



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente

DE RESÍDUOS Á MATÉRIA-PRIMA: segregação na indústria do pescado

YEDA DOS SANTOS SILVA

PALMAS
2016

YEDA DOS SANTOS SILVA

DE RESÍDUOS Á MATÉRIA-PRIMA: segregação na indústria do pescado

Dissertação (em forma de artigo) apresentada ao Curso de Pós-graduação em Ciências do Ambiente da Universidade Federal do Tocantins, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências do Ambiente.

Orientadora: Dra. Liliana Pena Naval

**PALMAS
2016**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

S586d Silva, Yeda dos Santos .

DE RESÍDUOS À MATÉRIA-PRIMA: segregação na indústria do
pescado . / Yeda dos Santos Silva. – Palmas, TO, 2016.

57 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins
– Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em
Ciências do Ambiente, 2016.

Orientadora : Líliana Pena Naval

1. Técnicas de segregação. 2. Entreposto de pescado. 3. Efluente da
indústria do pescado. 4. Segregação de efluente. I. Título

CDD 628

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer
forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte.
A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184
do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

TERMO DE APROVAÇÃO

Yeda dos Santos Silva

DE RESÍDUOS Á MATÉRIA-PRIMA: segregação na indústria do pescado

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no curso de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente, da Universidade Federal do Tocantins, pela seguinte banca examinadora:

Prof^a. Dra. Liliana Pena Naval (Orientadora)
Universidade Federal do Tocantins, UFT

Prof^o. Dr. Márcio Galdino dos Santos (Membro interno)
Universidade Federal do Tocantins, UFT

Prof. Dr. Aurelio Picanço (Membro externo)
Universidade Federal do Tocantins, UFT

Prof. Dr. Héber Rogério Gracio (Suplente)
Universidade Federal do Tocantins, UFT

Palmas, 18 de março de 2016.

AGRADECIMENTOS

As mais belas palavras, tão pouco os maiores gestos não conseguiriam expressar a gratidão a DEUS que segundo a segundo revigorou minhas forças para alcançar a tão sonhada linha de chegada, o estudo impresso, a dissertação concluída. Com sua grandiosa graça me presenteou com pedras preciosas e com ajuda delas alcancei esta vitória. Por isto não poderia deixar de expressar minha eterna gratidão:

Á minha amorosa mãe Maria dos Santos e minhas irmãs parceiras Sara dos Santos e Iara dos Santos pelo amor incondicional, pelas orações, paciência, pelo cuidado enfim por serem minha base independente do momento. O Diego Feitosa por entender a ausência e apoiar na caminhada.

Á Dra. Liliana Pena Naval que personificou o teor do título de orientadora, sistematizou minha rotina, e quando eu menos acreditava provou a mim mesma que posso ir além.

Ao meu ex-professor, colega de profissão e amigo Guiliano Guimarães e ao meu amigo Marcelo Pedrosa por incentivar desde o primeiro passo e sempre acreditar em mim.

Aos colegas da Gerência de Uso e Controle de Recursos Florestais – Naturatins na pessoa do Renato Pires e Rosilda que apoiaram meu crescimento acadêmico e profissional.

Á parceira de pesquisa e oração inclusive aos domingos, Luana Morena.

Aos amigos e irmãos que oraram, confiaram e apesar da ausência neste período não deixaram reduzir o amor que nos uniu.

RESUMO

SILVA, Y.S. (2016). **DE RESÍDUOS À MATÉRIA-PRIMA: segregação na indústria do pescado.** Dissertação (Mestrado) Ciências do Ambiente, Universidade Federal do Tocantins.

Um dos principais problemas da indústria processadora de pescado é o grande volume de matéria-prima desperdiçada e, conseqüente aumento da concentração de poluentes no efluente gerado. Neste contexto a adoção de um sistema de segregação das correntes para os efluentes, poderá facilitar o tratamento final, gerar co-produtos, e ainda contribuir para que a indústria se adeque aos requisitos básicos do desenvolvimento sustentável, porém é pouco discutida e implantada na indústria processadora do pescado. Considerando a importância da segregação para esse segmento industrial este estudo objetivou avaliar a taxa de remoção de sólidos totais, matéria orgânica e óleos e graxas presentes no efluente, empregando taxas teóricas alcançadas quando adotadas técnicas de segregação para correntes de efluentes. A metodologia empregada consistiu na caracterização física e química do efluente gerado, em diferentes etapas do processo; foi analisado o potencial de segregação dos sólidos, compostos carbonáceos e óleos e graxas. Dessa forma a melhor segregação foi obtida na etapa de evisceração que possui a maior concentração de poluentes quando comparadas demais etapas. Todavia, para eficácia do processo é recomendado o uso de tela e filtro conjugados processo como filtração por membranas, eletrocoagulação, coagulação e floculação, flotação por ar dissolvido.

Palavras-chave: técnicas de segregação; entreposto de pescado; efluente da indústria do pescado;

ABSTRACT

SILVA, Y.S. (2016). FROM WASTE TO RAW MATERIAL: **segregation in the fish industry**. M. Sc. Dissertation. Environmental Sciences, Federal University of Tocantins.

One of the main problems of the fish processing industry is the large amount of raw material wasted and consequent increase in the concentration of pollutants in the effluent generated. In this context the adoption of an effluents treatment segregation system can facilitate the final treatment, generate co-products and also contribute to the industry fit the basic requirements of sustainable development, but it is little discussed and implemented in the fish processing industry. Considering the importance of segregation for this industrial segment the objective of this study was to evaluate the rate of removal of compounds present in the effluent, using the removal rates achieved when adopted segregation techniques for waste treatment. In the methodology was carried out physical and chemical characterization of the effluent generated in different stages of the process; the potential for segregation of solid, carbonaceous compounds, oils and greases were analyzed as well. Thus, the best segregation was obtained in the evisceration stage, which has the highest concentration of pollutants when compared to other stages. However, for effectiveness of the process is recommended to use screen and filter, membrane filtration process, electrocoagulation, coagulation and flocculation, and also dissolved air flotation.

Keywords: segregation techniques; fish industry; fish processing;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Fluxograma do processamento de pescado, no frigorífico em estudo, e indicação dos pontos de coleta de amostras de efluente para caracterização física e química	17
Figura 2 Demonstrativo da variação dos sólidos totais encontradas no efluente gerado durante o processamento do pescado.....	20
Figura 3 Variação da demanda química de oxigênio do efluente gerado no processamento do pescado nas diferentes etapas do processamento do pescado	20
Figura 4 Concentrações da demanda bioquímica de oxigênio do efluente gerado nas diferentes etapas do processamento do pescado	21
Figura 5 Valores médios das concentrações de óleos e graxas presentes nas diferentes etapas do efluente gerado no processamento do pescado, antes da segregação	22
Figura 6 Estimativa da concentração de sólidos totais em mg/L no efluente do processamento após aplicação das técnicas de segregação	24
Figura 7 Concentrações em mg/L da matéria orgânica presentes no efluente a partir da segregação	26
Figura 8 Óleos e graxas em mg/L por etapa após e aplicação das taxas de remoção por técnica de segregação presentes no efluente em indústria processadora de pescado.....	27

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO.....	8
2. INTRODUÇÃO GERAL	9
3. POTENCIAL DA SEGREGAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NA INDÚSTRIA DE PESCADO	14
3.1 Introdução.....	15
3.2 Metodologia.....	16
3.3 Resultados e discussão.....	19
3.4 Conclusão	28
AGRADECIMENTOS	28
REFERÊNCIA.....	29
REFERÊNCIA GERAL	33
ANEXO	37
Anexo I - Caracterização Dos Efluentes.....	37
Anexo II – Submissão do artigo	38
Anexo III –Artigo traduzido	39

1. APRESENTAÇÃO

A indústria processadora de pescado é geradora de elevada carga poluidora, por descartar sangue, escamas, vísceras, pedaços de peixes, e água. No entanto, existem técnicas que podem contribuir para a redução do desperdício de matéria prima, com potencial de reuso. Dentre as técnicas, a segregação proporciona a separação dos resíduos de interesse, que podem ser empregados como co-produtos, além de minimizarem a concentração do efluente final, facilitando o tratamento desses.

Nesta dissertação o tema é discutido e organizado da seguinte forma: uma introdução geral sobre o processamento do pescado, características do efluente oriundo do processo produtivo e técnicas de segregação. E posteriormente estruturado em forma de artigo técnico-científico intitulado como “Potencial de segregação dos resíduos sólidos na indústria de pescado”, submetido à *Elsevier Editorial System Desalination*.

No artigo apresentam-se os resultados obtidos para o estudo realizado sobre o emprego de diferentes técnicas de segregação, em diferentes etapas do processamento de pescado, em um entreposto piloto.

Este estudo integra o projeto “Gerenciamento hídrico aplicado a entrepostos de pescados”, coordenado pelo Centro Nacional de Pesca e Aquicultura (CNPASA), em parceria com a Universidade Federal do Tocantins, Universidade de São Paulo (USP), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Universidade Federal Fluminense (UFF), Superintendência Federal de Aquicultura no Estado do Tocantins (SFA-TO), Frigorífico participantes, financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo financiamento do projeto (processo: 407728 / 2012-0)

2. INTRODUÇÃO GERAL

Aproximadamente 70 milhões de toneladas de peixe são processadas ao ano no mundo, as formas são diversas: eviscerados, filetados, em conserva, congelados e defumados. No entanto, a maior parte da matéria-prima que chega à indústria é transformada em resíduos (SOFIA, 2014). Este desperdício aumenta na mesma proporção em que aumenta o consumo desses produtos.

No processamento do pescado estima-se que entre 40% e 70% do produto beneficiado é transformado em resíduo orgânico (Bugalo *et al*, 2012; Felteet *et al*, 2010; Hernandez, 2013; Herpandiet *et al*, 2011; Monteiro, 2013; Rustad *et al*, 2011; Silva *et al*, 2014), e não possuem um destino adequado (MORAIS, 2013). Em síntese, o desperdício ocorre desde a chegada da matéria prima à indústria até a expedição do produto para o mercado consumidor (ONU, 2012).

O descarte de pedaços do pescado, vísceras, pele, escamas, nadadeiras, espécies de peixes que não atendem aos parâmetros da indústria, e o grande volume de água utilizada para o processamento do pescado, colaboram para o desperdício nessa indústria, e ainda promovem o aumento da concentração do efluente gerado durante o processamento, causando a perda de matéria com potencial de reuso e a diminuição de ganhos na indústria (BUGALLO *et al*, 2013; CRISTOVÃO *et al*, 2015).

O crescimento no volume de resíduos gerados na cadeia produtiva do pescado reflete negativamente no processo de gestão dos mesmos. Isto demonstra a incipiência dessa indústria no que se refere à tecnologia de processamento associada à redução do desperdício de matéria-prima (Malheiro, 2015 e Mello *et al*, 2011), o que dificulta a implantação dos padrões sustentáveis de produção, definidos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010).

A segregação proporciona benefícios para empresa como a redução das concentrações de resíduos sólidos gerados, diminuição dos custos de tratamento do efluente, diminuição dos impactos negativos causados ao meio ambiente e geração de novos campos de trabalho (SOFIA, 2014; COWI, 2008). Quando aplicada a segregação do resíduo no processamento de pescado, a indústria também contribui para o fortalecimento da cadeia produtiva (MPA, 2014). Esses resíduos são tidos como fonte sustentável para produção de subprodutos, com ampla possibilidade de usos

(CAVENAGHI-ALTEMIO *et al*, 2013; JAYASINGHE e HAWBOLDT, 2012; LIN e LI, 2009; JAYASINGHE, HAWBOLDT, e ADEOTI, 2013, FOGAÇA *et al*, 2015).

A indústria de pescado é geradora de resíduo sólido classificado em dois grupos, de acordo com o nível de degradação que possuem. No primeiro estão os subprodutos de fácil degradação como vísceras e sangue; no segundo estão os produtos relativamente estáveis como cabeças, pele e ossos (RUSTAD *et al*, 2011). Por serem esses resíduos, ricos em compostos funcionais e proteínas capazes de serem reusadas em diferentes indústrias como alimentação humana e animal, farmacêutica, agrícola e produção de biodiesel (Morais, 2013; Feltes *et al*, 2010; Sofia, 2014; Wu, 2014), o que promoveria a sustentabilidade da indústria processadora de pescado.

Caracterizados como resíduos sólidos, e presentes em efluentes líquidos, esses resíduos no processamento do pescado são passíveis de segregação e encaminhamento para produção de novos produtos, considerando o potencial para comercialização, a credibilidade mercadológica, a ocorrência da inserção dos resíduos do processamento do pescado nos contextos de funcionalidade, sustentabilidade, além do teor nutricional que possuem (MONTEIRO, 2013; GONÇALVES, 2009).

Ao considerar o volume e as características dos resíduos sólidos gerados faz-se necessário o estudo e implantação de técnicas aplicáveis na indústria processadora de pescado que alcance os objetivos de redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, além de estimular à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviço, e de desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas, como forma de minimizar impactos ambientais (BRASIL, 2010).

O uso de tecnologias limpas impulsiona a inovação verde que aliada ao processo produtivo e favorece a sustentabilidade na transformação do pescado (BAR, 2015; COWI, 2008). O investimento tecnológico e a segregação do efluente, no processamento contribuem para produção mais limpa (BAR, 2015; BEZAMA *et al*, 2012; DENHAM *et al*, 2015). Esta, quando aplicada ao processamento do pescado requer implantação de estratégias para redução de resíduos gerados, como exemplo: a retirada do material sólido para posterior uso como matéria prima; a coleta de sangue e miudezas; a aplicação de telas e/ou armadilhas impedir a adição dos resíduos sólidos ao efluente, e o uso de técnicas de limpeza a seco (COWI, 2008; FAO, 2005).

A segregação facilita o tratamento dos efluentes gerados (Arvanitoyannis e Kassaveti, 2008) pode ocorrer no processamento, por meio de otimizações acrescentadas à linha de produção. Várias alternativas podem ser adotadas como: alteração na máquina de corte; ajuste na máquina de filetagem mecanizada; inclusão de rampa separadora de resíduos; transportador dos resíduos separados, separador de fio, e a cesta separadora, como formas eficazes de manter os resíduos fora do dreno e reduzir os custos de tratamento dos efluentes (WATSON, 2003).

O resíduo gerado durante o processamento pode ser separado por processos manual ou mecanizado. Quando manual, são retirados pelos funcionários da indústria, armazenados em caixas, e transportados. Em geral são caracterizados por cores de acordo com diferentes usos. Se mecanizado o efluente é transportado por esteira e parafusos de rosca, alocada após a mesa de beneficiamento (MARTINS, 2011) e encaminhado para telas ou meios filtrantes (EPA, 2013).

Também são consideradas aliadas da minimização da geração de resíduos, as operações unitárias, como exemplo: o peneiramento; a filtração; a sedimentação, e a floculação (Johanson, 2014 e Sutherland, 2011 e 2013) que reduzem entre 30% e 80% de resíduos sólidos originados durante o processamento do pescado (COLIC *et al*, 2007; FAO, 2014).

O peneiramento a partir de cilindros horizontais perfurados ou cobertos por tela, de modo que o processo inicie com alimentação da peneira onde as partículas pequenas passam para telas rotativas ou vibratórias, com aberturas decrescentes movimentadas por força excêntricas, afetadas pela frequência e amplitude usadas para gradeamento de resíduos sólidos (Johanson, e NZIFST (2014)). Nestes casos com aberturas entre 0,7mm a 1,5 mm, com recomendação para que o fluxo ocorra de forma rápida sem muita intensidade, por considerar os resíduos da indústria do pescado são de fácil degradação e decomposição (FAO, 2014; Colicet *al*, 2007).

A filtração ocorre com a implantação de filtro de tecido, malhas e telas de plástico ou metais, por meio de equipamentos como: suporte mecânico para o meio filtrante, fluxo de acessos para o meio filtrante, e previsão de remoção do excesso de bolo de filtração, que formam filtros rotativos, filtro de vácuo rotativo e filtro centrífugo (NZIFST, 2014).

Para isto é necessário observar a escolha do material filtrante, de modo que favoreçam o bom funcionamento do filtro a partir de características como: as

propriedades específicas da filtração como: a capacidade do meio a resistência; a retenção do bolo filtrado; a facilidade de liberação do bolo, e a capacidade de repelir as sujeiras, além das propriedades da aplicação como propriedades eletroestáticas, químicas, biológicas e térmicas; e ainda as propriedades da máquina como restrição do uso (SUTHERLAND, 2011).

A sedimentação pode alternar com a decantação para a remoção de sólidos como escamas, vísceras e músculos sobrenadantes, a partir do princípio de sedimentação ou floculação a depender do resíduo a ser separado. Para este processo a decantação dá-se meio de tanques tubulares com inclinação na faixa de 45° a 60° associados a raspadores dos sólidos e encaminhamento do resíduo para retirada, por meio de tubos individuais, na parte inferior do tanque (EPA, 2013; FAO, 2016).

A minimização da geração de resíduos aliada à recuperação desses proporciona a obtenção de subprodutos a partir do processamento, que pode ocorrer desde o nível macroscópico, onde ocorre a obtenção da matriz do resíduo, enquanto substrato, com metodologias aplicadas na fase de pré-tratamento como microfiltração que removem sólidos, óleos e gordura. Ao nível macro e micromolecular em que a obtenção do componente funcional é conseguida, com a aplicação da ultrafiltração como técnica utilizada (BENETT, 2015; GALANAKIS, 2012), apresentando-se mais eficaz para o efluente gerado nas etapas de sangria (SOUZA, 2015)

Tanto a micro e ultrafiltração são utilizadas para recuperação da carga proteica encontrada no efluente, que entre outras características, possui alta concentração orgânica comprovada pela presença de proteínas perdidas durante o processo (EPA, 2013; GRINGER *et al*, 2015; SOTOFT *et al*, 2015; SOUZA, 2010; OSMAM *et al*, 2015).

Quando o efluente apresenta óleos e graxas, esses podem ser separados, por meio da aplicação de tecnologias como eletrocoagulação, que remove com eficiência proporcional à formação e ao tamanho de bolhas desenvolvidas no processo, de modo que potencializam o processo, em contrapartida eleva os requisitos de energia (Fouad, 2014), ou por meio do sistema de flotação de ar dissolvido – DAF (MUTHUKUMARAN e BASKARAN, 2013)

Estudos da valoração dos subprodutos do processamento de pescado concluem que estes podem ser aproveitados na elaboração de novos produtos, com baixo custo de matéria prima e de produção, elevando o lucro da indústria e diminuindo o impacto

ambiental ocasionado (ARVANITTOYANNIS e KASSAVETI, 2008, MONTEIRO, 2013, SILVA *et al*, 2015; SOETHE, 2014).

Entre as alternativas de reuso dos resíduos do processamento de pescado estão o aproveitamento para consumo animal e consumo humano e para geração de biodiesel, que podem contribuir para estabelecimento de um setor pesqueiro comprometido com as questões ambientais (ALONSO *et al*, 2010; ADEOTI e HAWBOLDT, 2014; COSTA, 2013; FELTE *et al*, 2010; JAYASINGHE e HAWBOLDT, 2012).

Também è possível a utilização dos resíduos para produção de colágeno e antioxidantes de isolamento para cosméticos, biogás/biodiesel, fertilizantes, aplicações dietéticos (quitosana), embalagens de alimentos (gelatina), isolamento de enzimas (proteases) (ARVANITTOYANNIS e KASSAVETI, 2008; JAYATHILAKAN, 2012; MORAIS, 2013; KRAIEM *et al*, 2015; OLIVEIRA *et al*, 2015; SOFIA, 2014; WU,2014). E farinha de peixe como a alternativa de reuso mais comum (MORAIS, 2013, JAYASINGHE e HAWBOLDT, 2012; JAYASINGHE, HAWBOLDT, e ADEOTI, 2013; LIN e LI, 2009; MARTINS, 2011).

O incremento no processo produtivo ocorre com o propósito de melhoria no desempenho do mercado frente à corrida pelo atendimento da demanda final por novos produtos alimentares ou por legislação regulatória (BAR, 2015). Considerando a possibilidade de segregação e reaproveitamento dos resíduos gerados no processamento do pescado, o presente estudo objetivou avaliar as taxas de redução dos resíduos presentes no efluente gerado, pela indústria processadora de pescado, empregando-se diferentes técnicas de segregação.

3. POTENCIAL DA SEGREGAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NA INDÚSTRIA DE PESCADO

Silva, Yeda dos Santos; Naval, Liliana Pena

^{1,2} Federal University of Tocantins, Palmas, Brazil

silva_yeda@uft.edu.br; liliana@uft.edu.br

RESUMO

Este estudo objetivou determinar a taxa de remoção teórica de compostos sólidos presentes em efluentes do processamento de pescado, empregando técnicas de segregação. Considerando a possibilidade da segregação de resíduos sólidos ser usada como alternativa para redução do desperdício ocorrido nas etapas do processamento do pescado, uma vez que são retirados do efluente, permitindo minimizar a concentração do efluente final, além de disponibilizar materiais que poderão ser produtos para reinserção na cadeia produtiva, realizou-se este estudo. Para tanto, foram avaliadas taxas de remoção alcançadas, por diferentes tratamentos, para parâmetros físicos e químicos (sólidos, matéria orgânica e óleos e graxas) e verificada a eficiência da segregação das correntes de efluente, para as diferentes etapas do processamento do pescado, por meio de análise estatística descritiva. A segregação recuperou de 31% até 70% de sólidos totais; de 15% até 97,50% de matéria orgânica, e de 10% a 63% de óleos e graxas, que poderão ser empregados como matéria prima para novos produtos.

Palavras-chave: segregação de efluente; indústria de pescado; processos de separação.

ABSTRACT

The segregation of solid waste is used as an alternative to reduce the waste occurring in the stages of fish processing, once they are removed from the effluent, allowing to minimize the concentration of the final effluent, in addition to providing materials which maybe co-products for reinsertion in the productive chain. The objective of this study was to determine the retical removal rate of solid compounds present in the fish processing effluent, using segregation techniques. There fore, were evaluated physical and chemical parameters (solids, organic matter and oils and greases) and verified the efficiency of segregation of the effluents treams to the different stages of fish processing, using descriptive statistical analysis. As a result, segregation recovers from 31% to 70% total solids; 15% to 97.50% of organic matter and 10% to 63% of oils and greases, which maybe used as raw material for new products.

Keywords: wastewater segregation; fish industry; separation processes.

3.1 Introdução

O desperdício de alimentos é uma característica da atualidade. Este se inicia desde o processamento, e segue até a distribuição ao consumidor final, de maneira que parte da matéria-prima que chega às indústrias processadoras de alimentos é desperdiçada. E este é um fator considerado contribuinte para a geração de resíduos líquidos e sólidos (ONU, 2012) que reduz a disponibilidade alimentar e aumenta o potencial poluidor da indústria alimentícia.

Dentre as indústrias geradoras de resíduos com elevada carga poluidora, está a indústria de processamento do pescado (Chowdhury *et al.*, 2010; Cristovão *et al.*, 2012, 2015). O efluente gerado durante as etapas de processamento desse produto possui contaminantes orgânicos que se apresentam nas formas solúveis, coloidais e particulados (CHOWDHURY *et al.*, 2010), incluindo proteínas, nutrientes, óleos e graxas (MUTHUKUMARAN & BASKARAN, 2013). Os principais resíduos sólidos produzidos são constituídos por escamas, carnes, ossos, cartilagens e vísceras (THI ANH *et al.*, 2011).

No processamento, o descarte desses resíduos está entre 50 e 70% do pescado processado (HERNANDEZ, 2013; FELTE *et al.*, 2010; HERPANDI *et al.*, 2011; MONTEIRO, 2013; RUSTAD *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 2014). Desse volume de resíduos gerados, aproximadamente a metade equivale a materiais orgânicos (BUGALO *et al.*, 2012), e não possuem um destino adequado (MORAIS, 2013). Por conseguinte, o potencial poluidor do efluente final, em virtude da elevada carga orgânica é elevado, e deve ser considerado (COSMANN *et al.*, 2009; HERNANDEZ *et al.*, 2013; BUGALO, 2012).

Em contrapartida, metas como a redução do desperdício e a busca do aumento da eficiência da cadeia produtiva (LOVE, 2015; ONU, 2012) objetivam o equacionamento entre crescimento populacional, disponibilidade de alimentos e a proteção dos recursos naturais. De forma que a busca de alternativas aplicáveis ao processamento de alimentos, que diminuam o volume do resíduo gerado, além de valorização econômica para os subprodutos originados, é necessária (LAGO, 2015; LOPES, 2015; SOFIA, 2014).

Neste cenário a segregação se apresenta como uma opção gerencial para os resíduos gerados, e podem ser aplicadas no decorrer do processamento do alimento ou posteriormente, já na fase de pré-tratamento, antes que o efluente do processamento

entre em contato com o efluente gerado na área administrativa, para diminuir os riscos de contaminação, minimizar o fluxo de efluente e reduzir o custo com tratamento e disposição final do resíduo (JOHANSON, 2014; ALONSO, 2010, LOPES, 2015; MITTAL, 2006).

A segregação pode ser realizada adotando-se várias técnicas como: a decantação, o peneiramento e a filtração, que são operações unitárias e podem ser utilizados na recuperação de parte dos resíduos sólidos presentes no efluente, cuja presença aumenta a carga poluente, requerendo tratamentos mais complexos (BEZAMA, 2012).

A segregação depende das características do material constituinte. Dessa forma, por exemplo, quando aplicada à decantação, é fator preponderante a capacidade de sedimentação e a diferença de densidade do material, para que a operação ocorra com eficiência. Para o peneiramento e a filtração, que utilizam o mesmo princípio de separação das partículas, deve-se considerar o tamanho do material a ser separado (JOHANSON, 2014; SUTHERLAND, 2011, 2013).

Para isto é necessário o estudo do processo produtivo do pescado e do efluente gerado nas diferentes etapas. Dessa forma a implantação da segregação depende do tipo e volume de efluente gerado e os principais pontos geradores.

Considerando o exposto, este estudo objetivou analisar a eficiência teórica da segregação aplicada às diferentes correntes de efluentes geradas em um entreposto de pescado, para redução de sólidos, matéria orgânica e óleos e graxas.

3.2 Metodologia

Processamento da matéria-prima

O estudo foi realizado em um entreposto de pescado localizado na região Norte brasileira que processa 1687,50 Kg/mês de pescado, sendo as espécies beneficiadas: *Colossoma macropomum* (tambaqui), *Brycon cephalus* (matrinxã), *Pseudoplatysto macoruscans* (pintado) e *Leporinus freiderici* (piauí).

A matéria-prima é processada por meio da evisceração e resfriamento em quatro etapas: inicial (I); evisceração (II) resfriamento (III) e global (IV) (Figura 1).

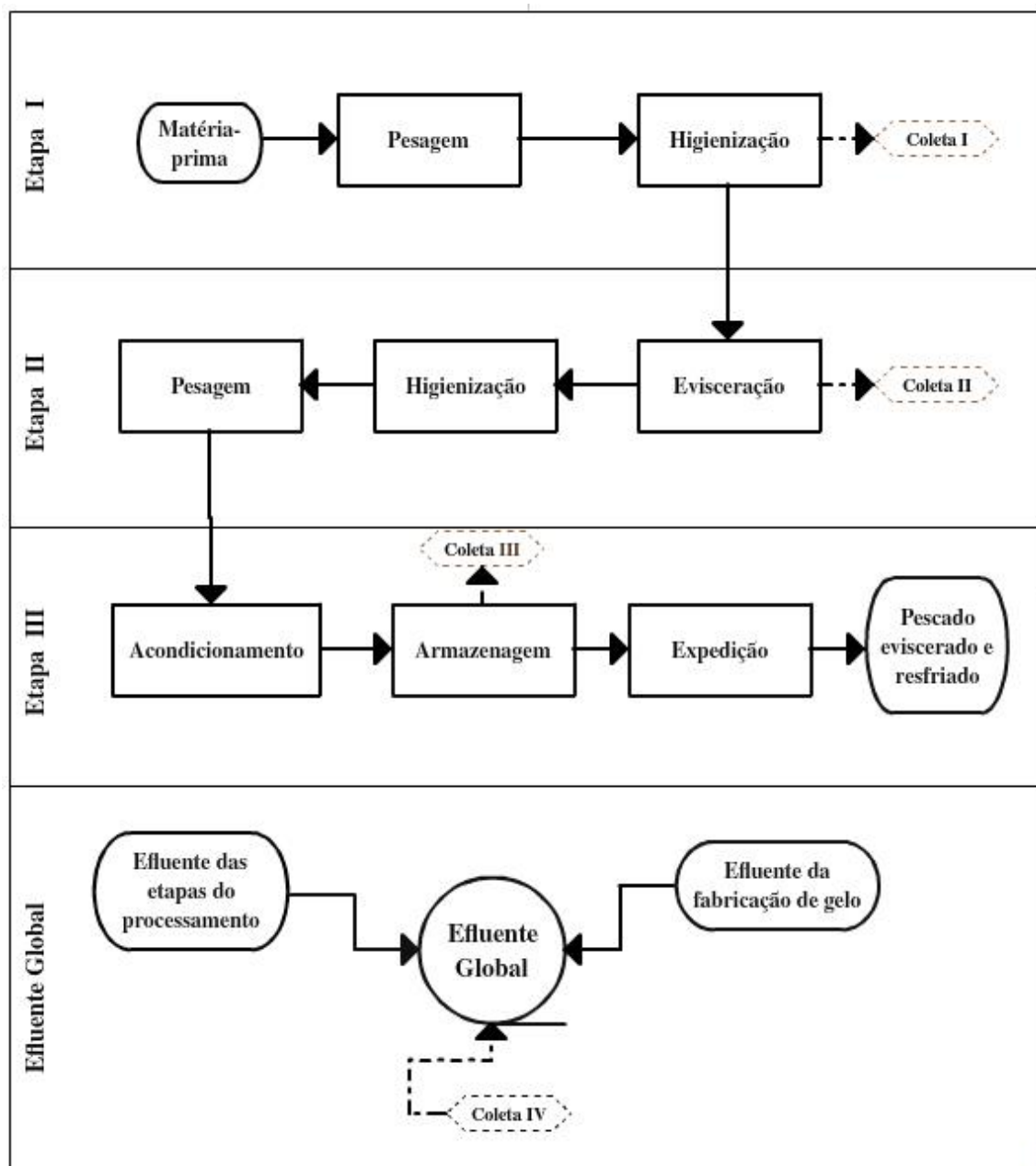


Figura 1 Fluxograma do processamento de pescado, no frigorífico em estudo, e indicação dos pontos de coleta de amostras de efluente para caracterização física e química

A Etapa inicial (I): configura-se pelo recebimento, pesagem, higienização e transporte da matéria-prima para a etapa posterior; de processamento. Portanto, a etapa I é caracterizada pela geração de efluente líquido com a presença de pedaços de peixe, óleos e graxas.

A Etapa de Evisceração (II) inclui a mesa de corte ou de incisão abdominal no pescado e encaminhamento à evisceração, quando o pescado é colocado sobre a mesa de

evisceração, manualmente é realizada a retirada das vísceras, pesagem do produto, higienização, armazenagem e posterior encaminhamento do produto para a refrigeração. Sendo esta etapa caracterizada pela geração de efluente líquido com pedaços de peixe, óleos e graxas, vísceras e sangue.

A Etapa de resfriamento (III) é o local de armazenamento do produto e dos resíduos. O produto fica acondicionado e resfriado em monoblocos até a distribuição para mercado e os resíduos seguem para estação de tratamento. Esta etapa é caracterizada pela lavagem dos monoblocos com geração de efluente líquido acompanhado por sangue e resíduos do material usado na limpeza do local.

A Etapa IV corresponde ao conjunto do efluente originado no processamento do pescado e na lavagem dos monoblocos. A coleta das amostras se deu no local de junção dos efluentes.

Pontos de amostragem e caracterização do efluente

Foram realizadas 11 coletas de amostras de efluentes, com periodicidade mensal, nos pontos a seguir descritos.: I (Etapa inicial), após o cilindro de lavagem; II (Etapa de Processamento), após a mesa de evisceração do pescado, III (Etapa resfriamento), após o acondicionamento do produto em monoblocos em espaço refrigerado e na Etapa, a coleta das amostras se deu no local de junção dos efluentes (do processamento e da área administrativa).

Avaliação da segregação do efluente

As análises realizadas para caracterização do efluente foram: sólidos totais ((ST) Ref. n. 2540-G Total, fixed, and volatilesolids in solidandsemisolidsamples), demanda bioquímica de oxigênio ((DBO), técnica Ref. n. 5210 B. 5-Day BOD Test), demanda química de oxigênio (DQO) Ref. n. 5220 Closedrefluxtitrimeticmethod), e óleos e graxas (Ref. n. 5520-B Partitiongravimetricmethod). As análises foram realizadas de acordo com descrito no *Standard methods for the examination of water and wastewater* (APHA, 2005).

Segregação das correntes de efluentes

Para determinar a taxa de remoção dos poluentes a partir da aplicação da segregação, nas correntes de efluentes, de cada uma das etapas de processamento da

indústria em estudo foram adotados os percentuais de remoção, para os compostos estudados (sólidos totais, matéria orgânica, e óleos e graxas) obtidos teoricamente, quando empregadas em diferentes operações unitárias e processos, a saber:

- para a separação dos sólidos totais foi determinado o percentual de remoção teórico alcançado pelas seguintes técnicas: triagem; tela conjugada com filtro e bacia de captura; tela, filtro e bacia de captura com remoção; tela; peneiramento conjugado com microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração e osmose reversa; flotação por ar dissolvido.

- quanto à segregação da matéria orgânica, se aplicaram as técnicas: telas; filtro rotativo; peneira rotativa; ultrafiltração; pre-filtração conjugada a nanofiltração.

- para a segregação de óleos e graxas foram estudados os processos de filtração por membranas associada à eletrocoagulação. Especificados por membrana dinâmica e eletrocoagulação, membrana cerâmica e eletrocoagulação, membrana cerâmica, e membrana dinâmica.

Para determinação da eficiência da aplicação da segregação se empregou a análise estatística descritiva, adotando-se o cálculo de medidas-resumo, levando em consideração a natureza das variáveis envolvidas. Para a análise inferencial dos resultados foram utilizados testes paramétricos, levando-se em consideração a natureza das distribuições dos valores ou a variabilidade das medidas efetuadas. Foi empregado o pacote estatístico Microsoft Office Excel 2007.

3.3 Resultados e discussão

Para a caracterização do efluente proveniente das diferentes Etapas I, II, III e IV do processamento de pescado foram analisados os parâmetros sólidos totais; matéria orgânica (DBO_{5,20}, e DQO) e óleos e graxas.

Para os sólidos totais (Figura 2) foram encontradas nas diferentes etapas do processo as seguintes concentrações médias: 1740 mg/L (etapa I), 2714 mg/L (etapa II), 444,1 mg/L (etapa III) e 2094 mg/L (etapa IV). As concentrações foram semelhantes às encontradas em outros trabalhos (Chowdhury *et al* ,2010; Garde ,2011). Apresentaram características típicas do processamento, encontrado na indústria em estudo, que tem como produto final apenas o pescado eviscerado, e não filetagem, ou conserva, por exemplo, que acarretam o aumento dos sólidos nos efluentes.

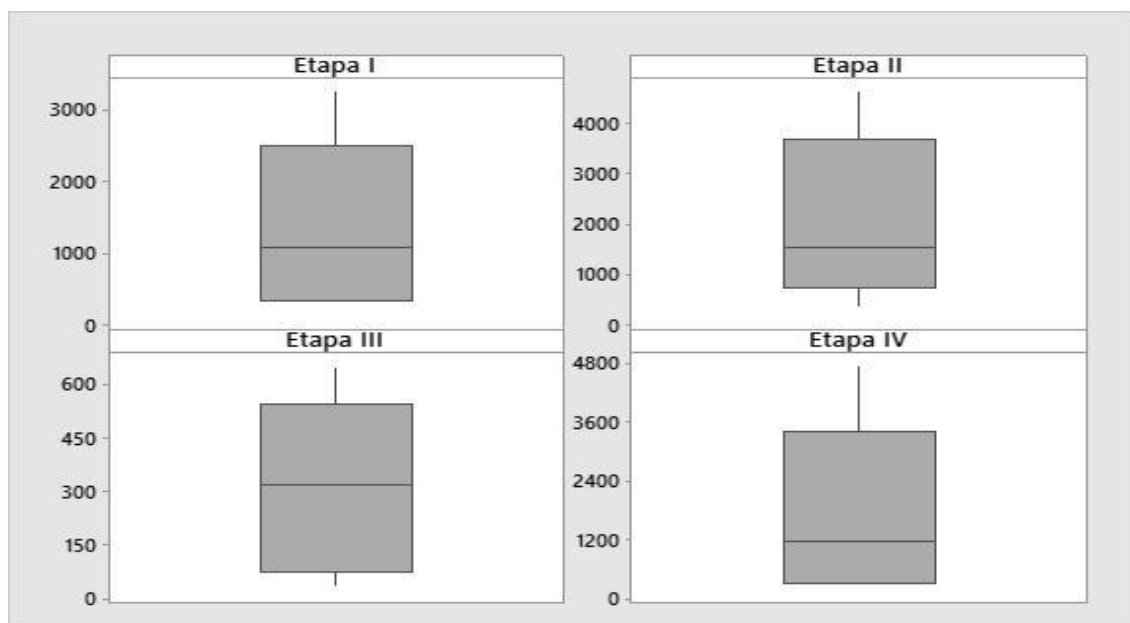


Figura 2 Demonstrativo da variação dos sólidos totais encontradas no efluente gerado durante o processamento do pescado

Para matéria orgânica, empregando-se o teste de DQO, obteve-se uma concentração média de 1446 mg/L na etapa I, de 1811mg/L na etapa II, de 167,6 mg/L na etapa III e de 1592 mg/L na etapa IV (Figura 3). Encontrou-se um elevado teor de matéria orgânica presente nas etapas que correspondem ao processamento propriamente dito, e no efluente global, pela carga adicionada a este, originada no processamento. Característica também encontrada em outros estudos (ALEXANDRE *et al* ,2014; CRISTOVÃO *et al* ,2012 e 2015; CHOWDHURY *et al* ,2010; GARDE, 2011; THI ANH *et al* ,2011; QUEIROZ *et al* ,2013).

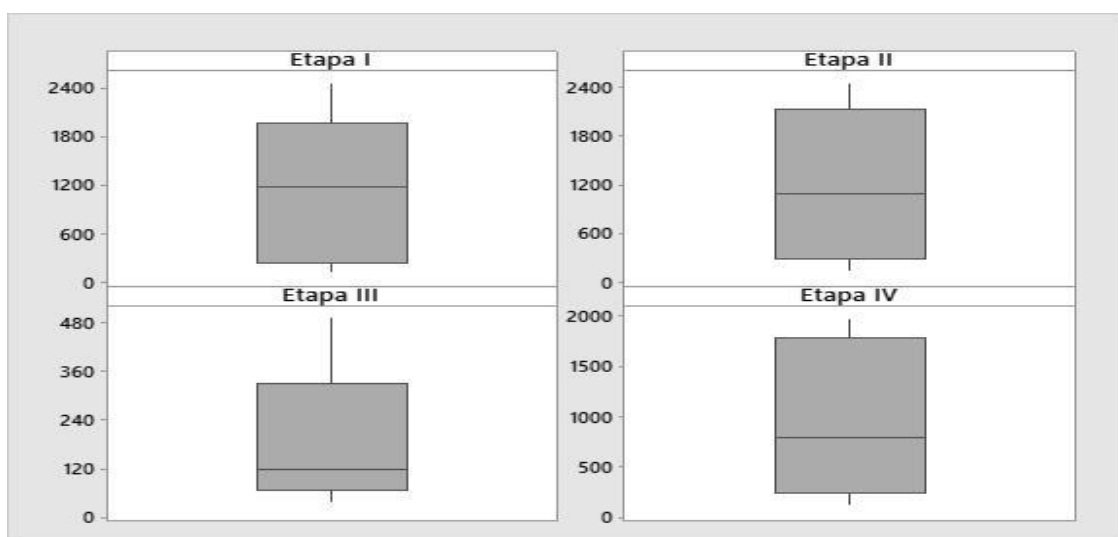


Figura 3 Variação da demanda química de oxigênio do efluente gerado no processamento do pescado nas diferentes etapas do processamento do pescado

Quando analisada a DBO, os resultados foram compatíveis com os obtidos na análise da DQO e com as concentrações estiveram próximas daquelas obtidas em outras indústrias processadoras de pescado (Alexandre *et al.*, 2014; Cristovão *et al.* 2012; Cristovão *et al.* 2015; Chowdhury *et al.*, 2010; Garde, 2011; ThiAnh *et al.*, 2011; Queiroz *et al.*, 2013). Neste estudo foram encontradas as concentrações médias de DBO de 699,1mg/L na etapa I, 908 mg/L na etapa II, 80,3 mg/L na etapa III e 742,5 mg/L na etapa IV, apresentadas na Figura 4.

A maior concentração de matéria orgânica na etapa II foi associada às atividades de evisceração e higienização, que adiciona na rede coletora de efluente resíduos sólidos como as vísceras, resíduo mais gerado no entreposto estudado, além de sangue e pedaços do pescado beneficiado elevando a biodegradabilidade do efluente. Observa-se que a redução do teor de matéria orgânica é primordial, indicativo da necessidade da segregação desta.

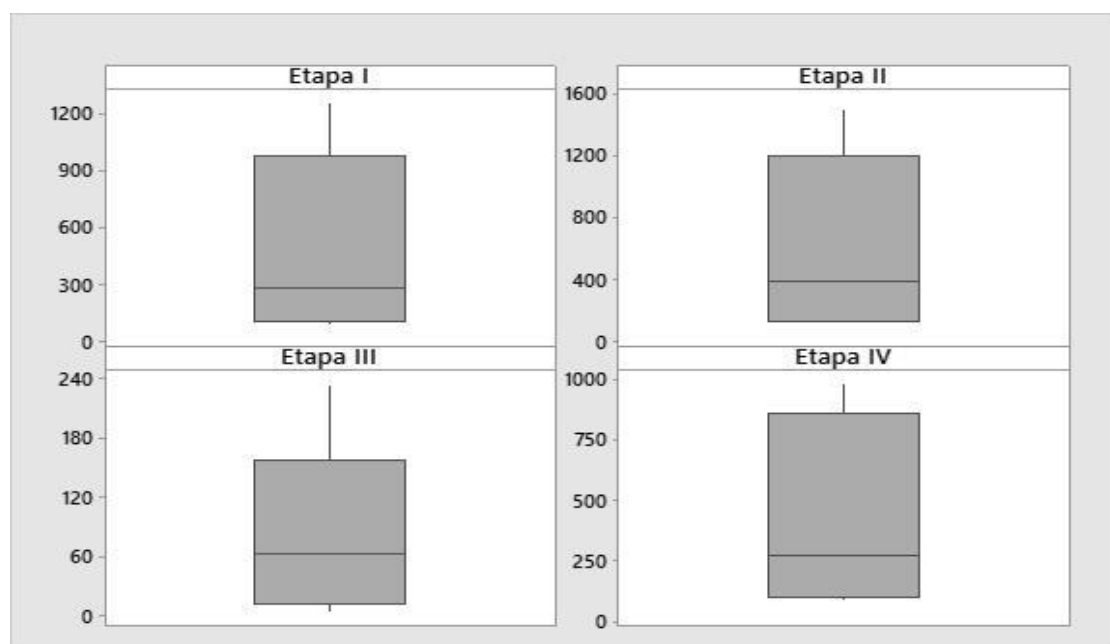


Figura 4 Concentrações da demanda bioquímica de oxigênio do efluente gerado nas diferentes etapas do processamento do pescado

Para os óleos e graxas foi obtida concentração 0,172 mg/L na etapa I, 0,837 mg/L na etapa II, 0,0316 mg/L na etapa III e 0,701 mg/L na etapa IV apresentados na Figura 5, em todas etapas estudadas apresentaram limites superiores e inferiores quando considerados o padrão de qualidade preconizado pela legislação ambiental vigente. Como esperado, a etapa II apresenta maior concentração entre as demais etapas estudadas devido às características dos resíduos gerados nesta em consequência da

evisceração. Este parâmetro difere fortemente de indústria para indústria, uma vez que àquelas que processam conservas, acrescentam óleo ao produto, logo esses dados podem ser divergentes de estudo para estudo, como os realizados por Mosquera *et al*, (2001), Cristovão *et al*, (2012) e Cristovão *et al*, (2015), cujas concentrações estiveram entre 156 mg/L e 2841 mg/L de óleos e graxas.

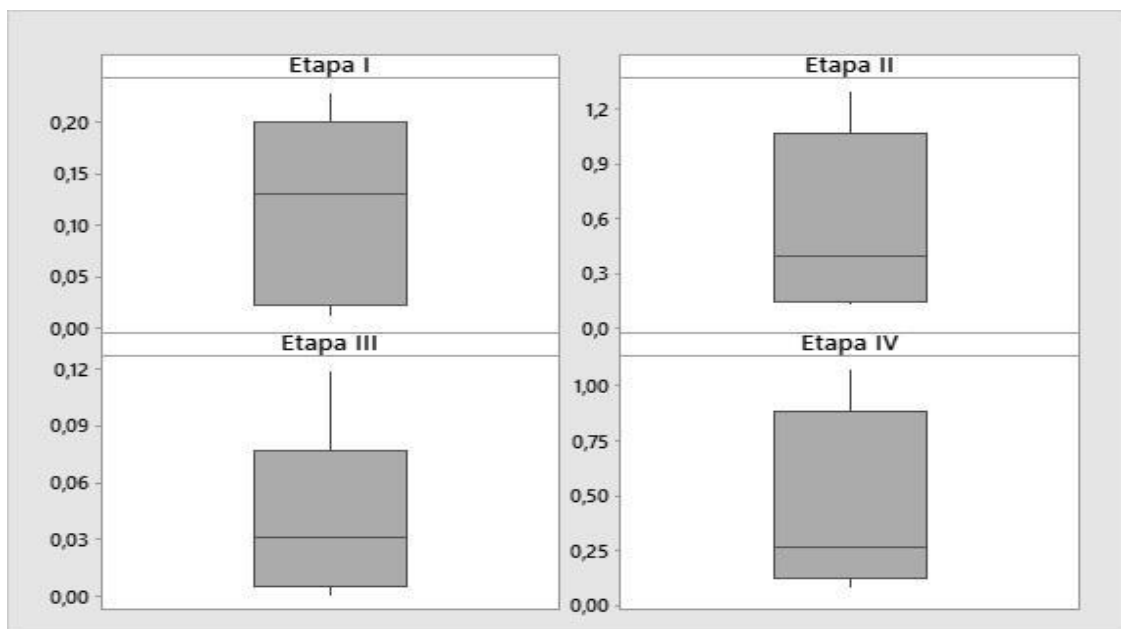


Figura 5 Valores médios das concentrações de óleos e graxas presentes nas diferentes etapas do efluente gerado no processamento do pescado, antes da segregação

Ao caracterizar o efluente gerado na indústria processadora de pescado, em estudo pode-se determinar a concentração dos parâmetros de interesse, cuja finalidade foi a de verificar a eficiência, se aplicada à segregação das correntes de efluentes, para a redução da concentração desses no efluente final e avaliar a possibilidade de recuperação dos subprodutos.

Sobretudo, porque a concentração de poluentes no efluente é equivalente à concentração dos resíduos finais da indústria processadora, mesmo para diferentes matérias primas como peixe, frutos do mar, crustáceos (Alexandre e ThiAnhet *al*, 2011), Espera-se que ao implantar a segregação, a concentração final do poluente seja minimizada, facilitando as operações envolvidas no tratamento e ainda estimular o aproveitamento dos subprodutos, como mencionado.

Para tanto foram adotados os percentuais teóricos de remoção obtidos a partir do emprego de diferentes técnicas de segregação, para os compostos estudados (sólidos totais, matéria orgânica, óleos e graxas), (Tabela 1), nas Etapas de processamento (I, III, II e IV) da indústria em estudo.

Tabela 1 Técnicas de segregação e percentuais de remoção alcançados para os compostos estudados.

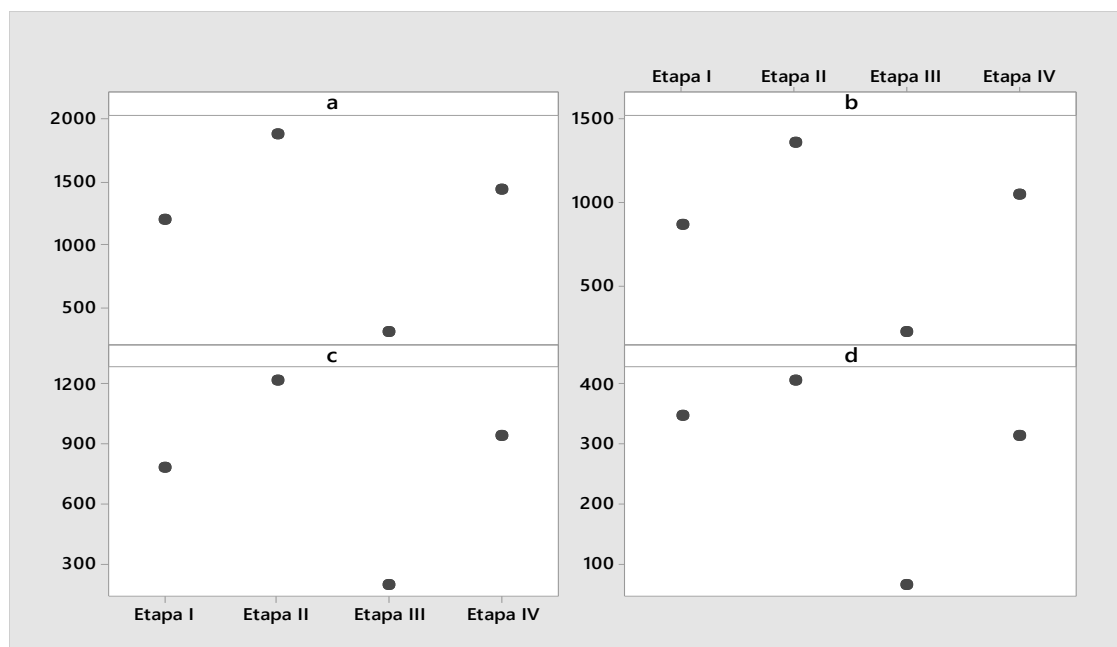
Técnica empregada	% Teórico adotado	Referências
	Sólidos Totais	
Tela	31% a 60%	Bezama <i>et al</i> , (2012); Almandoza <i>et al</i> , (2015)
Tela conjugada com filtro e bacia de captura	40% a 70%	SOFIA, (2014)
Peneiramento conjugado com microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração e osmose reversa	100%	Gebreyohannes <i>et al</i> , (2016)
Flotação por ar dissolvido	80% a 90%	Colicet <i>al</i> , (2007)
	Matéria orgânica	
Telas	25% a 60%	Mittal, (2006)
Filtro rotativo	15%	Cowi, (2008)
Peneira rotativa	25%	Cowi, (2008)
Pre-filtração conjugada a nanofiltração	56%.	Gebreyohannes <i>et al</i> , (2016)
Ultrafiltração;	36%	Gebreyohannes <i>et al</i> , (2016)
Nanofiltração	60% a 80%	Gebreyohannes <i>et al</i> , (2016)
Flotação por ar dissolvido	30% a 90%	Mittall, 2006 ; Bustillo-Lecompte e Mehrvar (2015)
Coagulação-flotação	90%	Lefebvre e Moletta (2006)
Osmose Reversa	97,50%	Gebreyohannes <i>et al</i> , (2016)
	Óleos e graxas	
Filtração por membranas associada á eletrocoagulação	65%	Yang <i>et al</i> , (2015)
Membrana cerâmica e eletrocoagulação	50%	Yang <i>et al</i> , (2015)
Membrana cerâmica	2%	Yang <i>et al</i> , (2015)
Membrana dinâmica	10%	Yang <i>et al</i> , (2015)
Flotação	37% e 63%	Colic <i>et al</i> , 2007
Tela	10% a 20%	Colic <i>et al</i> , 2007

Quando empregado os percentuais teóricos de remoção, aos sólidos totais (Figura 6Figura 6), encontrados nos efluentes oriundos das etapas I, II, III e IV do processamento do pescado, na indústria em estudo, e de acordo com as técnicas de segregação adotadas, obtiveram-se reduções que alcançaram até 90%, quando técnicas são associadas. No entanto, com o emprego de técnicas simplificadas, a redução é

inferior (de 25 a 60%), mas são igualmente importantes, por serem de baixo custo e de fácil operação. Neste último caso, destaca-se o emprego da triagem e de telas.

Ainda, considerando-se a remoção desses sólidos, gerada pela segregação, obter co-produtos, que poderão ser empregados como matéria prima, para produtos secundários, na própria indústria, ou fora dela, aproximará a indústria dos princípios da sustentabilidade. Os resultados obtidos para todas as técnicas estudadas, nas diferentes etapas encontram-se a seguir:

Técnicas	Remoção teórica	[C]inicial (mg/L)	I (mg/L)	II (mg/L)	III (mg/L)	IV (mg/L)
Triagem	31%	1740	1201	1873	306	1445
Tela	40% a 60%	1740	870	1357	222	1047
Tela conjugada com filtro e bacia de captura	40% a 70%	1740	783	1221	200	942
Flotação por ar dissolvido (FAD)	80% a 90%	1740	348	407	67	314



Legenda: (a) Triagem; (b) Tela; (c) Tela conjugada com filtro e bacia de captura; (d) Flotação por ar dissolvido (DAF)

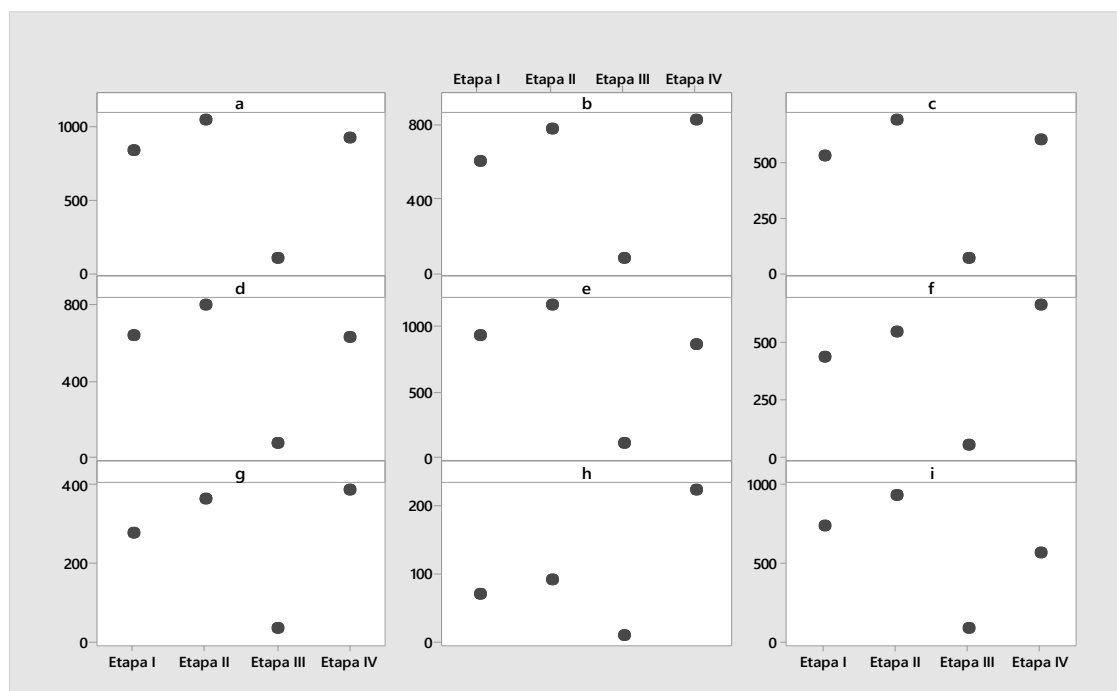
Figura 6 Estimativa da concentração de sólidos totais em mg/L no efluente do processamento após aplicação das técnicas de segregação

Quanto à remoção da matéria orgânica (Figura 7), os maiores percentuais de remoção teóricos estão associados às técnicas de segregação que operam por meio da

nanofiltração, da flotação por ar dissolvido, da coagulação-flotação e da osmose reversa. Essas técnicas de segregação conseguiram remover até 97,50% da matéria orgânica que resulta em um efluente com qualidade para ser descartado diretamente em um corpo hídrico, ou ainda ser reusado ou reciclado no processamento, de acordo com as legislações brasileiras vigentes (Resolução CONAMA 430/2011 (Brasil, 2011)) e Resolução nº 54/2005 do CNRH (Brasil, 2005)). Se o efluente oriundo da segregação for submetido a tratamento, bastará a adoção de um sistema simplificado.

Se adotadas as técnicas menos eficientes, ainda assim é possível conseguir a redução de 25 a 60%, que é um muito importante, quando o composto a ser minimizado, é a matéria orgânica, considerada como um dos grandes problemas para o tratamento dos efluentes. As técnicas de segregação empregadas e a taxa de remoção alcançada seguem:

Remoção teórica	[C]inicial						
	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	I (mg/L)	II (mg/L)	III (mg/L)	IV (mg/L)	
Telas	25% a 60%		699,1	831,4	1041,3	96,3	915,4
Filtro rotativo	15%		699,1	594,2	771,8	68,2	820,6
Peneira rotativa	25%		699,1	524,3	681	60,2	594
Pre-filtração conjugada a nanofiltração	56%	1446		636,2	796,8	73,7	628,7
Ultrafiltração	30% a 36%	1446		925,4	1159	107,2	859,7
Nanofiltração	60% a 80%	1446		433,8	543,3	50,2	658
Flotação por ar dissolvido	30% a 90%		699,1	279,6	363,2	32,1	387,3
Coagulação- flotação	90%		699,1	69,9	90,8	8	222,7
Osmose Reversa	97,50%	1446		36	35	4	40



Legenda: (a) Telas; (b) Filtro rotativo; (c) Peneira rotativa; (d) Pre-filtração conjugada a nanofiltração; (e) Ultrafiltração; (f) Nanofiltração; (g) Flotação por ar dissolvido; (h) Coagulação-flotação; (i) Osmose Reversa

Figura 7 Concentrações em mg/L da matéria orgânica presentes no efluente a partir da segregação

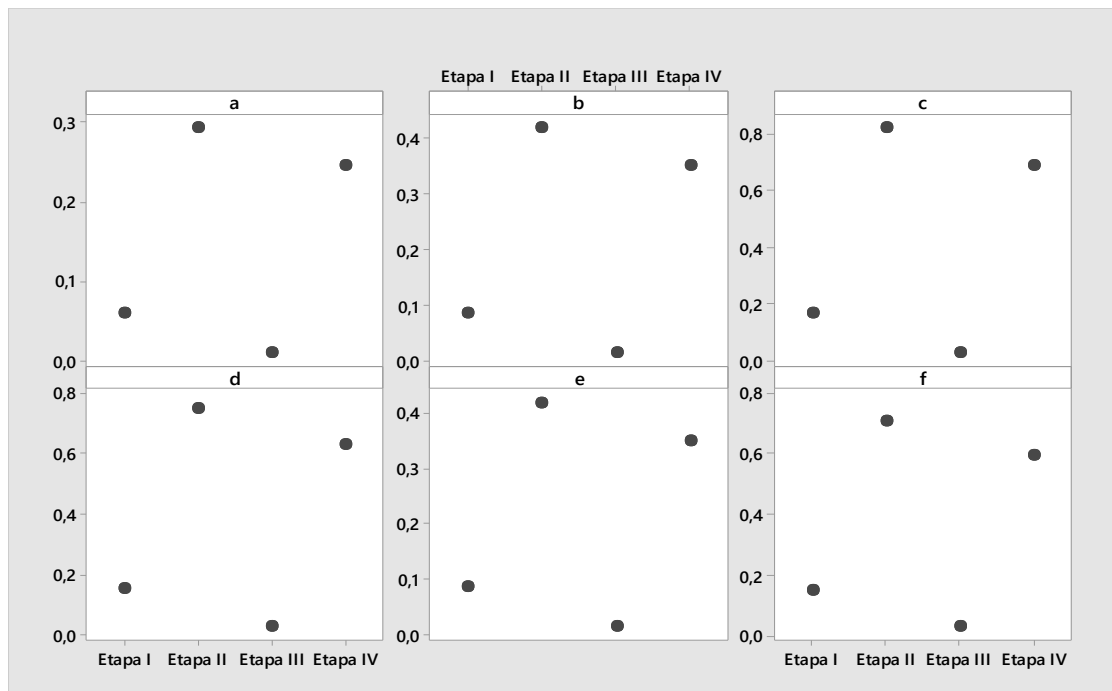
Os óleos e graxas devem ser removidos dos efluentes de processamento de pescado por flutuarem na superfície da água e interferir na transferência de oxigênio. Ainda, pode causar problemas operacionais em sistemas de tratamento, pois se solidificam (Alexandre *et al.*, 2011), porém tratamentos primários são suficientes para remover este contaminante, pelo menos em parte (Muthukumar *et al.*, 2013). Neste estudo, quando empregada à taxa de remoção teórica alcançada pelas técnicas de segregação estudadas (Figura 8 Legenda: (a) Filtração por membranas associada à eletrocoagulação; (b) Membrana cerâmica e eletrocoagulação; (c) Membrana cerâmica; (d) Membrana dinâmica; (e) Flotação; (f) Tela;

Figura 8), foi possível reduzir no máximo 65% da concentração inicial, quando adotada a filtração por membranas associada à eletrocoagulação. A flotação alcançou de 37% a 63% de remoção para o parâmetro. Dada à importância desse parâmetro, mesmo as menores taxas de redução, contribuem, tanto para o tratamento do efluente, como para o descarte.

Há que se considerar ainda, a possibilidade de que esse composto possa ser também empregado para produção de biocombustíveis (JAYASINGHE e HAWBOLDT, 2012; ALONSO *et al.*, 2010; ADEOTI e HAWBOLDT, 2014). As taxas de remoção obtidas quando aplicadas os percentuais teóricos de remoção seguem:

Filtração por membranas associada à eletrocoagulação	65%	0,17	0,06	0,29	0,001	0,25
--	-----	------	------	------	-------	------

Membrana cerâmica e eletrocoagulação	50%	0,17	0,09	0,42	0,02	0,35
Membrana cerâmica	2%	0,17	0,17	0,82	0,03	0,69
Membrana dinâmica	10%	0,17	0,15	0,75	0,03	0,63
Flotação	37% e 63%	0,17	0,09	0,42	0,02	0,35
Tela	10% a 20%	0,17	0,15	0,71	0,03	0,60



Legenda: (a) Filtração por membranas associada á eletrocoagulação; (b) Membrana cerâmica e eletrocoagulação; (c) Membrana cerâmica; (d) Membrana dinâmica; (e) Flotação; (f) Tela;

Figura 8 Óleos e graxas em mg/L por etapa após e aplicação das taxas de remoção por técnica de segregação presentes no efluente em indústria processadora de pescado

Analisando os resultados, a segregação demonstrou ser uma técnica muito eficiente para minimização das concentrações dos compostos estudados: sólidos totais, matéria orgânica e óleos e graxas. No entanto não isenta o efluente final do tratamento. Colabora para isto a relação DQO/DBO inferior a 2,5, que indica matéria biodegradável, logo, há o indicativo de que esta requer tratamento para estabilização. As técnicas de segregação demonstraram ser formas eficazes de manter os resíduos fora do dreno e reduzir os custos de tratamento dos efluentes (WATSON, 2003) e contribuir para a geração de co-produtos.

3.4 Conclusão

O efluente da indústria de pescado é caracterizado por elevada concentração de sólidos totais e matéria orgânica, não se observando a mesma tendência para os óleos e graxas, dadas as características do processamento da indústria em estudo.

As técnicas de segregação estudadas demonstraram que para o efluente em estudo, ao se adotar processos conjugados se alcançam maiores taxas de remoção de sólidos, matéria orgânica e óleos e graxas. Em decorrência resulta em um efluente final com menor potencial poluidor, e assim requer um tratamento mais simplificado.

A segregação de sólidos totais, matéria orgânica e óleos e graxas apresentou melhor resultado na Etapa II (etapa de evisceração) em função da carga de resíduos sólidos como pedaços de pescado, vísceras e sangue gerados no processamento.

Em virtude da baixa carga de sólidos totais, matéria orgânica e óleos e graxas da etapa III (lavagem dos monoblocos) a implantação das técnicas de segregação resultaria em um efluente em conformidade com a legislação brasileira vigente.

A introdução de processos de segregação nas correntes de efluentes, não só permite a produção de um efluente final de melhor qualidade, como a redução da perda de subprodutos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo financiamento do projeto (processo: 407728 / 2012-0) e pela bolsa de produtividade (Processo 312697/2014-7).

REFERÊNCIA

ADEOTI, I. A. & K. HAWBOLDT, 2014. A review of lipid extraction from fish processing by-product for use as a biofuel. *Biomass and Bioenergy*. V. 63, p. 330–340, abr. 2014.

ALEXANDRE, V. et al. Performance of anaerobic bioreactor treating fish-processing plant wastewater pre-hydrolyzed with a solid enzyme pool. *Renewable Energy*, Elsevier, v. 36, n. 12, p. 439–3444, dez. 2014.

ALMANDOZ, M.C. et al. Composite ceramic membranes from natural aluminosilicates for microfiltration applications. *Ceram. Int.* V.4, ed.41, p. 5621-5633, 2015.

ALONSO A, A. A. et al. Contributing to fisheries sustainability by making the best possible use of their resources: the befair initiative. *Trends in food science & technology*, Elsevier, v. 21, n. 0, p. 569-578, mai. 2010.

ALOUI, F. et al. Performances of an activated sludge process for the treatment of fish processing saline wastewater. *Desalination*, Elsevier, v. 246, n. 13, p. 389–396, set. 2009.

APHA. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20th ed. Washington D.C: American Public Health Association; 21st ed., 2005.

BEZAMA, A. Evaluation of the environmental impacts of a Cleaner Production Agreement by frozen fish facilities in the Biobío Region, Chile. *Journal of Cleaner Production* n.26, p. 95–100, 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – Conselho Nacional de Recursos Hídricos. *Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005*, que Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, e dá outras providências. 2005.

BUGALLO, P.M. et al. Material flow analysis in a cooked mussel processing industry. *Journal of food engineering*. Elsevier. V. 113, Issue 1, p. 100-117, 2012.

BUSTILLO-LECOMPTE, Ciro Fernando; MEHRVAR, Mehrab. Slaughterhouse wastewater characteristics, treatment, and management in the meat processing industry: A review on trends and advances. *Journal of Environmental Management*, Elsevier, v. 161, n. 15, p. 287-302, set. 2015.

CHOWDHURY, P.; VIRARAGHAVAN, T.; SRINIVASAN, A. Biological treatment processes for fish processing wastewater – A review. *Biores. Technol.*, v. 101, p. 439-449, 2010.

COLIC, M. et al. Case study: fish processing plant wastewater treatment. *Clean water technology*. 2007.

COSMANN, *et al.* Caracterização do efluente de processamento de pescado e desempenho da lagoa anaeróbia. *I Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos de Animais Tratamento de Dejetos de Animais*, Florianópolis, SC – Brasil, v. 11 a 13 de Março de 2009, fev. 2016.

COWI Consulting Engineers and Planners AS, *Denmark. Cleaner production assessment en meat processing*. Paris : UNEP - United Nations Environment Programme, Division of Technology, Industry and Economics (rev.2008).

CRISTOVÃO, R. O. *et al.* Fish canning industry wastewater treatment for water reuse e a case study. *Journal of Cleaner Production*, Elsevier, v. 87, p. 603–612, dez. 2015.

CRISTOVÃO, R. O. *et al.* Fish canning industry wastewater treatment for water reuse e a case study. *Journal of Cleaner Production*, Elsevier, v. 87, p. 603–612, dez. 2015.

FELTES, M.C.M. *et al.* Alternativas para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.6, p.669–677, 2010.

GARDE, J. *Treatment of wastewater from a fish conservation industry: flocculation experiment and analysis*. School of Business and Engineering. Halmstad University, 2011 (Tese de Mestrado).

GEBREYOHANNES, A. Y.; MAZZEI, R.; GIOR, L.. Trends and current practices of olive mill wastewater treatment: application of integrated membrane process and its future perspective. *Separation and Purification Technology*, Elsevier, v. 162, abr./abr. 2016.

HERNÁNDEZ. Use of tuna industry waste in diets for Nile tilapia, *oreochromis niloticus*, fingerlings: effect on digestibility and growth performance. *Latin American Journal of Aquatic Research*, Valparaíso, v. 41, n. 3, p. 468-478, jul./nov. 2013.

HERPANDI, N. H. *et al.* The Tuna Fishing Industry: A New Outlook on Fish Protein Hydrolysates. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol.10, ano 2011, p.195–207.

JOHANSON, Kerry. Review of new segregation tester method by Dr. Kerry Johanson, P.E. *Powder technology*, Elsevier, v. 257, n. 0, p. 1-10, mai. 2014.

LAGO, A. M. T. *Embutido tipo salsicha utilizando carne mecanicamente separada de tilápia: uma alternativa para o aproveitamento de resíduo da filetagem*. 2015. 231 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

LEFEBVRE, O.; MOLETTA, R.. Treatment of organic pollution in industrial saline wastewater: a literature review. *Water Research*, Elsevier, v. 40, n. 20, p. 3671–3682, dez./dez. 2016.

- LOPES C. *et al.* Valorisation of fish by-products against waste management treatments – comparison of environmental impacts. *Waste management*, Elsevier, v. 46, n. 0, p. 103–112, /dez. 2015.
- LOVE *et al.* Wastedseafood in theunitedstates: quantify in gloss from production to consumption and moving to ward solutions. *Globalenvironmentalchange*, [S.L.], v. 35, n. 0, p. 16–124, dez. 2015.
- MITTAL, G.S. Treatment of wastewater from abattoirs before land application- a review.*Bioresour. Technol.* Ed.97, n .9, p. 1119-1135, 2006.
- MONTEIRO, M. L. G. Aproveitamento de resíduos de tilápia (*Oreochromisniloticus*) para elaboração de novos produtos com valor agregado. 2013.177f.
- MORAIS, J. P. et al. Balanço de massa na obtenção de carne mecanicamente separada (CMS) de tilápia. Fortaleza, CE: *EMBRAPA*, 2013. Documentos 164.
- MOSQUERA-CORRAL, A. et al. Simultaneous methanogenesis and denitrification of pretreated effluents from a fish canning industry.*WaterResearch*, Elsevier, v. 35, n. 2, p. 411–418, fev. 2.
- MUTHUKUMARAN, S. e BASKARAN, K. Organic and nutrient reduction in a fish processing facility e A case study. *InternationalBiodeterioration&Biodegradation* vol. 85, ano 2013, p. 563-570.
- NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL (ONU-BR). Rio +20 - fatos sobre alimentação. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/alimentacao.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2016.
- QUEIROZ, M. I. *et al.* Fishprocessingwastewater as a platformofthemicroalgalbiorefineries. *Engenharia Biosystems*. Volume 115, Issue2, junho de 2013, Pages 195-202 (2013).
- RUSTAD, T.; STORRO, I.; SLIZYTE, R. Possibilities for theutilisationof marine by-products.*InternationalJournalofFood Science & Technology*, vol. 46, ano 2011, p.2001–2014.
- SILVA A, J. et al. Utilization of tilapia processing waste for the production offish protein hydrolysatej. *Animal feed science and technology*, Elsevier, v. 196,n.11, p. 96–106, out. 2014.
- SOFIA. The State of World Fisheries and Aquaculture: opportunities and challenges. Rome: *FAO FisheriesandAquacultureDepartment*, 2014. 223 p.
- SOUZA, M. A. de. *Eficiência do processo de ultrafiltração seguido de biodigestão anaeróbia no tratamento de efluente de frigorífico de tilápia*. Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, Tese (doutorado) - 2010, p.76.
- SUTHERLAND, K. Filter media guidelines: Selectingtherightfilter media. *Filtration + Separation*. Volume 48, n. 3, Maio-Junho de 2011, p. 21-22, 24.

SUTHERLAND, K. Half a century of developments in filtration – Part 3. *Filtration+Separation*, Elsevier, v. 50, n. 3, p. 23–27, jun. 2013.

THI ANH, P. Towardseco-agro industrial clusters in aquatic production: the case of shrimp processing industry in Vietnam. *Journal of Cleaner Production*, vol.19, ano 2011, p.2107 e 2118.

WATSON, R. Trials to Reduce Water and Effluent Charges in Fish Processing. The Sea Fish Industry Authority. *Seafish Report N.SR541*- April, 2003.

YANG, T. et al. Improving performance of dynamic membrane assisted by electrocoagulation for treatment of oily wastewater: Effect of electrolytic conditions. *Desalination*, Elsevier, v. 363, p. 134–143, fev. 2016.

REFERÊNCIA GERAL

- ADEOTI, I. A. & K. HAWBOLDT, 2014. A review of lipid extraction from fish processing by-product for use as a biofuel. *Biomass and Bioenergy*. Vol. 63, abr. 2014, p. 330–340.
- ALONSOA, A. A. *et al.* Contributing to fisheries sustainability by making the best possible use of their resources: the befair initiative. *Trends in food science & technology*, Elsevier, vol. 21, n. 0, p. 569-578, mai. 2.
- ARVANITOYANNIS, I. S. e KASSAVETI, A. Fish industry waste: treatments, environmental impacts, current and potential uses. *International Journal of Food Science & Technology*, vol.43, ano 2008, p.726–745.
- BAR, E. S. A case study of obstacles and enablers for green innovation within the fish processing equipment industry. *Journal of cleaner production*, Elsevier, vol. 90, n. 1, p. 234–243, 2015.
- BENNETT, A. Innovation trends in food and beverage filtration applications. *Filtration + Separation*. V. 52, Issue2, March–April 2015, Pages 28–33.
- BEZAMA, A. Evaluation of the environmental impacts of a Cleaner Production Agreement by frozen fish facilities in the Biobío Region, Chile. *Journal of Cleaner Production* n.26 de 2012. p. 95 - 100.
- BRASIL, Lei N° 12.305 de 02 de agosto de 2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).
- BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. 1º anuário brasileiro da pesca e aquicultura 2014. Brasília, 2014.
- BUGALLO PMB, *et al.* Integrated environmental permit through best available techniques: evaluation of the fish and sea food canning industry. *Journal Clean Production*. Vol. 47, p. 253–26, 2013.
- BUGALLO, P.M. *et al.* Material flow analysis in a cooked mussel processing industry. *Journal of food engineering*. Elsevier. Vol. 113, edição, em novembro de 2012, Pages 100-117.
- CAVENAGHI-ALTEMIO, AD, ALCADE, LB, & FONSECA, GG. Salsichas baixo teor de gordura de concentrados de proteína de tilápia vísceras e carne mecanicamente separada de tilápia. *Food Science & Nutrition*, vol. 1, n. 6, p. 445-451, 2013.
- COLIC, M. *et al.* Case study: fish processing plant wastewater treatment. *Clean water technology*. Inc. 2007.
- COSTA, J.F. Biodiesel production using oil from fish canning industry wastes. *Energy Conversion and Management*. vol.74, p.17–23, 2013.

COWI Consulting Engineers and Planners AS, Denmark. *Cleaner production assessment en meat processing*. Paris : UNEP - United Nations Environment Programme, Division of Technology, Industry and Economics. (ver.2008)

CRISTOVÃO, R. O. *et al.* Fish canning industry wastewater treatment for water reuse e a case study. *Journal of Cleaner Production*, Elsevier, v. 87, p. 603–612, dez. 2015.

DENHAM, F.C. *et al.* Environmental supply chain management in the seafood industry: past, present and future approaches. *Journal of Cleaner Production*. v.90, p.82e90, 2015.

EPA, *Emerging Technologies for Wastewater Treatment and In-Plant Wet Weather Management*. Office of Wastewater Management U.S. Environmental Protection Agency Washington, D.C. 2013.

FELTES, M.C.M. *et al.* Alternativas para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.6, p.669–677, 2010.

FISHERIES AND AQUACULTURE TOPICS .Waste management of fish and fish products. Topics Fact Sheets. Text by Lahsen Ababouch. In: *FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]*. Rome, may 2005.

FOGAÇA, F. H. S. *et al.* . Caracterização de surimi obtido a partir da carne mecanicamente separada de tilápia do Nilo e elaboração de fishburger. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 36, n. 2, p. 765-776, mar./abr. 2015 .

GALANAKIS, Charis M.. Recovery of high added-value components from food wastes: Conventional, emerging technologies and commercialized applications. *Trends in Food Science & Technology*, Elsevier, v. 26, n. 2, p. 68–87, ago. 2012

GONÇALVES, A.A. Carne mecanicamente separada de pescado (CMS) e Surimi.. In: *Tecnologia do pescado: ciência, tecnologia, inovação e legislação*, ed.1, São Paulo: Atheneu, 2011, p.197-208

GRINGER, N. *et al.* .Recovery of biomolecules from marinated herring (*Clupea harengus*) brine using ultrafiltration through ceramic membranes. *LWT - Food Science and Technology*, vol. 63, p.423-429, 2015.

HERNÁNDEZ. Use of tuna industry waste in diets for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fingerlings: effect on digestibility and growth performance. *Latin American journal of aquatic research*, Valparaíso, v. 41, n. 3, p. 468-478, jul./nov. 2013.

HERPANDI, N. H. *et al.* The Tuna Fishing Industry: A New Outlook on Fish Protein Hydrolysates. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v.10, p.195–207, 2011.

JAYASINGHE, P. e K. HAWBOLDT .A review of bio-oils from waste biomass: Focus on fish processing waste. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 16, ano 2012, p.798–821.

JAYASINGHE, Punyama; HAWBOLDT, Kelly. Biofuels from fish processing plant effluents – waste characterization and oil extraction and quality. *Jornal da Sociedade dos Químicos de Óleo americanos*. V. 90, ed.12, p. 1903-1915, dezembro de 2013.

JOHANSON, K. Review of new segregation tester method by dr.KerryJohanson, P.E. *Powder technology*, Elsevier, v. 257, n. 0, p. 1-10, mai. 2014.

KRAIEM, T. et al. Characterization of the liquid products obtained fromTunisianwaste fish fats using the pyrolysis process. *Fuel Processing Technology*.v. xx, 2015.

LIN, C.-Y.& LI, R.-J. Engine performance and emission characteristics of marine fish-oil biodiesel produced from the discarded parts of marine fish. *FuelProcessing Technology* v. 90,.p. 883–888, 2009.

MARTINS, W. S. *Inquérito exploratório referente à geração, armazenamento, transporte e descarte de resíduos em indústrias de pesca do Brasil*. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

MONTEIRO, M. L. G. *Aproveitamento de resíduos de tilápia (Oreochromisniloticus) para elaboração de novos produtos com valor agregado*. 2013.177f.

MORAIS, J. P. et al. Balanço de massa na obtenção de carne mecanicamente separada (CMS) de tilápia. Fortaleza, CE: *EMBRAPA*, 2013.

MUTHUKUMARAN, S. e BASKARAN, K. Organic and nutrient reduction in a fish processing facility e A case study. *InternationalBiodeterioration&Biodegradation*, v. 85, ano 2013, p. 563-570.

NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL (ONU-BR). *Rio +20 - fatos sobre alimentação*. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/alimentacao.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2016.

OLIVEIRA, I. S. D. et al. Composition of MSM from Brazilian catfish and technological properties of fish flour. *FoodControl*, Elsevier, v. 50, p. 38-44, abr. 2015.

OSMAN, A. et al. Quantification of biomolecules in herring (*Clupeaharengus*) industry processing waters and their recovery using electroflocculation and ultrafiltration.*Foodandbioproductsprocessing*, v. 96, p. 198–210, ano 2015.

RUSTAD, T.; STORRO, I.; SLIZYTE, R. Possibilities for theutilisationof marine by-products.*International Journal of Food Science & Technology*, v. 46, ano 2011, p.2001–2014.

SILVA, A J. et al.Utilization of tilapia processing waste for the production of fish protein hydrolysatej.*Animal feed science and technology*,Elsiever, v. 196, n.11,p. 96–106,out. 2014.

SOFIA. *The State of World Fisheries and Aquaculture: opportunities and challenges*. Rome: FAO FisheriesandAquacultureDepartment, 2014. 223 p.

SOTOFT, L.F. Membrane fractionation of herring marinade for separation and recovery of fats, proteins, amino acids, salt, acetic acid and water. *Journal of Food Engineering* v. 158, p.39–47, 2015.

SOUZA, M. A. de. *Eficiência do processo de ultrafiltração seguido de biodigestão anaeróbia no tratamento de efluente de frigorífico de tilápia*. Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, Tese (doutorado) – 2010.

SUTHERLAND, K. Filter media guidelines: Selecting the right filter media. *Filtration + Separation*. V. 48, n. 3, p. 21-22, Maio-Junho de 2011, 24.

WATSON, R. Trials to Reduce Water and Effluent Charges in Fish Processing. The Sea Fish Industry Authority. *Seafish Report* N.SR541-abril 2003.

WU, Y.P. et al. Mackerel biodiesel production from the wastewater containing fish oil. *Energy*. V. 70, ed. 1, p. 43–48, 2014.

ANEXO

Anexo I - Caracterização Dos Efluentes

O presente anexo refere-se a caracterização do efluente realizada a partir da análise de 10(dez) amostras em cada etapa do processamento do pescado. Estas foram designadas como: inicial (I); processamento (II), resfriamento (III) e global (IV).

Tabela 2 Caracterização do efluente gerado na Etapa I

Parâmetros	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ST	818	3044	2454	2895	3265	352	1366	1314	528	1366
DQO	1185,3	1185,3	2469,3	1475	1362,8	1347,3	1405,3	1394,4	1299	1340,2
DBO	515,6	120	1257,5	807,2	725,2	748,5	700	658,3	779	680
O&G	0,172	0,15	0,17	0,21	0,23	0,13	0,138	0,2	0,1504	0,17

Legenda: ST: Sólidos Totais; DQO: Demanda Química de Oxigênio; DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; O&G: Óleos e Graxas;

Tabela 3 Caracterização do efluente gerado na etapa II

Parâmetros	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ST	2042	3452	4635	3255	2986	1528	1842	1606	3948	1842
DQO	1086,5	1382,8	1679,1	1954	2356,2	1758,4	2236,8	1599,5	2460,8	1600,8
DBO	523,5	122,7	856	985	1276	923,5	1500	753,8	1250	890
O&G	0,8	0,98	0,33	1,3	1,2	1,1	0,8	0,16	0,5008	1,2

Legenda: ST: Sólidos Totais; DQO: Demanda Química de Oxigênio; DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; O&G: Óleos e Graxas;

Tabela 4 Caracterização do efluente gerado na etapa III

Parâmetros	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ST	413	331	653	586	320	328	384	508	498	420
DQO	493,9	108,6	138,2	146,4	119,2	157,4	208	98,4	110,6	95,3
DBO	235,8	3,26	63	73	52,3	97,3	125	47,3	58,3	47,9
O&G	0,01	0,02	0,05	0,12	0	0,01	0,03	0,05	0,015	0,011

Legenda: ST: Sólidos Totais; DQO: Demanda Química de Oxigênio; DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; O&G: Óleos e Graxas;

Tabela 5 Caracterização do efluente gerado na etapa IV

Parâmetros	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ST	1115	1778	1823	1913	2725	1913	2725	300	1894	4756
DQO	790,2	1284,0	1382,3	1988,6	1754,6	1754,6	1452,5	1722,56	1802,3	1985,7
DBO	369,7	119,4	698,2	987,3	893,4	893,4	846,3	856,7	860,8	899,5
O&G	0,85	1,08	0,55	0,76	0,98	0,69	0,45	0,17	0,85	0,63

Legenda: ST: Sólidos Totais; DQO: Demanda Química de Oxigênio; DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; O&G: Óleos e Graxas;

Anexo II – Submissão do artigo

Liliana Pena Naval <liliana@mail.uft.edu.br>

Submission Confirmation

1 mensagem

Desalination <desalination@elsevier.com>
Para: liliana@uft.edu.br, liliananaval@hotmail.com

16 de março de 2016 10:37

Re: "SOLID WASTE SEGREGATION POTENTIAL IN THE
FISHING INDUSTRY
Full Length Article

Dear Liliana,

We have received your article "SOLID WASTE SEGREGATION
POTENTIAL IN THE FISHING INDUSTRY" for consideration
for publication in Desalination.

Your manuscript will be given a reference number once an
editor has been assigned.

To track the status of your paper, please do the following:

Go to this URL: <http://ees.elsevier.com/des/>

Your username is: liliana@uft.edu.br

If you need to retrieve password details, please go to:
http://ees.elsevier.com/des/automail_query.asp

Click [Author Login]

This takes you to the Author Main Menu.

Click [Submissions Being Processed]

Thank you for submitting your work to this journal.

Kind regards,

Elsevier Editorial System
Desalination

For further assistance, please visit our customer support site
at <http://help.elsevier.com/app/answers/list/p/7923> Here you can
search for solutions on a range of topics, find answers to
frequently asked questions and learn more about EES via
interactive tutorials. You will also find our 24/7 support
contact details should you need any further assistance from
one of our customer support representatives.

Anexo III –Artigo traduzido

SOLID WASTE SEGREGATION POTENTIAL IN THE FISHING INDUSTRY

Yeda dos Santos SILVA,^a; Liliana Pena. NAVAL,^b

^aFederal University of Tocantins, Palmas, Brazil, silva_yeda@uft.edu.br.

^bFederal University of Tocantins, Palmas, Brazil, liliana@uft.edu.br

HIGHLIGHTS

- The effluent from the fish industry is partly composed of insusceptible co-product reuse.
- The solids separation techniques must be deployed during the processing of fish or prior to mixing with the effluent from the administrative area of the industry.
- The use of screens and filters associated with membrane filtration demonstrated better efficiency for separation of solids in the fish processing.
- Solid waste segregation reduces pollution potential of the fish industry effluent.
- Solid waste segregation does not mean that the final effluent does not need further treatment.

ABSTRACT

Solid waste segregation is used as an alternative for reducing wastefulness during fish processing stages, once these are removed from the effluent, decreasing final effluent concentrations. Furthermore, this process can produce materials that can be used as by-products and re-introduced into the production chain. The aim of this study is to establish the theoretical rate of solid compound removal from effluents in fish processing, using segregation techniques. In order to do so a number of physical and chemical parameters (solids, organic matter and oil and grease) were analyzed. The efficiency in segregating effluent streams during the different fish processing stages was also studied by means of a descriptive statistical analysis. Findings revealed that segregation can recover between 31% and 70% of total solids; between 15% and 97.50% of organic matter; and between 10% and 63% of oil and grease. These may be used as raw materials for new products.

Key words: effluent segregation; fishing industry; separation processes; segregation techniques; removal rates for solids

Introduction

In general, food processing companies produce waste both during the production and distribution stages. This is considered a factor that

contributes to liquid and solid waste creation [1].

The fish processing industry is among the sectors that produce waste with high pollution load [2,3,4]. Effluents generated during fish processing stages contain organic pollutants in soluble and

colloidal forms, as well as particulates [2], including proteins, nutrients, oils and grease [5]. Solid waste mainly consists of scales, flesh, bones, cartilage and innards [6].

During processing, approximately between 50% and 70% of the fish is discarded [7-12]). Of this volume, approximately half is organic matter [13] which is not appropriately discarded [14]. Given this high organic load, it is important to consider the polluting potential of the final effluent [7,13,15].

By contrast, the aim of reducing waste and improving the efficiency of the food production chain [16,1] is to balance population growth, available food and the protection of natural resources. Thus, the search for alternatives applicable to the food processing industry must aim to reduce the volume of waste generated and add value to by products [17,18, 19].

Within this context, segregation appears as an alternative for managing waste products which can be applied during or subsequent to food processing, but before effluents generated during production come into contact with effluents from administrative areas, thus reducing contamination risks and minimizing effluent flow, as well are

reducing the final waste treatment and disposal costs [18,20,21,22].

A number of techniques can be used for segregation such as decantation, percolation and filtering all of which are separate operations that can be used to recover part of the solid waste present in the effluents and whose presence increases the pollutant load, requiring more complex treatments [23].

Segregation will depend on the characteristics of materials. Thus for example, for decantation to occur effectively, the main factors to consider are the sedimentation capacity and the density of materials. For percolation and filtration, the same principle of particle separation are employed, and therefore, it is important to consider the size of the materials to be separated [20,24,25].

In view of the above, this study aims to analyze the theoretical efficiency of segregation when applied to different types of effluents generated in a specific fish processing plant, in order to reduce solids, organic matters, and oil and grease.

Methodology

Study location

This study was conducted in a fish processing plant located in the Northern region of Brazil, where the following

species are processed *Colossoma macropomum* (tambaqui), *Brycon cephalus* (matrinã), *Pseudoplatystoma corruscans* (pintado) and

Leporinus freiderici (Piau). The fishing plant processes its raw materials in three stages: initial (I); processing (II); cooling (III); and global (IV) (Figure 1).

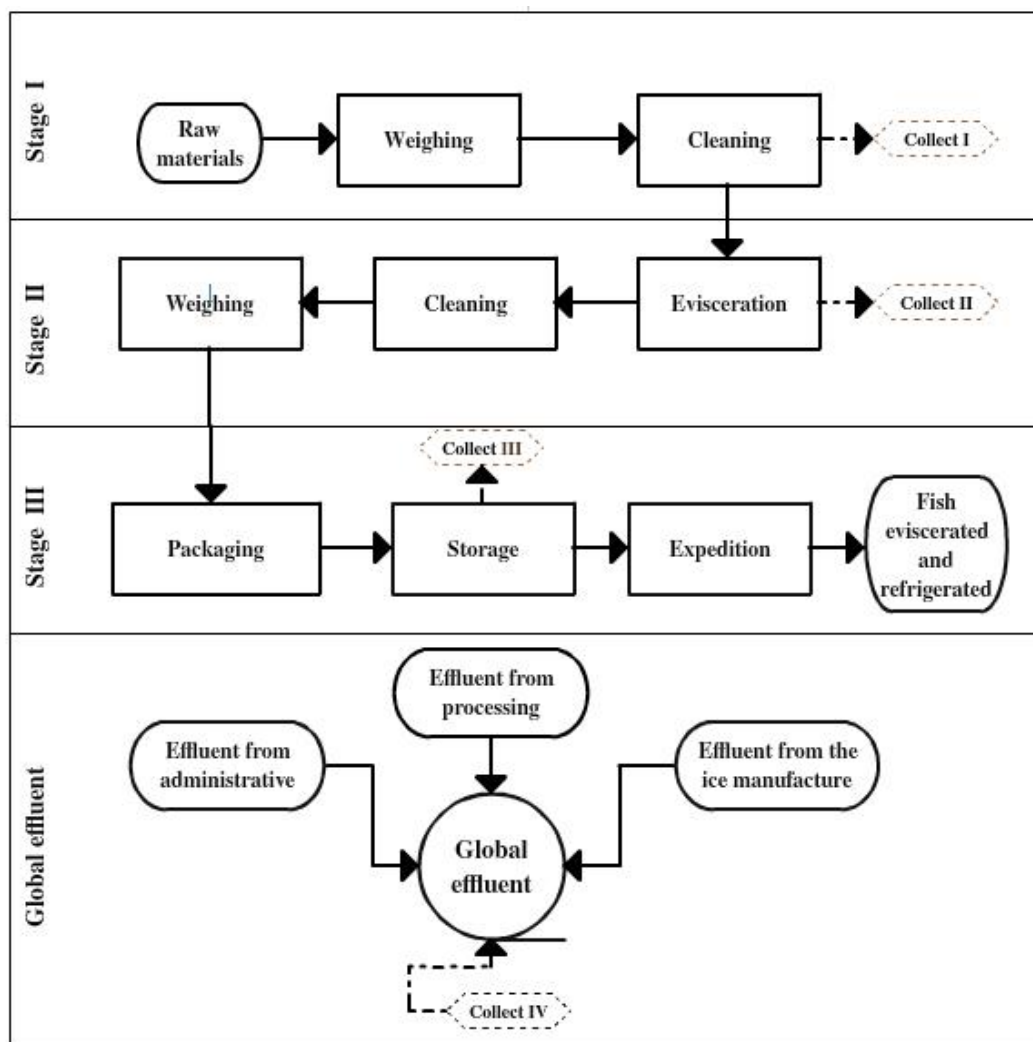


Figura 9 Fish Processing Flow chart in the plant studied showing the points of effluent sample collection their for physical and chemical classification

The initial stage involves (I): receiving, weighing, cleaning and transporting raw materials to the next stage. In this way, stage I is characterized by the generation of liquid effluents which include fish pieces, oil and grease.

Processing stage (II) involves a cutting table where an abdominal incision is made on the fish. It is then sent for evisceration. The fish is placed on an evisceration table and its innards are manually removed; the product is weighed, cleaned, stored and sent for

refrigeration. This stage is characterized by the generation of liquid effluents which include fish pieces, oil and grease, as well as offal and blood.

Refrigeration stage (III) involves the local storage of the product and waste. The product is first packaged and then cooled in monoblocks where it remains until it is market distribution; waste goes to the treatment plant. This stage consists of washing the monoblocks, generating liquid effluents with the presence of blood and waste generated from cleaning materials used.

Stage IV involves effluents generated in both fish processing and the administrative part of the business. Sample collection took place at the point where effluents were unified.

Sample points and effluent classification

Eleven samples were collected from the effluents on a monthly basis at the following points. Effluents generated were collected at points situated across the different processing stages: I (Initial stage), after the cylinder was washed; II (Processing stage) after the fish evisceration table (was cleaned); III (Refrigeration stage), after the product was packaged into monoblocks in a refrigerated space and IV (stage) sample collection took place where (processing

and administrative) effluents were unified. **(Erro! Fonte de referência não encontrada.)**

Effluent segregation analysis

The following analyses were conducted for effluent classification: total solids ((TS) Ref. n. 2540-G Total, fixed and volatile solids in solid and semi-solid samples) Biochemical Oxygen Demand ((DBO), technical Ref n. 5210 B. 5-Day BOD Test) Chemical Oxygen Demand ((COD) Ref n. 5220 closed reflux titrimetric method) and oil and grease (Fef n. 5520-B Partition gravimetric method). Analyses were conducted according to the descriptions on the *Standard methods for the examination of water and waste water* [26].

Effluent streams segregation

To determine the pollutant removal rate originating from segregation of effluent streams for each processing stage in this study, removal percentages were adopted for the compounds analyzed (total solids, organic matter, oil and grease) obtained theoretically and employed during each operation and process, namely:

- total solids separation - a theoretical removal ratio was established through the following means: triage, screen with filter

and catch basin; filter and catch basin with removal; screen; sieving with microfiltration; ultrafiltration, nanofiltration and reverse osmosis, and dissolved air flotation.

- organic matter segregation - via the following techniques: screens, rotating filter, rotating sieve, ultrafiltration, pre-filtration and nanofiltration.

- oil and grease segregation
- the following filtration processes were studied: membranes together with electrocoagulation, as follows: dynamic membrane and electrocoagulation; ceramic membrane and electrocoagulation; ceramic membrane, and dynamic membrane.

This study used descriptive statistical analysis to establish the efficiency of segregating methods by means of summary measures calculation and considering the nature of the variables involved. In order to conduct an inferential analysis of the results, parametric tests were carried out, considering the nature of value distributions and the variability of measurements carried out. Microsoft Office Excel 2007 package was used.

3 Results and Discussion

In order to classify the effluents originating from the different fish processing stages (I, II, III and IV), the following parameters were analyzed: total solids (

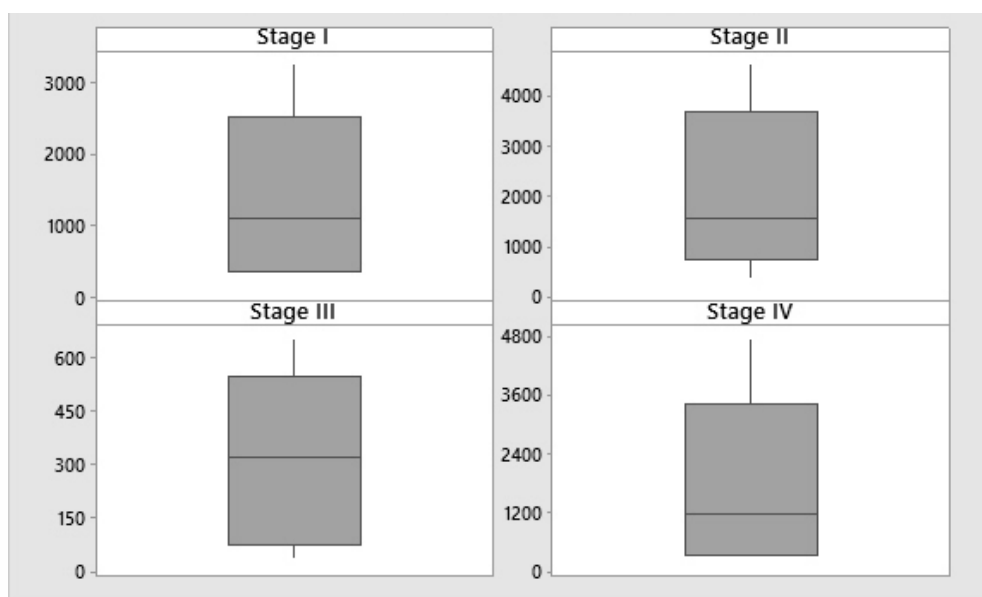


Fig. 1).

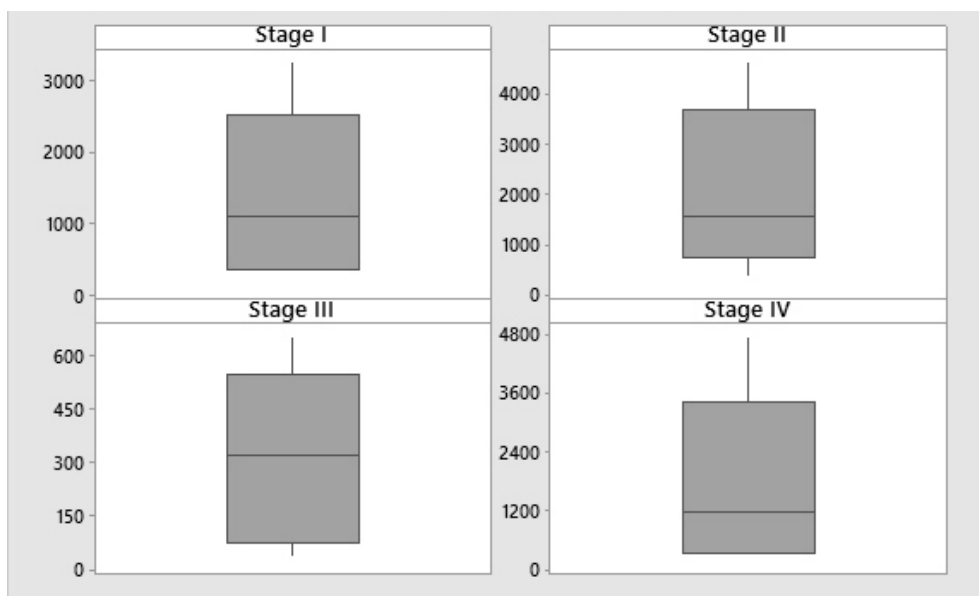


Fig. 1 Total solids concentration found in effluents generated by fish processing

In the different processing stages the following concentrations of total solids were found: 1740 mg/L (stage I); 2714 mg/L (stage II), 444,1 mg/L (stage III) and 2094 mg/L (stage IV). Although concentrations were equivalent to those found in other studies [2,27], they are characteristic in terms of the plant studied here, where the final product is gutted fish which is either filleted or canned. This extra processing would have increased the amount of solids found in effluents.

Organic matter was tested for COD and revealed a concentration of 1446 mg/L in stage I; 1811mg/L in stage II; 167,6 mg/L in stage III; and 1592 mg/L

in stage 4. High levels of organic matter are present the processing stage itself and in the global effluent due to the additional added load. Concentrations were also high in other studies [2,3;4,6,27,28, 29].

BOD analysis results were compatible with those obtained in the COD analysis and with concentrations found in other fish processing businesses [2,3,4,6,27,28,29]. In this study concentrations were as follows: 700 mg/L in stage I, 890 mg/L in stage II; 43.8 mg/L in stage III; and 856.7 in stage IV (Fig.3).

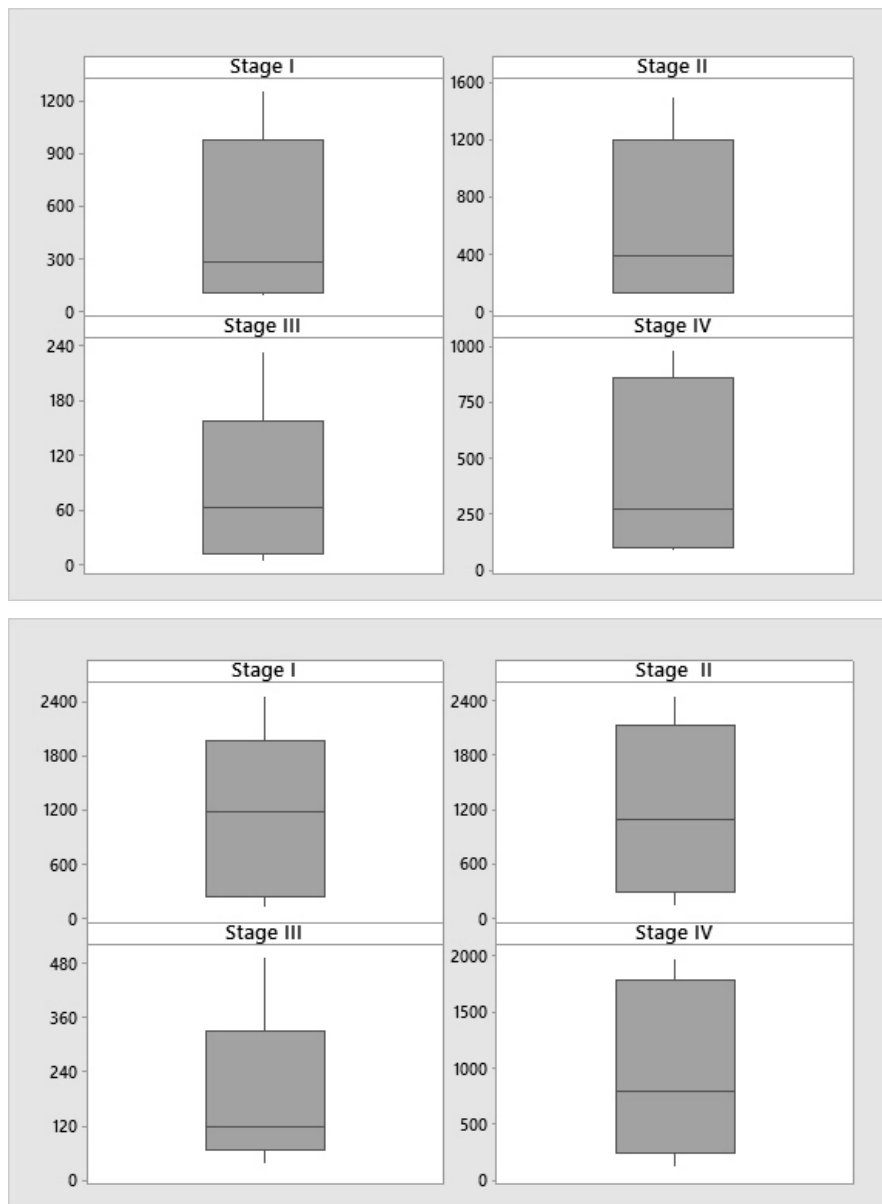


Fig. 3 BOD 5.20 and COD Concentrations in fish processing plant studied

The concentrations for oil and grease obtained were as follows: 0.17 mg/L in stage I; 0.837 mg/L in stage II; 0.0316 mg/L in stage III and 0.701 mg/L in stage IV. As expected, stage II revealed the highest concentration levels for this parameter due to evisceration. This parameter differs strongly from those

observed in the sector. This is because during the canning process oil is usually added to the product. Therefore data differ from study to study, as in the case of research [30,3,4], where concentrations were found to vary between 156 mg/L and 2841 mg/L for oil and grease (Fig.4).

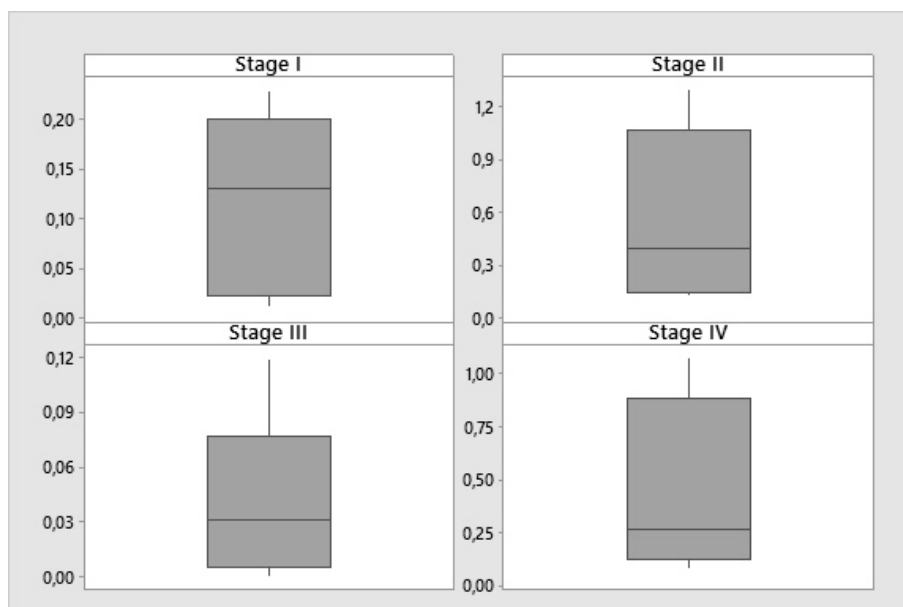


Fig. 4 Oil and grease concentrations by effluent in this study

The aim of this study is to analyze the efficiency of reducing the concentration different parameters in the final effluent and assess the possibility of by-product recovery, if effluent streams are separated. The characterization of effluents generated in this fish processing plant allows us to establish the concentrations of some important parameters.

In particular because pollutant concentrations in the effluent is equivalent to the final waste produced by the plant, even for different raw materials such as fish, seafood and

crustaceans [6,28]. It is hoped that when segregation is implemented, final pollutant concentrations will be reduced, making treatment easier and encouraging the use of by products, as already mentioned.

In order to do so, theoretical removal percentages were obtained for the compounds studied (total solids, organic matter, oil and grease), using different techniques (Table 1) during stages (I, II, III and IV).

Table 1 Separation Techniques and removal rates obtained for the compounds studied.

Technique employed	% Theory adopted	References
Total Solids		

Screen	31% to 60%	[23,31]
Hybrid Screen with filter and catch basin	40% to 70%	[19]
Percolation with microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration and reverse osmosis	100%	[32]
Dissolved air flotation	80% to 90%	[33]
Organic Matter		
Screens	25% to 60%	[22]
Rotating filter	15%	[34]
Rotating sieve	25%	[34]
Pre-filtration with nanofiltration	56%	[32]
Ultrafiltration	36%	[32]
Nanofiltration	60% to 80%	[32]
Dissolved air flotation	30% to 90%	[22,35]
Coagulation-flotation	90%	[36]
Reverse Osmosis	97.50%	[32]

Oil and grease

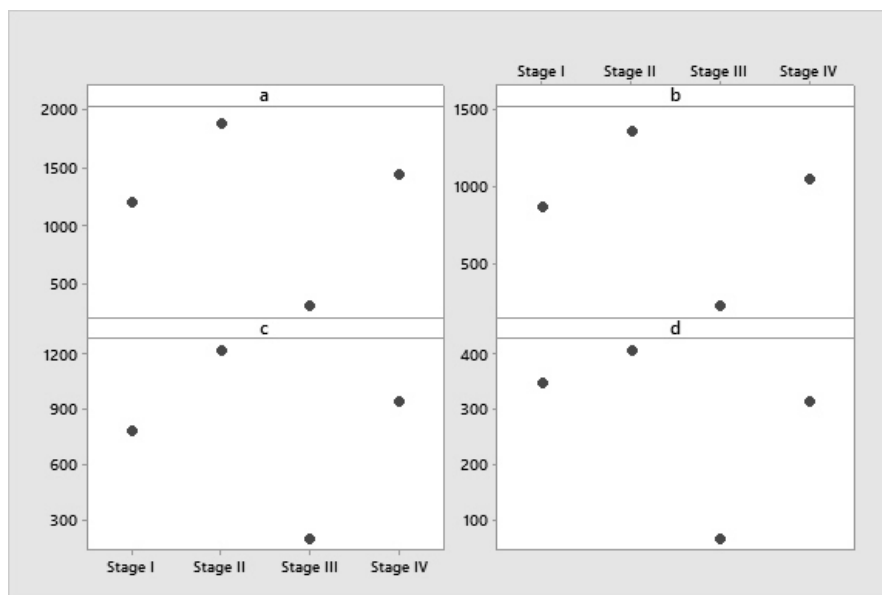
Membrane filtration associated with electrocoagulation	65%	[37]
Ceramic Membrane and electrocoagulation	50%	[37]
Ceramic Membrane	2%	[37]
Dynamic Membrane	10%	[37]
Flotation	37% and 63%	[33]
Screen	10% to 20%	[33]

When theoretical percentages were used to remove total solids (Fig. 5) found in stages I, II, III and IV effluents from fish processing in the plant studied, in compliance with the segregation techniques adopted, reduction attained was 90% in some cases, when techniques are applied together. However, when some techniques are used by themselves, reduction levels are lower (in 25% to 60%). Nonetheless these techniques, when uses alone are

still relevant because they are low-cost and easy to operate. In the latter case, the use of triage and screens stands out. Furthermore, the removal of solids through segregation to obtain by-products which could be used as raw materials for secondary products, both inside and outside the plant, means the company can advance in terms of sustainability. Below are the results obtained for all the techniques studied at the various different stages:

Techniques	Theoretical Removal	[C]initial	I (mg/L)	II (mg/L)	III (mg/L)	IV (mg/L)
Triage	31%	1740	1201	1873	306	1445
Screen	40% to 60%	1740	870	1357	222	1047

Hybrid Screen with filter and catch basin	40% to 70%	1740	783	1221	200	942
Dissolved air flotation (DAF)	80% to 90%	1740	348	407	67	314



Key: (a) Triage; (b) Screen ; (c) Hybrid Screen with filter and catch basin; (d) Dissolved air flotation (DAF).

Fig.5 Estimated total solids concentration in mg / L in the effluent after application of techniques segregation

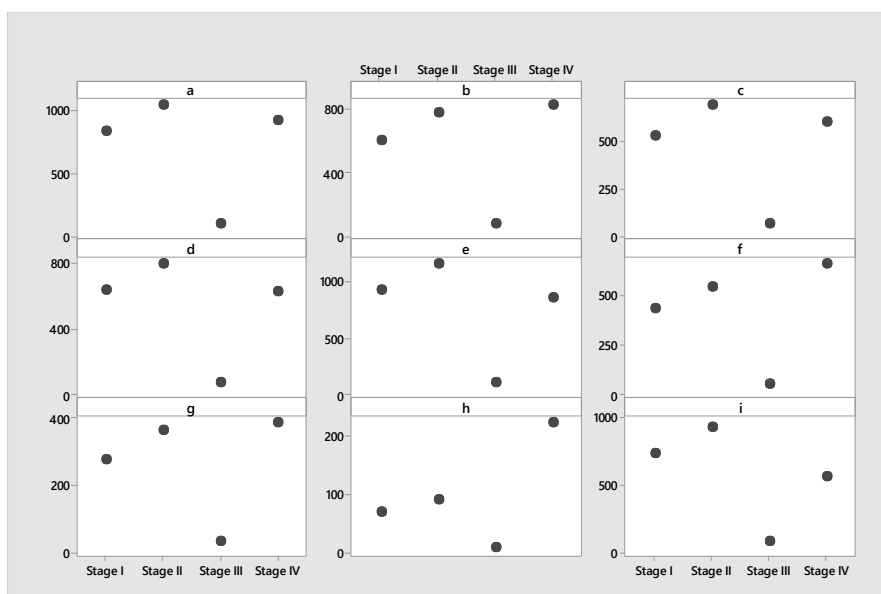
With regard to the removal of organic matter (Fig. 6a (BOD) and b (COD)), the highest removal rates were linked to the following segregation techniques: nanofiltration, dissolved air flotation, coagulation-flotation and reverse osmosis. These segregation techniques were able to remove up to 97.5% of organic matter resulting this means that the final effluent quality is such that it can be disposed of directly into a class 2 body of water. It can also be reused or recycled within the plant itself, according to the Brazilian legislation in force (Conama [National Environmental

Commission] resolution 430/2011 and the CNRH [National Council for Water Resources] resolution n. 54/2005 [38;39]. If the effluent is segregated and then undergoes treatment, a simplified system can be adopted.

If less efficient techniques are adopted, it is still possible to achieve reduction rates between 25% and 60%. This is very important when the aim is to reduce organic matter, considered as one of the main problems in effluent treatment. Segregation techniques and removal rates achieved:

Techniques	Theoretical Removal	[C] _{initial}	I	II	III	IV
			(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
		COD				
		BOD				

		(mg/L)	(mg/L)				
Screens	25% to 60%		699.1	831.4	1041.3	96.3	915.4
Rotating filter	15%		699.1	594.2	771.8	68.2	820.6
Rotating sieve	25%		699.1	524.3	681	60.2	594
Pre-filtration with nanofiltration	56%	1446		636.2	796.8	73.7	628.7
Ultrafiltration	30% to 36%	1446		925.4	1159	107.2	859.7
Nanofiltration	60% to 80%	1446		433.8	543.3	50.2	658
Dissolved air flotation	30% to 90%		699.1	279.6	363.2	32.1	387.3
Coagulation-floitation	90%		699.1	69.9	90.8	8	222.7
Reverse Osmosis	97.50%	1446		36	35	4	40



Key: (a) screens; (a) rotary filter; (c) rotating sieve; (a) pre-filtration combined nanofiltration; (e) ultrafiltration; (f) nanofiltration; (g) dissolved air flotation; (h) coagulation-floitation; (i) reverse osmosis

Fig. 6 Concentrations in mg /L of organic matter in the effluent from the separation

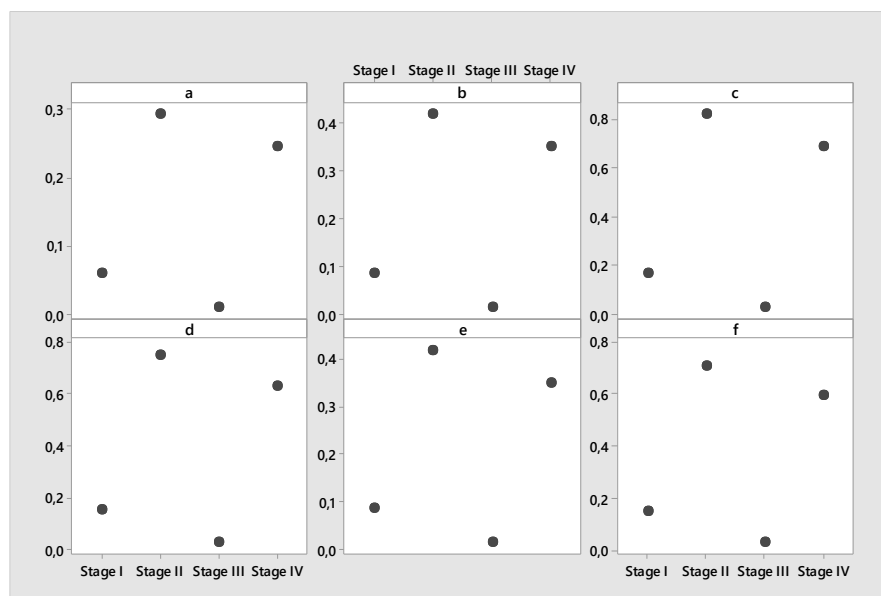
Oil and grease should be removed from fish processing effluents because they float on water and interfere with the oxygen transfer mechanism in water. In addition, they can cause operational problems to the treatment systems because they can solidify [28]. However, primary treatments are adequate for at least partially removing these pollutants

[5]. In this study, the theoretical removal rate (Fig. 7) achieved through the methods studied reduced initial concentrations to a maximum of 65% of initial concentrations when membrane filtration was used in conjunction with electrocoagulation. Flotation achieved rates of 37% and 63% removal for the parameter. Given the importance of this

parameter, even the lower rates of reduction can contribute both to the effluent's treatment and its disposal. Moreover, it is also important to consider that these compounds could be

used in the production of biofuels [21,40,41]. The removal rates obtained when theoretical removal rates were applied.

Techniques	Theoretical Removal	[C]initial	I (mg/L)	II (mg/L)	III (mg/L)	IV (mg/L)
Membrane filtration associated with electrocoagulation	65%	0.17	0.06	0,29	0,001	0,25
Ceramic Membrane and electrocoagulation	50%	0.17	0.09	0.42	0.02	0.35
Ceramic Membrane	2%	0.17	0.16	0.82	0.03	0.69
Dynamic Membrane	10%	0.17	0.15	0.75	0.03	0.63
Flotation	37% and 63%	0.17	0.09	0.42	0.02	0.35
Screen	10% a 20%	0.17	0.15	0.71	0.03	0.60



Key: (a) filtration membrane associated will electrocoagulation; (b) membrane ceramic and electrocoagulation; (c) membrane ceramics; (d) dynamic membrane; (e) flotation; (f) screen
Fig. 7 Oils and Greases in mg / L by stage after the application of removal rates for segregation technique present in the effluent in fish processing industry

The results analysis showed that segregation proved to be a very efficient technique for reducing the concentrations of the compounds studied: total solids, organic matter and oil and grease. However, this does not mean that the final effluent does not need further treatment. The COD/BOD rates corroborate this: levels below 2.5 indicate the presence of biodegradable matter, there is the indication requiring treatment to become stable. Segregation techniques have proved to be efficient in maintaining residues out of drains and reducing the cost of effluent treatment [42], as well as contributing to the generation of by-products.

4 Conclusion

Fish processing sector effluents generally show high concentrations of total solids and organic matter. No such high concentrations are observed for oil and grease, given the characteristics of the processing plant studied.

The different segregation techniques studied showed that, for the effluent studied, when processes were employed together they were able to achieve higher removal rates for solids, organic matter and oil and grease. The result is a final effluent with lower pollution potential, requiring only simplified treatment.

The introduction of segregation processes to effluent streams not only allows for a better quality of final effluents, but also for lower by product losses.

Acknowledgements:

The authors would like to thank the CNPq [Brazilian National Council for Scientific and Technological Development] for funding this project (process: 407728/ 2012-0) and for a productivity grant (Process 312697/2014-7).

REFERENCES

- [1] UNITED NATIONS IN BRAZIL (UN-BR). Rio +20 - fatos sobre alimentação. Available in: <<http://www.onu.org.br/rio20/alimentacao.pdf>>. Accessed on: 14 Feb. 2016.
- [2] CHOWDHURY, P.; VIRARAGHAVAN, T.; SRINIVASAN, A. Biological treatment processes for fish processing wastewater – A review. *Biores. Technol.*, v. 101, p. 439-449, 2010.
- [3] CRISTOVÃO, R. O. *et al.* Chemical and biological treatment of a fish canning wastewater. *International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics*. [S.I.], v.2,n. 4, p 237-242, 2012
- [4] CRISTOVÃO, R. O. *et al.* Fish canning industry wastewater treatment

- for water reuse - a case study. *Journal of Cleaner Production*, Elsevier, v. 87, p. 603–612, Dec. 2015.
- [5] MUTHUKUMARAN, S. e BASKARAN, K. Organic and nutrient reduction in a fish processing facility e A case study. *International Biodeterioration & Biodegradation* vol. 85, 2013, p. 563-570.
- [6] THI ANH, P. Towards eco-agro industrial clusters in aquatic production: the case of shrimp processing industry in Vietnam. *Journal of Cleaner Production*, vol.19, 2011, p.2107 and 2118.
- [7] HERNÁNDEZ, C *et al.* Use of tuna industry waste in diets for nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fingerlings: effect on digestibility and growth performance. *Latinamerican journal of aquatic research*, Valparaíso, v. 41, n. 3, p. 468-478, jul./nov. 2013.
- [8] FELTES, M.C.M. *et al.* Alternativas para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.6, p.669–677, 2010.
- [9] HERPANDI, N. H. *et al.* The Tuna Fishing Industry: A New Outlook on Fish Protein Hydrolysates. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol.10, 2011, p.195–207.
- [10] MONTEIRO, M. L. G. Aproveitamento de resíduos de tilápia (*Oreochromis niloticus*) para elaboração de novos produtos com valor agregado. 2013.
- [11] RUSTAD, T.; STORRO, I.; SLIZYTE, R. Possibilities for the utilisation of marine by-products. *International Journal of Food Science & Technology*, vol. 46, 2011, p.2001–2014.
- [12] SILVA A, J. *et al.* Utilization of tilapia processing waste for the production of fish protein hydrolys at ej. *Animal feed science and technology*, Elsevier, v. 196,n.11, p. 96–106, out. 2014.
- [13] BUGALLO, P.M. *et al.* Material flow analysis in a cooked mussel processing industry. *Journal of food engineering*. Elsevier. V. 113, Issue1, p. 100-117, 2012.
- [14] MORAIS, J. P. *et al.* Balanço de massa na obtenção de carne mecanicamente separada (CMS) de tilápia. Fortaleza, CE: *EMBRAPA*, 2013. Documentos 164.
- [15] COSMANN, *et al.* Caracterização do efluente de processamento de pescado e desempenho da lagoa anaeróbia. *I Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos de Animais*

Tratamento de Dejetos de Animais, Florianópolis, SC – Brasil, v. 11 a 13 de Março de 2009, fev. 2016.

[16] LOVE *et al.* Wasted seafood in the United States: quantify in gloss from production to consumption and moving toward solutions. *Global environmental change*, [S.L.], v. 35, n. 0, p. 16–124, Dec. 2015.

[17] LAGO, A. M. T. Embutido tipo salsicha utilizando carne mecanicamente separada de tilápia: uma alternativa para o aproveitamento de resíduo da filetagem. 2015. 231 p. Dissertação (Masters in food sciences) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

[18] LOPES C. *et al.* Valorisation of fish by-products against waste management treatments – comparison of environmental impacts. *Waste management*, Elsevier, v. 46, n. 0, p. 103–112, /dez. 2015.

[19] SOFIA. The State of World Fisheries and Aquaculture: opportunities and challenges. Rome: FAO *Fisheries and Aquaculture Department*, 2014. 223 p. Available in: <<http://goo.gl/vm6pvO>>. Accessed on: 23 Jan. 2016.

[20] JOHANSON, Kerry. Review of new segregation tester method by Dr.Kerry Johanson, P.E. *Powder*

technology, Elsevier, v. 257, n. 0, p. 1-10, May 2014.

[21] ALONSO A, A. A. *et al.* Contributing to fisheries sustainability by making the best possible use of their resources: the be fair initiative. *Trends in food science & technology*, Elsevier, v. 21, n. 0, p. 569-578, May 2010.

[22] MITTAL, G.S. Treatment of wastewater from abattoirs before land application- a review. *Bioresour. Technol.* Ed.97, n .9, p. 1119-1135, 2006.

[23] BEZAMA, A. Evaluation of the environmental impacts of a Cleaner Production Agreement by frozen fish facilities in the Biobío Region, Chile. *Journal of Cleaner Production* n.26, p. 95–100, 2012.

[24] SUTHERLAND, K. Filter media guidelines: Selecting the right filter media. *Filtration + Separation*. Volume 48, n. 3, May-June 2011, p. 21-22, 24.

[25], SUTHERLAND, K. Half a century of developments in filtration – Part 3. *Filtration+Separation*, Elsevier, v. 50, n. 3, p. 23–27, jun. 2013.

[26], APHA. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20th ed. Washington D.C: American Public Health Association; 21st ed., 2005.

- [27] GARDE, J. *Treatment of wastewater from a fish conservation industry: flocculation experiment and analysis*. School of Business and Engineering. Halmstad University, 2011 (Masters thesis).
- [28] ALEXANDRE, V. et al. Performance of anaerobic bioreactor treating fish-processing plant wastewater pre-hydrolyzed with a solid enzyme pool. *Renewable Energy*, Elsevier, v. 36, n. 12, p. 439–3444, dez. 2014.
- [29] QUEIROZ, M. I. et al. Fish processing wastewater as a platform of the microalgal biorefineries. *Engineering Biosystems*. Volume 115, Issue 2, June 2013, Pages 195-202 (2013).
- [30] MOSQUERA-CORRAL, A. et al. SIMULTANEOUS METHANOGENESIS AND DENITRIFICATION OF PRETREATED EFFLUENTS FROM A FISH CANNING INDUSTRY. *Water Research*, Elsevier, v. 35, n. 2, p. 411–418.
- [31] ALMANDOZ, M.C. et al. Composite ceramic membranes from natural alumino silicates for microfiltration applications. *Ceram. Int.* V.4, ed.41, p. 5621-5633, 2015.
- [32] GEBREYOHANNES, A. Y.; MAZZEI, R.; GIOR, L.. Trends and current practices of olive mill wastewater treatment: application of integrated membrane process and its future perspective. *Separation and Purification Technology*, Elsevier, v. 162, abr./abr. 2016.
- [33] COLIC, M. et al. Case study: fish processing plant wastewater treatment. *Clean water technology. Clean water technology*. 2007.
- [34] COWI Consulting Engineers and Planners AS, Denmark. *Cleaner production assessment in meat processing*. Paris : UNEP - United Nations Environment Programme, Division of Technology, Industry and Economics (rev.2008).
- [35] BUSTILLO-LECOMPTÉ, Ciro Fernando; MEHRVAR, Mehrab. Slaughterhouse wastewater characteristics, treatment, and management in the meat processing industry: A review on trends and advances. *Journal of Environmental Management*, Elsevier, v. 161, n. 15, p. 287-302, set. 2015.
- [36] LEFEBVRE, O.; MOLETTA, R.. Treatment of organic pollution in industrial saline wastewater: a literature review.. *Water Research*, Elsevier, v. 40, n. 20, p. 3671–3682, Dec./Dec. 2016.
- [37] YANG, T. et al. Improving performance of dynamic membrane assisted by electrocoagulation for

treatment of oily wastewater: Effect of electrolytic conditions. *Desalination*, Elsevier, v. 363, p. 134–143, Feb. 2016.

[38] BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. *Resolution n. 430, 13 May 2011*. Establishes the conditions for discharging effluents. It also complements and alters Resolution n 357, 17 March 2005, from Conama [National Environmental Commission].

[39] BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – Conselho Nacional de Recursos Hídricos. *Resolution n. 54, 28 November 2005*, establishes modes, directives and general criteria for the direct re-use of non-potable water, and sets other provisions 2005.

[40] JAYASINGHE, P. e K. HAWBOLDT . A review of bio-oils from waste biomass: Focus on fish processing waste. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 16, ano 2012, p.798–821.

[42] WATSON, R. Trials to Reduce Water and Effluent Charges in Fish Processing. The Sea Fish Industry Authority. *Seafish Report N.SR541*-April, 2003.

[41] ADEOTI, I. A. & K. HAWBOLDT, 2014. A review of lipid extraction from fish processing by-product for use as a biofuel. *Biomass and Bioenergy*. V. 63, p. 330–340, Apr. 2014.