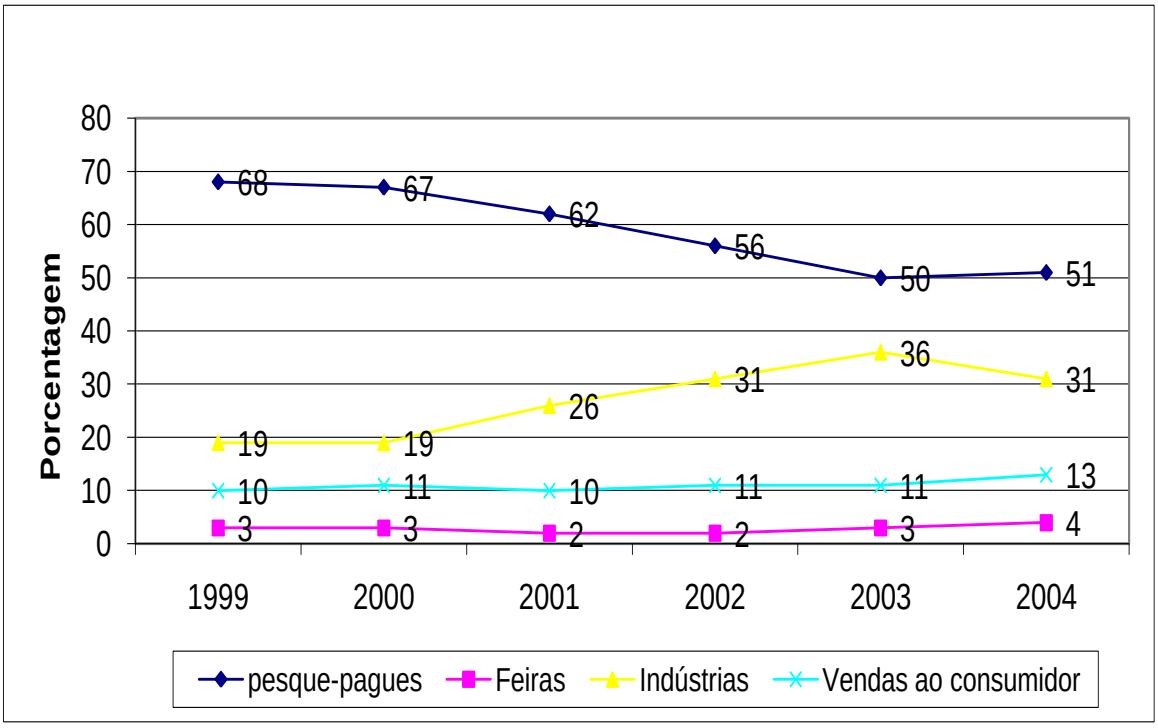

Figura 1 Destino do pescado no Estado do Paraná
Fonte: BOSCOLO (2007)

Na atualidade o principal aproveitamento da tilápia consiste na produção de filé, o qual representa 30 a 40% do peso do peixe, sendo o restante (60 a 70%) considerado resíduos (SILVA, 2010). Os efluentes das indústrias de abate de tilápia são compostos pela combinação da água com sangue, gorduras, pedaços de carne, vísceras, escamas e outras

misturas decorrentes do processo de filetagem. Em geral esses efluentes apresentam sólidos em suspensão em alta concentração, altos níveis de gorduras, elevada concentração de nitrogênio e elevados teores de demanda química e bioquímica de oxigênio (DQO e DBO). O descarte desses efluentes, sem tratamento, compromete os corpos receptores (água, solo e ar). Desta forma faz-se necessário o correto tratamento dos mesmos.

Nos dias de hoje, vários são os métodos utilizados para o tratamento desses efluentes, os quais podem ser classificados em tratamentos preliminar, primários, secundários e terciários. Entretanto, esses métodos convencionais, devido as suas limitações técnicas e operacionais, ainda não conseguiram satisfazer aos padrões de lançamento exigidos pelos órgãos ambientais. Assim, faz-se necessária a otimização/ desenvolvimento de técnicas de tratamento de efluentes mais eficientes para minimizar os impactos ambientais (BRAILE & CAVALCANTI, 1993).

I.2 OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho foi o desenvolvimento de uma tecnologia alternativa para tratamento de efluentes de frigoríficos de peixes.

Especificamente objetivou-se:

A caracterização da fonte geradora de resíduos;

A caracterização qualitativa e quantitativa dos resíduos de frigoríficos de peixes;

O estudo para avaliação do desempenho dos métodos, processos e tecnologias convencionais;

O desenvolvimento/construção de uma tecnologia alternativa para tratamento de efluentes de frigoríficos de peixes; e

Testes experimentais da tecnologia alternativa e análise do desempenho da tecnologia desenvolvida.

I.3 JUSTIFICATIVA

Os aspectos que justificam a realização deste trabalho foram:

O grande volume e a complexa composição dos efluentes gerados nos processos de filetagem de peixes;

A necessidade de melhorias dos métodos, processos e tecnologias convencionais de tratamento de efluentes de frigoríficos de peixes (quando disponíveis); e

A necessidade da oferta de novos processos e novas tecnologias de tratamento com características de melhor desempenho, de fácil manutenção e baixo custo.

I.4 DEFINIÇÃO DO ELEMENTO DE ANÁLISE-ESCOPO

De modo geral, o processo de industrialização da tilápia, representado no esquema da Figura 2, tem como elementos de entrada a matéria-prima (tilápia), insumos (água), complementos (produtos de limpeza) e implementos (embalagens) e como elementos de saída o produto principal (filé de tilápia) e os resíduos sólidos, resíduos líquidos (efluentes) e resíduos gasosos. Embora seja significativo, o volume de resíduos sólidos do processo de industrialização da tilápia, neste trabalho, foi dado maior atenção ao resíduo líquido proveniente das diversas etapas do processo produtivo, entre elas a etapa de recepção da matéria prima/insumos, a etapa de preparação da matéria prima/insumos, a etapa do processo principal de transformação, a etapa de finalização e a etapa de armazenamento/expedição. Assim, a meta do trabalho foi o desenvolvimento de uma tecnologia alternativa para o tratamento desses efluentes.

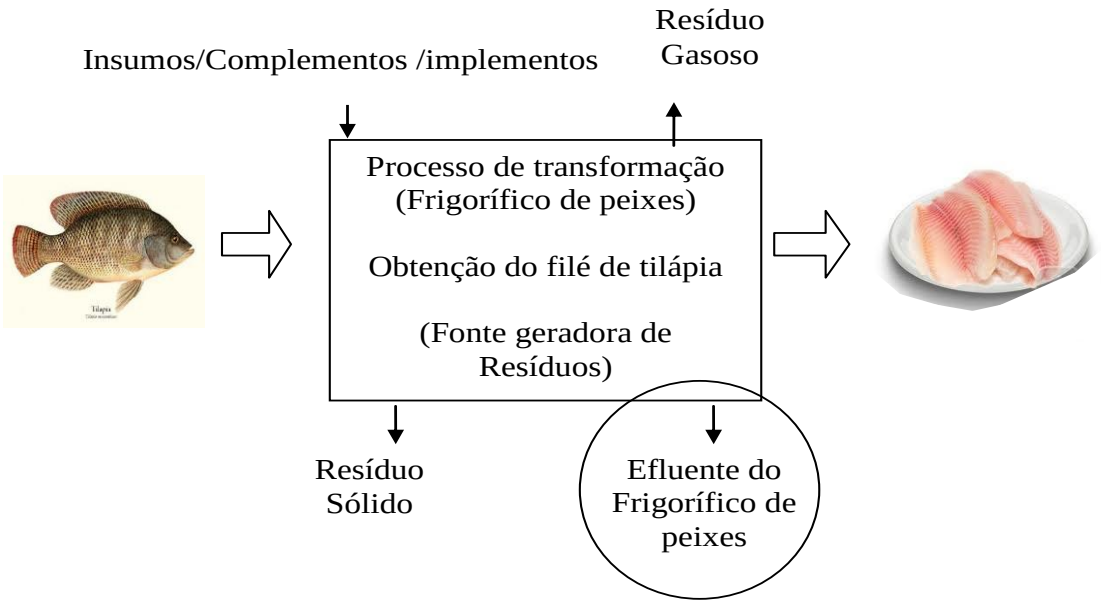

Figura 2 Esquema do elemento de análise

O presente trabalho foi estruturado em cinco capítulos: no capítulo II encontra-se a revisão bibliográfica; no capítulo III os materiais e métodos; no capítulo IV os resultados e discussões; e no capítulo V a conclusão.

CAPITULO II - REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura contemplou os seguintes assuntos: situação de produção do peixe no Mundo, no Brasil e no estado do Paraná; os processos de industrialização do peixe; a geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos; as características dos efluentes e poluentes; os métodos, processos e tecnologias convencionais para tratamento de efluentes de frigoríficos de peixes; e a pesquisa em bancos de patentes das tecnologias existentes. Todas essas informações serviram para subsidiar o desenvolvimento do trabalho.

II.1 SITUAÇÃO DA PRODUÇÃO DE PEIXE NO MUNDO

O último reporte da *Food and Agriculture Organization of United Nations* - FAO (2006) mostra que a produção mundial da aqüicultura cresceu 81,07% entre os anos de 1996 e 2005. Em 2005, a produção mundial foi em torno de 48 milhões de toneladas e, a China foi responsável pela produção de 67,32% e o Brasil, que ocupa a décima sétima posição na produção mundial, contribuiu com 257,000 toneladas (0,53%). O crescimento da produção brasileira de peixe, nos últimos quatro anos, foi de 6,26%, valor inferior à média mundial que foi de 19,21% (Tabela 2).

A produção total de peixes no mundo, considerando a captura e aquicultura e excluindo-se plantas aquáticas, apresentou novo crescimento no período de 2006 a 2008, passando de 137 milhões de toneladas em 2006, para 140 milhões de toneladas em 2007. Desse total, 60% representam o cultivo em água doce e 40% o cultivo em água salgada (FAO, 2006).

Com relação ao crescimento do consumo mundial per capita de pescado e de seus produtos derivados, na década de 1970, foi de 11,5 kg por habitantes por ano, na década de 1980 foi de 12,5 kg por habitantes por ano e na década de 1990 passou para 14,4 kg por habitantes por ano. Nas últimas décadas, esse consumo continuou em ascensão, atingindo uma média anual per capita de 16,4 kg por habitantes por ano em 2005. Dados preliminares para 2007 e 2008 mostram um novo aumento, passando para 17,1 kg por habitantes por ano (NOMURA, 2010).

Tabela 2 Produção total da aqüicultura mundial em diversos países

Local	1996 (t)	2002 (t)	2005 (t)	Produção mundial em relação a 2005 (%)	Crescimento nos anos de 1996 à 2005 (%)	Crescimento nos anos de 2001 à 2005 (%)
Mundo	26.592.071	40.388.872	48.149.792	-	81,07	19,21
China	17.714.570	27.767.251	32.414.084	67,32	82,98	16,73
Índia	1.758.739	2.187.189	2.837.751	5,89	61,35	29,74
Vietnã	299.288	703.041	1.437.300	2,98	380,24	104,44
Chile	217.903	545.655	698.214	1,45	220,42	27,96
Brasil	77.690	242.590	257.783	0,53	231,81	6,26
México	31.339	73.675	117.514	0,24	274,98	59,50

Fonte: FAO (2006)

Entre as variedades de peixes, atualmente as tilápias representam a maior produção mundial. Conforme dados da última atualização da FAO (2003), no ano de 2000 a produção mundial foi de 1.265.780 toneladas. Além disso, segundo Tachibana (2002) o interesse pela carne de tilápia se deve ao melhor aproveitamento do filé que pode ser de até 33%.

Outros fatores que influenciaram na escolha da tilápia como variedade a ser cultivada foram: a adaptabilidade e tolerância a diferentes ambientes; a facilidade de reprodução em cativeiro; a elevada taxa de crescimento; as características da carcaça e da carne compatível com as exigências do processamento e do consumidor final.

Segundo Souza (2002), a aquicultura ainda apresenta deficiências em relação à falta de padronização do produto final, o que acarreta dificuldades quanto às características de sabor, presença ou não de espinhas, forma de preparo e valor nutricional. Entretanto, se o produto tiver boa apresentação e embalagem adequada, torna-se mais fácil o trabalho de *marketing* e, consequentemente, a colocação do filé de tilápia no mercado.

II.2 SITUAÇÃO DA PRODUÇÃO DE PEIXES NO BRASIL

Segundo Zimmermann (2002), a tilápia foi introduzida na América Latina no final da década de 1940 e sua produção (tilápia-do-Nilo - *Oreochromis niloticus*), somente começou a ser comercializada na década de 1970. O ótimo aproveitamento do filé de tilápia congelado, em relação às outras espécies, propiciou uma mudança no cenário da

tilapicultura no Brasil. A partir de 1990, a produção anual de pescado cultivado girava em torno de 25 mil toneladas. Desde então, o setor tem se desenvolvido consideravelmente, de tal forma que em 2000 foram produzidas cerca de 150.000 toneladas de tilápia (IBGE, 2001), em 2002 à produção aumentou para 251.000 toneladas (IBAMA, 2004) e em 2007 à produção de tilápia foi de aproximadamente 1.000.000 de toneladas, com um crescimento, em torno, de 2% em relação a 2006.

Entre 1970 e 1980 a pesca instalou-se na região Sul promovida pela disponibilidade de alevinos, terra adequada, recursos hídricos abundantes e a despreocupação ambiental (OSTRENSKY *et al.*, 2008).

Conforme se observa na Figura 3, a região Sul é a maior produtora de peixes continental do país, produzindo quase metade da produção nacional.

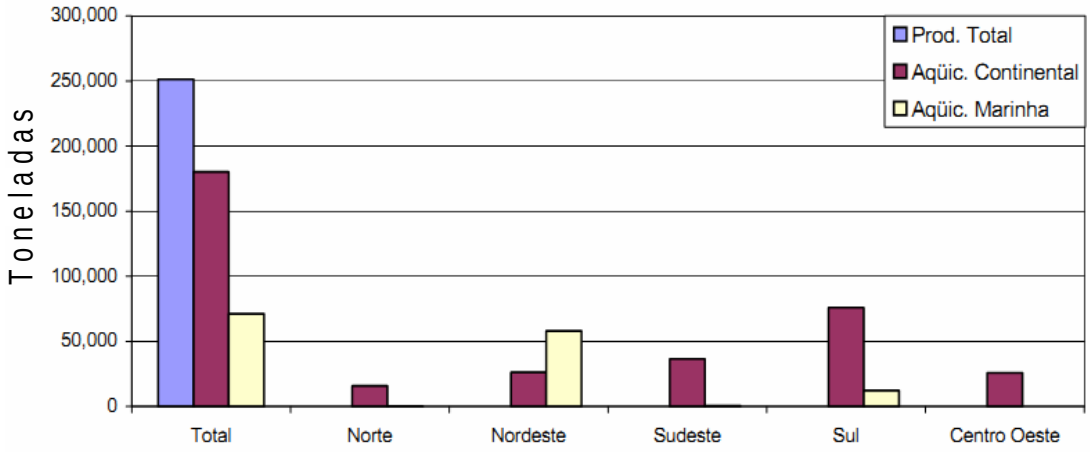

Figura 3 Produção nacional de pescado, em 2002
Fonte: BOSCOLO (2007).

II.3 SITUAÇÃO DA PRODUÇÃO DE PEIXES NO ESTADO DO PARANÁ

No Paraná a produção de peixes quase triplicou de 1995 à 1998 passando de 6,6 para 16,4 mil toneladas por ano (BOSCOLO, 2007). Segundo a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER, 2003), cerca de 22 mil produtores dedicam-se à atividade de cultivo de peixes, cuja produção em 2003 foi de 18 mil toneladas. ano^{-1}. Esses números colocam a piscicultura paranaense entre os três maiores produtores nacionais, experimentando um crescimento anual médio de 37% nas safras de 1996 à 2000 (MARTINS *et al.*, 2001).

Segundo informações do EMATER (1998), 5,32% dos produtores rurais do Estado do Paraná, dedicam-se à piscicultura e, a variedade que prevalece é a tilápia. Outro dado apresentado foi que 96,6% das propriedades paranaenses dedicam-se à engorda e/ou alevinagem da tilápia para posterior envio aos pesque-pagues e frigoríficos.

A piscicultura paranaense é uma das atividades em ascensão dentro do setor agropecuário do estado do Paraná por constituir-se uma importante alternativa para a pequena propriedade (ANDRADE *et al.*, 2005).

II.4 OS PROCESSOS DE INDUSTRIALIZAÇÃO DO PEIXE

Ao longo de seu vasto litoral, juntamente com os inúmeros rios que cortam seu território, o Brasil concentra uma das maiores reservas de peixes do mundo. Paradoxalmente, o Brasil se encontra entre os países de menor consumo de pescados (TONONI, 2000).

Segundo dados da FAO (2006), a ingestão de peixe deveria ser de pelo menos 14 kg por pessoa por ano. No entanto, notou-se que no ano de 2003 o consumo de peixe no Brasil foi de 7 kg por pessoa por ano, uma vez que o brasileiro prefere outras fontes de proteína animal: o consumo de carne bovina (37 kg por pessoa por ano) e de carne de frango (31 kg por pessoa por ano) (SOARES, 2005).

Devido ao grande aumento na procura pela carne de peixe, cresceu também o número de indústrias para processamento de peixe, merecendo destaque o processamento da tilápia, que é uma das espécies mais procuradas para criação, devido à fácil reprodução, fácil alimentação e também devido ao menor número de espinhos na carne. O processamento industrial de tilápia no Brasil iniciou-se na década de 1990 com a instalação do primeiro frigorífico na região oeste do Paraná, onde se produzia apenas filés de tilápia congelados (KUBITZA, 2000).

A industrialização do pescado faz-se, principalmente por meio do aproveitamento do peixe, seja por meio de cortes especiais de sua carne, ou apresentando-o como filés, postas, enlatamento de suas partes e, preparos especiais. Em alguns casos ocorrem também o processamento dos resíduos de carnes, dando origem aos produtos similares a àqueles feitos com a carne bovina, mas muito mais saudáveis (embutidos, hambúrgueres, pastas, etc.) (TONONI, 2000).

II.5 GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS, LÍQUIDOS E GASOSOS

Com o aparecimento de indústrias de beneficiamento, que visam, principalmente, a produção de filés, o processo de industrialização de peixes tem crescido significativamente. Segundo Kirschnik (2007), de forma análoga aos frigoríficos em geral, a indústria de pescado é uma das atividades com maior potencial de geração de resíduos sólidos, líquidos e combinados. O autor destaca que o rendimento do filé de tilápia é baixo, cerca de 30 a 33% do peso total da matéria-prima, sendo o percentual restante considerado resíduo sólido, o que comprova a elevada geração de material sólido. Além disso, o volume de efluente, proveniente de processos de produção e higienização, está em torno de 5,4 m^3 por tonelada de peixe processado (GUERRERO *et al.*, 1998).

Segundo Scarassati (2003), os resíduos líquidos e sólidos gerados no abatedouro podem ser divididos em resíduo do abate/processamento e resíduos gerados fora do processamento. Os resíduos do abate/processamento compreendem: os conteúdos estomacais, o conteúdo intestinal, os resíduos da esteiras de abate e todos os resíduos gerados no processamento do filé. Os resíduos das outras atividades (fora do processamento) compreendem: os esgotos sanitários, o lixo comum e os lodos dos sistema de tratamento de água industrial entre outros.

Dos resíduos sólidos, a maior parte pode ser facilmente removida por meio do uso de sistemas de gradeamento e peneiramento das águas residuárias. Desta forma, o potencial poluidor, se restringe aos efluentes. Em muitos frigoríficos, esses efluentes são lançados diretamente nos cursos d'água adjacentes sem tratamento adequado, contribuindo para a poluição do meio ambiente e produzindo impactos na biota e na qualidade das águas (SILVA & BATISTA, 2003).

Os efluentes ao serem despejados nos corpos receptores, causam a alteração da qualidade do meio e conseqüentemente a sua degradação devido à presença de compostos contaminantes que interferem nas características do sistema (conforme tabela 3). Historicamente o desenvolvimento urbano e industrial ocorreu ao longo dos rios, devido à disponibilidade de água para abastecimento e a possibilidade de utilizar o rio como corpo receptor dos dejetos. O aspecto preocupante desse cenário é conseqüência direta do crescimento das cidades, próximas aos rios, do crescimento das atividades industriais, e do número de vezes que um mesmo rio recebe os dejetos urbanos e industriais, ao ponto de comprometer a qualidade do recurso hídrico das cidades ribeirinhas ao longo do rio (GIORDANO, 2005).

Esse fato tem propiciado a necessidade de monitoramentos e correspondentes avaliações das características dos efluentes e da qualidade dos corpos receptores.

II.6 CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE/ POLUENTES

A caracterização dos efluentes provenientes de frigoríficos de peixes mostra a predominância de elevadas vazões e concentrações de matéria orgânica biodegradável. Segundo Rollón (1999) os efluentes de frigoríficos apresentam uma acentuada variabilidade de compostos na composição, assim o pH pode variar entre 5,6 a 7,2; a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) pode variar entre 710 a 14500 $mg.L^{-1}$; a demanda química de oxigênio total (DQO) pode variar entre 1500 a 53600 $mg.L^{-1}$; a presença de sólidos totais (ST) varia entre 550 a 12400 $mg.L^{-1}$ e a presença de nitrogênio kjeldahl total (NKT) varia entre 82 a 703 $mg.L^{-1}$. Todos esses valores se encontram acima dos exigidos pela legislação ambiental, exceto o pH.

As características dos efluentes industriais podem variar em função da etapa do processo industrial, composição das matérias primas e composição das águas de abastecimento. Conforme apresentado na Tabela 3, o Instituto Ambiental do Paraná (IAP) apresenta os limites para os parâmetros ambientais (DQO, DBO, pH, SS, óleos graxos) antes do descarte do efluente ao corpo receptor.

Tabela 3 Quantidade de poluente que podem ser descartados no corpo receptor

Parâmetro	Valor	Unidade
DBO	< 50	$mg.L^{-1}$
DQO	< 125	$mg.L^{-1}$
pH	< 9	Adimensional
Sólidos Sedimentáveis	< 1	$mL.L^{-1}$
Óleos graxos	< 50	$mg.L^{-1}$
Óleos minerais	< 20	$mg.L^{-1}$

Fonte: IAP, 2010

Segundo Giordano (2005), a turbidez representa o lançamento de efluentes dotados de coloração. Os sólidos sedimentáveis são compostos por substâncias dissolvidas e em suspensão, de composição orgânica e/ou inorgânica. A matéria orgânica está contida na fração de sólidos voláteis, mas normalmente é medida de forma indireta pela demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO). A DBO mede a

quantidade de oxigênio necessária para que os microorganismos biodegradem a matéria orgânica. A DQO é a medida da quantidade de oxigênio necessária para oxidar quimicamente a matéria orgânica. Ao ser biodegradada, nos corpos receptores, a matéria provoca um decréscimo na concentração de oxigênio dissolvido (OD) no meio hídrico, deteriorando sua qualidade ou inviabilizando a vida aquática. Os óleos e graxas estão comumente presentes nos efluentes tendo as mais diversas origens. Geralmente são gorduras de origem vegetal, animal e óleos minerais. O potencial hidrogeniônico (pH), indica o caráter ácido ou básico dos efluentes. Nos tratamentos dos mesmos, o pH é um parâmetro fundamental para o controle do processo.

II.7 MÉTODOS, PROCESSOS E TECNOLOGIAS CONVENCIONAIS PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES DE FRIGORÍFICOS DE PEIXES

A escolha dos processos de tratamento, as suas formas construtivas e os materiais a serem empregados seguem vários critérios, tais como: a legislação ambiental regional; o clima; a cultura local; os custos de investimento; os custos operacionais; a qualidade do efluente tratado; a segurança operacional; a geração de odor; a interação com a vizinhança; a confiabilidade para atendimento à legislação ambiental e a possibilidade de reúso dos efluentes tratados (GIORDANO, 1999).

De acordo com Ferreira (2000), os poluentes podem ser removidos dos efluentes por meio de tratamentos químicos, físicos e/ou biológicos. Os processos biológicos apresentam-se eficazes e de fácil projeto e operação, quando comparados aos métodos físico-químicos. Assim sendo, os processos biológicos estão encontrando crescentes aplicações e vêm substituindo aos processos físico-químicos.

Atualmente, existe uma variedade de tecnologias que se aplicam ao tratamento desses efluentes. Os tratamentos físico-químicos, com adição de coagulantes químicos (como sulfato de alumínio e cloreto férrico), permitem uma remoção parcial da matéria orgânica devido à precipitação de proteínas e gorduras. No entanto, o custo com produtos químicos é elevado, e a gordura dissolvida ou emulsionada não é removida de forma eficiente e os lodos são extremamente problemáticos para o tratamento e descarte (LUCAS *et. al.*, 2000). Os processos biológicos são empregados na maioria dos casos, destacando-se os processos biológicos anaeróbios, que vêm sendo largamente utilizados no tratamento de efluentes de frigoríficos de peixes, principalmente em função de sua elevada carga orgânica biodegradável (ROLLÓN, 1999).

A utilização de enzimas, no tratamento de efluentes, como alternativa ou complemento aos tratamentos convencionais, também vem sendo realizada com muito sucesso, em escala laboratorial, pelo Núcleo de Biotecnologia da UFRJ (CAMMAROTA, 2001). O emprego destes preparados enzimáticos no tratamento de efluentes da indústria de pescado, também pode contribuir para a redução do teor de gordura e proteínas, os quais podem ser digeridos e transformados em biogás, para ser aproveitado como fonte de energia na própria indústria.

Como exemplo do tratamento de esgotos domésticos, na aquicultura e no pós-tratamento de efluentes agroindustriais as macrófitas aquáticas se constituem em uma alternativa para o tratamento desses efluentes. Em piscicultura, as macrófitas aquáticas podem ser aproveitadas como fertilizantes, contribuindo com o aumento dos organismos relacionados à cadeia alimentar dos peixes (ESTEVES, 1998).

Segundo Damasceno (2009), no monitoramento, caracterização e avaliação de algumas unidades de tratamento, vários agravantes e interferentes são detectados, principalmente, nos níveis preliminares e primários, onde são utilizadas grades e peneiras. No tratamento secundário, composto por lagoas de estabilização, foram caracterizadas as unidades de tratamento e as eficiências médias de remoção de DBO, é alta a ordem de remoção desse parâmetro (98%), o que resulta em um efluente com DBO de 109 mg/L, valor acima do permitido pela legislação estadual que é de 60 mg/L para este tipo de efluente.

O tratamento convencional de efluentes de frigoríficos de peixes é constituído de processos de gradeamento e peneiramento do material particulado, seguido de processos de flotação e decantação que são processos físico-químicos e de processos biológicos para a remoção dos poluentes orgânicos (PUJOL, 2007).

II.7.1 Níveis de tratamentos

Giordano (1999) descreve os níveis de tratamento (preliminar, primário, secundário e terciário) e suas aplicações, conforme a descrição a seguir:

Tratamento Preliminar - compreende a remoção de sólidos sedimentáveis grosseiros por meio de caixas de areia, peneiras ou grades;

Tratamento Primário - compreende à remoção de sólidos por sedimentação e/ou por flotação, utilizando-se decantadores e/ou flotadores. Esses processos podem contemplar o

uso de coagulantes e floculantes (naturais e/ou artificiais) visando à clarificação físico-química para a remoção de matéria orgânica coloidal, óleos e/ou gorduras emulsionadas;

Tratamento Secundário - compreende à remoção de matéria orgânica biodegradável (dissolvida ou coloidal). Nesta etapa, podem também ser removidos os nutrientes como o nitrogênio e o fósforo; e

Tratamento Terciário - destina-se à melhoria da qualidade dos efluentes tratados por meio da remoção da cor residual; diminuição da turbidez (remoção de colóides, metais pesados, nitrogênio, fósforo e compostos orgânicos refratários); e desinfecção do efluente tratado.

II.7.2 Processos de tratamento

Segundo Giordano (2005), os processos para tratamento convencional de efluentes de frigoríficos de peixes utilizado no tratamento primário compreendem operações unitárias (processos físicos) de greadeamento, flotação e sedimentação, conforme a descrição a seguir:

O gradeamento, tem como objetivo a remoção de sólidos grosseiros, os quais podem causar entupimentos nas unidades do sistema de tratamento, sendo para tal utilizadas grades de limpeza manual ou mecânica.

A flotação que é uma técnica de separação de materiais em suspensão, por meio da diferença de densidades e/ou pelo arraste das partículas na ascensão das bolhas de ar até a superfície, formando uma espuma, para sua remoção manual ou mecânica. A flotação é um processo físico muito utilizado na clarificação de efluentes, sendo apropriada quando a carga possuir partículas de menor densidade do que a água (óleos, graxas e/ou detergentes). A sua principal vantagem é a necessidade de menor área e entre as desvantagens, constam: o elevado custo operacional (devido à mecanização).

A sedimentação é um processo de separação sólido-líquido baseado na diferença de densidade dos constituintes, que pela ação da gravidade, provoca a precipitação daqueles mais densos. O processo de sedimentação tem como finalidade a clarificação dos efluentes e seu desempenho é diretamente proporcional a concentração e diferença de densidade.

II.7.3 Processos de tratamento comumente utilizados na depuração dos despejos de matadouros e frigoríficos

Os efluentes de frigoríficos e matadouros possuem características comuns e por conta disso, dependendo das características da carga poluidora, o tratamento desses efluentes contemplam quatro etapas: preliminar, primário (processos físicos), secundário e terciário.

Os tratamentos secundários e terciários compreendem processos anaeróbicos, sistemas de lagoas aeróbicas, lodos ativados, filtros biológicos e/ou uso de biodiscos para filtração, os quais são detalhados a seguir:

Processos anaeróbicos têm como função a depuração dos despejos provenientes de matadouros e frigoríficos, dada a natureza biológica dos mesmos. Elevadas cargas de DBO e de sólidos em suspensão (características próprias destes despejos) são requisitos básicos para o sucesso do tratamento anaeróbio. As bactérias anaeróbias, que atuam na ausência de oxigênio livre, degradam os despejos orgânicos em gases, principalmente metano e gás carbônico, bem como contribuem com a produção de ácidos intermediários. A estabilização dos efluentes em condições anaeróbias na maioria dos casos é lenta e a eficiência de remoção de DBO, nas lagoas anaeróbias, é na ordem de 50% a 60%. As unidades mais utilizadas para este propósito são as lagoas facultativas (VON SPERLING & MARCOS 1997).

Os sistemas de lagoas aeróbicas são projetadas com tempos de detenção variando de 2 a 10 dias e, com uma profundidade, da lâmina d'água, de 2,4 a 4,5m. Em muitos casos, a turbulência não é suficiente para manter os sólidos do fundo em suspensão, podendo propiciar um ambiente de degradação anaeróbia. Quando a turbulência do meio é completa, o sistema se aproxima de uma aeração prolongada sem retorno de lodo. Os equipamentos de aeração são encontrados no mercado sob a forma de aeradores superficiais fixos ou flutuantes ou escoras rotativas horizontais (BRAILE & CAVALCANTI, 1995). As lagoas aeradas de mistura completa são essencialmente aeróbias. Os aeradores servem não só para garantir a oxigenação do meio, mas também para manter os sólidos em suspensão (biomassa) dispersos no meio líquido. O tempo de detenção típico em uma lagoa aerada, de mistura completa, é da ordem de 2 a 4 dias.

Os lodos ativados são considerados como métodos de tratamento mais eficientes e, por isso são muito utilizados no tratamento dos efluentes dos matadouros e frigoríficos. O sistema de lodos ativados a ser escolhido, dependerá do grau de tratamento desejado.

Existe ainda, algumas variações nessa metodologia seja pela aeração modificada ou pelo uso de lodos ativados de altíssima carga. Esses possuem as mesmas unidades do sistema convencional, mas permite o emprego de uma maior carga de DBO por unidade de volume do reator. Os processos de lodos ativados, às vezes, podem ser associados a outros métodos de tratamento, como lagoas anaeróbias e filtros biológicos.

Os filtros biológicos tem como principal finalidade, a redução da carga orgânica dos despejos em relação a seus pontos máximos e mínimos. Esses filtros são normalmente compostos de leitos de materiais grosseiros, tais como pedras, ripas e material plástico, sobre o qual o efluente é aplicado sob a forma de gotas ou jatos. A principal função dos filtros biológicos é suavizar as cargas de choque e propiciar uma redução inicial da DBO e, em muitos casos, estes dispositivos são utilizados antecedendo a uma das variantes dos lodos ativados (VON SPERLING, 1995).

O biodisco é constituído por uma série de discos dispostos, diametralmente em torno de um eixo horizontal, sobre o qual tem movimento de rotação e, estão parcialmente imersos no efluente que serve de habitat à biomassa. O tratamento por biodiscos faz-se por degradação da matéria orgânica em condições aeróbias, processando-se de forma idêntica ao do tratamento por lodos ativados. A principal diferença resulta do fato da cultura de microorganismos não permanecer em suspensão como no caso dos lodos ativados, mas se encontrar fixa aos discos. A rotação dos discos, quando mergulhada na água residual, alterna o contato da biomassa com a matéria orgânica e com a atmosfera quando emerge (ocorrendo a absorção de oxigênio). Durante este processo, as células absorvem e assimilam o oxigênio do ar em quantidade suficiente para transformar as impurezas que se encontram na água (substâncias minerais decantáveis). Essas substâncias formam novas células as quais se reagrupam em flóculos e/ou se integram no filme biológico que cobre os discos. As principais vantagens que se associam à utilização de biodiscos são: boa qualidade do efluente final; redução do volume de lodos e baixo consumo energético (SCARASSATI *et. al.* 2003).

II. 8 PESQUISAS EM BANCOS DE PATENTES

A busca no banco de patentes do INPI (Instituto Nacional de Propriedade Industrial), em torno do assunto relacionado com o tratamento de efluentes industriais, acusou 13 patentes. Após análise, somente quatro apresentaram maior relevância com o escopo do trabalho, assim:

Fernandes (2002) na patente PI0207232-7 A2, apresentou uma máquina para tratamento de efluentes industriais, baseada na técnica de flotação. Esse equipamento é destinado ao tratamento de efluentes industriais, como lavanderias, frigoríficos, laticínios e outros. O diferencial do equipamento foi a presença de um dispositivo que puxa a água e o uso de um polímero (floculante) por meio de um rotor, o qual promove a mistura dos mesmos e correspondente dissolução do oxigênio na água para promover a separação água-lodo, por flotação.

Cammarota (2000) na patente PI0007101-3 B1, apresenta a invenção de um processo de preparação e composição de um preparado enzimático para tratamento de efluentes domésticos e industriais com elevado teor de gorduras, proteínas e/ou carboidratos, na qual o preparado enzimático é obtido através da fermentação em meio sólido de um fungo do gênero *Penicillium* isolado de rejeitos agroindustriais é utilizado no pré-tratamento dos efluentes.

Cusmovas (1994) na patente PI9303536-5 A2, mostra o aperfeiçoamento de uma unidade para pré-tratamento de efluentes industriais que é destinado à redução da demanda bioquímica dos efluentes sendo composta por tubulação de captação dos efluentes, que se comunica com meios para distribuição dos efluentes a serem tratados sobre o dispositivo de tratamento.

Gryschek (1992) na patente PI9202304-5 B1 apresenta o gerador submersível de micro bolhas de ar para tratamento de efluentes industriais que consiste num conjunto eletromecânico submersível.

CAPÍTULO III - MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia contemplou a execução de cinco etapas: 1) a caracterização da fonte geradora de resíduos; 2) a caracterização qualitativa e quantitativa dos resíduos de frigoríficos de peixes; 3) o estudo para avaliação do desempenho dos métodos, processos e tecnologias convencionais; 4) o desenvolvimento/construção de uma tecnologia alternativa para tratamento de efluentes de frigoríficos de peixes; 5) testes experimentais da tecnologia alternativa e análise do desempenho da tecnologia desenvolvida.

Cada uma das etapas são detalhadas a seguir.

III. 1 CARACTERIZAÇÃO DA FONTE GERADORA DE RESÍDUOS

A caracterização da fonte geradora de resíduos foi realizada por meio do detalhamento do processo produtivo de um dos frigoríficos situado no município de Toledo – PR. Foram identificadas e avaliadas as etapas que compreendem o processo de produção do filé de peixe de tilápia, nas quais foram explicitadas as matérias primas, insumos, produtos e resíduos que são gerados. Baseado nesse processo realizou-se um diagnóstico técnico do processo produtivo cujo resultado foi apresentado em forma de um fluxograma, que detalha o fluxo dos materiais nas diversas etapas do processo.

III. 2 CARACTERIZAÇÃO QUANTITATIVA E QUALITATIVA DOS EFLUENTES DE FRIGORÍFICOS DE PEIXES

A caracterização quantitativa e qualitativa dos resíduos de frigoríficos de peixes compreendeu duas metodologias; a) balanços de massa; e b) amostragem e análise laboratorial dos resíduos.

Para a caracterização quantitativa foram coletadas amostras de peixe (duas tilápias de pesos e origens diferentes), as quais foram pesados e depois encaminhados para o laboratório analítico da Universidade Estadual do Oeste do Paraná/Toledo-PR. No laboratório da Unioeste, todos os componentes (carcaça, cabeça, couro com escamas, brânquias, vísceras, rebarbas do filé, fígado, barbatana dorsal espinhosa, opérculo, barbatana caudal, barbatanas pélvicas, barbatanas peitorais, olho e barbatana anal) foram retirados/separados minuciosamente. Na sequência, cada componente foi pesado numa balança analítica e, após identificação dos mesmos, foi armazenado num congelador. Com

as massas de cada componente do peixe e com auxílio de um esquema para representar o processo de transformação, os dados foram registrados numa planilha eletrônica.

Na sequência, utilizando a correlação e os dados de três frigoríficos de peixes localizados no município de Toledo-PR (capacidade de processamento, quantidade de água utilizada por quilograma de peixe processado) foi determinado o potencial de geração de resíduos em cada um dos frigoríficos de peixes e sua respectiva composição.

A quantificação dos componentes líquidos (gordura e sangue), não foi possível de ser quantificado em laboratório, o motivo foi que esses componentes se encontram distribuídos nos outros componentes. Esses valores foram estimados por meio de dados da literatura, os quais também foram incorporados no banco de dados.

A caracterização qualitativa contemplou a coleta de amostras num frigorífico de peixes situado em Toledo–PR, as quais foram retiradas na saída do processo e antes do tratamento. Os volumes de aproximadamente 2 litros de efluente, foram dispostos em frascos plásticos transparente, e posteriormente encaminhados para o laboratório de análises do Gerpel, na UNIOESTE/Toledo-PR. Nesse laboratório foram analisados a DQO, DBO e sólidos sedimentáveis. As outras análises (turbidez, pH, óleos e graxas) foram realizadas no mesmo dia de coleta no laboratório de analítica da Unioeste/Toledo-PR, conforme metodologias abaixo:

III. 2.1 Análises Laboratoriais

Análise de turbidez

Para a análise de turbidez (visual e instrumental) a amostra do efluente foi colocada em provetas de 1000 mL, deixando-a em repouso por 48 horas, neste período a turbidez, a altura, a forma do precipitado e do flutuante, foram avaliadas em intervalos de 3 horas. As análises visuais contemplaram a avaliação do aspecto do efluente na proveta, a variação da altura da interface/precipitado e as características do material flutuante. As análises de turbidez foram realizadas a partir de 10 mL de solução em um turbidímetro da marca policontrol. Foram feitas somente uma medida para cada ponto, pois não era um parâmetro de exigência ambiental.

Análise da demanda química de oxigênio (DQO)

Utilizando-se a metodologia proposta pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005) para as amostras de efluentes em refluxo fechado a análise de DQO foi realizada conforme a descrição a seguir:

Preparo das soluções:

1-Digestora DQO para efluente: Pesou-se 3,064g ± 0,0005 de Dicromato de Potássio ($K_2Cr_2O_7$), de qualidade padrão primário, previamente seco a 105ºC ± 2 por no mínimo 3 horas, e transferiu-se para um balão volumétrico de 500 mL e adicionando-se 50 mL de água destilada e deionizada, agitando-se até total dissolução. Lentamente e sob agitação constante, adicionou-se ácido sulfúrico (P.A.) até a marca de aferição do balão volumétrico e posteriormente homogeneizou-se cuidadosamente a solução.

2-Ácido Sulfúrico com Sulfato de Prata: Adicionou-se 10g de sulfato de prata ($AgSO_4$), em um frasco de 1000 mL de ácido sulfúrico concentrado, deixou-se em repouso por alguns minutos e depois agitou-se o frasco cuidadosamente, com movimentos circulares até a total dissolução do sulfato de prata.

3-Preparo da ampola para efluente: Misturou-se lentamente e com muito cuidado, 300 mL da solução digestora de DQO para efluente com 400 mL da solução de ácido sulfúrico com sulfato de prata e homogeneizou-se.

4 – Padrão de biftalato de potássio (1000 ppm): Pesou-se exatamente 0,8500g de biftalato de potássio previamente seco em estufa por mínimo 3 horas a 105ºC, resfriou-se em dessecador, transferiu-se para balão volumétrico de 1000 mL, dissolveu-se e completou-se o volume com água destilada e homogeneizou-se a solução.

5 – Padrão de biftalato de potássio (500 ppm): Mediu-se volumetricamente 50 mL da solução padrão de 1000 ppm e transferiu-se para balão volumétrico de 100 mL, completou-se o volume com água destilada e deionizada, homogeneizou-se a solução.

6 – Padrão de biftalato de potássio (200 ppm): Mediu-se volumetricamente 20 mL da solução padrão de 1000 ppm e transferiu-se para balão volumétrico de 100 mL, completou-se o volume com água destilada e deionizada, homogeneizou-se a solução.

Para o preparo da amostra, pipetou-se 3,5 mL da solução de preparo da ampola e transferiu-se para a ampola de vidro, adicionando-se a ampola 2 à 3 pequenos cristais sulfato de mercúrio. Colocou-se a ampola já preparada em repouso em local escuro, pipetou-se 4 mL da amostra devidamente homogeneizada e transferiu para a ampola acima

preparada, fechou-se a ampola com auxilio de plástico filme e homogeneizou-se o conteúdo lentamente sem permitir que a solução entre em contato com a tampa do tubo.

Para o preparo do branco, repetiram-se as operações dos itens 1 a 5, substituindo os 4 mL da amostra por 4 mL de água destilada.

Para o preparo do padrão, repetiram-se as operações dos itens 1 a 5, substituindo os 4 mL da amostra por 4 mL de padrão de 200 ppm de O_2.

Colocou-se a amostra, o branco e o padrão todas juntas, para refluxo num bloco previamente aquecido. A amostra, branco e padrão permaneceram no bloco de refluxo por um período mínimo de duas horas e a temperatura nominal de 150ºC. Após o período de duas horas, retiraram-se as ampolas (amostra, branco e padrão) do bloco e deixou esfriar a temperatura ambiente. Realizou-se a leitura em espectrofotômetro a 602 nm.

Para o preparo da curva de calibração das amostras de efluente fez-se as diluições com o padrão de 500 mg/L (500 ppm) de biftalato de potássio conforme diluição apresentada na Tabela 4.

Tabela 4 Tabela de diluição de DQO

Concentração do padrão em mg/L de Biftalato de Potássio	Volume, em mL, do padrão de 500 mg/L (500 ppm)	Volume total do padrão preparado, em mL
50	10	100
100	20	100
150	30	100
200	40	100
250	50	100
275	55	100

Análise da demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

Na análise da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) dos efluentes, utilizou-se a metodologia proposta pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005) conforme detalhamento abaixo:

Aerou-se a água de diluição por 25 minutos, fez-se o DQO, e colocou a amostra em uma proveta de 1000 mL e completando-a com a água de diluição.

Da proveta, transferiu-se a amostra para 2 frascos de OD cuidando para não deixar bolhas de ar nos mesmos. Fez-se a leitura de um dos frascos e colocou-se o outro na incubadora por 5 dias e então fez-se a leitura do mesmo.

Posteriormente, com base da Eq. 1, fizeram-se os cálculos para determinar a % de diluição da DQO, a partir dos valores correspondentes a DQO apresentada na Tabela 4.

$$\%diluiçãoDQO = \frac{1200}{DQO} \quad (1)$$

Para calcular a porcentagem de redução, utilizou-se a Eq. 2. Nessa equação OD (5 dia) é a quantidade de oxigênio dissolvido do quinto dia e OD (1 dia) é a quantidade de oxigênio dissolvido do primeiro dia.

$$\%redução = \frac{OD_{(5dia)} - OD_{(1dia)}}{OD_{(5dia)}}.100 \quad (2)$$

O valor obtido com base da eq. 2 deverá estar na faixa de 40 a 70% e o resultado será a média dos valores para os quais a quantidade de O_2 consumida durante a incubação represente 40 a 70% da quantidade inicial de O_2.

Para cálculo do volume de O_2 utiliza-se a Eq. 3. Nessa equação, o $V_{(Na2S2O3 - 1^{o} dia)}$ é o volume (mL) gasto de $Na_2S_2O_3$ no primeiro dia, o $V_{(Na2S2O3 - 5^{o} dia)}$ é o volume (mL) gasto de $Na_2S_2O_3$ no quinto dia e f é o fator de correção da normalidade do tiossulfato de sódio 0,025 N.

$$V_{O_2} = 200\left(V_{(Na_2S_2O_3 - 1^{o} dia)} - V_{(Na_2S_2O_3 - 5^{o} dia)}\right)f \quad (3)$$

Caso não seja possível realizar a leitura do DBO em cinco dias pode-se multiplicar os valores obtidos pelos fatores aproximados apresentados na Tabela 5:

Tabela 5 Valores de DQO referente aos dias de incubação

Quantidade de dias incubados	Valor de DQO
3	1,360
4	1,133
5	1,000
6	0,907
7	0,850

Análise de óleos graxos

Na análise de óleos graxos utilizou-se a metodologia proposta pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005), correspondente a amostras de efluentes. A metodologia contemplou as seguintes etapas: a) Secou-se um balão de 250 mL com boca esmerilhada em estufa a 105ºC; b) esfriou num dessecador; c) pesou-se o balão (B_1); d) preparou-se o funil filtrante: com o auxílio de uma bomba a vácuo e um filtro de buncher para papel filtro faixa preta, montando-se o sistema a vácuo; e) adicionou-se a solução de terra diatomácea; f) filtrou-se 500 mL de efluente; g) retirou-se cuidadosamente o papel filtro do funil; e h) colocou-se na estufa de secagem por 1 hora.

Adicionou-se 170 mL de éter de petróleo em balão de 250 mL, já seco e pesado e colocou-se no extrator sohxlet. Retirou-se a amostra da estufa e fechou-se para não ocorrer perdas. Encaixou-se o extrator e o balão e colocou-se em refluxo por 6 horas. Posteriormente evaporou-se todo o éter etílico, colocando novamente o balão em estufa a 105ºC por 1 hora. Esfriou-se o balão e pesou novamente (B_2).

Para determinar a relação da massa de óleos graxos por volume de efluente ($R_{óleo/graxas}$), utilizou-se a Eq. 4. Nessa equação B_1 é a massa do balão sem óleos e graxas, B_2 é o massa do balão com óleos e graxas e V é o volume de efluente (em litros).

$$R_{óleos/graxas} = \frac{(B_2) - (B_1) \cdot 100}{V} \quad (4)$$

Análise de sólidos sedimentáveis

Na análise de sólidos sedimentáveis utilizou-se a metodologia proposta pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005), utilizadas para amostras de efluentes. Lavou – se, secou-se um funil de sedimentação e colocou-se 1000 mL do efluente dentro do funil deixando em repouso por 4 horas, agitando esporadicamente de 30 em 30 minutos. Ao término das 4 horas, fez-se a leitura.

Medidas de pH

As medidas de pH foram realizadas a partir de aparelho digital da marca Digimed utilizando-se 70 mL do efluente dentro de um béquer de 100 mL.

Após as analises de pH coletou-se em frascos de plástico, volumes de 2 litros de amostras de efluente antes de qualquer tratamento de efluente, para verificar se há necessidade de um tratamento de efluente. Essas amostras foram, imediatamente, levadas ao laboratório, onde realizou-se as análises de DQO, DBO e sólidos sedimentáveis. As análises de turbidez, pH e óleos e graxas foram realizadas no mesmo dia de coleta, para não ocorrer nenhuma alteração do efluente.

Após a realização de todas as análises físico-químicas, os valores resultantes foram comparados com aqueles valores admissíveis para o descarte, conforme IAP (ver Tabela 3). Com isso pode-se constatar se os frigoríficos de peixes pesquisados atendem aos critérios exigidos por legislação ambiental.

III 3 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DOS MÉTODOS, PROCESSOS E TECNOLOGIAS CONVENCIONAIS EXISTENTES

Para avaliar a eficiência, as vantagens e desvantagens dos sistemas de tratamento já existentes fez-se um estudo dos métodos, processos e tecnologias convencionais de tratamento de efluentes, utilizados pelos frigoríficos de peixes. Após a constatação da existência de características comuns nesses métodos, processos e tecnologias, foi escolhido, para análise e avaliação do desempenho, um sistema de tratamento de efluentes de um frigorífico localizado no município de Toledo –PR. No sistema de tratamento de efluentes (do frigorífico em estudo) foram identificados quatro elementos constitutivos, desta forma foram definidos cinco pontos de coleta (antes e após de cada equipamento do sistema de tratamento de efluentes).

Para tanto coletou-se em frascos de plástico, volumes de 2 litros de amostras de efluente correspondente a cada ponto de coleta. Depois essas amostras foram, imediatamente, levadas ao laboratório, onde realizou-se as análises de DQO, DBO e sólidos sedimentáveis. As análises de turbidez, pH e óleos e graxas foram realizadas no mesmo dia de coleta, para não ocorrer nenhuma alteração do efluente.

Depois da medição da turbidez, a amostra que foi colocada no frasco de medição de para tal análise descartada para que não ocorresse nenhuma alteração do efluente em estudo e nem agitação do mesmo.

Foram então comparadas as eficiências, as vantagens e desvantagens das tecnologias convencionais.

III. 4 DESENVOLVIMENTO/CONSTRUÇÃO DE UMA TECNOLOGIA ALTERNATIVA PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES DE FRIGORÍFICOS DE PEIXES

Baseado em resultados da etapa anterior e nas dissertações de Zimmermann (2008) e Johann (2010), foi realizado uma análise dos fatores e variáveis que interferem nos processos de tratamento de efluentes de frigoríficos de peixes. Para cada limitação/gargalo tecnológico identificado anteriormente foram avaliadas algumas possibilidades de melhorias, as quais, depois de testados em laboratório, foram implementados num protótipo para tratamento de efluentes de frigoríficos de peixes. Em laboratório foram identificadas as características comportamentais de cada um dos componentes do peixe, principalmente relacionado à comparação das densidades desses componentes com a densidade da água. Para tanto, foi colocado cada componente da tilápia em um béquer de 1000 mL, contendo aproximadamente 900 mL água destilada e deixou-se o mesmo em repouso por 10 minutos para determinar se os componentes flutuam ou sedimentam. Nesse experimento, também foi avaliado a cinética de decantação e ou flotação.

Em seguida, cada componente analisado foi relacionado à sua fonte de geração de resíduos conforme fluxograma resultante da etapa III 1. Desta forma, foi determinada a característica do efluente relacionado com a etapa de geração.

III. 4.1 Cálculo da vazão e velocidade

Determinou-se a vazão de efluente e conhecendo-se a área da tubulação, calculou-se a velocidade do efluente liberado pelo frigorífico de peixe antes do tratamento. A determinação da vazão correspondeu a um dia normal de abate (12.000 toneladas dia^{-1}), com um intervalo de tempo de 60 minutos entre cada medição durante a jornada de trabalho do frigorífico (8h).

Os dados de vazão foram registrados numa planilha eletrônica e no final de cada jornada de trabalho, foi calculado o volume total acumulado ao longo do dia, verificando os picos máximos e mínimos de lançamento do efluente.

III. 4.2 Projeto de dimensionamento

Após determinar o acúmulo do volume diário, foi dimensionado o tanque pulmão, que será utilizado para acumular o volume de efluente antes do seu tratamento. Para adequar a velocidade de alimentação do sistema de tratamento de efluentes, foi determinada a velocidade de alimentação, depois, com base da altura do tanque pulmão e dos diâmetros de saída do tanque e de entrada do sistema de tratamento foi dimensionado o bocal de alimentação. Esses cálculos foram realizados numa planilha eletrônica, a qual permitiu a simulação em diversas condições operacionais.

III. 4.3 Construção e Montagem

Com base no projeto/dimensionamento fez-se um levantamento dos materiais e mão de obra para executar a construção do sistema. Após foi realizado construção/montagem do equipamento (protótipo do sistema de tratamento de efluentes de frigoríficos de peixes) que foi executado por uma empresa de Toledo-PR (INOMAQ).

III. 5 TESTES EXPERIMENTAIS DA TECNOLOGIA ALTERNATIVA E ANÁLISE DO DESEMPENHO DA TECNOLOGIA DESENVOLVIDA

Partindo da tecnologia alternativa, projetada e construída a partir da metodologia apresentada no item III.4, fez-se testes experimentais com amostras de efluentes preparadas em laboratório. Devido ao curto tempo para realização dos experimentos, foi utilizada uma amostra composta por água e óleo de soja, na proporção 3 litros de óleo para 20 litros de água. Embora não tenha sido utilizado o óleo de peixe, o óleo de soja também apresenta características físicas similares na densidade/peso específico. Esse efluente foi alimentado no bocal de entrada e recolhido em duas saídas, o primeiro onde vai escoar o óleo e o segundo a água limpa (efluente tratado). O efluente tratado e a gordura foram recolhidos em recipientes apropriados e separados. Após o tratamento foi calculado a eficiência de separação/recuperação de óleo.

CAPÍTULO IV - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo apresentam-se os resultados correspondentes a cada uma das etapas/metas do trabalho.

IV.1 CARACTERIZAÇÃO DA FONTE GERADORA DE RESÍDUOS

A fonte geradora de resíduos (frigorífico de peixes) avaliada mostrou que o processo produtivo abrange 21 sub etapas, conforme o fluxograma dada pela Figura 4. A análise do processo produtivo que de forma geral mostra-se comum aos frigoríficos de peixes, possibilitou-se um diagnóstico técnico, cujos resultados demonstraram que no processo de agregação de valor prevalecem as transformações físicas: retirada dos componentes e aproveitamento do filé de peixe e como elementos de entrada tem-se a matéria prima (tilápia) e os insumos (água) e como elementos de saída foram identificados o produto principal (filé de tilápia) e os resíduos.

Esse conjunto de informações foi implementado no fluxograma (Figura 4) que detalha cada um dos componentes/etapas do processo, o fluxo dos materiais, as fontes e tipos de resíduos gerados.

Especificamente nesse fluxograma pode-se observar a predominância das cinco etapas comuns de todo o processo de produção de filé de peixes, quais são: 1) etapa de recepção de matéria-prima; 2) etapa de preparação da matéria prima e insumos; 3) etapa correspondente ao processo principal de transformação (prevalecendo à transformação física); 4) etapa de finalização/acabamento; e 5) etapa de armazenamento/expedição, que estão ilustradas de cores diferentes no fluxograma. O monitoramento do fluxo dos materiais mostrou que as etapas de preparação (etapa 2) e transformação principal (etapa 3) são as responsáveis pela maior geração de resíduos. De modo geral esses resíduos foram classificados como resíduos sólidos (barbatana dorsal espinhosa, barbatana anal, barbatanas peitorais, barbatanas pélvicas, barbatana caudal, opérculo, olho, brânquias, cabeça, fígado, vísceras, couro com escamas, resíduo do filé e carcaça), líquidos (água, sangue e gordura), gasosos (odor) e combinados (mistura de água com os resíduos sólidos), os quais devem passar por um tratamento adequado.

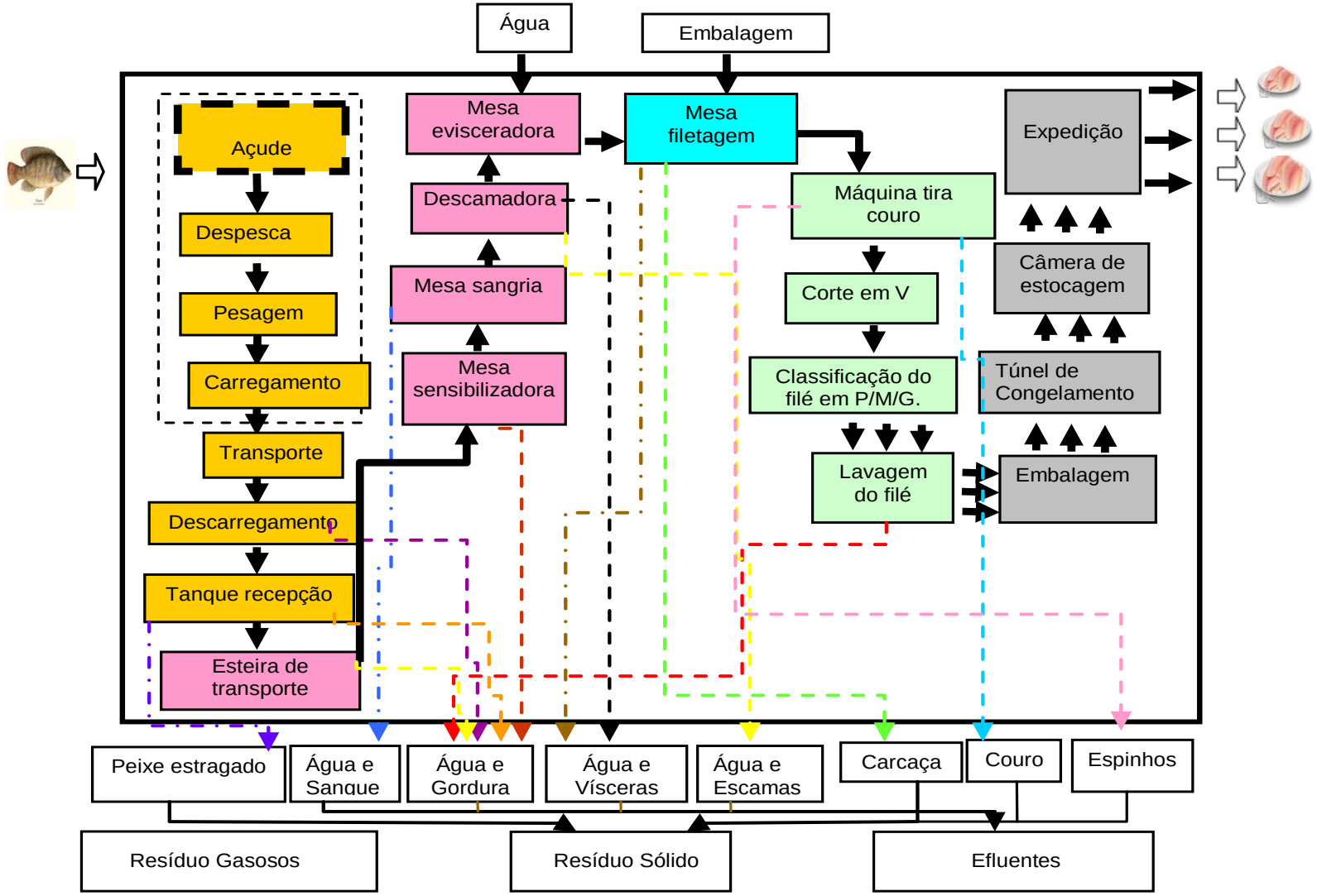

Figura 4 Fluxograma do processo de filetagem (Frigorífico de peixes)

IV. 2 CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA E QUANTITATIVA DOS RESÍDUOS DE FRIGORÍFICOS DE PEIXES

Na caracterização quantitativa e qualitativa dos resíduos utilizaram-se dois métodos: o primeiro baseado nos balanços de massa e o segundo a partir da amostragem e análise laboratorial.

A metodologia do balanço de massa contempla dois tipos de resultados: o primeiro relaciona um peixe de menor peso (0,418kg) e o segundo um peixe de maior peso (0,883 kg). Em ambos os casos foi realizado a desmembração e sua distribuição nas diversas etapas do processo, permitindo a determinação da eficiência de aproveitamento do filé bem como, a identificação dos componentes que fazem parte dos resíduos sólidos, líquidos e combinados cujos resultados são apresentados na forma de um esquema que representa a relação entre os materiais na entrada e na saída. Este último compreendendo o produto final e os correspondentes resíduos, conforme apresentado na Figura 5 para o peixe de menor valor e na Figura 6 para o peixe de maior valor.

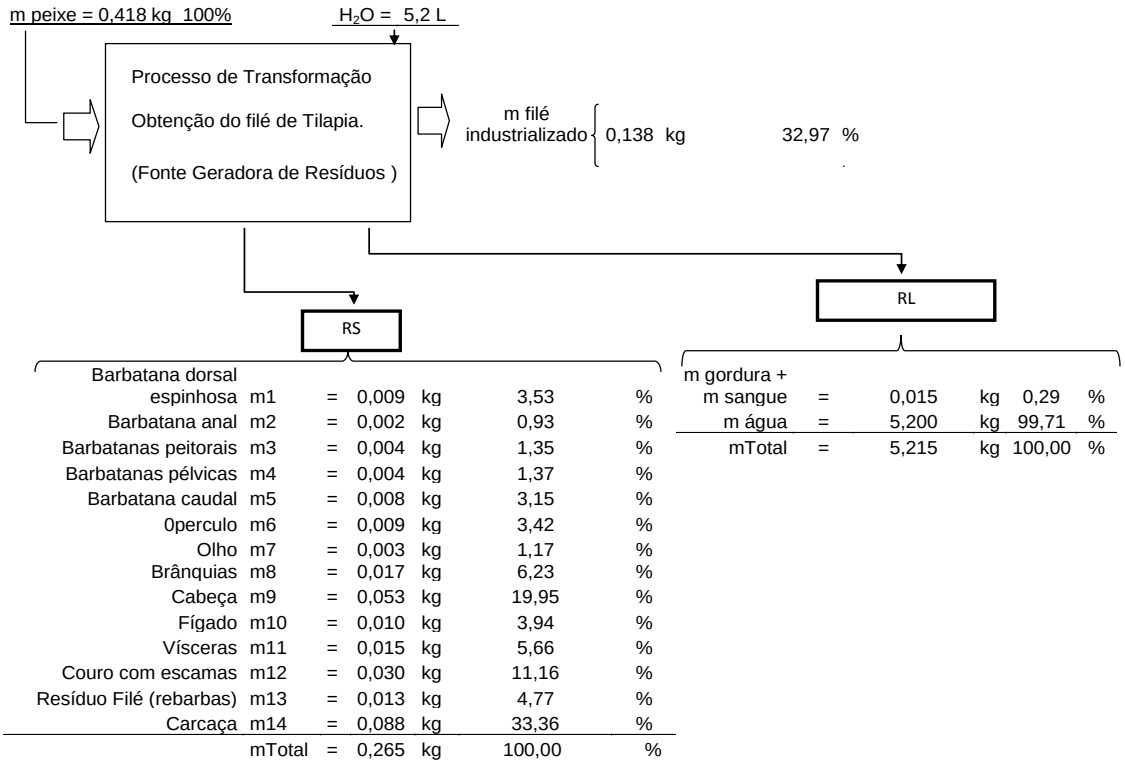

Figura 5 Cálculo da quantidade de resíduos provenientes da filetagem de uma tilápia de 0,418kg

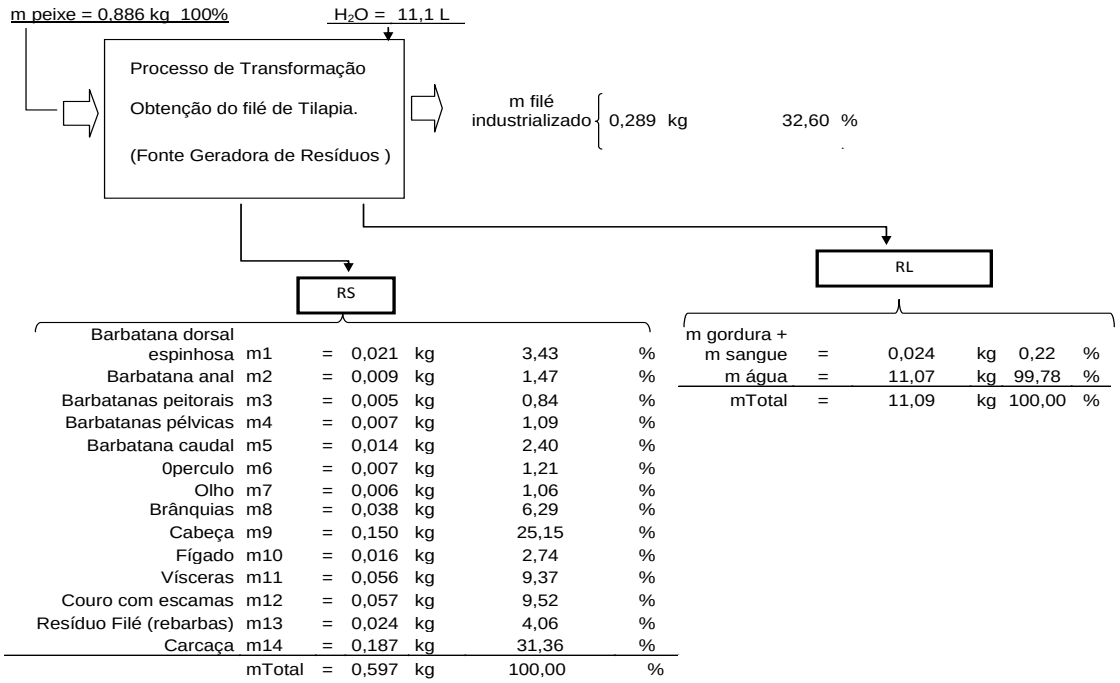

Figura 6 Cálculo da quantidade de resíduos provenientes da filetagem de uma tilápia de 0,886kg

De acordo com as Figuras 5 e 6, os componentes do peixe (barbatana dorsal espinhosa, barbatana anal, barbatanas peitorais, barbatanas pélvicas, barbatana caudal, opérculo, olho, brânquias, cabeça, fígado, vísceras, couro com escamas, resíduo do filé, carcaça, gordura e sangue) foram monitorados ao longo do processo sendo possível observar a relação que existe entre a matéria prima (tilápia), produto (filé) e os resíduos. Nessa análise, a gordura e o sangue, misturados com a água utilizada no processo, constitui-se de resíduo líquido, e o restante é considerado resíduo sólido.

A quantidade de gordura e sangue não foi possível quantificar em laboratório, pois esses componentes ficaram distribuídos nos demais resíduos do peixe. Para contornar essa limitação foi realizado um levantamento na literatura, e os resultados apontaram que a tilápia possui, em média, um percentual de gordura igual a 32,63% (VIDAL, et. al, 2009). Assim, distribuindo essa porcentagem no total de componentes que carregam óleo e sangue, foi estimado os correspondentes valores de geração de resíduos líquidos.

Após a realização dos ajustes na correlação apresentada nas Figuras 5 e 6, foram aplicadas para o caso de três frigoríficos de peixes, desta forma foi determinado os valores totais e parciais dos materiais (produtos principais) e resíduos.

Conforme a Figura 7, que representa a produção diária de resíduos líquidos (L dia^{-1}) e sólidos (kg dia^{-1}) de cada frigorífico, pode-se constatar que o Frigorífico 1, que em média abate 12.000 kg dia^{-1} de peixes, consume diariamente em torno de 150 m^3 de água que implica 7.6 toneladas de resíduos sólidos e 150,4 m^3 de efluentes. O Frigorífico 2, abate em torno de 7.500 kg de peixes por dia, consume 93,75 m^3 de água, gera 4,7 toneladas de resíduos sólidos e 94,0 m^3 de efluentes. O Frigorífico 3 que abate em torno de 5.250 kg de peixe por dia, utiliza 80 m^3 de água, gera 3,3 toneladas de resíduos sólidos e 65,8 m^3 de efluentes diariamente.

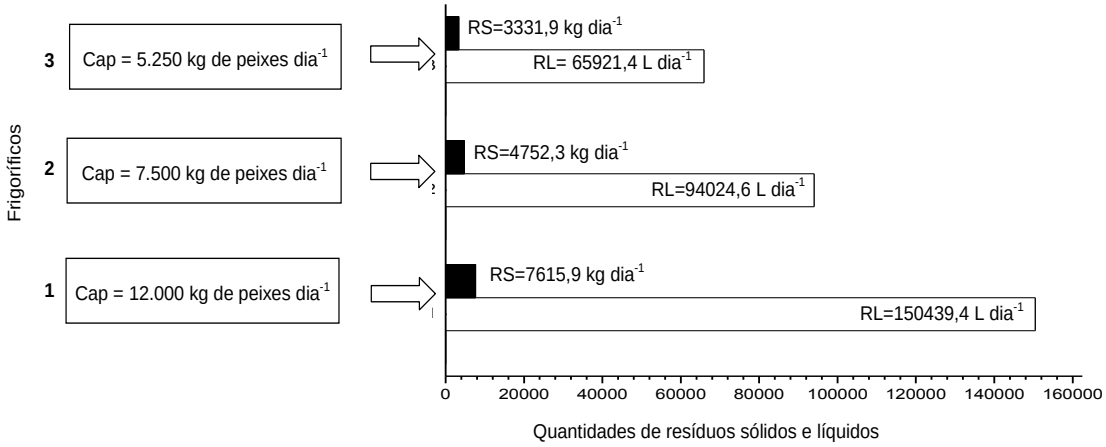

Figura 7 Produção diária de resíduos líquidos (L.dia^{-1}) e sólidos (kg.dia^{-1}) de cada frigorífico

Analogamente a caracterização quantitativa e qualitativa dos efluentes, e a partir da correlação das médias das massas dos peixes obtidos nas figuras 5 e 6, pode-se determinar na Figura 8, que para um abate diário de 12.000 kg dia^{-1}, são apresentados os resultados qualitativos e quantitativos correspondentes aos componentes do resíduo sólido gerado após o processamento de peixe no Frigorífico 1.

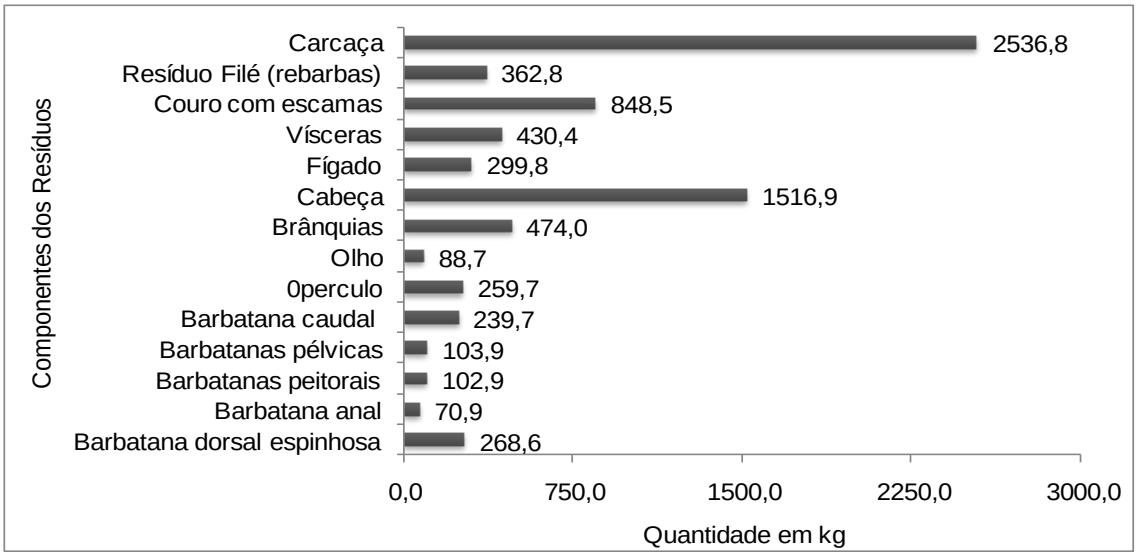

Figura 8 Produção diária de resíduos sólidos no Frigorífico 1

Na Figura 9, baseados no abate diário de 7500 kg.dia^{-1}, se apresenta o detalhamento qualitativo e quantitativo dos resíduos sólidos correspondentes ao Frigorífico 2.

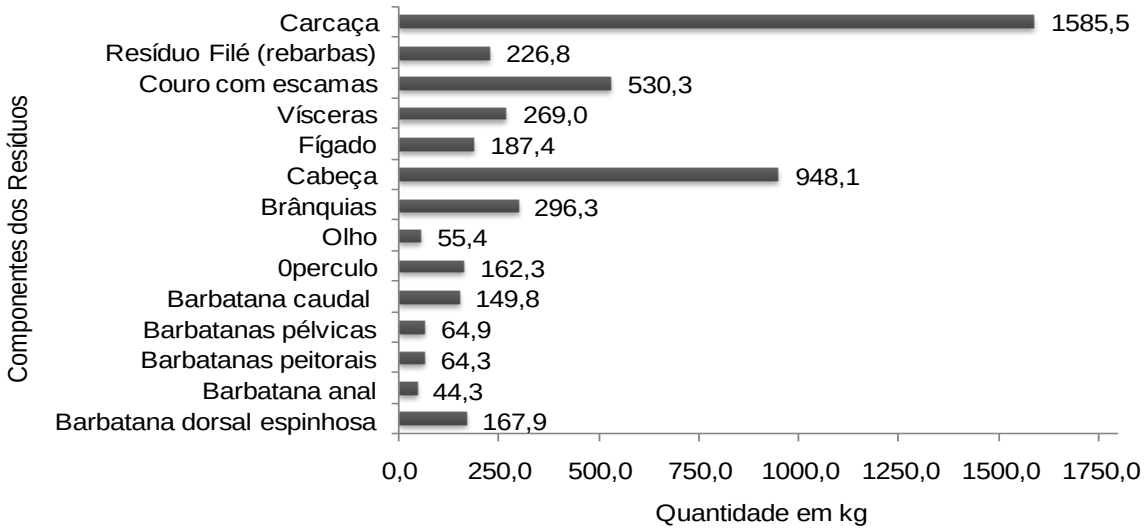

Figura 9 Produção diária de resíduos sólidos no Frigorífico 2

De forma análoga na Figura 10, baseados no abate diário de 5250 kg dia^{-1}, apresenta-se o detalhamento qualitativo e quantitativo dos resíduos sólidos do Frigorífico 3.

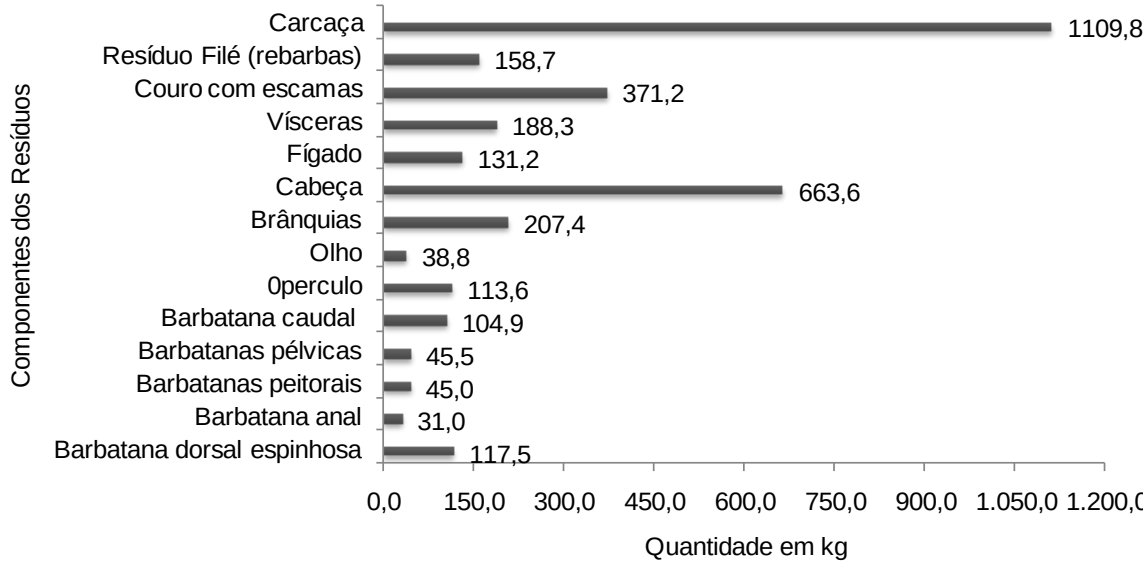

Figura 10 Produção diária de resíduos sólidos no Frigorífico 3

Por meio desses resultados, pode-se constatar, em todos os casos, que nos resíduos sólidos prevalecem (em peso) os seguintes componentes: carcaça (33,36%), cabeça (19,94%), o couro com escamas (11,15%), brânquias (6,24%) e as vísceras (5,66%), os demais componentes somam 23,6% e possuem proporcionalmente pesos parecidos.

O resíduo líquido é composto de água, sangue e gordura. Na Figura 11 são apresentados os valores diários de geração de efluentes correspondentes aos três frigoríficos citados anteriormente. Nesse gráfico, verifica-se que a quantidade de gorduras e sangue (destacado em preto) presente no efluente é insignificante frente à quantidade de água utilizada (destacado em branco). Assim o total de efluentes gerados pelos Frigoríficos 1, 2 e 3 são, respectivamente, 150.439,7; 94.024,8; e 65.817,4 litros de efluente dia^{-1}. De modo geral foi apontada a geração de 12,5 m^3 de efluente e 0,635 toneladas de resíduo sólido por tonelada de peixe processado.

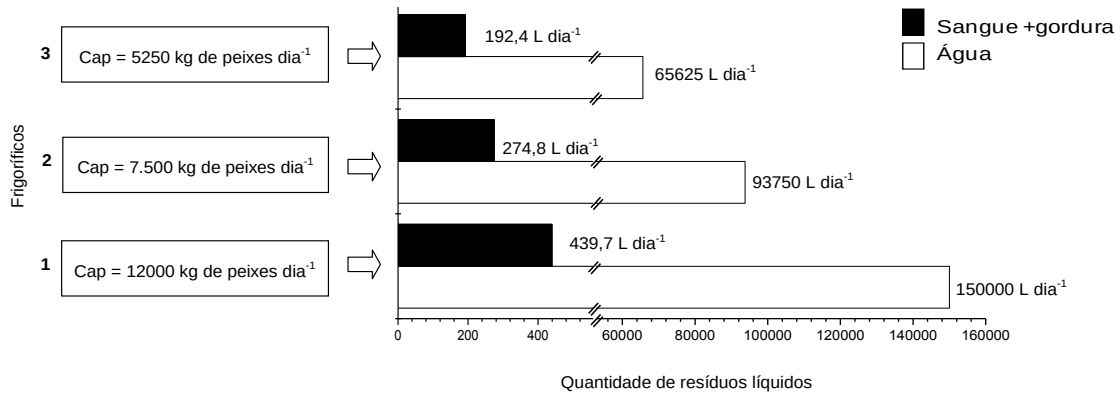

Figura 11 Produção diária de resíduos líquidos nos Frigoríficos 1, 2 e 3

Por meio do balanço de massa foi constatado que os resíduos sólidos do processamento (filetagem) da tilápia representam de 60 a 70% da matéria-prima. Esses resíduos são atualmente sub-utilizados ou descartados pelas indústrias de filetagem sem nenhum aproveitamento, na maioria dos casos, sendo despejado junto com o efluente, trazendo problemas na manipulação, disposição e no tratamento dos efluentes.

Nos frigoríficos pesquisados a separação dos resíduos sólidos ocorre numa etapa anterior ao tratamento dos efluentes. O resultado é uma mistura de componentes sólidos composto de barbatana dorsal espinhosa, barbatana anal, barbatanas peitorais, barbatanas pélvicas, barbatana caudal, opérculo, olho, brânquias, cabeça, fígado, vísceras, couro com escamas e carcaça, bem como de gordura aderida a esses componentes. Em alguns casos, esses resíduos misturados, são incorporados nos processos de fabricação de ração e/ou para a extração de gordura de peixes. O efluente restante (água e sangue) segue para os sistemas de tratamento de efluentes composto, principalmente, de lagoas (aeróbicas e/ou anaeróbicas).

A baixa eficiência dos processos de separação de sólidos confere ao efluente uma composição com a presença de pedaços de carne, gordura, vísceras e couro, dificultando o processo de tratamento.

Uma análise preliminar dos resíduos sólidos demonstrou que os seus componentes, quando separados na fonte, podem apresentar aplicações diferenciadas. Desta forma, propõe-se um novo modelo de gestão de resíduos, cuja principal característica é a separação dos resíduos sólidos na fonte (Figura 12). Neste caso os 13 componentes anteriormente identificados (barbatana dorsal espinhosa, barbatana anal, barbatanas peitorais, barbatanas pélvicas, barbatana caudal, opérculo, olho, brânquias, cabeça, fígado, vísceras, couro com escamas e carcaça) podem ser aplicados, de forma diferenciada, como matéria prima ou insumos de outros processos de agregação de valor. Por exemplo, o couro de peixe, após o processo de curtimento, tem sua aplicação como matéria prima na fabricação de bolsas, sapatos e cintos (HOINACKI, 1989); Segundo matérias jornalísticas do National Geographic, a barbatana pode ser utilizada na indústria da cerveja para produção do colarinho; e segundo crenças e costumes tradicionais, realizada junto a produtores de peixes, foi identificada uma aplicação diferenciada do olho de peixe como produto farmacêutico, por possuir propriedades cicatrizantes. Neste último caso faltando a sua confirmação científica.

Da mesma forma, os outros componentes, podem apresentar algum potencial de aproveitamento diferenciado. Para essa finalidade se faz necessário a complementação com

pesquisas para identificar/confirmar essas e outras possíveis aplicações, atribuindo desta forma, valores comerciais e industriais diferenciados a totalidade dos resíduos sólidos que resultam das atividades de frigoríficos de peixes.

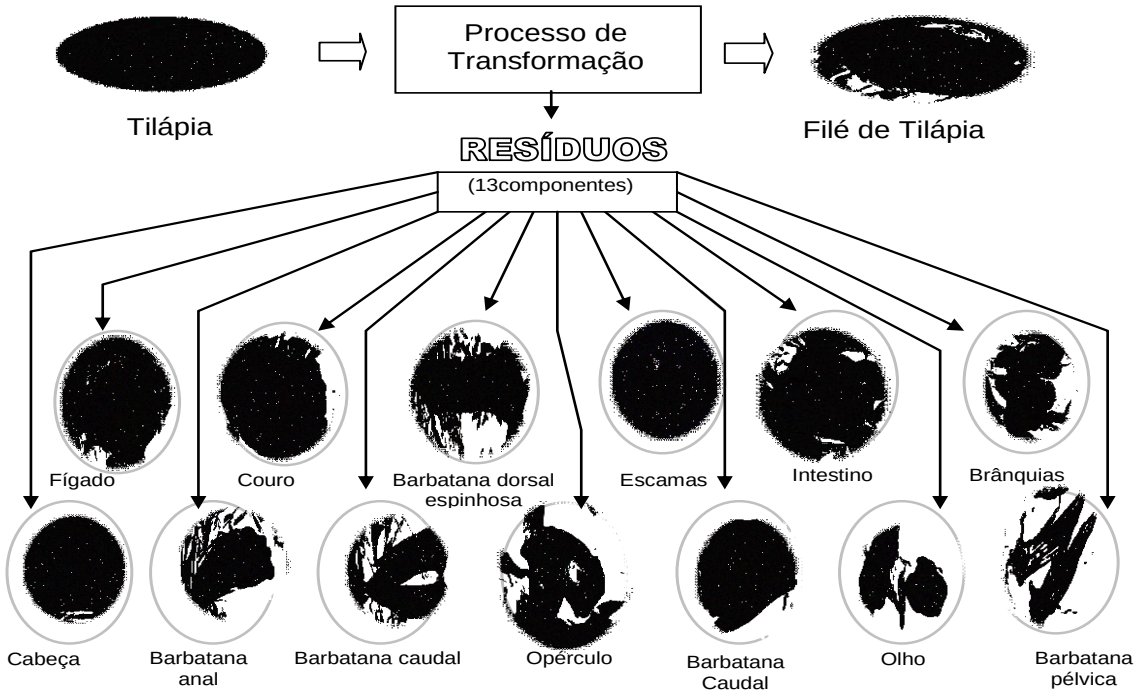

Figura 12 Componentes do peixe com potencial de aproveitamento (Quando separados na fonte)

O segundo método utilizado para a caracterização dos resíduos de frigoríficos de peixes, consistiu na coleta de amostras e correspondente análises laboratoriais, sendo que os resultados da turbidez, DQO, DBO, pH, sólidos sedimentáveis e óleos e graxas são detalhados na Tabela 6. A comparação desses resultados com os correspondentes valores exigidos pela legislação são também apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 Resultado das análises dos efluentes do frigorífico de peixe no primeiro ponto de coleta

Amostras	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	pH	Óleos e graxas (mg/L)	Sólidos sedimentáveis (mL/L)	Turbidez (NTU)
Amostra 1	725,21	1292,50	5,64	379	1,20	196
Exigido IAP	< 50	< 125	< 9	< 50	<1	*

*Não é exigência ambiental

Conforme apresentado na Tabela 6, somente o pH apresenta-se dentro dos limites exigidos pelos órgãos ambientais. A quantidade de sólidos sedimentáveis esta um pouco acima da legislação, mas a DQO, DBO e óleos apresentam valores elevados. A preocupação maior se deve aos parâmetros com elevadas concentrações, pois estes afetam demasiadamente os corpos receptores se não tratados adequadamente.

IV.3 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DOS MÉTODOS, PROCESSOS E TECNOLOGIAS CONVENCIONAIS

O estudo dos métodos, processos e tecnologias convencionais de tratamento de efluentes de frigoríficos de peixes, foi realizado por meio do monitoramento e análise do sistema de tratamento do Frigorífico 1, localizado no município de Toledo - PR. A Figura 13 apresenta o mapeamento, onde observa-se a existência de um tratamento preliminar (gradeamento), um tratamento primário (decantador/flotador), uma lagoa anaeróbia, uma lagoa facultativa I e uma lagoa facultativa II, os quais corresponderam aos 5 pontos com destino final, por meio de uma irrigação, os plantios de eucalipto nas dependências da própria empresa. Na Figura 13 apresenta-se os pontos de coleta de amostras (5 pontos).

Figura 13 Mapeamento do frigorífico com os cinco pontos de coletas

A Figura 14 apresenta um esquema do mapeamento do frigorífico, identificando cada ponto de coleta, mostrando assim qual o caminho que percorre o efluente ate sua disposição final (solo).

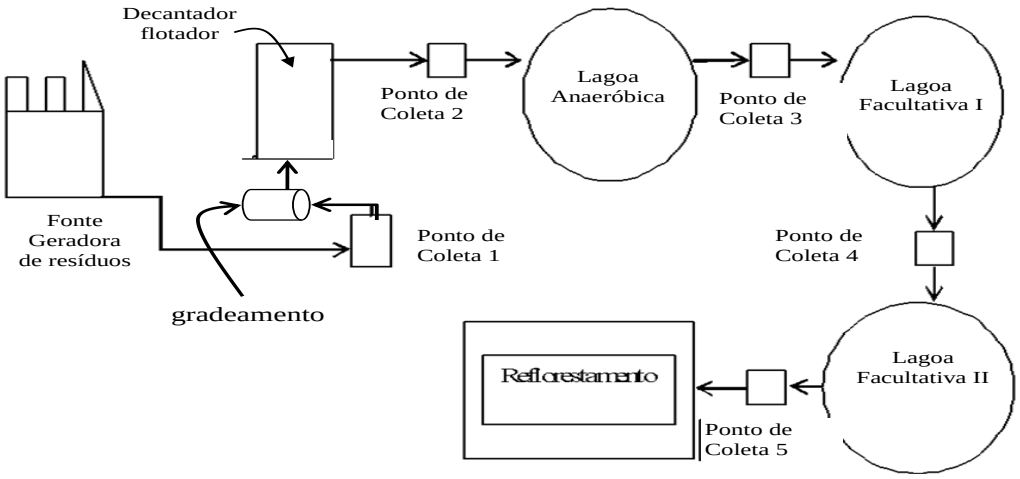

Figura 14 Esquema do mapeamento do frigorífico com os pontos de coletas detalhando cada etapa do tratamento de efluente

Após a definição dos pontos de estudo foram coletados as amostras (dois litros de efluentes em cada ponto de coleta), as quais foram encaminhadas para análise dos parâmetros DBO, DQO, pH, óleos e graxas, turbidez e sólidos sedimentais, cujos resultados se encontram na Tabela 7. Na Tabela 7, para efeitos de comparação, também se apresentam os correspondentes valores dos parâmetros exigidos pelo IAP.

Tabela 7 Resultado das análises dos efluentes do frigorífico de peixe em cada ponto de coleta

Amostras	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	pH	Óleos e graxas (mg/L)	Sólidos sedimentáveis (mL/L)	Turbidez (NTU)
Amostra 1	725,21	1292,50	5,64	379	1,20	196
Amostra 2	788,42	1205,00	5,74	-	0,30	290
Amostra 3	403,90	705,00	5,52	-	0,10	167
Amostra 4	242,96	417,50	5,00	-	0,10	203
Amostra 5	207,01	342,50	4,74	7,8	0,60	223
Exigido IAP	< 50	< 125	< 9	< 50	<1	*

- Análises não realizadas

*Não é exigência ambiental

No frigorífico em estudo, percebeu-se que os parâmentos DQO e DBO não atendem a exigência ambiental e que a lagoa anaeróbica é a maior responsável por reduzir os valores da demanda química e bioquímica de oxigênio.

Em relação aos sólidos sedimentáveis observou-se que o parâmetro teve valor reduzido no tratamento primário, mas que posteriormente teve acréscimo devido à agitação da lagoa facultativa II. Contudo, ainda não ultrapassam os valores expressos na legislação.

Os outros parâmetros (pH 9 e óleos e graxas 50) estão em conformidade ao IAP, e, com relação a análise de turbidez (determinada em paralelo), observou-se que a lagoa facultativa II apresentava coloração muito escura embora esse parâmetro não seja regulamentado exigência ambiental.

Para o desenvolvimento da tecnologia alternativa, foi analisado o comportamento do efluente nos cinco pontos de coleta relacionado com a possibilidade de decantação ou flotação, por meio de uma proveta de 1 litro.

No primeiro ponto de coleta, constatou-se que o efluente apresentou uma clarificação com o passar do tempo, formando inicialmente uma faixa de gordura e alguns pedaços do intestino na parte superior e um precipitado formado por sólidos particulados juntamente com o sangue. Com o passar do tempo a gordura, que inicialmente tinha 1,5 cm de altura, se desprendeu e formou um precipitado de 1 cm . O resultado visual desse experimento é apresentado na Figura 15.

Figura 15 Avaliação do comportamento do efluente frente ao repouso analisando a clarificação do efluente no primeiro ponto de coleta

A Figura 16 apresenta uma imagem do precipitado e flutuante no primeiro ponto de coleta.

Figura 16 Efluente do primeiro ponto de coleta com material particulado em suspensão (A) e precipitado (B) depois de repouso por 48 horas

Em paralelo a análise visual foi feita a análise instrumental (turbidímetro). Na análise instrumental foi retirado 10 mL do meio da proveta, num intervalo de 3 em 3 horas e medida a turbidez para comprovação da clarificação do efluente cujo resultado é apresentado na Figura 17. Observou-se que a turbidez do efluente no primeiro ponto de coleta apresentou um elevado valor logo após a coleta (196 NTU) e após 48 horas de repouso essa turbidez foi diminuindo até 81NTU, formando um flutuante (gordura) e um precipitado.

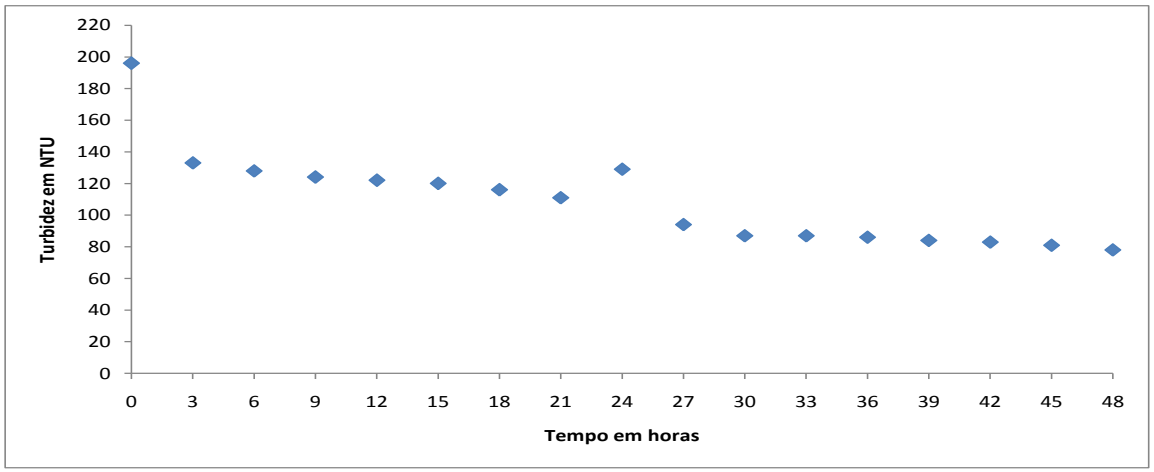

Figura 17 Comportamento do efluente no primeiro ponto de coleta (variação da turbidez em relação ao tempo)

O resultado do teste para o segundo ponto de coleta é mostrado na Figura 18. Esta amostra apontou maior turbidez que a coletada no ponto 1, mostrando que o primeiro tratamento de efluente não é eficaz em relação à turbidez. Um experimento de caracter visual, mostrou que após 48 horas a faixa de gordura formada foi de 3 cm e um precipitado de 0,5 cm.

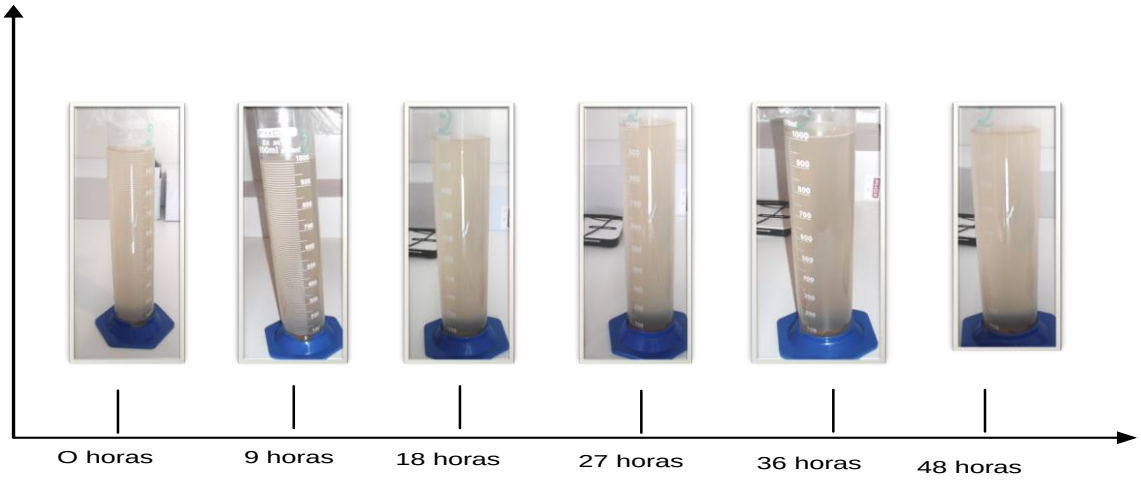

Figura 18 Avaliação do comportamento do efluente frente ao repouso analisando a clarificação do efluente no segundo ponto de coleta

A Figura 19 apresenta uma imagem mais detalhada do efluente, coletado no ponto 2 com relação ao material flutuante e precipitado formado, após repouso de 48 horas.

Figura 19 Efluente do segundo ponto de coleta com material particulado em suspensão (A) e precipitado (B) depois de repouso por 48 horas

Na Figura 20, observa-se que a turbidez do efluente, no segundo ponto de coleta, foi diminuindo ao longo do tempo, cujo maior valor foi constatado logo após a coleta (290 NTU) e após 48 horas de repouso essa turbidez atingiu 88 NTU (maior que a amostra 1 devido a possível agitação na hora da coleta da amostra).

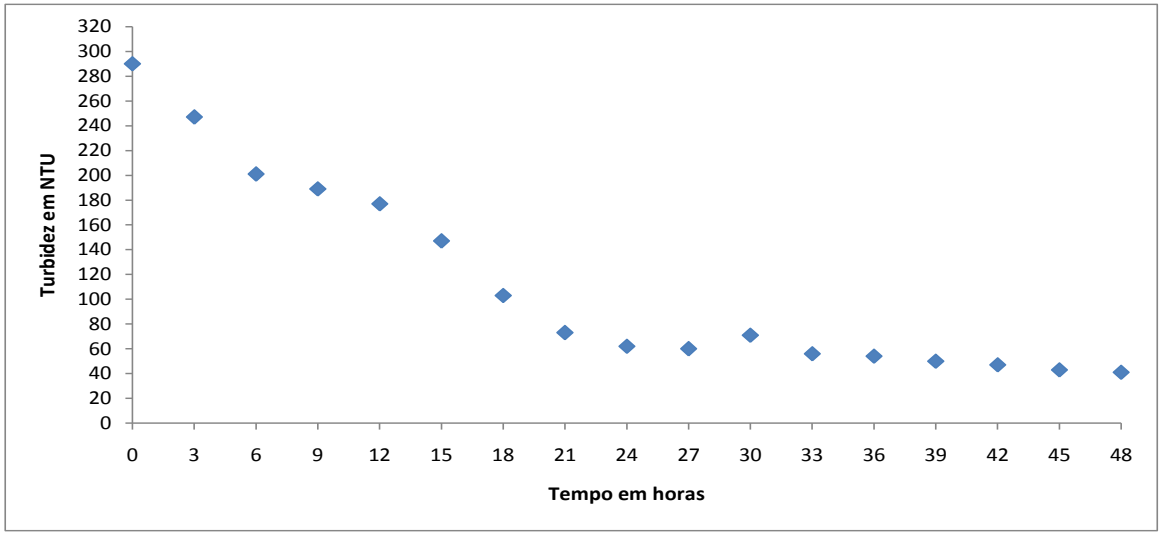

Figura 20 Comportamento do efluente no segundo ponto de coleta (variação da turbidez em relação ao tempo)

Conforme a Figura 21, o efluente de frigorífico de peixe, coletado no terceiro ponto de coleta, apresentou uma clarificação ao longo do tempo, sendo que a sua turbidez inicial foi a menor de todo sistema de tratamento, o que não condiz com o esperado pois a menor turbidez deveria ser verificada no último ponto de coleta. Nessa etapa, após 48 horas, houve formação de sobrenadante de 1 cm e de precipitado de 0,5 cm.

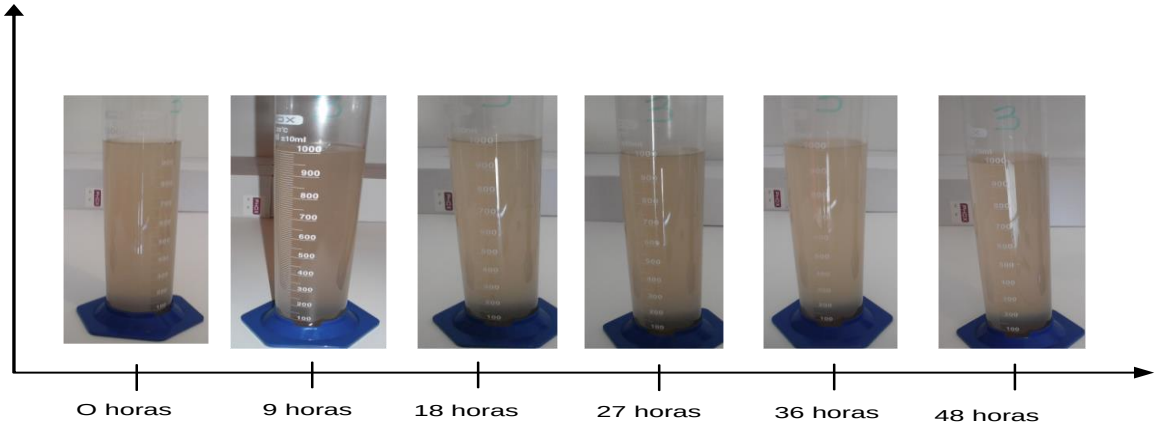

Figura 21 Avaliação do comportamento do efluente frente ao repouso analisando a clarificação do efluente no terceiro ponto de coleta

A Figura 22 apresenta uma imagem do efluente, detalhando o sobrenadante e precipitado formado.

Figura 22 Efluente do terceiro ponto de coleta com material particulado em suspensão (A) e precipitado (B) depois de repouso por 48 horas

No terceiro ponto de coleta, verificou-se uma anormalidade frente ao repouso, pois a turbidez aumentou até o tempo de 18 horas e posteriormente, diminuiu, mostrando um resultado final satisfatório de aproximadamente 82 NTU. O motivo desse comportamento, pode ter sido resultado de vários fatores, sendo o principal a influencia das forças de Van der Waals.

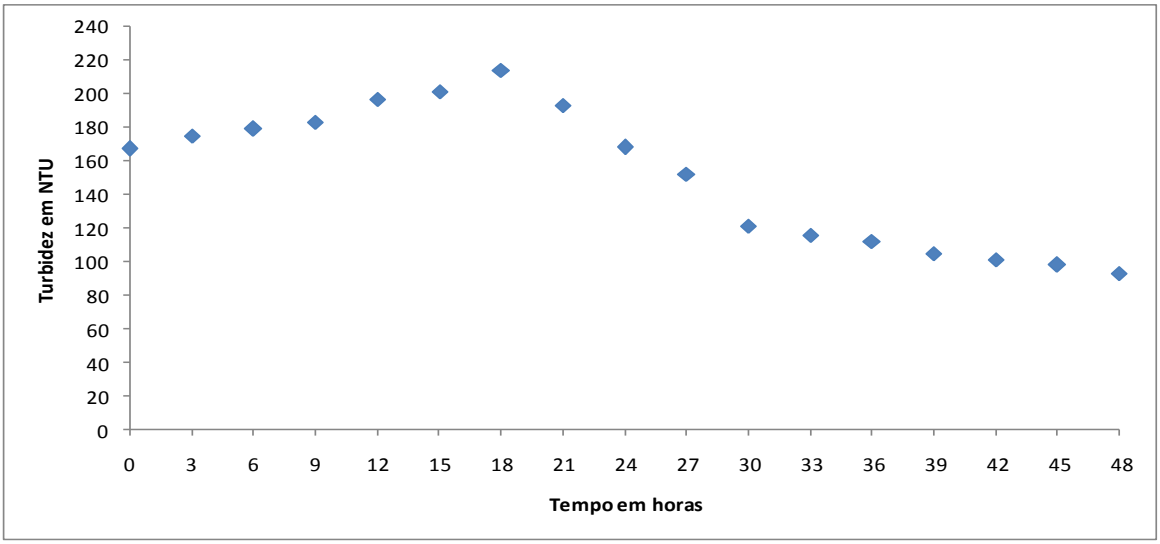

Figura 23 Comportamento do efluente no terceiro ponto de coleta (variação da turbidez em relação ao tempo)

Conforme a Figura 24, o efluente de frigorífico de peixe no quarto ponto de coleta, não apresentou clarificação visível com o decorrer do tempo, mas quando comparado com o valor da turbidez de medição instrumental, verificou-se uma clarificação acentuada. Nessa condição a formação de flutuante foi de 0,5 cm e um precipitado de também 0,5 cm (Figura 25).

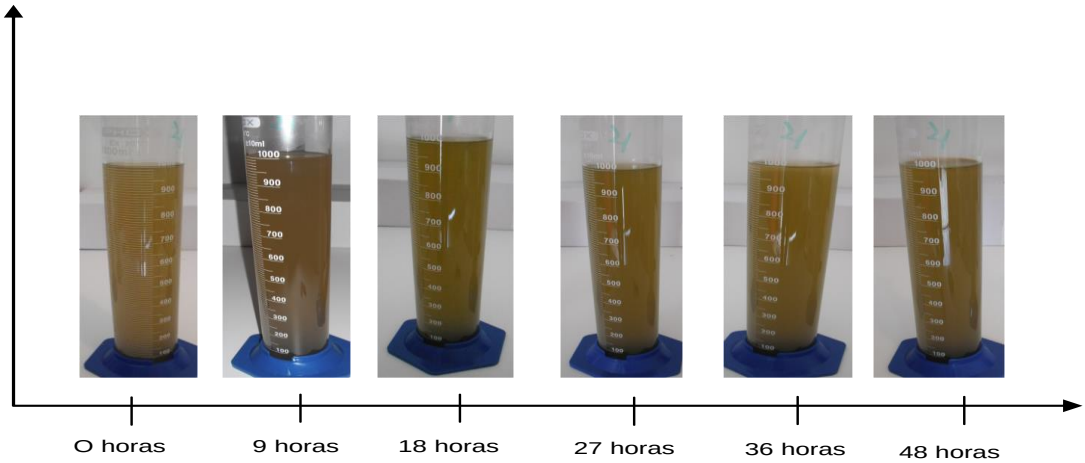

Figura 24 Avaliação do comportamento do efluente frente ao repouso analisando a clarificação do efluente no quarto ponto de coleta

Figura 25 Efluente do quarto ponto de coleta com material particulado em suspensão (A) e precipitado (B) depois de repouso por 48 horas

Na Figura 26, pode se observar uma diminuição bem acentuada da turdidez.

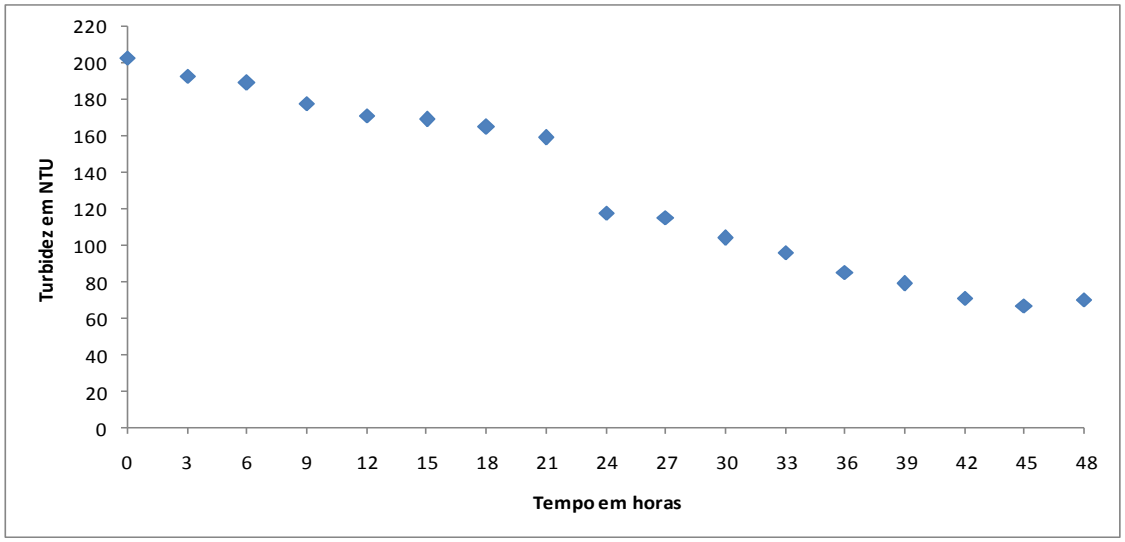

Figura 26 Comportamento do efluente no quarto ponto de coleta (variação da turbidez em relação ao tempo)

Conforme a Figura 27, o efluente de frigorífico de peixe no quinto e último ponto de coleta não apresentou a clarificação esperada, pois se esperou que está etapa apresentasse o menor valor de turbidez, e nesse ponto o efluente esta sendo lançado no corpo receptor. E conforme observou-se na Figura 28, ocorreu a formação de um precipitado de 0,5 cm e um flutuante de 1 cm.

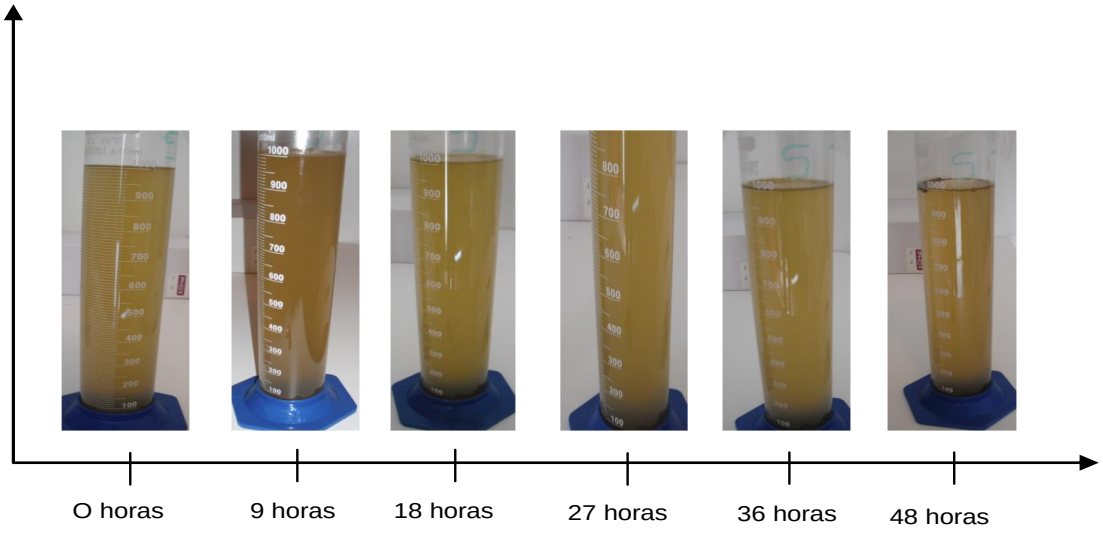

Figura 27 Avaliação do comportamento do efluente frente ao repouso analisando a clarificação do efluente no quinto ponto de coleta

Figura 28 Efluente do quinto ponto de coleta com material particulado em suspensão (A) e precipitado (B) depois de repouso por 48 horas

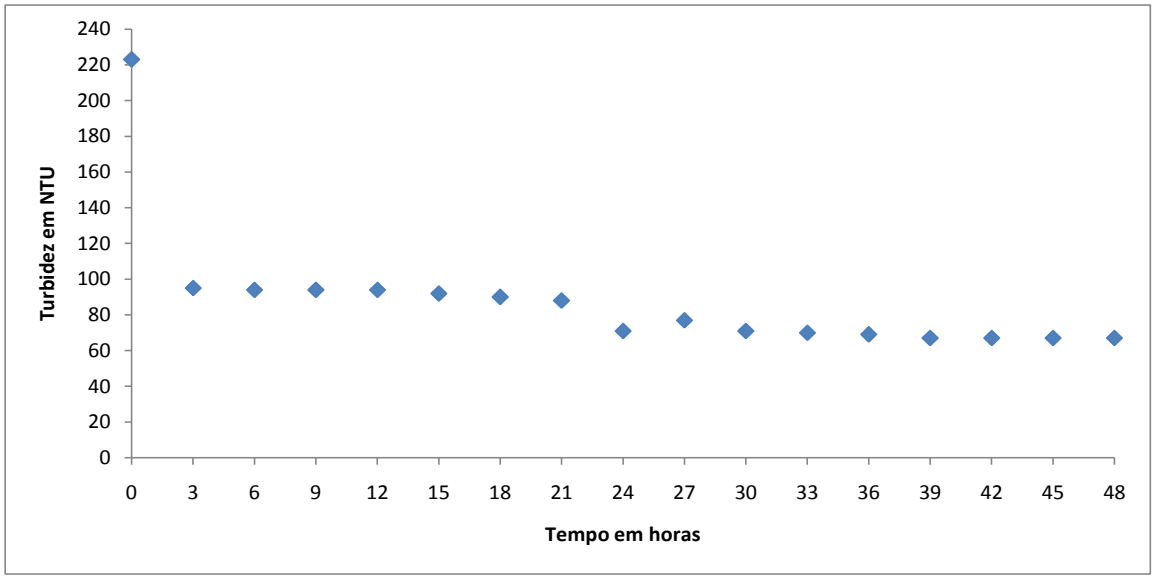

Figura 29 Comportamento do efluente no quinto ponto de coleta (variação da turbidez em relação ao tempo)

Conforme Figura 30 pode-se verificar que o processo de tratamento de efluente do frigorífico estudado não é eficiente, pois cada ponto de coleta deveria apresentar um valor de turbidez menor que o primeiro, e como observa-se o último ponto de coleta, Figura 29, apresenta um valor de turbidez maior que o segundo ponto.

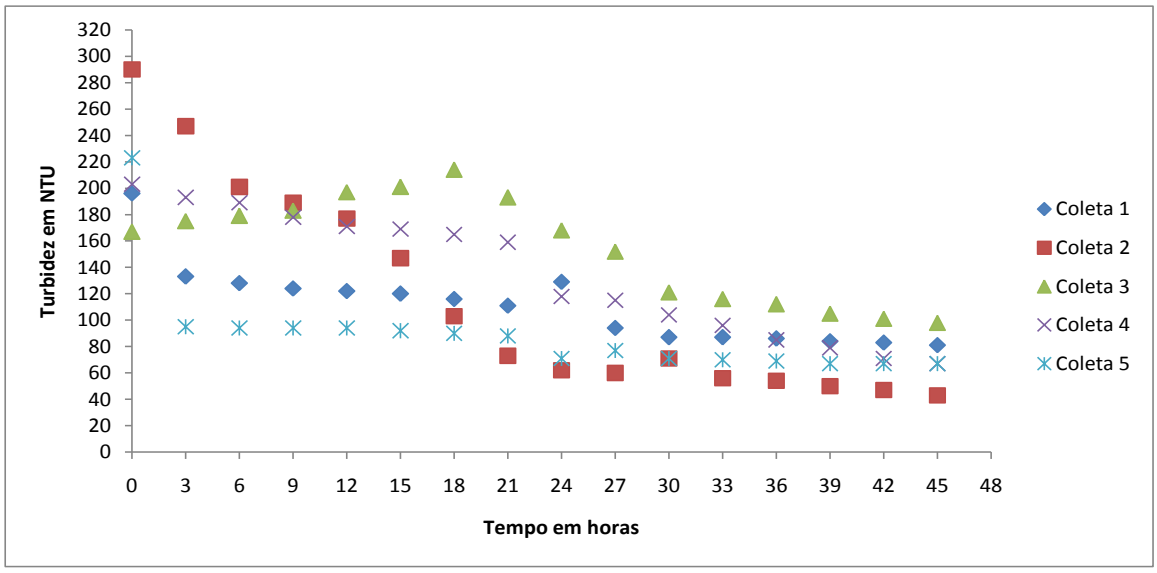

Figura 30 Comportamento do efluente nos cinco pontos de coleta (variação da turbidez em relação ao tempo)

IV.4 O DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLGIA/TECNOLOGIA ALTERNATIVA PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES DE FRIGORÍFICOS DE PEIXES

Para o desenvolvimento/proposição da metodologia/tecnologia alternativa, de forma preliminar, foi realizado uma análise do comportamento físico de cada uma das partes do peixe em relação a densidade em água. Especificadamente, foi avaliada a possibilidade da decantação ou flutuação de cada um dos componentes quando submetidos à água. Conforme Figura 31, que ilustra o comportamento de cada componente, o filé, a carcaça, as escamas, a barbatana dorsal espinhosa, a barbatana anal, as barbatanas peitorais, a barbatana pélvica, a barbatana caudal, o opérculo, as brânquias, a cabeça, os rins e o couro decantam e o olho, intestino e gordura (que esteve presente junto aos demais componentes do peixe) flutuam.

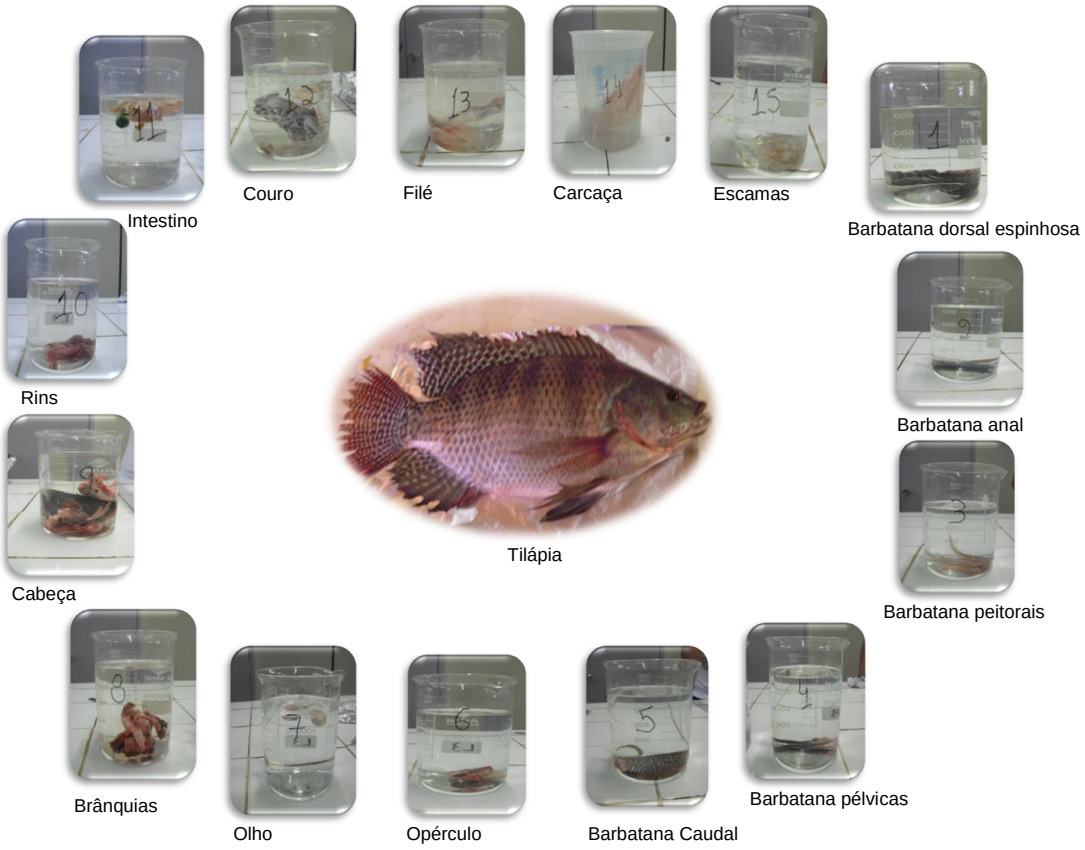

Figura 31 Avaliação da densidade dos componentes do peixe em relação a água

O resultado, foi relacionar cada um dos componentes dos resíduos de frigoríficos com a fonte geradora/etapas do processo e, concluiu-se que: a) nas etapas de descarregamento, classificação e tanque de recepção ocorre a geração dos seguintes resíduos: água, gordura e peixe morto, os quais flutuam; b) na esteira de transporte e na mesa sensibilizadora são gerados efluentes com gordura (flutua); c) no efluente da mesa de sangria prevalece o sangue (que precipita); d) na descamadora o efluente carrega as escamas que decantam; e) na mesa evisceradora contribui com água e vísceras que flutuam; f) na etapa principal que é composta pela mesa de filetagem, são gerados a maior quantidade de resíduos sólidos que é a carcaça que em contato com a água precipita; g) na etapa de acabamento/finalização composta pela máquina tira couro prevalece o couro que misturados com a água precipitam; máquina que corta em "V" que contribui com os espinho e rebarbas do filé de tilápia que precipitam e na etapa de lavagem do filé são gerados água e gordura que flutuam; e h) na última etapa, a etapa de expedição que é composta pela embalagem composta por resíduos da embalagem que em contato com a água flutuam.

Isto reforça a necessidade de mudanças no modelo de gestão dos resíduos de frigoríficos de peixes, no qual deve prevalecer a separação na fonte.

IV. 4.1 Cálculo da vazão e velocidade do efluente

Posteriormente, foi determinada a vazão e a velocidade do efluente gerado pelo frigorífico de peixe, os quais são coletados por meio de caneletas laterais e destinados até um recipiente. Esses efluentes, por meio de uma tubulação (com diâmetro de 100mm) são destinados até a estação de tratamento. A vazão foi determinada por meio da medição do volume (recipiente de 15 litros) em intervalos de 60 minutos para um dia de produção normal (12.000 toneladas dia^{-1}), cujos resultados são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 Vazão do efluente que chega a estação de tratamento em um dia normal de produção

Hora	Δt (horas)	ΔV (litros/horas)
07:00 - 08:00	1	0
08:00 - 09:00	1	11114,99
09:00 - 10:00	1	13483,15
10:00 - 11:00	1	12217,19
11:00 - 12:00	1	13593,24
12:00 - 13:00	1	7325,14
13:00 - 14:00	1	5632,14
14:00 - 15:00	1	14932,14
15:00 - 16:00	1	14397,58
16:00 - 17:00	1	12326,92
17:00 - 18:00	1	14752,14
18:00 - 19:00	1	11478,96
19:00 - 20:00	1	2387,14
20:00 - 21:00	1	0
Volume Total		133640,7

Com base dos resultados da tabela 8, foram calculados os correspondentes volumes para os intervalos de medição cujo resultado permitiu a medição do volume de efluente acumulado num dia normal de operação (Figura 33).

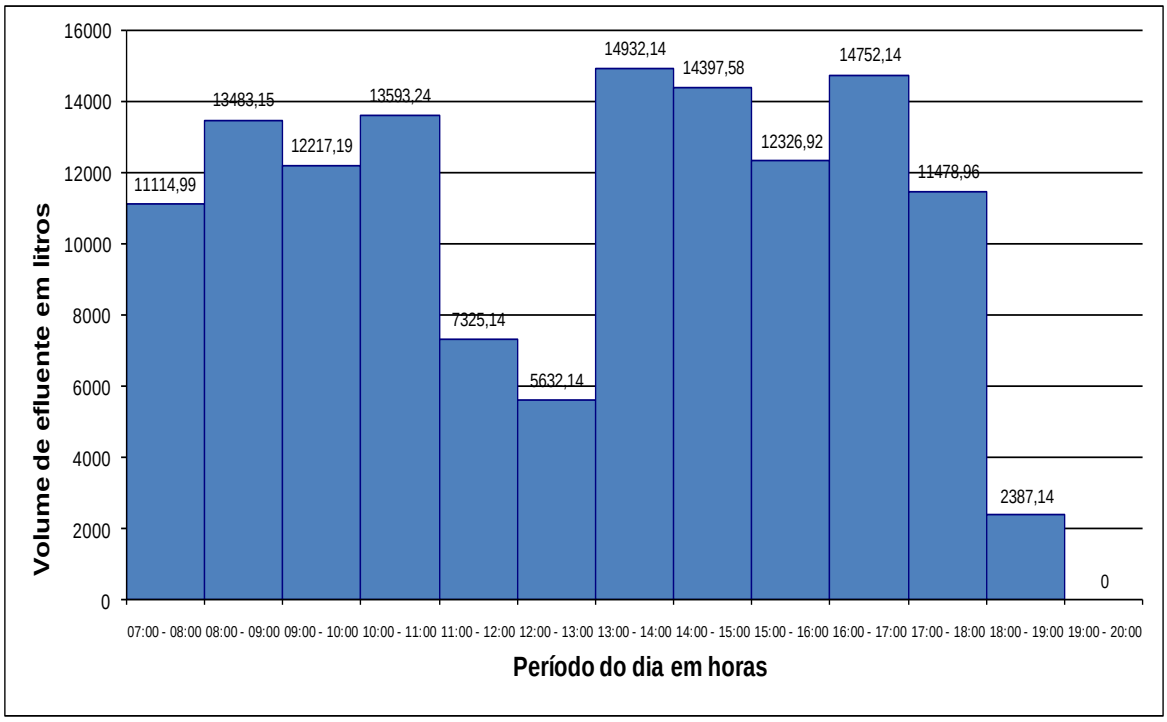

Figura 32 Estimativa diária de volume de efluente do frigorífico de peixes

Na Figura 32 apresenta-se a variação do volume de efluente durante uma jornada de trabalho (8 horas), e os resultados mostram que para os períodos compreendidos entre as 09:30 às 10:00 horas, 15:30 às 16:00 horas e 11:30 às 13:30 horas houve uma diminuição dos volumes de efluentes, pois nesses horários, os funcionários têm tolerância para as refeições (café e almoço).

IV. 4.2 Projeto de dimensionamento

Após a determinação do volume total de efluente produzido em um dia normal de trabalho no Frigorífico 1 (aproximadamente 133,641m^3 dia^{-1}), foi dimensionado o tanque pulmão. Para tanto foi escolhido a melhor geometria cujo resultado foi um tanque cilíndrico, com a base em formato de cone para evitar zonas mortas, conforme ilustra o esquema da Figura 33.

Na sequência, foi desenvolvida uma planilha eletrônica (Figura 34) para o correspondente dimensionamento do tanque pulmão e da tecnologia alternativa para o tratamento de efluentes do frigorífico de peixes. A planilha eletrônica permitiu, por meio da simulação, o cálculo das dimensões para diversas vazões de efluente na alimentação. Por meio dessa ferramenta foi possível dimensionar o volume, diâmetro e altura do tanque pulmão e do equipamento alternativo, bem como as suas características dos sistemas de entrada e saída do efluente. No caso do tanque pulmão foi considerado um volume de segurança de 20%. Os resultados do dimensionamento do tanque pulmão se encontram na Figura 33.

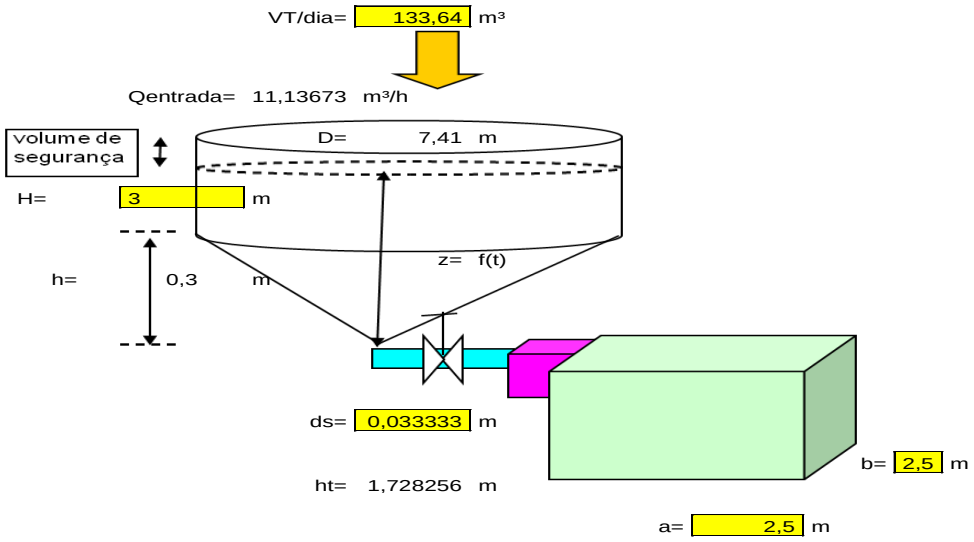

Figura 33 Projeto de dimensionamento do tanque pulmão

O sistema alternativo de tratamento de efluentes de frigoríficos de peixes foi determinado a partir do diâmetro da tubulação de saída do tanque pulmão, relacionada com a velocidade de entrada da nova metodologia, pois na tecnologia alternativa o fator limitante era o tempo de residência, assim quanto menor a velocidade de entrada maior o tempo de residência. Para facilitar os cálculos do dimensionamento do sistema foi construído uma planilha eletrônica (Figura 34), a qual permite o dimensionamento em diversas condições operacionais.

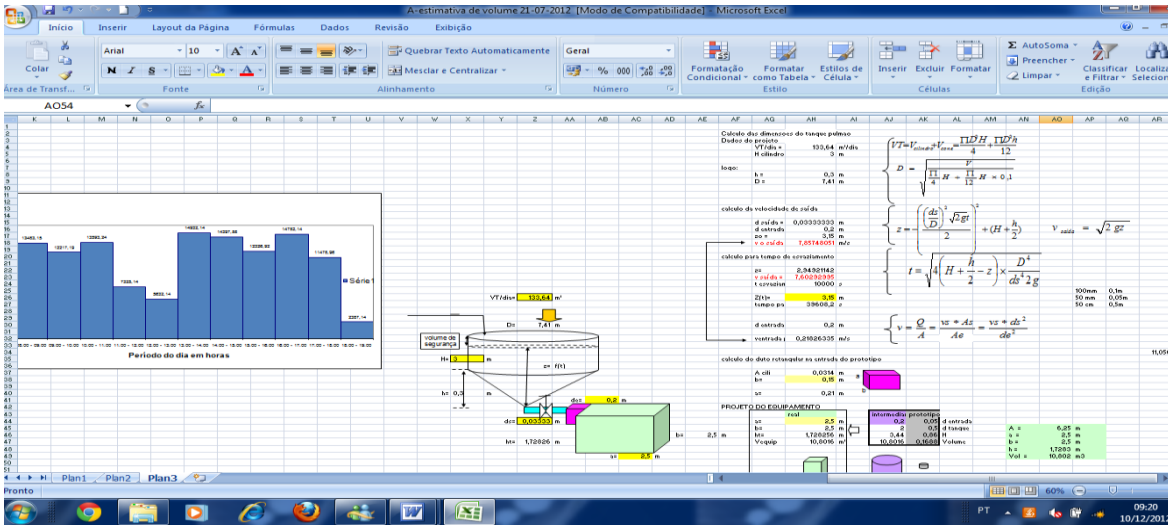

Figura 34 Planilha eletrônica utilizada para dimensionamento da tecnologia alternativa

IV. 4.3 Construção e montagem

Após o projeto/dimensionamento do sistema alternativo foi executado a construção/montagem do equipamento (sistema de tratamento de efluentes de frigoríficos de peixes) pela Indústria e Comércio de Equipamentos Ltda (INOMAQ) cujo resultado se encontra na foto da Figura 35.

Figura 35 Imagem do equipamento (protótipo)

A planta em escala real está sendo negociada a construção da mesma numa empresa do município de Toledo – PR, em função do interesse do frigorífico.

IV.5 TESTES EXPERIMENTAIS DA TECNOLOGIA ALTERNATIVA E ANÁLISE DO DESEMPENHO DA TECNOLOGIA DESENVOLVIDA

Para avaliar o desempenho da tecnologia alternativa para o tratamento de efluentes de frigoríficos de peixes foram realizados testes experimentais com amostras de efluentes preparados em laboratório. No primeiro teste experimental foi verificado que o equipamento necessitava de alguns ajustes, tendo em vista que foi identificado vazamentos e problemas no nivelamento do equipamento. Após os ajustes e correções no equipamento

foram realizados os respectivos testes experimentais. Considerando que os principais componentes do efluente são o óleo e a gordura, foi preparado vários efluentes contendo óleo e água na sua composição, conforme se ilustra na Figura 36.

Figura 36 Preparação do efluente (mistura de óleo e água)

Após a preparação do efluente, foi alimentado ao equipamento alternativo e na saída do mesmo, foram coletados, utilizando recipientes independentes, o efluente tratado e o óleo separado pelo equipamento. Considerando a quantidade total de óleo na alimentação e a respectiva quantidade de óleo coletado após a separação pode-se determinar que a eficiência de recuperação de óleo para esse volume de efluente alimentado foi de 86,6%. O restante de óleo ficou retido, de forma temporária, no equipamento, pois esse óleo residual irá sair posteriormente após nova alimentação de efluente. Desta forma pode-se concluir que a eficiência de separação do equipamento foi de aproximadamente 99% (1% ficou aderido nas superfícies do equipamento). Com relação ao efluente tratado foi constatado visualmente que este não apresentava nenhuma quantidade de óleo, conforme ilustra a foto da Figura 37.

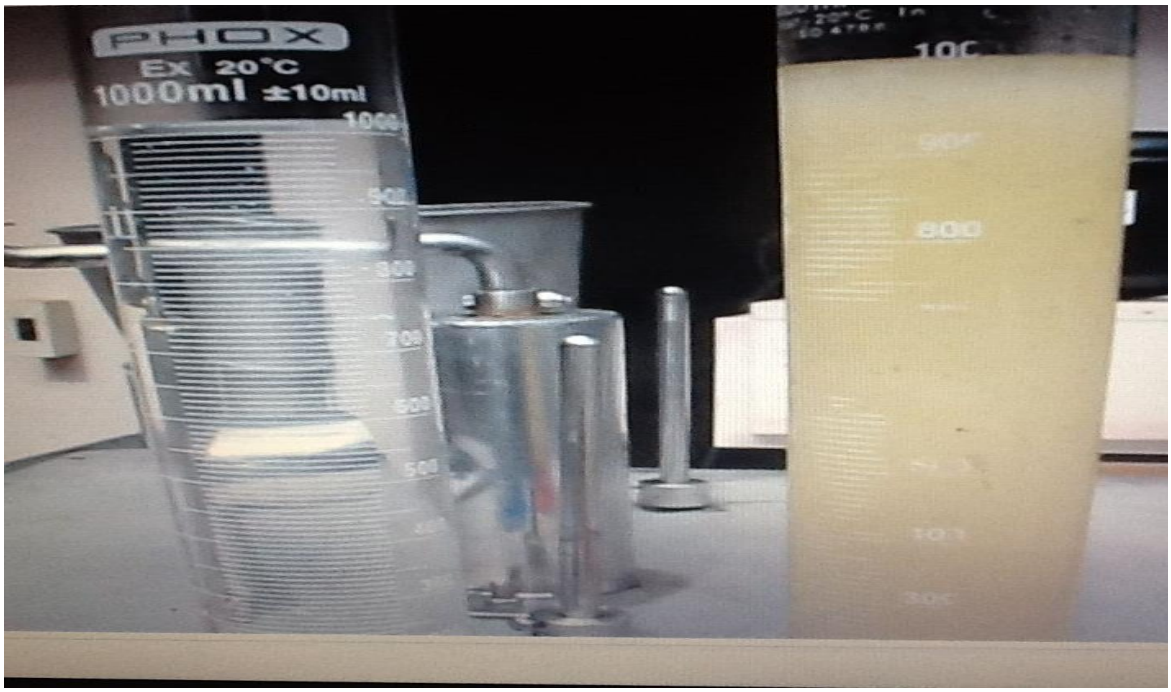

Figura 37 Efluente retirado do equipamento: Primeira proveta - efluente tratado, segunda proveta – óleo

A nova tecnologia foi objeto de avaliação pela empresa INOMAQ e o resultado positivo resultou num interesse no projeto e na construção de sistemas para operação em escala real. A Figura 38 apresenta um esquema da nova metodologia, em função das características inovadoras do equipamento não se apresenta nesta dissertação os detalhes técnicos para não comprometer o requisito de novidade.

O equipamento será instalado logo após a saída do efluente da industria de filetagem de peixe.

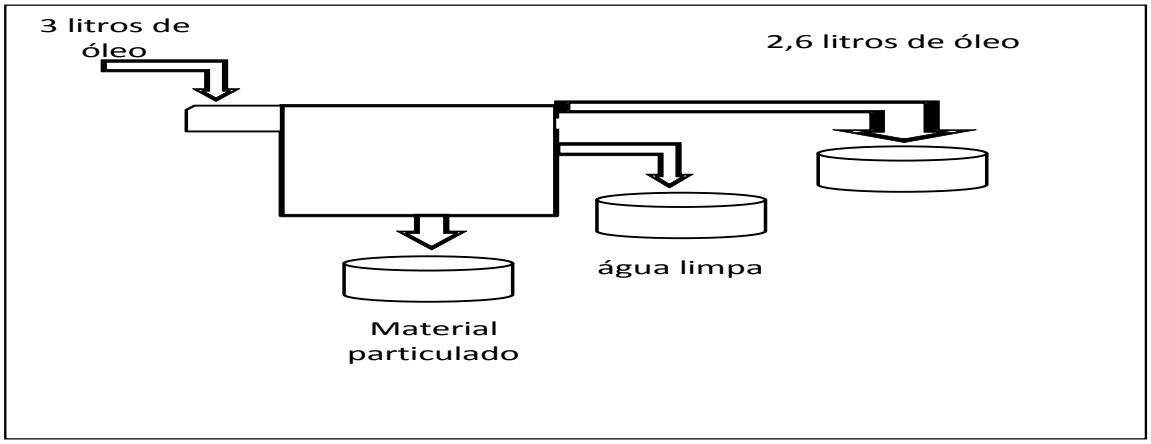

Figura 38 Esquema da nova metodologia para o tratamento de efluentes de frigoríficos de peixes

CAPÍTULO V – CONCLUSÕES

As conclusões correspondentes as metas executadas são apresentadas a seguir:

Na caracterização da fonte geradora de resíduos, concluiu-se que os frigoríficos de peixes são grandes geradores de resíduos sólidos (0,635 toneladas de resíduo sólido por tonelada de peixe processado) e líquidos (12,5 m^3 de efluente por tonelada de peixe processado). A análise das etapas do processo de produção apontou que a etapa de preparação da matéria prima (tilápia) é a maior geradora de resíduos. Por meio do estudo qualitativo foi contatado nos resíduos a presença de 14 componentes sólidos (barbatana dorsal espinhosa, barbatana anal, barbatanas peitorais, barbatanas pélvicas, barbatana caudal, opérculo, olho, brânquias, cabeça, fígado, vísceras, couro com escamas, resíduo do filé e carcaça), 3 componentes líquidos (água, sangue e gordura) e a presença de resíduos gasosos (odor). A implementação dos resultados do balanço de massa (total e parcial) mostrou que aproximadamente 32% da matéria prima é aproveitada. Os resultados, da análise dos efluentes descartados pelo frigorífico estudado, mostraram que somente o parâmetro pH apresentou um valor dentro do limite exigido pelos órgãos ambientais e os demais parâmetros (DQO, DBO, sólidos sedimentáveis e óleos e graxas) se encontram fora desses limites, demonstrando a necessidade de melhorias.

A análise do sistema convencional de tratamento de efluentes, utilizado pelo frigorífico em estudo, apontou um baixo desempenho, principalmente para o caso dos parâmetros de DQO e DBO, os quais após o seu tratamento, se encontram fora dos limites da legislação ambiental.

Do ponto de vista de potencial de geração de efluentes de frigoríficos de peixes, foi constatado que o frigorífico em análise gera aproximadamente 133 m^3 de efluentes por dia. Do ponto de vista de comportamento dos componentes dos efluentes, a maioria desses resíduos (filé, a carcaça, as escamas, a barbatana dorsal espinhosa, a barbatana anal, as barbatanas peitorais, a barbatana pélvica, a barbatana caudal, o opérculo, a cabeça, os rins e o couro) apresentaram maior densidade do que a água e, o olho, o intestino e a gordura prevaleceram a menor densidade. Esses resultados justificaram a escolha da decantação e flotação como método principal do sistema alternativo de tratamento de efluentes (nova tecnologia).

A nova metodologia depois de realizado todos os testes experimentais, apresentou-se eficiente em relação à eficiência de separação/recuperação de óleo, cujo resultado de recuperação foi próximo de 100%. Em todos os casos, o efluente tratado não apresentou

nenhum vestígio de óleo em sua composição, demonstrando assim a viabilidade técnica para o tratamento de efluentes de frigorífico de peixes.

RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Após a finalização do trabalho pode-se constatar a necessidade de testes experimentais, utilizando efluentes reais. Esta etapa deve ser realizada antes da disponibilização da tecnologia no mercado. Dependendo do caso podem também ser testados outros tipos de efluentes com características similares.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. W. S. **Diagnóstico técnico institucional da recuperação e uso energético do biogás gerado pela digestão anaeróbia de resíduos.** São Paulo: Universidade de São Paulo, 2000. Dissertação (Mestrado). Documento eletrônico disponível na URL: <http://documentos.aidis.cl/Trabajos%20P>. Acesso em Março de 2012

ANDRADE, R. L. B., WAGNER, R. L.; MAHL, I., MARTINS, R. S. **Custos de produção de tilápias (Oreochromisniloticus) em um modelo de propriedade da região oeste do Estado do Paraná**. Brasil Ciência Rural, Santa Maria, v.35, n.1, 2005. Documento eletrônico disponível na URL: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v35n1/a32v35n1.pdf>. Acesso em Julho de 2012.

APHA-American Public Health Association. American Water Works Association, Water Environment Federation. **Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater Analysis**. 21st ed. Washington, D.C.: American Public Health Association, 2005.

BOSCOLO, W.R.; FEIDEN, A.. **Industrialização de tilápias**. Toledo: GFM Gráfica &editora, 2007. Documento eletrônico disponível na URL: <http://www.gemaq.org.br/upload/2011112115082920.pdf>. Acesso em Novembro de 2011.

BRAILE, P.M.; CAVALCANTI, J.E.W.A. **Manual de águas residuárias**. São Paulo, CETESB, 1993.

CAMMAROTA M. C.; *et. al*.- **Processo de preparação e composição de preparado enzimático para tratamento de efluentes domésticos e industriais com elevado teor de gorduras, proteínas e/ou carboidratos e processo para tratamento de efluentes domésticos e industriais com elevado teor de gorduras, proteínas e/ou carboidratos, bem como recuperação de reatores biológicos, caixas de gordura e fossas sépticas colmatados por esses materiais**. PI: 0007101-3 B1. Out. 16,2000.

CAMMAROTA, M. C.; TEIXEIRA, G. A.; FREIRE, D. M. G. **Enzymatic pre-hydrolysis and anaerobic degradation of wastewaters with high fat contents**. *Biotechnology Letters*, v. 23, n. 19, p. 1591-1595, 2001. Documento eletrônico disponível na URL: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000079&pid=S010120612010000 20002800002&lng=en>. Acesso em Outubro de 2011.

CUSMOVAS, Jacob; **Aperfeiçoamento em unidade para pré-tratamento de efluentes industriais**. Data de publicação: 14/06/1994 PI: 9303536-5 A2. Ago. 14,1994.

DAMASCENO, S.; MEES, J.B.R.; COSTA JUNIOR, I.L.; BALDESSAR, V.T.; SHUMMAN, M.S.; **Caracterização e readequação de sistema de tratamento de efluentes de frigorífico de aves**. In: I Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos de Animais Tratamento de Dejetos de Animais, 2009, Santa Catarina. **Anais.** Documento eletrônico disponível na URL: <http://sbera.org.br/sigera2009/downloads/obras/086.pdf>. Acesso em Junho de 2012.

EMATER, Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do DF, vinculada à Secretaria de Agricultura/GDF, BORGES, A. M. Piscicultura. Brasília, 1998. Documento eletrônico disponível na URL: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782005000100032>. Acesso em Janeiro de 2012.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2ºEd. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 1998. 602 p.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Yearbook of Fishery Statistics**. Summarytable, 2006. Documento eletrônico disponível na URL: <ftp://ftp.fao.org/fi/STAT/summary/default.htm#aqua>. Acesso em setembro de 2011.

FAO. **El estado mundial de la pesca y laacuicultura 2006**. Documentos Técnicos de Pesca. Rome, 2007. Documento eletrônico disponível na URL: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/a0699s/a0699s.pdf>. Acesso em Março de 2011.

FAO. **Review of the state of world Aquaculture**. Rome, 2003. Documento eletrônico disponível na URL: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/y4490e/y4490e00.pdf>. Acesso em Maio de 2012.

FERNANDES, Vilma Maria; MACHADO Juarez Carlos**. Máquina para tratamento de efluentes industriais, por flotação e sistema de tratamento de efluentes industriais, por flotação**. PI: 0207232-7 A2. Set. 27, 2002.

FERREIRA, E. **Cinética química e fundamentos dos processos de nitrificação e denitrificação biológica**. In: XXVII CONGRESSO INTERAMÉRICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27. 2000, Porto Alegre. **Anais**. Documento eletrônico disponível na URL: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/aresidua/i-121.pdf>. Acesso em Junho de 2012.

GIORDANO, G. **Avaliação ambiental de um balneário e estudo de alternativa para controle da poluição utilizando o processo eletrolítico para o tratamento de esgotos**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense, 1999. 137 p. Dissertação (Mestrado). Documento eletrônico disponível na URL: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/aresidua/i-055.pdf>. Acesso em Maio de 2012.

GIORDANO, G. **Tratamento de Controle de Efluentes Industriais**. Rio de janeiro, Diretor Técnico do Tema-Tecnologia em Meio Ambiente Ltda, 2005. Documento eletrônico disponível na URL: <http://www.cepuerj.uerj.br/insc_online/itaguai_2011/edital/superior/biologo/Apostila%20-%20Tratamento%20de%20efluentes%20industriais.pdf>. Acesso em Julho de 2012

GRYSCHEK, José Marcos Borges; **Gerador submersivel de micro bolhas de ar para tratamento de efluentes industriais**. Data de deposito: 11/06/1992. PI: 9202304-5 B1. Jul. 11, 1992.

GUERRERO, L.; OMIL, F.; MÉNDEZ, R.; LEMA, J.M. **Protein Recovery During the Overall Treatment of wastewaters from fish-meal factories**. Bioresourse Technology, 1998.v. 63, p. 221-229.

HOINACKI, E. **Peles e couros: origens, defeitos, industrialização**. 2 ed. PortoAlegre. SENAI/RS, CPF de artes gráficas, 1989.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Diretoria de Fauna e Recursos Pesqueiros. Estatística da Pesca, 2005: grandes regiões e unidades da federação. Brasília: IBAMA, 2007. p.147. Documento eletrônico disponível na URL: <http://www.cbra.org.br/pages/publicacoes/rbra/download/RB142%20%20Crepaldi%20(%20Situcao%20da%20aquicultura)%20pag%2081-85.pdf>. Acesso em Junho de 2012.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais, 2004. Estatística da Pesca, 2002. Documento eletrônico disponível na URL: < http://www.ibama.gov.br/recursospesqueiros/downloads/estati2002.zip >. Acesso em Abril de 2012.

IBGE. Instituto brasileiro de geografia e estatitica. Dados estatísticos do Brasil. Rio de Janeiro, 2001. Documento eletrônico disponível na URL: <http://www.1.ibge.gov.br/ibge/estatística/indicadores/agropecuário/ispa.htm >. Acesso em Junho de 2011.

JOHANN, A. S. T. **Desenvolvimento de tecnologia alternativa para tratamento de efluente da limpeza dos currais de gado leiteiro**. Toledo (PR), 2010, 109p. . Dissertação (Mestrado de Engenharia Química) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

JÚNIOR, C. A. F.; JÚNIOR, A. S. V. **Cultivo de tilápias no Brasil: Origens e cenário**. Revista eletrônica de apresentação oral, Fortaleza, 2008. . Documento eletrônico disponível na URL: <http://www.sober.org.br/palestra/9/178.pdf>. Acesso em Junho de 2012.

KIRSCHNIK, P.G. **Avaliação da estabilidade de produtos obtidos de carne mecanicamente separada de tilápia nilótica (Oreochromisniloticus)**. Jaboticabal: Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, 2007. 91 p. Tese (Doutorado). Documento eletrônico disponível na URL:

<http://www.caunesp.unesp.br/publicacoes/dissertacoes_teses/teses/Tese%20Peter%20Gaberz%20Kirschnik.pdf>. Acesso em Junho de 2012.

KUBITZA F. **Tecnologia e planejamento na produção comercial**. 1.ed. São Paulo: Jundiaí, 2000. 285p.

LUCAS, A. P. C.; KOETZ, P. R.; PRZYBYLSKI, S. L. A. **Tratamento anaeróbio de efluentes do processamento de corvina (*Micropogoniasfurnieri*) em reator UASB**. Vetor, 2000. v. 10, n. 9, p. 113-124. Documento eletrônico disponível na URL: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000093&pid=S010120612010000020002800009&lng=en>. Acesso em Junho de 2012

MARTINS, C.V.B. et al. **Avaliação da piscicultura na região oeste do estado do Paraná**. Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo, v.27, n.1, p.77-84, 2001.

NOMURA, Ichiro**. O futuro da pesca e da aquicultura marinha no mundo.** Cienc. Cult., 2010. Documento eletrônico disponível na URL: <http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v62n3/a12v62n3.pdf>. Acesso em Março de 2011.

OSTRENSKY A.; BORGHETTI J. R.; SOTO D. **Aqüicultura no Brasil: o desafio é crescer**. Distrito Federal: Brasília, 2008. Documento eletrônico disponível na URL: <http://projetopacu.com.br/public/paginas/202-livro-aquicultura-no-brasil-o-desafio-e-crescer.pdf>. Acesso em Junho de 2012.

PUJOL S. B.; AITA C.; GIACOMINI S. J.; HÜBNER A P.; BALLEM A.; LEAL A. J.; LEAL L. T..**Dinâmica da remoção de DQO e de N no tratamento de efluente de frigorífico em reator aeróbico de biogrânulos**. In: XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2007, Rio Grande do Sul. **Anais**... Documento eletrônico disponível na URL: <http://w3.ufsm.br/ppgcs/congressos/CBCS_Gramado/Arquivos%20trabalhos/Din%E2mica%20da%20remo%E7%E3o%20de%20DQO_Stefen%20P..pdf>. Acesso em Junho de 2012.

ROLLÓN, A. P. **Anaerobic digestion of fish processing wastewater with special emphasis on hydrolysis of suspended solids**.WageningenAgriculturalUniversity, Wageningen, 1999. 123 p. Tese (Doutorado). Documento eletrônico disponível na URL: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000103&pid=S0101-20612010000200028000014&lng=en>. Acesso em Junho de 2012.

SCARASSATI, D. et al.**Tratamento de efluentes de matadouros e frigoríficos. *Curso de Tecnologia em Saneamento Ambiental***, São Paulo, 2003. Documento eletrônico disponível na URL: <http://www.universoambiental.com.br/Arquivos/Agua/abatedouro.pdf>. Acesso em Junho de 2012.

SILVA, R. G.; BATISTA, M. A. **Processos industriais e sistemas de tratamento de efluentes na indústria de conserva de pescado: estudo de caso Coqueiro indústria de pescado**. Rio de Janeiro: Universidade Estadual do Rio de Janeiro, 2003.Trabalho de conclusão de curso. Documento eletrônico disponível na URL: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000107&pid=S0101-20612010000200028000016&lng=en>. Acesso em Maio de 2012.

SILVA, J. F. X. Produção e caracterização de hidrolisado protéico provenientes de resíduos de tilápia (Oreochromis niloticus). Pernambuco: Universidade Federal Rural de Recife, 2010. Trabalho de conclusão de curso. Documento eletrônico disponível na URL: <http://www.pgpa.ufrpe.br/Trabalhos/2010/T2010jfxs.pdf>. Acesso em Abril de 2013.

SOARES, P. **Secretaria faz campanha nacional para vender quilo de peixe a R$ 1,00**. Folha de São Paulo, São Paulo, 2005.Documento eletrônico disponível na URL: <revista.dae.ufla.br/index.php/ora/article/download/94/92>. Acesso em Setembro de 2012.

SOUZA, M. L. R.; DOURADO, D. M.; MACEDO-VIEGAS, E. M.; MACHADO, S. D.; FRREIRA, I. C.; SCAPINELLO, C. **Análise da pele de tilápia do Nilo**.In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2002, Recife. **Anais**. Recife: [s.n.], 2002.

STOECKER, W. F.; JONES, J. W. **Refrigeração e ar condicionado**. 2 Ed., São Paulo. MC Graw-Hill do Brasil, 1985. 481 p.

TACHIBANA, L. **Desempenho inicial e digestibilidade aparente de Nutrientes de diferentes Linhagens de tilápia do Nilo (Oreochromisniloticus)**. Jaboticabal: Centro de Aquicultura da universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho",2002. 46 p. Dissertação (mestrado).

TONONI, J. R.; **Indústria do pescado**. 2000. Documento eletrônico disponível na URL: <http://vix.sebraees.com.br/arquivos/biblioteca/Industria%20do%20Pescado.pdf>. Acesso em julho de 2012.

VIDAL, et.al. **Concentrado protéico de resíduos da filetagem de tilápia-do-nilo (*Oreochromisniloticus)*: caracterização físico-química e aceitação sensorial**. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 92-99, jan-mar, 2011. Documento eletrônico disponível na URL: <http://www.scielo.br/pdf/rca/v42n1/v42n1a12.pdf>. Acesso em julho de 2012.

VON SPERLING M.. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias** – Volume 1: Introdução àqualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG. Belo Horizonte, 240 p., 1995.

VON SPERLING, M., **Princípios do tratamento Biológico de Águas Residuárias, Lodos ativados**, Volume 4, Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, P. 253-268, 1997. Documento eletrônico disponível na URL: <http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/190M.PDF>. Acesso em julho de 2012.

WATANABE, W.O.; LOSORDO, T.M.; FITZSIMMONS, K. et al. **Tilapia production systems in the Americas: technological advances, trend, and challenge**s. Reviews in Fisberies Science, 2002. v.10, p.465-498. Documento eletrônico disponível na URL: <http://pt.scribd.com/doc/76661252/Tilapia-Production-Systems-in-the-Americas-Technological-Advances-Trends-And-Challenges-1>. Acesso em julho de 2012.

ZIMMERMANN, S.A. **Tilápia na América Latina - Introdução e Situação Atual**. In: VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, 2002, São Carlos (SP). **Anais**. . Documento eletrônico disponível na URL: https://www.was.org/LACWAS/boletins/boletim02/02_reportagem/02port_2.htm. Acesso em novembro de 2011.

ZIMMERMANN, V. E. **Desenvolvimento de Tecnologia Alternativa para Tratamento de Efluentes Visando a Reutilizacao da Água de Postos de Lavagem de Veículos**. Toledo (PR), 2008, 138p. . Dissertação (Mestrado de Engenharia Química) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná.