



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
CAMPUS DE JABOTICABAL  
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP - CAUNESP



# **Utilização de escamas e *Eichhornia crassipes* no tratamento de efluente de curtume de peles de tilápias**

**Milena Penteado Chaguri**  
**Zootecnista**

**Jaboticabal**  
**Fevereiro**  
**2010**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
CAMPUS DE JABOTICABAL  
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP - CAUNESP

**Utilização de escamas e *Eichhornia crassipes* no  
tratamento de efluente de curtume de peles de  
tilápias**

**Aluna:** Milena Penteadó Chaguri

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rose Meire Vidotti

Dissertação apresentada ao Programa  
de Pós-Graduação em Aquicultura –  
Área de Concentração em Aquicultura,  
como parte das exigências para  
obtenção do Título de Mestre.

Jaboticabal  
Fevereiro  
2010

Chaguri, Milena Penteado  
C433u Utilização de escamas e Eichhornia crassipes no tratamento de  
efluente de curtume de peles de tilápias / Milena Penteado Chaguri. –  
– Jaboticabal, 2010  
xiii, 65 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2010  
Orientador: Rose Meire Vidotti  
Banca examinadora: Lúcia Helena Sipaúba Tavares, Aldi Feiden  
Bibliografia

1. Adsorção. 2. Biomaterial. 3. Poluição hídrica. I. Título. II.  
Jaboticabal-Centro de Aquicultura.

CDU 628.16

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da  
Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de  
Jaboticabal.

A meus pais, Evaldo e Magali, pelo incentivo, amor e dedicação.  
Às minhas irmãs Beatriz e Flávia, pelo carinho e amizade.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por me dar a oportunidade de viver, crescer e evoluir.

Aos meus pais Evaldo e Magali, que sempre se sacrificaram, me deram oportunidade de estudar e me mostraram o caminho correto a seguir, o caminho do trabalho e da honestidade.

Às minhas queridas irmãs, Beatriz e Flávia, que sempre me apoiaram, mesmo longe, nos momentos que mais precisei.

Aos meus avós, tios, tias, primos e primas, por serem sempre unidos, presentes (mesmo que em pensamento) e prontos a me ajudar.

À minha orientadora Prof. Dr. Rose Meire Vidotti pela orientação e por mostrar um novo caminho a seguir no ramo da pesquisa.

A todos do curtume Aguapé, Ana Cláudia, Angélica, Sharen, Jairo, Júnior, Víctor, Vinícius, Clara, Liliane e Tereza por ceder suas instalações, me acolherem em seus lares e pela amizade que nasceu deste trabalho.

Ao CNPq pela bolsa de estudos concedida durante o mestrado.

À Prof. Dr. Lúcia Helena Sipaúba Tavares pelas correções, sugestões e incentivo a continuar realizando trabalhos nesta área.

Aos Prof. Dr. Luiz Augusto do Amaral e Aldi Feiden pelas contribuições e correções como membro da banca examinadora.

Ao Prof. Dr. Claudinei Cruz pelas correções e ajuda durante o mestrado.

Ao Caunesp, em especial os setores de carcinicultura, ranicultura e nutrição por ceder as instalações e equipamentos para a realização deste trabalho.

Aos funcionários do Caunesp, Roberto, Marcio, Marcio Reche, Valdecir, Sivinha, Veralice, Donizete e David que colaboraram com meu trabalho durante o mestrado.

Ao Marcio Reche (Perereca) por toda ajuda durante o experimento e principalmente pela amizade que surgiu durante essa fase da minha vida.

Ao meu namorado Henrique Leal Perez pelo amor, paciência e ajuda durante o mestrado.

À minha amiga e agora companheira de profissão, Josey, que mesmo longe, sempre me ajudou e incentivou em todas as minhas decisões.

À minha amiga Milena que me ajudou e em muitos momentos me orientou, além de ser minha grande companheira desde o início do mestrado.

Às minhas amigas Taís, Letícia e Aline que foram companheiras para todas as horas.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

É melhor atirar-se à luta em busca de dias melhores, mesmo correndo o risco de perder tudo, do que permanecer estático, como os pobres de espírito, que não lutam, mas também não vencem, que não conhecem a dor da derrota, nem a glória de ressurgir dos escombros. Esses pobres de espírito, ao final de sua jornada na Terra não agradecem a Deus por terem vivido, mas desculpam-se perante Ele, por terem apenas passado pela vida.

(Bob Marley).

## RESUMO

Os curtumes utilizam grande quantidade de água e alta carga de produtos tóxicos, estes em sua maioria não fazem o tratamento adequado do efluente, lançando-os indiscriminadamente podendo causar a morte da fauna e flora local. O uso de materiais adsorventes pode ser uma técnica a ser adotada no tratamento de efluentes de curtume, no entanto deve-se escolher um material abundante, de baixo custo e que apresente boa eficiência. A escama apresenta propriedades adsorptivas, podendo ser uma alternativa para o tratamento de efluentes de curtume. A macrófita aquática, *Eichhornia crassipes*, também apresenta eficiência na remoção de matéria orgânica e outros componentes, além de apresentar rápido desenvolvimento. O objetivo deste trabalho foi caracterizar o efluente de curtume de peles de peixe e estudar um sistema piloto de baixo custo para o tratamento deste. Foram realizados dois experimentos, onde o primeiro utilizou-se um biofiltro de escamas no tratamento de efluente de curtume em todas as etapas do processamento, apresentando alta eficiência de remoção de sólidos suspensos totais e sólidos suspensos voláteis na etapa de caleiro, o pH obteve uma tendência a neutralidade no efluente de todas as etapas, porém nas etapas onde o pH era ácido obteve-se melhores resultados. Ocorreu redução de nitrogênio amoniacal nas etapas de desengraxe e purga. Isto demonstra que a utilização do biofiltro de escamas é uma alternativa eficiente no tratamento de efluentes de curtume de peles de tilápia. O segundo experimento utilizou dois sistemas de tratamento do efluente de curtume de peles de tilápia. O primeiro sistema utilizou escama e *E. crassipes* e o segundo apenas *E. crassipes*, com três tempos de retenção hidráulica de 4, 6, e 8 dias. Os dois tratamentos não diferiram entre si, porém ambos foram eficientes na remoção de fósforo, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal e redução da demanda química de oxigênio. Os tempos de retenção hidráulica de quatro e seis dias foram mais eficientes na remoção de nitrogênio total. Os dois sistemas foram eficientes no tratamento de efluentes de curtume, principalmente para os de pequeno porte.



## ABSTRACT

The tanning use great amount of water and high quantity of toxic products, most of them don't make the adequate treatment of effluents, throwing them indiscriminately which can cause the local fauna and flora death. The use of adsorptive materials can be a technique to be adopted in the treatment of tanning effluent; however it's important that an abundant, low cost and efficient material is chosen. The fish scale shows adsorptive properties, and can be an alternative for the tanning effluent treatment. The aquatic macrophyte, *Eichhornia crassipes*, also shows good efficiency in the removal of organic material and other components, besides having a fast development. the objective of this work was to characterize the effluent of tilapia skin tanning and to study an efficient and low cost system for its treatment. Two experiments were taken; the first one used a skin fish biofilter in the treatment of the tanning effluent in all the stages of the processing, showing high efficiency in the removal of total suspended solid and volatile suspended solid in the stage of limming, the pH had a tendency to neutrality in the effluent in all stages, however in the stages when the pH was acid, better results were obtained. It demonstrates that the use of biofilter of fish scales is an efficient alternative in the treatment of effluents of tilapia fish scale tanning. In the second experiment it was used two systems of treatment of tilapia skin tanning effluent. In the first system it was used scales and *E. crassipes* and in the second one just *E. crassipes*, with three times of hydraulic retention of 4, 6, and 8 days. Both treatments showed no difference between each other, however both were efficient in the removal of phosphorus, total nitrogen, amoniacal nitrogen and reduction of chemical demands of oxygen. The times of hydraulic retention of four and six days were more efficient in the removal of total nitrogen. Both systems were efficient in the treatment of tanning effluent, mainly for small size tanning.

**SUMÁRIO**

1. INTRODUÇÃO GERAL .....	1
2. CAPITULO I - REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1 RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO DE PEIXES .....	3
2.2. PROCESSAMENTO DE PELES DE TILÁPIA .....	4
2.3 EFLUENTES .....	7
2.4 EFLUENTES DE CURTUME.....	8
2.5 ESCAMAS.....	11
2.6 “WETLANDS” .....	14
2.7.REFERÊNCIAS.....	16
CAPITULO II– CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE DE CURTUME DE PELES DE TILÁPIA E AVALIAÇÃO DA FILTRAGEM EM BIOFILTRO DE ESCAMAS .....	21
RESUMO .....	21
ABSTRACT .....	21
1 INTRODUÇÃO .....	22
2 MATERIAL E MÉTODOS .....	24
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4 CONCLUSÕES .....	36
5 REFERÊNCIAS:.....	37
CAPITULO III – UTILIZAÇÃO DE <i>Eichhornia crassipes</i> E ESCAMAS NO TRATAMENTO DO EFLUENTE DE CURTUME DE PELES DE TILÁPIAS .....	39
RESUMO .....	39
ABSTRACT .....	39
1 INTRODUÇÃO .....	41
2 MATERIAL E MÉTODOS .....	44
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
4 CONCLUSÕES .....	50
5 REFERÊNCIAS:.....	51

## LISTA DE TABELAS

### **CAPITULO II – Caracterização do efluente de curtume de peles de tilápia e avaliação da filtração em biofiltro de escamas.**

Tabela 1. Média dos valores de pH dos efluente gerados de entrada e saída do biofiltro de escamas .....	28
Tabela 2. Valores médios dos parâmetros de entrada e saída do processo de filtração para as etapas de curtimento .....	30
Tabela 3: Valores de matéria seca (MS%), nitrogênio total (N-total), os minerais potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), manganês (Mn), cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn) e níquel (Ni) e metais pesados, cádmio (Cd), cromo (Cr) e chumbo (Pb) nas escamas utilizadas como substrato do filtro .....	32
Tabela 4: Adsorção dos minerais potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), manganês (Mn), ferro (Fe), níquel (Ni) e dos metais pesados cádmio (Cd) e chumbo (Pb) pela escama após a passagem pelo filtro nas etapas do processamento.....	33

### **CAPITULO III – Utilização de *Eichhornia crassipes* e escamas no tratamento do efluente de curtume de peles de tilápia .....**

Tabela 1: Valores de F e médias obtidas para as variáveis fósforo total (P), demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio total (NT) e nitrogênio amoniacal (N-NH <sub>3</sub> ) avaliados nos tratamentos e diferentes tempos de retenção .....	49
---	----

## LISTA DE FIGURAS

### CAPITULO I - Revisão de Literatura

Figura 1: Fulão utilizado no processamento de peles de tilápia (capacidade de 9-10 kg de pele). .....	5
Figura 2: Sala de secagem de peles de tilápia .....	6
Figura 3: Peles de tilápia passadas e impermeabilizadas .....	6
Figura 4: Fluxograma do processamento de peles de tilápia.....	9

### CAPITULO II – Caracterização do efluente de curtume de peles de tilápia e avaliação da filtragem em biofiltro de escamas

Figura 1: Esquema do biofiltro de escamas utilizado no tratamento de efluente do processamento de peles de tilápia. ....	25
Figura 2: Biofiltro de escamas.....	25
Figura 3: Escama após a passagem do efluente pelo filtro. A: Controle; B: Remolho; C: Caleiro; D: Desencalagem; E: Desengraxa; F: Purga; G: Curtimento; H: Neutralização; I: Recurtimento/Tingimento; J: Engraxe. ....	34

### CAPITULO III – Utilização de *Eichhornia crassipes* e escamas no tratamento do efluente de curtume de peles de tilápia

Figura 1: Tratamento com escamas de tilápia e macrófitas aquáticas ( <i>Eichhornia crassipes</i> ).....	45
Figura 2: Tratamento do efluente de curtume com escama e aguapé .....	45
Figura 3: Tratamento somente com macrófitas aquáticas ( <i>Eichhornia crassipes</i> ) .....	46
Figura 4: Tratamento do efluente de curtume com aguapé .....	46

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O desenvolvimento urbano e industrial gerou um aumento do consumo de alimentos e outros produtos em geral. No entanto, a maioria dos processos de produção, seja de alimentos, roupas ou bens de qualquer natureza utilizam a água em seu processo de confecção. O uso indiscriminado da água gera preocupação, em especial, devido a falta de tratamento após o seu emprego na produção de produtos industrializados. Para se adotar medidas de tratamento é necessário conhecer o efluente a ser tratado, identificar as etapas mais poluentes para que se possa obter um sistema eficiente e minimizar o uso de substâncias tóxicas, podendo assim reutilizar a água e diminuir o desperdício.

Entre as atividades mais poluentes estão os curtumes, os quais utilizam diversos produtos tóxicos e grande quantidade de água. Existem vários métodos para o tratamento desses efluentes, porém a maioria apresenta alto custo de implantação e mão de obra especializada, devendo buscar técnicas alternativas. Alguns materiais que já estão sendo utilizados no tratamento de águas residuárias, os quais são denominados materiais biosorventes. Estes possuem a capacidade de retirar do meio aquoso substâncias indesejáveis, que podem comprometer a qualidade da água.

A escama é um biomaterial que apresenta propriedades adsorptivas. Esta pode ser uma boa alternativa para tratamento de efluentes de curtumes de pele de peixe, já que na maioria das vezes estas chegam ao curtume ainda inseridas na pele. As macrófitas aquáticas também podem ser utilizadas na remoção de matéria orgânica e metais pesados, com rápido desenvolvimento e tolerância a ambientes tóxicos e com alta carga orgânica.

O objetivo desse trabalho foi caracterizar o efluente de curtume de peles de tilápia, avaliar a capacidade de adsorção da escama e a eficiência de dois sistemas de tratamento do efluente utilizando escama e *Eichhornia crassipes*.

Esta dissertação apresenta-se dividida em três capítulos conforme a descrição a seguir:

O primeiro capítulo trata-se da revisão de literatura que descreve a geração, destino e aproveitamento dos resíduos gerados no processamento de peixes, a geração de efluente e o tratamento alternativo para efluentes de curtumes de peles de peixe.

Capítulo II - “Caracterização do efluente de curtume de peles de tilápia e avaliação da filtragem em biofiltro de escamas”.

Capítulo III - “Utilização de *Eichhornia crassipes* e escamas no tratamento do efluente de curtume de peles de tilápias”.

## 2. CAPITULO I - REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO DE PEIXES

Todos os dias toneladas de filés de peixe são produzidas nos frigoríficos, gerando grande quantidade de resíduos. Estes são descartados ou utilizados para a produção de farinha de peixe, no entanto esses resíduos, que possuem boa qualidade, podem ser utilizados na alimentação humana, produção de roupas, sapatos e também no tratamento de águas residuárias.

Entre os peixes existentes no Brasil, a tilápia é umas das espécies exóticas com maior potencial de produção. Em 2004 foram exportadas mais de 220 mil toneladas para os EUA no valor de 297 milhões de dólares (SANTA RITA et al., 2006). Esta espécie apresenta características muito apreciadas pelos consumidores como: carne branca, textura firme, sabor delicado, fácil filetagem, ausência de espinhos em “Y”, além das características zootécnicas que colocam esta espécie como uma das mais produzidas mundialmente (JORY et al., 2000).

Após o abate, a tilápia é principalmente comercializada na forma de filé congelado, apresenta rendimento médio de 30%. Com isso devem-se buscar alternativas para o aproveitamento dos subprodutos gerados do beneficiamento do filé (VIDOTTI & GONÇALVES, 2005). Os resíduos da produção de peixes são constituídos de: cabeças, pele, nadadeiras, vísceras, carcaça, aparas e escamas. Segundo Vidotti & Borini (2006), na tilápia a cabeça, carcaça e vísceras constituem 54% dos resíduos, a pele 10%, escamas 1% e as aparas dorsais e ventrais e do corte em “v” do filé, 5%.

Entre os subprodutos citados destaca-se a pele que corresponde a 4,8-8,5% do peso do peixe. Para aproveitá-la pode-se fazer o curtimento, técnica já realizada com a pele de outros animais (SOUZA, 2004). O aproveitamento de resíduos pode trazer diversos benefícios como a prevenção da degradação ambiental e o prejuízo econômico, combate à fome, além da geração de empregos diretos e indiretos (ESPINDOLA FILHO et al., 2001).

## 2.2. PROCESSAMENTO DE PELES DE TILÁPIA

A pele de peixe é um produto de alta qualidade, resistência e de característica peculiar, devido à presença das lamélulas, local onde as escamas estão inseridas dando a este produto uma característica única (SOUZA, 2007).

O processo de curtimento transforma a pele em material inerte, utilizado na confecção de produtos para vestuário, como roupas, sapatos, bolsa e também para produção de móveis, bijuterias, entre outros. A qualidade do couro envolve vários fatores na produção desse produto, como o tamanho e espécie do peixe, o método de conservação e espessura da pele e as técnicas e produtos envolvidos na produção do couro.

No caso de curtumes de pele de tilápia, as etapas pelas quais as peles passam durante o curtimento são: remolho, descarnar, caleiro, desencalagem, purga, píquel, curtimento, neutralização, recurtimento, tingimento, engraxe e acabamento. Em todas as etapas são utilizados produtos químicos que alteram o pH e outras características físico-químicas da água utilizada no processo (SOUZA, 2007). O processo de confecção do couro de peixes leva em média três dias para se obter o produto pronto. Depois da descamação e do descarnar a pele é colocada no fulão, onde são realizadas as etapas que utilizam diversos produtos químicos.

Desde o remolho ao engraxe são utilizadas diferentes substâncias gerando nove tipos de efluentes, uma vez que entre cada etapa as peles são lavadas, exceto entre o píquel e o curtimento e entre o recurtimento e tingimento, gerando um único efluente. A etapa de acabamento consiste em secar, passar impermeabilizar e envernizar o couro.

O descarnar é a primeira etapa, onde se retira a carne aderida à pele restante do processo de filetagem, esta geralmente é realizada fora do curtume. Após o descarnar a pele é colocada no fulão (Figura 1), equipamento utilizado da etapa de remolho até o engraxe. Após o engraxe a pele é encaminhada para a sala de secagem (Figura 2), depois é passada e impermeabilizada (Figura 3).





Figura 1: Fulão utilizado no processamento de peles de tilápia (capacidade de 9-10 kg de pele).

No processamento de peles utiliza-se grande quantidade de produtos químicos em seu processo de confecção. A maioria dos curtumes brasileiros utiliza o cromo como agente curtente. No entanto existem vários tipos de curtente como: os naturais, à base de tanino vegetal, tanino sintético, ou ainda à base de alumínio (SOUZA, 2007; SOUZA, 2004).

Os curtentes naturais são encontrados em vegetais ricos em tanino, que podem estar nas cascas, raízes, folhas e frutos. As principais espécies utilizadas são o angico, o quebracho, mimosa e acácia negra (SOUZA, 2007). No presente estudo o curtente utilizado foi o extrato de acácia negra, devido ao menor impacto ambiental em comparação com o agente mais utilizado (cromo).



Figura 2: Sala de secagem de peles de tilápia.



Figura 3: Peles de tilápia passadas e impermeabilizadas.

### 2.3. EFLUENTES

A abundância de água em nosso planeta causa uma falsa sensação de recurso inesgotável, porém estudos mostram que 97,5% da água do planeta é salgada, sendo imprópria para o consumo humano, 2,493% é água doce na forma de geleiras ou regiões subterrâneas e apenas 0,007% é encontrada em rios, lagos e na atmosfera (MACÊDO, 2001).

Com o aumento da população mundial e a intensificação da vida urbana houve acréscimo no consumo e na confecção de produtos industrializados. Esse crescimento fez com que as indústrias ampliassem sua produção sem se preocupar com o destino dos resíduos gerados. Estes, em sua maioria, são lançados ao meio ambiente sem tratamento algum.

O processo de industrialização no Brasil tem contribuído para a poluição ambiental, uma vez que as águas residuárias industriais geralmente são lançadas nos corpos hídricos ou no solo, sem nenhum tratamento ou, quando tratadas, frequentemente não atendem às condições impostas pela legislação, constituindo assim uma das principais fontes de poluição dos corpos hídricos receptores (SANTAELLA & SÁ, 2000).

Atualmente os efluentes industriais são um dos maiores causadores de poluição hídrica, podendo apresentar as mais variadas substâncias. Muitas destas podem ser tóxicas e ocasionar efeitos adversos aos seres vivos. Uma das maneiras de se evitar estes efeitos é realizar o tratamento adequado de acordo com as características do efluente a ser tratado (SPERLING, 1996).

Geralmente o tratamento de efluentes é bastante complexo, envolvendo muitos métodos e etapas. Em alguns casos se faz necessário um pré-tratamento para proporcionar um efluente de acordo com os padrões de qualidade exigidos pela legislação vigente (LIM et al., 2003).

## 2.4. EFLUENTES DE CURTUME

Devido às exigências das leis ambientais e a preocupação com o meio ambiente, cada vez mais estão se buscando alternativas para o tratamento de efluentes, visando uma diminuição de descargas de poluentes aos corpos d'água (AQUIM et al., 2004).

As empresas de curtimento de peles geram alta quantidade de efluente líquido, o qual é altamente poluente e nocivo ao meio ambiente. Estes podem deteriorar a qualidade da água dos corpos receptores assim como causar a morte de organismos aquáticos (YENDO & MATSUMOTO, 2002).

Os efluentes de curtume apresentam grande quantidade de material putrescível (proteínas, sangue e fibras musculares) e substâncias tóxicas (sais de cromo, sulfeto de sódio, cal livre, compostos arsenicais). Este pode gerar gás sulfídrico tornando as águas receptoras impróprias para usos industriais, agrícolas ou para o abastecimento público (BRAILE & CAVALCANTI, 1993).

Segundo Maioli & Silva (2000), o efluente de curtume apresenta uma carga poluente proporcional a uma população de 1000 a 4000 habitantes por tonelada de pele. A adoção de novas técnicas e o emprego de produtos menos agressivos ao meio ambiente já estão sendo buscadas.

As etapas realizadas durante o processo de curtimento são: descarne, remolho, caleiro, desencalagem, desengraxa, purga, píquel/curtimento, neutralização, recurtimento/tingimento, engraxe e acabamento (Figura 4). O remolho tem como finalidade limpar e retirar as impurezas aderidas à pele como músculo, sangue e extrair proteínas não fibrosas, o caleiro tem a função de abertura e intumescimento da estrutura fibrosa e saponificação das gorduras. A desencalagem remove as substâncias alcalinas utilizadas no caleiro, a purga limpa a estrutura fibrosa e elimina materiais queratinosos degradados. O desengraxa remove a gordura da pele, o curtimento transforma a pele em material imputrescível através de agentes curtentes

naturais ou artificiais, a neutralização elimina os ácidos livres. O recurtimento/tingimento complementa a etapa de curtimento e dá a coloração desejada ao couro e o engraxe aumenta a resistência do material além, de proporcionar maciez e elasticidade ao produto (SOUZA, 2004).

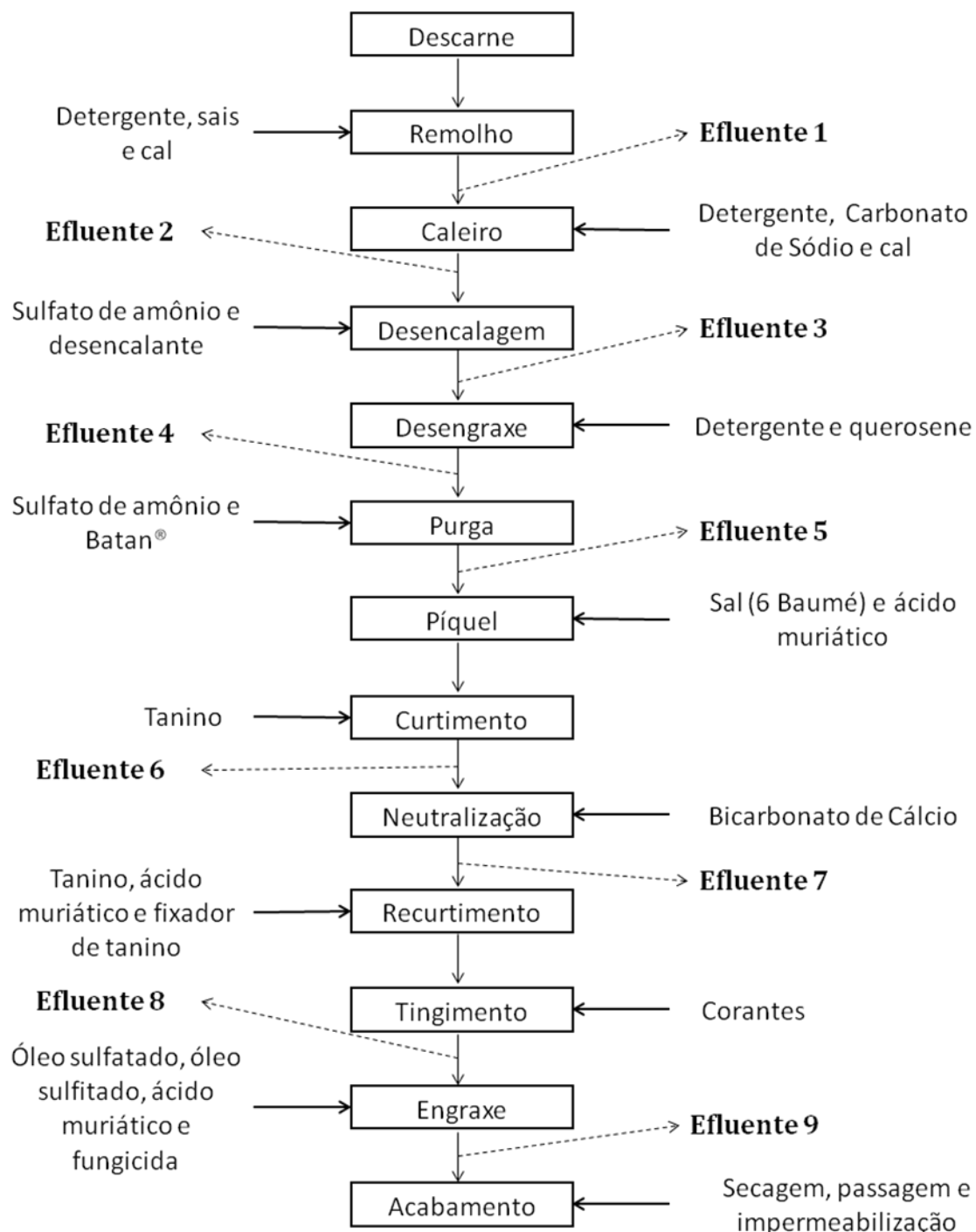


Figura 4: Fluxograma do processamento de peles de tilápia.

Braile & Cavalcanti (1993), destacam que dentre as diversas etapas realizadas no processo de curtimento das peles, o remolho, caleação, lavagem, piquelagem e purga são responsáveis por 65% dos despejos. Os 35% restantes são gerados nas etapas de curtimento de acabamento e lavagem final, porém, estas duas últimas atividades são responsáveis por 60% da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) presente no efluente, sendo os 40% restantes provenientes das cinco primeiras etapas.

O volume de efluente gerado nos curtumes é equivalente ao total de água captada. Aproximadamente 70% do efluente é proveniente da operação de ribeira composta por pré-remolho, remolho, caleiro, desencalagem, desengraxe e purga. O efluente desta operação é fortemente alcalino devido à alta concentração de cal, estão presentes também sais dissolvidos, proteínas e aminoácidos provenientes de tecidos musculares, sangue, gordura, pêlos e sebo. Os 30% restante do efluente são provenientes das operações de curtimento e acabamento. Nas operações de píquel e curtimento o efluente é composto por sais, ácidos, cromo e/ou taninos, proteínas e fungicidas em pequenas quantidades. A coloração do efluente depende do agente curtente sendo verde escura para o curtimento com cromo e castanho para o curtimento com tanino (PACHECO, 2005).

A grande maioria dos curtumes brasileiros não possuem condições financeiras para construir uma estação de tratamento de efluentes convencional, que necessita de grandes áreas e alto custo de implantação. Por esse motivo devem-se desenvolver técnicas alternativas de tratamento de efluentes de fácil aplicação e baixo custo. Futuramente deve-se se adotar técnicas de diminuição da carga poluidora durante a produção de couro (BRAILE & CAVALCANTI, 1993).

No entanto, dado o perfil típico dos curtumes brasileiros, com tecnologias de processamento não muito viáveis, e sem recursos para grande investimento na área de depuração de efluentes, mostra que a tecnologia de tratamento convencional não é plenamente aplicável à nossa realidade. Isto ocorre devido ao custo elevado de implantação, operação, elevada quantidade de lodo gerado, elevado consumo de energia e elevado índice de

mecanização e, conseqüentemente, elevado custo de manutenção. Havendo, portanto, a necessidade de se desenvolver tecnologias simples (CHERNICHARO et al., 1996).

## **2.5. ESCAMAS**

Nos curtumes de peles de peixe, além da dificuldade de dar um destino correto aos efluentes, existe outro problema que são as escamas as quais, na maioria, chegam inseridas na pele. Estas devem ser removidas antes de iniciar o processo de curtimento.

Atualmente as escamas são pouco utilizadas em outro processo, sendo geralmente encaminhadas à produção de farinha ou silagem. O processo de produção de farinha utiliza alta temperatura e pressão, onde as escamas apresentam baixa degradação interferindo no valor nutricional desse produto. Quando inseridas na silagem, as escamas também não são degradadas, tanto pela digestão ácida como pela fermentação, sendo dispostas na maioria das vezes em aterros sanitários.

Uma das alternativas para o reaproveitamento da mesma é o artesanato, o qual também não absorve toda a quantidade gerada. Neste sentido, a escama revela-se um material abundante, de baixo custo e pouco explorado pela comunidade científica ( SANTOS et al., 2009).

A escama de peixes teleósteos é do tipo eslamóide composta por hidroxiapatita deficiente em cálcio e fibras colágenas do tipo I, as quais em conjunto formam uma estrutura tridimensional altamente ordenada. Cada escama consiste em duas regiões distintas: uma camada externa e uma placa fibrilar interna (ZYLBERBERG & NICOLAS, 1982).

Segundo Okuda et al. (2009), a camada externa é composta por fibras de colágeno com diâmetro de 20–30 nm e a camada interna que apresenta estrutura parecida com madeira compensada composta por fibras colágenas tipo I com diâmetro de 20–30 nm.

Assim como muitos outros biomateriais as escamas de peixes são compostas por matéria orgânica e inorgânica. Nos estudos com escamas de bacalhau, “porgy” e linguado, observou-se que as proteínas, porção orgânica da escama, parecem ser o maior fator controlador da habilidade de adsorção, visto que, o nitrogênio apresenta propriedades ligantes à diferentes substâncias químicas. A proteína presente na fração orgânica é a queratina, que pode ser a principal responsável pelas propriedades adsorptivas, devido à presença de grupos sulfurados em sua estrutura molecular (VILLANUEVA-ESPINOSA et al., 2001).

Ainda não é totalmente claro que a fração orgânica da escama, composta principalmente por proteínas, ou a fração inorgânica, composta principalmente por hidroxiapatita, é responsável pelo fenômeno adsorptivo observado (VILLANUEVA-ESPINOSA et al., 2001). Isso indica que, mais estudos devem ser realizados para compreensão dos processos de adsorção de substâncias químicas em materiais biológicos.

Devido ao impacto ambiental decorrente da presença de metais pesados aumentaram a demanda para a purificação de águas de efluentes industriais antes de descarga em águas naturais. Métodos convencionais como, por exemplo, a troca iônica, a precipitação química, a ultrafiltração, ou deposição eletroquímica pode não ser economicamente viável para algumas indústrias devido aos custos relativamente altos e remoção insuficiente de rastros de íons metálicos. (EL-SHERIF et al., 2008).

Alguns subprodutos da produção agrícola estão sendo utilizados na remoção de íons metálicos. Devido ao baixo valor comercial esses biomateriais têm sido aplicados como alternativa no tratamento de efluentes. Porém segundo Kaksonen et al. (2003), para a utilização destes biomateriais deve-se ter o conhecimento de sua possível reatividade, do seu conteúdo, dos locais de adsorção para aperfeiçoar o processo de retenção.

A adsorção é um processo de transferência de um ou mais constituintes (adsorbatos) de uma fase fluida para a superfície de uma fase sólida (adsorvente). Nesse processo as moléculas presentes na fase fluida



são atraídas para a zona interfacial devido à existência de forças atrativas não compensadas na superfície do adsorvente (MEZZARI, 2002).

A estrutura molecular ou a natureza do adsorvente é que determina o grau de adsorção. O tipo e a localização dos grupos funcionais responsáveis pela adsorção afeta sua adsorbabilidade. Compostos com diâmetros moleculares menores têm mais facilidade em difundir-se para o interior do sólido e conseqüentemente a adsorção é maior (SAUER, 2006).

O primeiro passo para um processo de adsorção eficiente é a procura por um material adsorvente com boa capacidade e vida longa. Este deve estar disponível em grandes quantidades e apresentar viabilidade econômica (FIGUEIREDO et al., 2000).

Segundo Rahaman et al. (2008), que testou escama de bacalhau, gordura de frango, fibra de coco e carvão para absorção de Arsenio (As), foi constatado que a escama foi o material adsorvente mais eficiente, retendo mais de 80% da concentração inicial de As (III), enquanto que o carvão e a fibra de coco apresentaram uma retenção de cerca de 50%. Para a remoção de espécies pentavalentes a escama apresentou uma eficiência de 94% enquanto a gordura de frango apresentou 34%.

Stepnowski et al. (2004a) estudaram a recuperação de astaxantina utilizando-se escamas de peixes como adsorvente e avaliaram a sua capacidade de adsorção e métodos de recuperação deste carotenóide. Para tanto, os autores desenvolveram um filtro preenchido de escamas de “redfish” (*Sebastes marinus*) que foram utilizadas para filtrar amostras de efluente provenientes do processamento de camarão do ártico.

De acordo com os mesmos autores, as escamas utilizadas como filtro apresentaram alisamento e espessamento dos escleritos, região em que a astaxantina se fixou. Essas características indicam que o corante pode ser extraído com a utilização de solventes para reutilização nos processos de tingimento. A capacidade de adsorção do pigmento foi diretamente relacionada com a região do filtro, ou seja, as porções inferiores foram as que

apresentaram maior saturação de astaxantina, provavelmente devido ao fluxo do efluente dentro do filtro (STEPNOWSKI et al., 2004b).

## 2.6. “WETLANDS”

Os “wetlands” funcionam como biofiltros que utilizam macrófitas aquáticas para a remoção de nutrientes e matéria orgânica da água. Essas plantas removem estas substâncias para sua metabolização. Este sistema também diminui a concentração de sólidos suspensos e aumentam o tempo de retenção hidráulica para estimular a sedimentação (SIBAÚBA-TAVARES & BOYD, 2005).

Os “wetlands” são áreas alagáveis com plantas aquáticas que representam uma alternativa apropriada para o polimento final de efluentes contendo pequenas quantidades de nutrientes e de carga orgânica (EL-SHAFI et al., 2007). Além de apresentarem elevada eficiência no tratamento, lagoas de aguapés se caracterizam por serem de baixo custo e de simples operação e manutenção (SOLANO et al., 2004).

Este sistema possui a capacidade de remoção e transformação de compostos químicos podendo remover e reter vários tipos de poluentes. Os “wetlands” já estão sendo utilizadas em todo o mundo como tratamento primário, secundário ou terciário (WALLACE, 1998).

Vários trabalhos têm mostrado sucesso no tratamento de efluentes com o uso de macrófitas aquáticas, como no caso do efluente de curtume (ZACARKIM et al., 2007), efluente de aquicultura (SIPAÚBA TAVARES & BRAGA, 2008; HUSSAR & BASTOS, 2008), efluente de suinocultura (BALLEM et al., 2007), efluente de esgoto doméstico (NEDER, 2002), efluente frigorífico (LEITÃO JUNIOR, 2005) e também na remoção de chumbo em efluente da indústria recicladora de baterias automotivas (SHOENHALS et al., 2009).

Os “wetlands” apresentam a capacidade de purificar efluentes que contenham metais pesados, esta remoção pode ser realizada por quatro processos distintos: físicos, químicos, biológicos e bioquímicos (DENNY et al., 1995).

Dentre as plantas aquáticas mais utilizadas no tratamento de efluentes, a espécie *Eichhornia crassipes* apresenta alta capacidade de remover nutrientes do meio aquático, usá-los em seu desenvolvimento e reduzir parcialmente a carga resultante da produção de organismos aquáticos, melhorando a qualidade da água (SIPAÚBA TAVARES et al., 2002).

Algumas vezes, as plantas aquáticas podem ser prejudiciais em um sistema de aquicultura. Porém, se monitoradas, podem ser utilizadas de diversas maneiras, como por exemplo, na alimentação de peixes, biofiltro, agente não poluente, agente redutor de turbidez e competir por nutrientes reduzindo o florescimento de algas (SIPAÚBA TAVARES et al., 2003).

Reidel et al. (2005) utilizou *E crassipes* no tratamento de efluentes de frigorífico de aves e suínos, testando três tempos de retenção (5, 7 e 10 dias) com eficiência na redução de nutrientes nitrogenados, fósforo total e oxigênio dissolvido. A mesma macrófita aquática foi empregada no pós tratamento de efluentes de curtume testando três tempos de retenção hidráulica (4, 6 e 8 dias) e também apresentou eficiência na remoção de nutrientes, principalmente no tempo de retenção de 6 dias (ZACARKIM et al., 2007).

Esses fatores tornam essas plantas entre as mais promissoras para o uso no tratamento de efluentes. Essas macrófitas aquáticas tem o poder de remover da água quantidades expressivas de nitrogênio, fósforo e potássio e sua rizosfera constitui um sítio propício à atividade bacteriana e de organismos da microfauna aquática, os quais podem remover patógenos, carga orgânica e nutrientes (BALLEM, et al., 2007).

## 2.7. REFERÊNCIAS

- AQUIM, P. M. ; GUTTERRES, M. G. ; TESSARO, I. . Análises dos efluentes gerados nos processos de ribeira e curtimento da indústria do couro. In: Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental e Responsabilidade Social, Porto Alegre, 2004.
- BALLEM, A.; AITA, C.; GIACOMINI, S.J.; HÜBNER, A.P.; PUJOL,S.; LEAL, A. J. Eficiência do sistema lagoa de aguapés na remoção complementar de DQO e N de dejetos líquidos de suínos pré-tratados em reator aeróbico de biogrânulos. In: Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, 31, 2007 Gramado/RS.
- BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. São Paulo; CETESB, 1993. p.
- CHERNICHARO, C. A. L.; SPERLING, M. V.; SILVA, P. C.; GONÇALVES, R. F. Tratamento de efluentes de curtumes através de filtros anaeróbios seguidos por biofiltros aerados. Belo Horizonte/MG, DESA, 1996, 10 p.
- DENNY,P.; BRAILEY, R.; TUKAHIRWA, E.; MAFABI,P. Heavy metal contamination of lake George (Uganda) and its wetlands. **Hydrobiologia**, v. 297, p. 229-239, 1995.
- EL-SHAFI, S. A.; EL-GOHARY, F. A.; VAN DER STEEN, N. P.; GIJZEN, H. J. Nutrient recovery from domestic wastewater using a UASB-duckweed ponds system. **Bioresource Technology**, Essex, v. 98. p.798-807, 2007.
- EL-SHERIF,I.Y.; ASHMAWY, A.; BADR, S. Biosorption of Cadmium and Nickel by Nile Water Algae. **Journal of Applied Sciences Research**, v.4, n. 4, p. 391-396, 2008.
- ESPINDOLA FILHO, A.; OETTERER, M.; TRANI, P.E.; ALAIR, A. Processamento agroindustrial de resíduos de peixes, camarões, mexilhões e ostras pelo sistema cooperativado. **Revista Educação Continuada-** São Paulo/SP. v. 4, n. 1, p. 52-61, 2001.
- FIGUEIREDO, S. A.; BOAVENTURA, R. A.; AND LOUREIRO, J. M. Interaction of indigo carmine dye with chitosan evaluated by adsorption and thermochemical data. **Separation and Purification Technology**, New York, v. 20, p. 129-141, 2000.

HUSSAR,G.J.; BASTOS, M.C. Tratamento de efluentes de piscicultura com macrófitas aquáticas flutuantes. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal/SP, v. 5, n. 3, p. 274-285, 2008.

JORY, D.E.; ALCESTE, C.; CABRERA, T.R. Mercado y comercialización de tilapia em los Estados Unidos de Norteamérica. **Panorama acuícola**, v.5, n.5 p. 50-53, 2000.

KAKSONEN, A.H.; RIEKKOLA-VANHANEN, M.; PUHAKKA, J.A. Optimization of metal sulfide precipitation in fluidized-bed treatment of acidic wastewater. **Water Research**, New York, v.37, p. 255–266, 2003.

LEITÃO JUNIOR, A. M.; SOARES, D. Z.; GUIMARÃES, A. A.; BIANCHI, J. L.; RESENDE, L. D.; OLIVEIRA, G.M. Sistema de tratamento alternativo de efluentes utilizando macrófitas aquáticas: um estudo de caso do tratamento de efluentes frigoríficos por *Pistia stratiotes* e *Eichhornia crassipes*. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia v. 8, n. 23, p. 8-19, 2005.

LIM, J.; KIM, T.; HWANG, S. Treatment of fish-processing wastewater by co-culture on *Candida rugopelliculosa* and *Brachionus plicatilis*. **Water Research**, New York, v. 37, p. 2228-2232, 2003.

MACÊDO,J.A.B. **Águas & Águas**. São Paulo. Livraria Varela, 2001.

MAIOLI, P.; SILVA, A. Reaproveitamento dos banhos residuais do recurtimento em sistema de circuito fechado. **Revista do couro**. p. 46-60. 2000.

MEZZARI, I.A. Utilização de carvões adsorventes para tratamento de efluentes contendo pesticidas. 2002. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina.

NEDER, K.D.; QUEIROZ, T.R.; MACHADO,.A.F.; LUDOVICE, M.L. SOUZA, M.A.A. Polimento de efluentes de lagoas de estabilização utilizando *Eichhornia crassipes* (aguapés) em escala real. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitaria y Ambiental, v.28, 2002, Cancún.

OKUDA, M.; TAKEGUCHI,M.; TAGAYA, M.; TONEGAWA, T.,HASHIMOTO,A.; HANAGATA,N.; IKOMA,I. Elemental distribution analysis of type I collagen fibrils in tilapia fish scale with energy-filtered transmission electron microscope. **Micron**, v. 40, p.665–668, 2009.

PACHECO, J.W.F. Curtumes. São Paulo: CETESB, 2005. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. acesso em 12 nov. 2009.

RAHAMAN, M.S.; BASUB, A.; ISLAMC M.R. The removal of As(III) and As(V) from aqueous solutions by waste materials. **Bioresource Technology**, Essex, v. 99, n. 8, p. 2815-2823, 2008.

REIDEL, A.; DAMASCENO, S.; ZENATTI, D.C.; SAMPAIO, S. FEIDEN, A. QUEIROZ, M. M. F. Utilização de efluente de frigorífico, tratado com macrófita auática, no cultivo de tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, p. 181-185, 2005.

SANTA RITA, L.P.; ALENCAR IMBUZEIRO, P.E.; LIMA, M.O.; NASCIMENTO, T.C. Análise do consumidor organizacional de pescados: um estudo do arranjo produtivo de piscicultura do baixo São Francisco. In: **Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)**, Fortaleza, 2006.

SANTAELLA, S. T. ; SÁ, I. M. B. Tratamento de águas residuárias de laticínios por ação de fungos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 1, p. 34-38, 2000.

SANTOS, E. B.; VIEIRA, E.F.S; CESTARI, A. R.; BARRETO, L. S. Caracterização de escamas de peixe piau (*Leporinus elongatus*) e sua aplicação na remoção de Cu(II) de meio aquoso. **Química Nova**, v. 32, n. 1, p. 134-138, 2009.

SAUER, T. Tratamento de efluentes de curtume através do processo combinado de degradação fotocatalítica seguida por adsorção em carvão ativado. 279f. Tese (Doutorado).. Universidade Federal de Santa Catarina/ SC, 2006.

SCHOENHALS, M.; OLIVEIRA, V. A.; FOLLADOR, F. A. Remoção de chumbo de indústria recicladora de baterias automotivas pela macrófita aquática *Eichhornia crassipes*. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**. v.6, n.2, 2009.

SIPAÚBA TAVARES, L.H.; FÁVERO, E.P.G.; BRAGA, F.M.S. Utilization of macrophyte biofilter in effluent from aquaculture: I. Floating plant. **Brazilian Journal Biology**. v. 62, n. 4A , p. 713-723, 2002.

SIPAÚBA TAVARES, L.H.; BARROS, A.F.; BRAGA, F.M.S. Effect of floating macrophyte cover on the water quality in fishpound. **Acta scientiarum: Biological Sciences**. Maringá, v. 25, n.1, p.101-106, 2003.

SIPAÚBA TAVARES, L.H.; BOYD, C.E. Macrophyte biofilter for treating effluent from aquaculture In: **Twenty-Second Annual Technical Report. Aquaculture CRSP**, Corvallis, p. 195-199, 2005.

- SIPAÚBA TAVARES & BRAGA, F.M.S. Constructed wetland in wastewater treatment. **Acta scientiarum: Biological Sciences**. Maringá, v.30,n.3, p. 261-265, 2008.
- SOLANO, M. L.; SORIANO, P.; CHIRIA, M.P. Constructed wetlands as sustainable solution for wastewater treatment in small village. **Biosystems Engineering**, v.87, p. 109-118. 2004.
- SOUZA, M.L.R. Tecnologia para processamento das peles de peixes. Maringá/PR: **EDUEM**, 2004.
- SOUZA, M. L. R. Curtimento de pele de tilápia. In: BOSCOLO, W.; FEIDEN, A. **Industrialização de Tilápias**. Toledo/ PR: GFM Gráfica & Editora, 2007 272p. Capítulo XI, p. 185-224.
- SPERLING, M.V. **Princípios básicos do tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: SEGRAC, 1996.
- STEPNOWSKI, P.; ÓLAFSSON, G.; HELGADSON, H.; JARTOFF, B. Recovery of astaxanthin from seafood wastewater utilizing fish scales waste. **Chemosphere**, v. 54. p. 413-417, 2004a.
- STEPNOWSKI, P.; ÓLAFSSON, G.; HELGADSON, H.; JARTOFF, B. Preliminary study on chemical and physical principles of astaxanthin sorption to fish scales towards applicability in fisheries waste management. **Aquaculture**, v. 232. p. 293-303, 2004b.
- VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, G. S. Produção e caracterização de silagens ácidas e fermentadas a partir de resíduos da filetagem de tilápias em escala comercial. In. Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA), 19, 2005.. Taumalipas v. 1, p. 559-561.
- VIDOTTI, R.M.; BORINI, M.S.M. Aparas da filetagem da tilápia se transformam em polpa condimentada. **Panorama da Aquicultura**. v. 16, n. 96, p. 38-41. 2006.
- VILLANUEVA-ESPINOSA, J.F.; HERNÁNDEZ-ESPARZA, M.; RUIZ-TREVINO, F.A. Adsorptive properties of fish scales of *Oreochromis niloticus* (Mojarra Tilápia) for metallic ion removal from waste water. **Industrial and Engineer Chemical Research**, 40 (16). p. 3563-3569, 2001.
- WALLACE, S. Putting wetlands to work. Civil Engineering. **American Society of civil engineers**. New York, v.98, p.007-0057. 1998.
- YENDO, A. Y. ; MATSUMOTO, T. Pós-tratamento de efluente de tratamento anaeróbico de curtiúme por meio de biofiltro aerado. In: VI Simpósio Itálo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 6, 2002, Vitória/ES. v. Unico. p. 1-5.

ZACARKIM, C.E.; GOMES, S.D.; PALACIO, S.M.; WELTER, R.A. Avaliação de sistema wetland construído no pós-tratamento de efluentes de curtume. In: Congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental, 2007.

ZYLBERBERG, L.; NICOLAS, G.; 1982. Ultrastructure of scales in a teleost (*Carassius auratus* L.) after use of rapid freeze-fixation and freeze-substitution. **Cell Tissue Research**, v. 223, p. 349–367.



## **CAPITULO II – CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE DE CURTUME DE PELES DE TILÁPIA E AVALIAÇÃO DA FILTRAGEM EM BIOFILTRO DE ESCAMAS**

### **RESUMO**

Os objetivos deste trabalho foram caracterizar o efluente de curtume de peles de tilápia, avaliar a eficiência do biofiltro de escamas e o poder adsorptivo desta no tratamento de efluente nas diferentes etapas do processo de curtimento. As etapas mais poluentes do processamento foram o caleiro e desencalagem. A utilização do biofiltro de escamas foi mais eficiente na etapa de caleiro, demonstrando a eficiência do processo. Durante a filtração ocorreu neutralização do pH e adsorção minerais e metais pesados do efluente. O biofiltro de escamas é um sistema eficiente no tratamento de efluentes de curtume, podendo ser associado a outro tratamento para que o efluente esteja totalmente de acordo com os padrões de lançamento.

Palavras-chave: adsorção, biomateriais, curtimento.

### **ABSTRACT**

#### **CHARACTERIZATION OF TILAPIA SKIN TANNING EFFLUENT AND THE EVALUATION OF FILTERING IN SCALE BIOFILTER**

The aim of this work was to characterize the tilapia skin tanning effluent, evaluate the efficiency of scale biofilter and the adsorptive power of this one in the effluent treatment in the different stages of the tanning process. The most polluting stages were ethe caleiro and desencalagem. The use of scale biofilter was more efficient in the limming stage, showing the process efficiency. During the filtering ph neutralization and mineral and heavy metal adsorption occurred in the effluent. The scale biofilter is an efficient system in the treatment of tanning effluent, being able to be associated to other treatment so that the effluent is totally compatible with the standards of launching.

Key words: adsorption, biomaterials, tanning.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil produziu em 2005 pouco mais de um milhão de toneladas de pescado e está em sexto lugar na produção mundial de tilapia. Essa espécie é produzida devido à sua rusticidade, bom desenvolvimento corporal, prolificidade, sabor agradável, ausência de espinhos em forma de “Y” e menor tempo para atingir o peso comercial (FAO, 2008).

No entanto, essa alta produção gera grande quantidade de resíduos, devido a comercialização na forma de filé, que representa cerca de 32% do peso corporal da espécie (SOUZA, 2004). Muitas vezes esses resíduos são descartados em lixões ou aterros sanitários, porém trata-se de um produto que pode ser utilizado para diversos fins.

A escama é um subproduto do beneficiamento de peixes e ainda pouco utilizada, exceto para artesanato. Na maioria das vezes, são encaminhadas para produção de farinha ou de silagem. Esta é considerada um biomaterial, pois apresenta propriedades adsorptivas. Devido a esse fator, a sua abundância e o baixo custo, torna-se uma ótima alternativa para o tratamento de águas residuárias que apresentam altas cargas poluentes.

O processo de adsorção já tem sido empregado no tratamento de efluentes industriais. Materiais alternativos como plantas aquáticas secas (COSTA, et al., 1996), fibra de coco, gordura de frango, escama de bacalhau e carvão (RAHAMAN et al., 2008), bagaço da uva (FARINELLA et al., 2007), resíduo de araucária (SANTOS et al, 2008), já foram testados em escala piloto na adsorção de metais pesados.

Em geral o processo de curtimento de couro de tilápia, gera efluente com alta concentração orgânica e, como em outros processos, altas concentrações de metais pesados, os quais devem ser removidos antes da disposição final do efluente gerado. No entanto, muitos curtumes não apresentam recursos financeiros para a implantação de sistemas de tratamentos mais complexos visando o atendimento às normas e legislações vigentes.

São realizadas diversas etapas para a produção de couro, que utilizam grande quantidade de produtos químicos, cada uma apresentando uma função específica em cada etapa. O remolho tem a função de limpar e retirar as impurezas aderidas à pele, no caleiro ocorre a abertura e intumescimento da estrutura fibrosa e saponificação das gorduras, na desencalagem ocorre a remoção de substâncias alcalinas utilizadas no caleiro. A etapa de purga tem a função de limpar a estrutura fibrosa e eliminar materiais queratinosos degradados, a etapa de desengraxe remove a gordura da pele, no curtimento ocorre a transformação da pele em material imputrescível através de agentes curtentes naturais ou artificiais, na etapa de neutralização elimina-se os ácidos livres e torna o pH próximo à neutralidade. Na etapa de recurtimento/tingimento se complementa o curtimento e dá a coloração desejada ao couro e o engraxe tem a função de aumentar a resistência do material além, de proporcionar maciez e elasticidade ao produto (SOUZA, 2004).

A necessidade de se buscar alternativas de tratamento de águas residuárias que diminuam a quantidade de poluentes lançados ao ambiente e que sejam de baixo custo, estando a aplicabilidade da utilização de escamas como meio filtrante, devido as suas características adsorptivas, podendo, neste caso, resolver os problemas de lançamento de efluentes fora dos padrões de lançamento estabelecidos em lei.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi caracterizar o efluente do curtume de peles de peixes, avaliar o poder de adsorção da escama de tilápia durante o processo de filtração do efluente nas etapas de remolho, caleiro, desencalagem, purga, curtimento, neutralização, recurtimento/tingimento e engraxe utilizando o biofiltro de escamas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### *Local do experimento*

O experimento foi desenvolvido no curtume Aguapé, localizado no município de Pindorama/SP e as análises realizadas no Centro de Aquicultura, Laboratório de Microscopia Eletrônica e Laboratório Central da Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal/SP. As coletas foram realizadas no período de 9 de fevereiro a 4 de março de 2009.

### *Biofiltro de escamas*

O biofiltro foi confeccionado em fibra de vidro com formato cilíndrico, com 26,5 cm de diâmetro e 45 cm de altura. Na saída foi colocada uma tela de aço inoxidável para a retenção das escamas e um registro do tipo esfera de 2 polegadas para controle de saída do efluente (Figura 1).

O sistema piloto foi constituído de um balde graduado onde o efluente gerado em cada etapa foi coletado e medido o volume (Figura 2). O filtro foi abastecido obedecendo o tempo de retenção hidráulico (TRH) de uma hora para as etapas de remolho, caleiro, desencalagem, desengraxe, purga, curtimento, neutralização, recurtimento/ tingimento e engraxe.

As escamas foram lavadas com água, hipoclorito de sódio e secas em estufa a 60°C durante 24 horas.

Na montagem do biofiltro obedeceu-se a proporção de um quilo de escama por litro de efluente. Cada efluente permaneceu por um hora no biofiltro com o registro fechado (sistema estático). Após a filtragem, todo o efluente filtrado foi esgotado. Após esse procedimento realizou-se a pesagem das escamas para observar a possível adsorção de água e outros componentes. O mesmo foi realizado com o efluente que foi colocado em balde graduado para observar a quantidade que foi retida durante o processo. Foram realizadas 5 repetições para cada processo e para cada repetição ocorreu a troca das escamas.

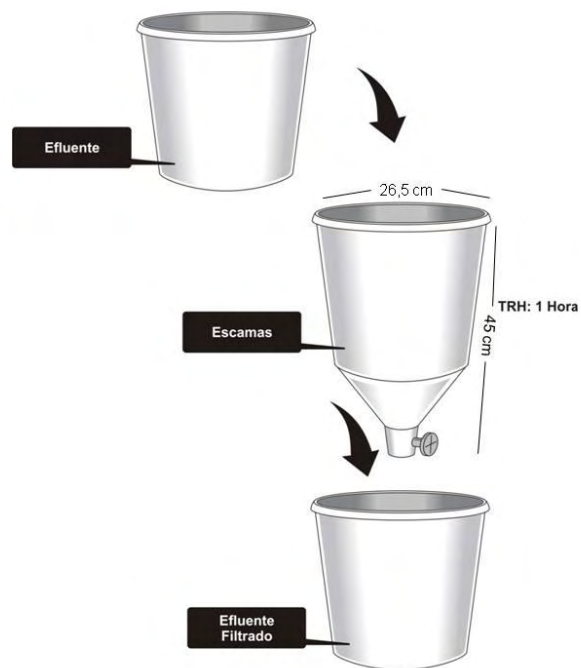


Figura 1: Esquema do biofiltro de escamas utilizado no tratamento de efluente do processamento de peles de tilápia.



Figura 2: Biofiltro de escamas.

Para a avaliação da eficiência do biofiltro, as amostras do efluente de entrada e saída do filtro de cada tratamento foram coletadas, realizadas as medidas do pH e analisada a demanda química de oxigênio, após essas medidas as amostras foram congeladas e armazenadas em freezer. Foram realizadas análises para determinação de nitrogênio orgânico total pelo método micro Kjeldhal, nitrogênio amoniacal (GOLTERMAN et al., 1978). Segundo APHA (1995), foram realizadas análises de sólidos suspensos totais e sólidos suspensos voláteis.

Após o processo de filtração, as escamas foram homogeneizadas, coletadas, congeladas e armazenadas. Foram determinadas as concentrações das seguintes substâncias: nitrogênio orgânico total pelo método micro Kjeldhal (GOLTERMAN et al., 1978) e os minerais: Cálcio, Cobre, Níquel, Ferro, Magnésio, Manganês, Potássio e Zinco, e metais pesados Cromo, Chumbo e Cádmio, pelo método de absorção atômica (BATAGLIA, 1983) para todas as etapas do curtimento.

#### *Análise Estatística:*

Para a avaliação da eficiência do processo de filtração do efluente, o delineamento estatístico foi do tipo inteiramente casualizado (DIC), em parcela subdividida, com 9 tratamentos (remolho, caleiro, desencalagem, desengraxe, purga, curtimento, neutralização, recurtimento/tingimento e engraxe), 2 subparcelas (entrada e saída) e 5 repetições.

Para a avaliação do poder adsorptivo das escamas como filtro no tratamento de efluentes do curtume o delineamento estatístico foi do tipo inteiramente casualizado com 9 tratamentos (remolho, caleiro, desencalagem, desengraxe, purga, curtimento, neutralização, recurtimento/tingimento e engraxe) e 5 repetições.

#### *Microscopia eletrônica de varredura (MEV):*

As escamas foram montadas em bases metálicas de alumínio (*stubs*) e em seguida foram metalizadas com íons ouro-paládio em Metalizador Desk II Denton Vacuum. O material foi examinado e eletromicrografado em

microscópio eletrônico de varredura JEOL (JSM-5410) no Laboratório Central de Microscopia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária da Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho (FCAV/UNESP).

As imagens foram digitalizadas para posterior avaliação das estruturas da escama de tilapia antes e após a passagem do efluente de curtume pelo biofiltro de escamas. As estruturas das escamas denominadas escléritos foram observadas para averiguar se ocorreu espessamento do mesmo ou absorção de algum componente ou partícula existente no efluente antes e após a passagem pelo biofiltro.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os valores médios de pH, observa-se a tendência de neutralidade em todos os efluentes do processamento, tanto nos que apresentaram pH ácido como alcalino. Na etapa de caleiro o pH foi 12,05 e 11,73 entrada e saída, respectivamente, e no remolho de 9,85 passou para 8,70. Na etapa de engraxe o pH inicial foi de 3,63 aumentando para 6,41 e no recurtimento de 4,84 passou para 6,66 após a passagem pelo filtro. Isso pode indicar maior eficiência do tratamento para pH ácidos.

Tabela 1. Média dos valores de pH dos efluente gerados de entrada e saída do biofiltro de escamas.

Etapas do processamento	Valores de pH	
	Entrada	Saída
Remolho	9,85	8,70
Caleiro	12,05	11,73
Desencalagem	9,07	8,97
Desengraxe	9,21	8,69
Purga	8,76	8,49
Curtimento	5,45	6,59
Neutralização	7,29	7,62
Recurtimento/tingimento	4,84	6,66
Engraxe	3,63	6,41

Todas as etapas do processo de curtimento apresentam particularidades quanto ao valor do pH, algumas necessitam de pH ácidos e outras alcalinos, devido a absorção dos componentes pela pele para transformá-la em material inerte. Dallago et al. (2005), também observou a influência do pH na capacidade de adsorção. Os autores indicam uma influência desta propriedade no processo envolvendo os corantes índigo carmine, vermelho drimarem e amarelo cibacrone, e observaram que em pH 3 houve melhores resultados na capacidade de adsorção de corante pelo couro "wet blue". A acidez do meio afeta o equilíbrio químico dos grupos iônicos presentes tanto no adsorvente como no adsorvato, influenciando em suas interações de caráter eletrostático. Essas interações podem ter ocorrido nas



escamas e no efluente do curtume que apresentaram pH mais ácidos ficando mais próximos ao pH neutro. Segundo Farinella et al. (2007), a adsorção de Chumbo e Cádmio de soluções aquosas pelo bagaço de uva também influenciou em função do pH da solução, sendo mais eficientes em pH igual a 3, corroborando com os resultados deste trabalho.

Os resultados obtidos dos parâmetros avaliados no tratamento de efluente antes e após a passagem pelo biofiltro de escamas estão apresentados na Tabela 2.

As etapas mais poluentes do processamento de peles de tilápia foram o caleiro e desencalagem. O caleiro apresentou altas concentrações de sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos voláteis (SSV) e nitrogênio total (NT) e a desencalagem apresentou altas concentrações de nitrogênio total (NT) e nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>). A etapa de engraxe apresentou a maior concentração de Demanda química de oxigênio (DQO).

A utilização do biofiltro de escamas foi mais eficiente na etapa de caleiro, com remoção de SST e SSV sendo, 2,31 e 1,36 mg/L, respectivamente. Isso demonstra que a utilização deste na etapa de caleiro é uma boa alternativa para o tratamento de efluentes de curtume, que segundo Hoinacki (1989) e Pacheco (2005), o efluente do caleiro é o mais poluidor entre as diferentes etapas do processo devido à alta concentração de sulfetos, pH fortemente alcalino e grande quantidade de materiais em suspensão.

Houve também redução da concentração de nitrogênio amoniacal nas etapas de desengraxe e purga, os quais apresentam os maiores níveis dessa forma de nitrogênio. O emprego do biofiltro nessas etapas pode ser utilizado, porém ainda não estão dentro dos padrões de lançamento de efluente do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005) n° 357 que permite a concentração de nitrogênio amoniacal de 20 mg/L.

Tabela 2. Valores médios dos parâmetros de entrada e saída do processo de filtração para as etapas de curtimento.

Etapas do processamento	Média dos parâmetros											
	NT <sup>1</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )		N NH <sub>3</sub> <sup>2</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )		DQO <sup>3</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )		SST <sup>4</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )		SSV <sup>5</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )			
	entrada	Saída	entrada	saída	entrada	saída	entrada	saída	entrada	saída	entrada	saída
Remolho	25,78 <sup>Abc6</sup>	29,57 <sup>Abcd</sup>	8,29 <sup>Bc</sup>	37,86 <sup>Ac</sup>	2,84 <sup>Abcd</sup>	2,47 <sup>Abc</sup>	1,35 <sup>Abab</sup>	1,75 <sup>Aa</sup>	0,93 <sup>Aa</sup>	1,26 <sup>Aa</sup>		
Caleiro	39,81 <sup>Bab</sup>	55,14 <sup>Aab</sup>	20,45 <sup>Ac</sup>	34,97 <sup>Ac</sup>	1,25 <sup>Abcd</sup>	1,25 <sup>Abc</sup>	3,15 <sup>Aa</sup>	0,84 <sup>Ba</sup>	2,00 <sup>Aa</sup>	0,64 <sup>Ba</sup>		
Desencalagem	73,52 <sup>Aa</sup>	76,90 <sup>Aa</sup>	1004,47 <sup>Aa</sup>	711,02 <sup>Ba</sup>	0,71 <sup>Ad</sup>	0,75 <sup>Ac</sup>	0,37 <sup>Ab</sup>	0,40 <sup>Aa</sup>	0,16 <sup>Aa</sup>	0,13 <sup>Aa</sup>		
Desengraxe	18,06 <sup>Abc</sup>	18,56 <sup>AcD</sup>	76,27 <sup>Ac</sup>	87,39 <sup>Ac</sup>	1,08 <sup>AcD</sup>	1,16 <sup>Abc</sup>	1,90 <sup>Abab</sup>	1,95 <sup>Aa</sup>	1,77 <sup>Aa</sup>	1,76 <sup>Aa</sup>		
Purga	31,68 <sup>Bbc</sup>	47,99 <sup>Abc</sup>	452,04 <sup>Ab</sup>	374,85 <sup>Bb</sup>	6,00 <sup>Ab</sup>	4,64 <sup>Abc</sup>	0,64 <sup>Ab</sup>	0,61 <sup>Aa</sup>	0,43 <sup>Aa</sup>	0,41 <sup>Aa</sup>		
Curtimento	4,16 <sup>Ac</sup>	3,67 <sup>Ad</sup>	23,99 <sup>Bc</sup>	60,42 <sup>Ac</sup>	4,36 <sup>Abcd</sup>	4,75 <sup>Abc</sup>	0,18 <sup>Ab</sup>	0,25 <sup>Aa</sup>	0,13 <sup>Aa</sup>	0,10 <sup>Aa</sup>		
Neutralização	5,03 <sup>Abc</sup>	5,77 <sup>Ad</sup>	4,24 <sup>Bc</sup>	31,44 <sup>Ac</sup>	1,93 <sup>Abcd</sup>	2,88 <sup>Abc</sup>	1,00 <sup>Ab</sup>	0,82 <sup>Aa</sup>	0,90 <sup>Aa</sup>	0,71 <sup>Aa</sup>		
Recurtimento	5,84 <sup>Abc</sup>	7,00 <sup>Ad</sup>	8,18 <sup>Bc</sup>	36,33 <sup>Ac</sup>	5,72 <sup>Abc</sup>	5,77 <sup>Ab</sup>	0,27 <sup>Ab</sup>	0,47 <sup>Aa</sup>	0,13 <sup>Aa</sup>	0,16 <sup>Aa</sup>		
Engraxe	6,03 <sup>Abc</sup>	7,37 <sup>Ad</sup>	7,19 <sup>Bc</sup>	34,05 <sup>Ac</sup>	12,30 <sup>Ba</sup>	16,21 <sup>Aa</sup>	1,94 <sup>Abab</sup>	2,24 <sup>Aa</sup>	1,16 <sup>Aa</sup>	1,95 <sup>Aa</sup>		
Valores de F	9,31 <sup>**</sup>	12,34 <sup>**</sup>	78,50 <sup>**</sup>	37,24 <sup>**</sup>	12,43 <sup>**</sup>	20,77 <sup>**</sup>	4,03 <sup>**</sup>	2,27 <sup>**</sup>	2,94 <sup>**</sup>	2,84 <sup>**</sup>		
CV (%)	14,07	12,48	40,56	83,16	97,41							

<sup>1</sup> - nitrogênio total, <sup>2</sup> - nitrogênio amoniacal, <sup>3</sup> - demanda química de oxigênio, <sup>4</sup> - sólidos suspensos totais, <sup>5</sup> - sólidos suspensos voláteis, <sup>6</sup> - Médias seguidas de diferentes letras maiúsculas nas linhas e letras minúsculas nas colunas diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

No caso dos sólidos, o limite estabelecido pelo CONAMA n°357 é de 1mg/L. Para essas variáveis a etapa de caleiro, que obteve melhores resultados, estando dentro dos padrões permitidos pelo órgão ambiental. As etapas que não estão dentro dos padrões de lançamento de sólidos são o remolho, desengraxe e engraxe.

### *Escamas*

Na Tabela 3 estão representados os valores dos parâmetros analisados nas escamas após o TRH de uma hora do efluente no biofiltro em cada etapa do processo de curtimento, onde foram trocadas as escamas para cada etapa e repetição.

Para as variáveis de matéria seca e nitrogênio total não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos. Porém para os valores de minerais pode-se observar diferença significativa em todos os tratamentos.

A etapa que apresentou maior concentração de potássio (K) foi o curtimento, devido ao agente curtente utilizado, a acácia negra. Segundo Barrichello et al (2006) esta planta apresenta alta concentração de potássio. No tratamento do efluente da etapa de curtimento observou-se que as escamas apresentaram concentrações superiores deste mineral em relação às outras etapas. O comportamento do biofiltro mostra que pode ser adotado em efluentes que contenham potássio.

Para os valores de cálcio (Ca), os tratamentos que diferiram do controle foram as etapas de caleiro, desencalagem e purga, devido à alta concentração de cal utilizadas principalmente nos processos de caleiro e na extração de cal na desencalagem. No entanto na etapa de purga não se utiliza cal, mas por ser etapa seguinte a desencalagem ainda existe resíduos das etapas anteriores. Essas etapas também apresentaram valores superiores de magnésio.

Tabela 3: Valores de matéria seca (MS%), nitrogênio total (N-total), os minerais potássio(K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn) e níquel (Ni) e metais pesados cádmio(Cd), cromo (Cr) e chumbo (Pb) nas escamas utilizadas como substrato do filtro.

Tratamento	Média das variáveis												
	MS (%)	N total (mg.L <sup>-1</sup> )	K (µg.ml <sup>-1</sup> )	Ca (µg.ml <sup>-1</sup> )	Mg (µg.ml <sup>-1</sup> )	Mn (µg.ml <sup>-1</sup> )	Cu (µg.ml <sup>-1</sup> )	Fe (µg.ml <sup>-1</sup> )	Zn (µg.ml <sup>-1</sup> )	Cd (µg.ml <sup>-1</sup> )	Cr (µg.ml <sup>-1</sup> )	Ni (µg.ml <sup>-1</sup> )	Pb (µg.ml <sup>-1</sup> )
Controle	50,55 <sup>a-1</sup>	8,45 <sup>a</sup>	0,014 <sup>bc</sup>	1,16 <sup>b</sup>	0,37 <sup>d</sup>	0,04 <sup>e</sup>	0,032 <sup>a</sup>	0,25 <sup>c</sup>	1,28 <sup>a</sup>	0,002 <sup>b</sup>	0,014 <sup>a</sup>	0,04 <sup>b</sup>	0,154 <sup>b</sup>
Remolho	54,19 <sup>a</sup>	8,10 <sup>a</sup>	0,004 <sup>c</sup>	1,32 <sup>ab</sup>	0,42 <sup>bcd</sup>	0,11 <sup>d</sup>	0,000 <sup>a</sup>	0,40 <sup>bc</sup>	0,60 <sup>b</sup>	0,010 <sup>a</sup>	0,006 <sup>a</sup>	0,048 <sup>ab</sup>	0,178 <sup>ab</sup>
Caleiro	57,08 <sup>a</sup>	8,01 <sup>a</sup>	0,004 <sup>c</sup>	1,38 <sup>a</sup>	0,65 <sup>a</sup>	0,17 <sup>ab</sup>	0,000 <sup>a</sup>	0,63 <sup>a</sup>	0,58 <sup>b</sup>	0,010 <sup>a</sup>	0,004 <sup>a</sup>	0,050 <sup>a</sup>	0,206 <sup>a</sup>
Desencalagem	55,68 <sup>a</sup>	8,57 <sup>a</sup>	0,006 <sup>bc</sup>	1,41 <sup>a</sup>	0,49 <sup>bc</sup>	0,14 <sup>abcd</sup>	0,000 <sup>a</sup>	0,44 <sup>abc</sup>	0,63 <sup>b</sup>	0,008 <sup>a</sup>	0,014 <sup>a</sup>	0,052 <sup>a</sup>	0,182 <sup>ab</sup>
Desengraxe	51,11 <sup>a</sup>	8,15 <sup>a</sup>	0,002 <sup>c</sup>	1,29 <sup>ab</sup>	0,44 <sup>bcd</sup>	0,14 <sup>abcd</sup>	0,000 <sup>a</sup>	0,41 <sup>bc</sup>	0,60 <sup>b</sup>	0,010 <sup>a</sup>	0,016 <sup>a</sup>	0,052 <sup>a</sup>	0,186 <sup>ab</sup>
Purga	56,88 <sup>a</sup>	8,07 <sup>a</sup>	0,004 <sup>c</sup>	1,42 <sup>a</sup>	0,50 <sup>b</sup>	0,14 <sup>abcd</sup>	0,008 <sup>a</sup>	0,50 <sup>ab</sup>	0,61 <sup>b</sup>	0,010 <sup>a</sup>	0,018 <sup>a</sup>	0,050 <sup>a</sup>	0,204 <sup>a</sup>
Curtimento	57,68 <sup>a</sup>	7,88 <sup>a</sup>	0,052 <sup>a</sup>	1,26 <sup>ab</sup>	0,40 <sup>cd</sup>	0,18 <sup>a</sup>	0,000 <sup>a</sup>	0,35 <sup>bc</sup>	0,62 <sup>b</sup>	0,010 <sup>a</sup>	0,012 <sup>a</sup>	0,050 <sup>a</sup>	0,190 <sup>ab</sup>
Neutralização	57,23 <sup>a</sup>	8,10 <sup>a</sup>	0,014 <sup>bc</sup>	1,36 <sup>ab</sup>	0,42 <sup>bcd</sup>	0,13 <sup>cd</sup>	0,034 <sup>a</sup>	0,33 <sup>bc</sup>	0,59 <sup>b</sup>	0,010 <sup>a</sup>	0,010 <sup>a</sup>	0,046 <sup>ab</sup>	0,176 <sup>ab</sup>
Recurtimento	56,04 <sup>a</sup>	7,98 <sup>a</sup>	0,028 <sup>b</sup>	1,24 <sup>ab</sup>	0,39 <sup>d</sup>	0,17 <sup>abc</sup>	0,000 <sup>a</sup>	0,39 <sup>bc</sup>	0,65 <sup>b</sup>	0,010 <sup>a</sup>	0,006 <sup>a</sup>	0,050 <sup>a</sup>	0,172 <sup>ab</sup>
Engraxe	61,95 <sup>a</sup>	7,86 <sup>a</sup>	0,028 <sup>b</sup>	1,37 <sup>ab</sup>	0,40 <sup>cd</sup>	0,136 <sup>bcd</sup>	0,006 <sup>a</sup>	0,35 <sup>bc</sup>	0,62 <sup>b</sup>	0,010 <sup>a</sup>	0,010 <sup>a</sup>	0,048 <sup>ab</sup>	0,198 <sup>a</sup>
Valores de F	0,48 <sup>NS</sup>	1,29 <sup>NS</sup>	10,64 <sup>**</sup>	3,21 <sup>**</sup>	16,35 <sup>**</sup>	19,69 <sup>**</sup>	1,11 <sup>NS</sup>	5,25 <sup>**</sup>	23,32 <sup>**</sup>	8,06 <sup>**</sup>	0,71 <sup>NS</sup>	3,90 <sup>**</sup>	3,20 <sup>**</sup>
CV%	19,13	5,52	70,51	7,86	9,99	14,55	357,95	24,94	14,47	22,22	112,08	8,23	10,74

<sup>†</sup> - Médias seguidas das mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Tabela 4 estão representados quais componentes foram adsorvidos nas etapas de curtimento após o tratamento do efluente utilizando o biofiltro. O manganês apresentou adsorção em todas as etapas do processo de curtimento. Isto demonstra potencial para o uso de escamas no tratamento de efluentes que utilizam esse mineral em seu processo de produção como é o caso de indústrias siderúrgicas.

Tabela 4: Adsorção dos minerais potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), manganês (Mn), ferro (Fe), níquel (Ni) e dos metais pesados cádmio (Cd) e chumbo (Pb) pela escama após a passagem pelo filtro nas etapas do processamento.

Etapas do processamento	Variáveis							
	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Cd	Ni	Pb
Remolho	-	-	-	A	-	A	-	-
Caleiro	-	A	A	A	A	A	A	A
Desencalagem	-	A	A	A	-	A	A	-
Desengraxe	-	-	-	A	-	A	A	-
Purga	-	A	A	A	A	A	A	A
Curtimento	A	-	-	A	-	A	A	-
Neutralização	-	-	-	A	-	A	-	-
Recurtimento	-	-	-	A	-	A	A	-
Engraxe	-	-	-	A	-	A	-	A

(A): componente adsorvido pela escama; (-) componente não adsorvido pela escama.

Segundo Sawa et al. (1996), a hidroxiapatita extraída de escamas de peixe adsorvem o  $Pb^{2+}$  e o  $Cd^{2+}$  de resíduos industriais, Villanueva-Espinosa et al. (2001) observou que escamas de tilápia-do-nilo têm alta capacidade de remoção de cobre, chumbo, cobalto e níquel. No presente estudo foi observado que a escama adsorveu o cádmio (Cd) em todos os tratamentos, o chumbo (Pb) foi adsorvido pela escama nas etapas de caleiro, purga e engraxe, demonstrando que o uso de escamas no tratamento de efluente de curtume é eficiente na remoção desses componentes. Rahaman et al. (2008) testou gordura de frango, fibra de coco, carvão e escamas de bacalhau na adsorção de arsênio e concluiu que dentre os materiais testados a escama foi que obteve os maiores níveis de adsorção corroborando com os resultados deste trabalho. Só não se observou a adsorção de níquel nas etapas de remolho, neutralização e engraxe.

Na Figura 3 pode se comparar a escama controle (A), que teve o TRH de uma hora com água e as escamas que foram usadas como substrato do filtro de cada tratamento com o mesmo TRH (A, B, C, D, E, F, G, H, I e J).

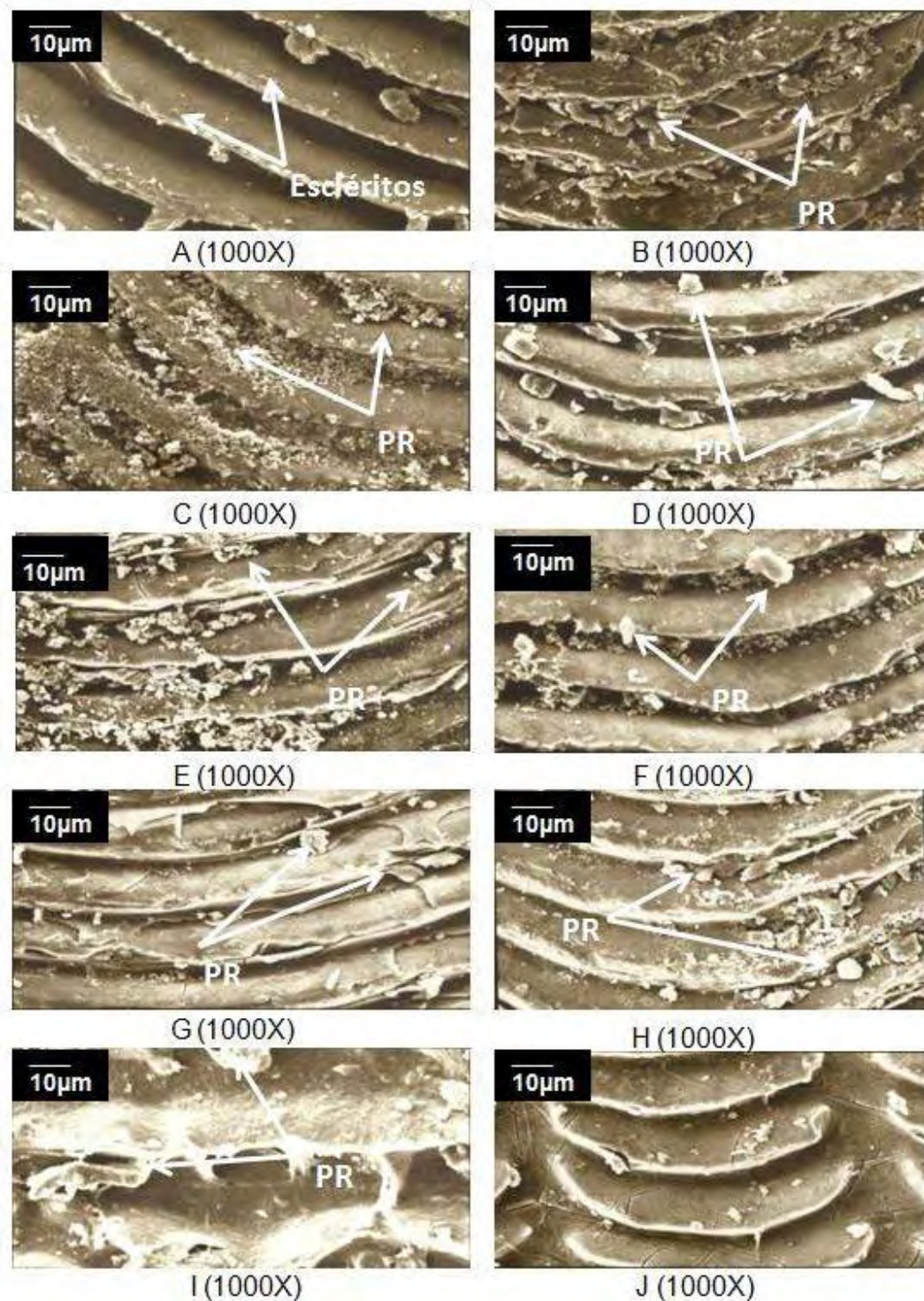


Figura 3: Escama após a passagem do efluente pelo filtro. A: Controle; B: Remolho; C: Caldeiro; D: Desencalagem; E: Desengraxe; F: Purga; G: Curtimento; H: Neutralização; I: Recurtimento/Tingimento; J: Engraxe.

Na microfotografia eletrônica de varredura (Figura 3) observou-se em todas as escamas a presença de escléritos, estrutura em forma de placas unidas por sulcos. Após o TRH de uma hora essas estruturas apresentaram espessamento devido à provável adsorção de elementos contidos no efluente. Stepnowski et al. (2004a) utilizaram a escama para recuperação de astaxantina de efluentes do processamento de camarão. Segundo o autor é provável que os escléritos tenham papel importante na adsorção do pigmento, fixando a suspensão do efluente dentro dessas estruturas e afirmam que escamas trituradas apresentam maior superfície de contato conseqüentemente apresentam maior eficiência de adsorção. Outro trabalho realizado também por Stepnowski et al. (2004b), relata que a escama apresentou adsorção de 88-95% da astaxantina contida no efluente.

Além do espessamento dos escléritos, foi possível observar que ficaram partículas retidas (PR) entre os escleritos, o que significa que o filtro também funciona como barreira física. No presente estudo pode-se observar a eficiência do filtro de escamas através da eficiência na retenção de sólidos, mostrou eficiência de remoção de partículas na etapa de caleiro.

Na Figura 3 (A, B, C, D, E, F, G, H, I) pode-se observar que apresenta grande quantidade de partículas, isso porque as primeiras etapas apresentam alto teor de sólidos. No remolho (Figura 3B), processo que retira as impurezas da pele para prepará-la para o curtimento e tornar-se um produto estável e imputrescível. Na Figura 3C, o efluente tratado foi o de caleiro, que apresenta grande quantidade de cal. A Figura 3D representa a escama depois de filtrar o efluente de desencalagem, que retira o excesso de cal que não foi retirado no processo de lavagem após a calagem. Somente na Figura 3J não se observou PR, pois nesta etapa não se utiliza nenhum produto sólido apenas óleos e graxas. Pode-se observar nesta um acentuado espessamento dos escleritos devido à provável aderência desses componentes.

#### 4. CONCLUSÕES

O efluente de curtume de peles de tilápia apresenta alto potencial tóxico, sendo que as etapas de caleiro e desencalagem apresentaram o maior potencial poluidor. A etapa de curtimento apresentou alta concentração de potássio devido ao agente curtente utilizado, o extrato de acácia negra. A etapa de engraxe apresentou o maior valor de demanda química de oxigênio.

A partir dos resultados obtidos neste estudo, conclui-se que, dentre as etapas de curtimento, a que obteve maior eficiência no processo de filtração com escamas de tilápia foi o caleiro, sendo eficiente também na remoção de minerais e metais pesados.

O biofiltro de escamas foi eficiente na adsorção de Manganês, Cádmiio em todas as etapas. Ocorreu adsorção de potássio na escamas utilizadas na filtragem do efluente de curtimento, de cálcio e magnésio nas etapas de caleiro, desencalagem e purga.

Quando o efluente for gerado individualmente, pode-se fazer o tratamento isolado para cada etapa, atendendo às necessidades do tratamento de cada efluente. O biofiltro de escamas pode ser utilizado nas etapas mais eficientes e propor outro tipo de tratamento para as que não apresentaram eficiência.



## 5. REFERÊNCIAS

APHA. American public health association. Standard methods for examination water and wastewater. 19. ed. Washington: Arnold e Greenberg, 1995.

BATAGLIA, O. G. **Métodos de análises químicas de plantas**. Campinas/SP. Instituto Agrônômico, 1983.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 357**, de 17 de março de 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2009.

BARRICHELLO, L. R.; SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. W. Conteúdo de macronutrientes na biomassa de *Acacia mearnsii* de wild. Revista Acadêmica, Curitiba, v. 4, n. 2, p. 11-20, 2006.

COSTA, A. C. A; MESQUITA, L. M. S.; TORNOVSKY, J. Bath and continuous heavy metals biosorption by brown seaweed from a zinc-production plant. **Minerals engineering**, Rio de Janeiro, v. 9, p. 811-824, 1996.

DALLAGO, R.M; SMANIOTTO, A. Resíduos sólidos de curtumes como adsorventes para a remoção de corantes em meio aquoso. **Química Nova**, v. 28, n. 3, p. 433-437, 2005.

FARINELLA, N.V.; MATOS, G.D. ; ARRUDA M.A.Z. Grape bagasse as a potential biosorbent of metals in effluent treatments. **Bioresource Technology**, Essex, v. 98, p.1940–1946, 2007.

FAO Food and Agricultural Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/fishery/statistics>>. Acesso em: 15 out. 2009.

GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. Methods for physical and chemical analysis of fresh waters. 2. ed. Oxford: **Blackwell Scientific Publications**, 1978.

HOINACKI, E. Peles e couros: origens, defeitos e industrialização. 2º edição. Porto Alegre. Henrique d'Ávila Bertaso, p. 319, 1989.

PACHECO, J. W. F. Curtumes. São Paulo : CETESB, 76 p., 2005.

RAHAMAN, M.S.; BASU, A.; ISLAM, M.R. The removal of As(III) and As(V) from aqueous solutions by waste materials. **Bioresource Technology**, Essex, v. 99, n. 8, p. 2815-2823, 2008.

SANTOS, F. A. ; PIRES, M. ; CANTELLI, M. . Caracterização de biosorventes produzidos a partir de resíduos da Araucaria Angustifolia visando sua aplicação na remoção de metais em solução. In: Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências dos Materiais, 18, 2008. Porto de Galinhas, v. 1. p. 1-8.

SAWA, H.; TORII, T. NAKATA, H.; MATSUMOTO, K., AOKI, K. Separation of hydroxyapatite from scales of fish. **Journal Society of Materials Science**, Tóquio, v. 45, n. 4, p. 455-458, 1996.

SOUZA, M.L.R. Tecnologia para processamento das peles de peixes. Maringá/PR: EDUEM, 2004.

STEPNOWSKI, P., ÓLAFSSON, G., HELGADSON, H., JARTOFF, B. Preliminary study on chemical and physical principles of astaxanthin sorption to fish scales towards applicability in fisheries waste management. **Aquaculture**, v. 232, p. 293-303, 2004a.

STEPNOWSKI, P., ÓLAFSSON, G., HELGADSON, H., JARTOFF, B. Recovery of astaxanthin from seafood wastewater utilizing fish scales waste. **Chemosphere**, v. 54, p. 413-417, 2004b.

VILLANUEVA-ESPINOSA, J.F., HERNÁNDEZ-ESPARZA, M., RUIZ-TREVINO, F.A. Adsorptive properties of fish scales of oreochromis niloticus ( Mojarra Tilápia) for metallic ion removal from waste water. **Industrial Engineer Chemical Research**, v. 40, n. 16, p. 3563-3569, 2001.

### **CAPITULO III – UTILIZAÇÃO DE *Eichhornia crassipes* E ESCAMAS NO TRATAMENTO DO EFLUENTE DE CURTUME DE PELES DE TILÁPIAS**

#### **RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência da macrófita aquática *Eichhornia crassipes* e escamas de tilápia no tratamento de efluentes de curtume de peles tilápias, que utiliza tanino natural como agente curtente em diferentes tempos de retenção hidráulica. Os resultados de eficiência do sistema em relação à redução de fósforo total foram de 44,3% para o tratamento com escamas e aguapé (EA) e de 62,95% para o tratamento que utilizou somente o aguapé (AG). Quanto à remoção de DQO, foi semelhante entre os tratamentos, 67,75% para AG e 59,31% para EA. Para o nitrogênio total houve diferença significativa nos tempos de retenção hidráulica (TRH), onde o oitavo dia observou-se queda de eficiência para 48,56%. O uso de macrófitas aquáticas e escamas podem ser uma alternativa de baixo custo no tratamento de efluentes de curtumes de peles de tilápias. Os dois tratamentos não diferiram entre si, porém foram eficientes na remoção de nutrientes do efluente.

Palavras-Chave: biofiltro, curtimento, poluição hídrica.

#### **ABSTRACT**

#### **USE OF *Eichhornia crassipes* AND SCALES IN THE TILAPIA SKING TANNING EFFLUENT TREATMENT**

The aim of this paper was to evaluate the efficiency of aquatic macrophyte *Eichhornia crassipes* and tilapia scales in the tilapia skinning tanning effluent treatment, which uses natural taninn as tanning agent in different times of hydraulic retention. The results of efficiency of the system related to total phosphorus reduction were of 44,3% for the treatment with scales and water hyacinth (EA) and of 62,95% for the treatment which used only the water hyacinth (AG). As for the removal of DQO, it was similar between the treatments, 67,75% for AG and 59,31% for EA. For the total nitrogen there

was a significant difference in the times of hydraulic retention (TRH), and in the eighth day it was observed decrease in the efficiency to 48,56%. The use of aquatic macrophyte and scales can be a low cost alternative in the tilapia skin effluent tanning treatment. Both treatments didn't differ between each other, however they were efficient in the removal of nutrients in the effluent.

Key words: biofilter, tanning, water pollution.

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente os efluentes industriais são os principais causadores da poluição em corpos d'água, contendo as mais variadas substâncias tóxicas que geram efeitos adversos aos seres vivos. Por isso, existe a necessidade de se realizar o tratamento adequado do efluente.

A indústria do couro é potencialmente poluidora, gerando alta carga poluente que pode causar muitos danos ambientais. O tratamento de efluentes de curtume é complexo, com alto custo que, na maioria das vezes, não é suportado por curtumes de pequeno e médio porte (BRAILE & CAVALCANTI, 1993).

Devido à esses fatores, deve-se buscar alternativas para o tratamento de efluentes de baixo custo e facilidade de implantação. Para isso é necessário um material abundante, de baixo custo e alta eficiência (COSTA, et al., 1996).

A escama é um subproduto do beneficiamento do filé que representa cerca de 1% do peso corporal do peixe. Esse resíduo é abundante, porém ainda pouco estudado. A escama é pouco utilizada sendo na maioria das vezes adicionada ao processo de produção da farinha.

A escama é composta por uma fração orgânica e uma inorgânica. A fração orgânica é composta principalmente por colágeno e a fração inorgânica é composta por hidroxiapatita. Aizawa et al. (1999) afirmam que a hidroxiapatita devido ao seu poder adsorptivo pode ser utilizada como biomaterial catalizador de íons prejudiciais, porém Villanueva et al. (2001) relata que o colágeno, composto por proteínas, apresenta propriedades ligantes que pode explicar o poder adsorptivo desse biomaterial.

A utilização de plantas aquáticas pode ser uma boa alternativa para o tratamento de efluentes contendo pequenas quantidades de nutrientes e de carga orgânica. Segundo Zacarkim et al. (2007), alguns trabalhos utilizam "wetlands" para o tratamento de efluentes curtumes como alternativa viável e de baixo custo.

Os “wetlands” são áreas alagadas naturais ou construídas pelo ser humano que proporciona condições para a instalação de plantas aquáticas. Esse sistema pode ser usado para o tratamento da poluição doméstica e industrial, com o poder de diminuir a concentração de nutrientes, metais pesados, matéria orgânica entre outros.

O uso de “wetlands” no tratamento de efluentes apresenta vantagens em relação aos tratamentos convencionais, pois apresenta baixo custo de implantação, fácil manejo, não necessita do uso de produtos químicos e posteriormente a planta aquática pode ser utilizada para outros fins (SALATTI, 2003).

A biomassa produzida pode ser reutilizada ao invés de ser descartada. Segundo Petrucio & Esteves (2000), a biomassa pode ser utilizada como fertilizante, ração animal, na geração de energia (biogás ou queima direta), fabricação de papel, extração de substâncias químicas ativas que são retiradas das raízes para o uso como estimulante de crescimento para outras plantas e fertilizantes de viveiros (SIPAÚBA-TAVARES & BRAGA, 2007).

A *Eichhornia crassipes* (aguapé) é uma macrófita aquática que apresenta rápido crescimento, facilidade de adaptação e intensa assimilação de nutrientes que coloca essa planta entre as mais promissoras para o uso em sistemas de tratamento de efluentes. Essa planta tem o poder de remover quantidades significativas de nitrogênio, fósforo e potássio do meio aquático. Apresenta rizosfera, lugar propício para o desenvolvimento da atividade bacteriana e de microrganismos aquáticos, os quais podem remover patógenos, carga orgânica e nutrientes (BALLEM et al., 2007).

Devido a sua alta disseminação e abundância, várias alternativas são apresentadas na literatura para o aproveitamento do aguapé, por exemplo: reciclagem de nutrientes pelo uso da planta como adubos verdes em solos, a produção de metano através da digestão anaeróbica e ainda o seu uso na alimentação animal (SOOKNAH & WILKIE, 2004). O aguapé possui a capacidade de absorver e fixar em seus tecidos substâncias químicas

estranhas a sua nutrição e quantidades de nutrientes superiores a exigida pelo seu metabolismo (REIDEL et al., 2003).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de dois sistemas piloto de tratamento de efluentes de curtume de tilápia, o primeiro utilizado a macrófita aquática *Eichhornia crassipes* e escamas de tilápia e o segundo utilizando apenas *E. crassipes*, em diferentes tempos de retenção hidráulica.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no curtume Aguapé, localizado no município de Pindorama/ SP, onde as coletas foram realizadas no período de 9 de junho a 9 de agosto de 2009. As análises foram realizadas no Centro de Aquicultura da Unesp, Campus de Jaboticabal/SP.

O efluente tratado pelo sistema de biofiltros foi proveniente do processo total da produção do couro de tilápia, coletado e transferido para uma caixa com capacidade de 500 litros. Para o tratamento do efluente foi realizada uma diluição de uma parte de efluente para uma parte de água (diluição 1:1), de acordo com as recomendações de Zacarkim et al. (2007).

A macrófita aquática utilizada foi da espécie *Eichhornia crassipes*, coletadas no setor de ranicultura do Centro de Aquicultura da Unesp, que passaram por aclimação durante o período de uma semana no local do experimento. Foram realizados 2 tratamentos:

O primeiro sistema de tratamento do efluente, foi constituído de uma caixa receptora com capacidade de 500 litros, uma caixa de abastecimento com capacidade de 40 litros, uma caixa contendo 4 quilos de escama e duas caixas com capacidade de 180 litros contendo macrófitas aquáticas, todas dispostas em série (Figura 1 e 2).



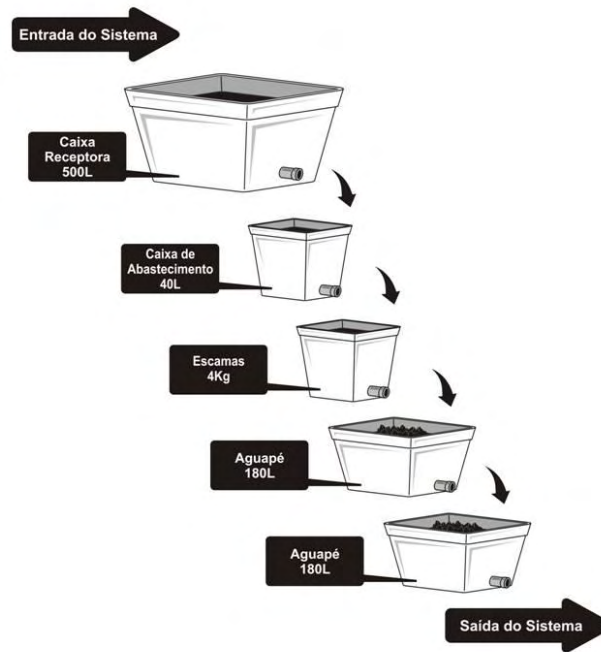


Figura 1: Sistema piloto de tratamento com escamas de tilápia e macrófitas aquáticas (*Eichhornia crassipes*).



Figura 2: Sistema piloto de tratamento do efluente de curtume com escama e aguapé.

O segundo sistema de tratamento do efluente foi constituído de uma caixa receptora com capacidade de 500 litros, uma caixa de abastecimento

com capacidade de 40 litros e três caixas contendo macrófitas aquáticas dispostas em série conforme as Figuras 3.e 4. Foram realizados três tempos de retenção hidráulica (TRH) para os dois sistemas, de 4, 6 e 8 dias, em sistema dinâmico, com uma vazão de 60 litros por dia.

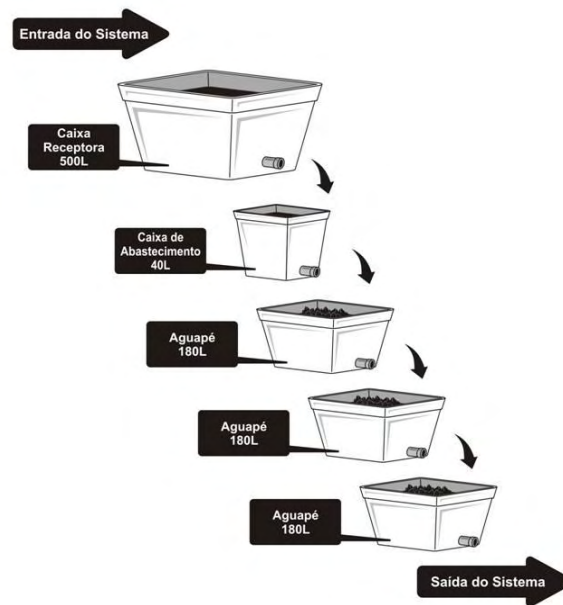


Figura 3: Sistema piloto de tratamento somente com macrófitas aquáticas (*Eichhornia crassipes*)



Figura 4: Sistema piloto de tratamento do efluente de curtume com aguapé.

A biomassa das macrófitas aquáticas preencheu cerca de 80% da superfície da caixa. O efluente foi proveniente do processamento de 8 quilos pele de tilápia.

A caixa de abastecimento recebeu o efluente já diluído na proporção de 1:1 (efluente: água) contido na caixa receptora, que por sistema de gotejamento, passou por todo o sistema de tratamento. Para a avaliação da qualidade da água, as amostras do efluente de entrada e saída do filtro de cada tratamento foram coletadas e congeladas.

Foi realizada a análise de demanda química de oxigênio (DQO) pelo método colorimétrico HACH, utilizando-se colorímetro HACH DR890. Foram realizadas medidas do pH em todas as amostras antes e após a passagem pelo filtro, utilizando um peagômetro Digimed modelo DM-2.

Após a coleta do efluente na entrada e saída de cada sistema as amostras foram levadas ao laboratório para a determinação dos valores de nitrogênio total (NT), nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) e fósforo total (PT). Para a determinação de sólidos totais, as amostras foram filtradas em membrana de fibra de vidro de  $47 \pm 0,5$  mm de diâmetro e 0,6-0,7  $\mu$ m de porosidade (APHA,1995).

Para a avaliação da eficiência do sistema de tratamento de efluentes do curtume o delineamento estatístico foi do tipo fatorial 2x3, sendo o primeiro fator dois sistemas de tratamento (escama e aguapé x aguapé), o segundo fator três tempos de retenção (4, 6 e 8 dias) e três repetições.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os valores de F e as respectivas médias das variáveis estudadas.

Os resultados de eficiência dos sistemas em relação à redução de fósforo total foram de 44,3% para o tratamento com escamas e aguapé e de 62,95% para o tratamento que utilizou somente o aguapé (Tabela 1). Segundo Sipaúba-Tavares (2000), essa redução pode ser explicada pelo fato de que as plantas aquáticas necessitam desse nutriente para o seu crescimento, reduzindo parte das descargas do sistema, porém a macrófita tem um ponto de saturação, não absorvendo mais nutrientes a partir deste ponto. O fósforo é um dos principais componentes presentes no efluente que estão associados à eutrofização dos corpos d'água, causando o desequilíbrio do meio, estes tratamentos podem diminuir o impacto causado pelo fósforo presente no efluente.

A remoção de DQO foi semelhante entre os tratamentos, sendo 67,75% para o tratamento com aguapé e 59,31% para o tratamento de escamas e aguapé (Tabela 1). Zacarkim et al. (2007), observou redução nos valores de DQO de 73,41%, 79,91% e 63,46% nos TRH de 4, 6 e 8 dias, respectivamente, no tratamento de efluentes de curtume utilizando *Eichhornia crassipes*. Neste trabalho não se observou diferença significativa entre os TRH para esta variável.

Para o nitrogênio total ocorreu diferença significativa nos TRH, onde no oitavo dia observou-se queda de eficiência para 48,56%, em relação ao quarto dia, onde se observou eficiência de 76,53% e 70,49% no sexto dia de TRH (Tabela 1). Segundo Reidel et al. (2005), o tempo de retenção hidráulica influencia na eficiência de remoção de nutrientes.

Para a remoção de nitrogênio amoniacal, a redução foi de 85,79% no tratamento que utilizou apenas o aguapé e de 52,91% no tratamento com escama e aguapé, não diferindo estatisticamente (Tabela 1). Não ocorreu diferença significativa entre os TRH para esta variável.

Tabela 1: Valores de F e médias obtidas para as variáveis fósforo total (P), demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio total (NT) e nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) avaliados nos tratamentos e diferentes tempos de retenção.

Estatística	Valores de F			
	P (mg.L <sup>-1</sup> )	DQO (mg.L <sup>-1</sup> )	NT (mg.L <sup>-1</sup> )	N-NH <sub>3</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )
Sistema	0,83 <sup>NS</sup>	0,33 <sup>NS</sup>	0,01 <sup>NS</sup>	3,47 <sup>NS</sup>
TRH	0,63 <sup>NS</sup>	1,51 <sup>NS</sup>	12,82 <sup>**</sup>	0,56 <sup>NS</sup>
Sistema x TRH	0,24 <sup>NS</sup>	0,61 <sup>NS</sup>	0,93 <sup>NS</sup>	1,78 <sup>NS</sup>
Cv (%)	54,72	22,06	15,44	78,11
Sistema	Médias para sistema			
Aguapé	62,95 <sup>a</sup>	67,75 <sup>a</sup>	65,58 <sup>a</sup>	85,79 <sup>a</sup>
Escama/aguapé	44,30 <sup>a</sup>	59,31 <sup>a</sup>	64,81 <sup>a</sup>	52,91 <sup>a</sup>
TRH	Médias para TRH			
4 dias	54,16 <sup>a</sup>	68,74 <sup>a</sup>	76,53 <sup>a</sup>	65,77 <sup>a</sup>
6 dias	43,83 <sup>a</sup>	66,31 <sup>a</sup>	70,49 <sup>a</sup>	54,88 <sup>a</sup>
8 dias	62,89 <sup>a</sup>	55,55 <sup>a</sup>	48,56 <sup>b</sup>	87,39 <sup>a</sup>

Médias seguidas das mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Sipaúba Tavares & Boyd (2005) não obtiveram redução nas concentrações de nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, fósforo total no tratamento de efluentes de aquicultura, diferentemente do que se pôde observar no presente trabalho que utilizou a mesma macrófita para o tratamento de efluente de curtume de peles de tilápia com redução das concentrações desses nutrientes.

Isso demonstra que os dois tratamentos são eficientes no tratamento de efluente, porém o uso da escama não influenciou nos tratamentos. No entanto o uso da escama pode ser eficiente na remoção de outros componentes como minerais e metais pesados, os quais são prejudiciais ao ser humano e ao meio ambiente. Sipaúba Tavares & Boyd (2005) utilizaram macrófitas aquáticas no tratamento de efluentes da aquicultura e obtiveram redução das concentrações de sólidos suspensos. O efeito do tempo de retenção hidráulica foi significativo apenas para o nitrogênio amoniacal que apresentou melhores resultados para TRH de 4 e 6 dias.

#### **4. CONCLUSÕES**

Os dois tratamentos não diferiram entre si, porém foram eficientes na remoção de nutrientes do efluente de curtume de peles de peixe, e a escama pode ser utilizada como coadjuvante no tratamento de efluentes com aguapé.

Os resultados obtidos em escala piloto comprovam que esses materiais podem ser uma forma alternativa para o tratamento de efluentes de curtume de peles de tilápia.

## 5. REFERÊNCIAS

AIZAWA, M.; TERADO, T.; HOWELL, F.S.; ITATANI, K. Preparation of spherical apatite particles by the homogeneous precipitation method in the presence of magnesium ions and their ion-exchange properties. **Materials Research Bulletin**,Tokio, v. 34, n. 8, p. 1215–1225, 1999.

APHA. American public health association. Standard Methods for examination water and wastewater. 19. ed. 1995.Washington: Arnold e Greenberg.

BALLEM,A.; AITA,C.; GIACOMINI, S.J.; HÜBNER, A.P.; PUJOL, S.; LEAL, A.J. Eficiência do sistema lagoa de aguapés na remoção complementar de DQO e N de dejetos líquidos de suínos pré-tratados em reator aeróbico de biogrânulos. In: Congresso Brasileiro de ciência do solo, 31, 2007, Gramado-RS.

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

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 357**, de 17 de março de 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 16 out. 2009.

COSTA, A.C.A.; MESQUITA, L.M.S.; TORNOVSKY, J. Bath and continuous heavy metals biosorption by brown seaweed from a zinc-production plant. **Minerals engineering**, Rio de Janeiro, v. 9, p. 811-824, 1996.

PETRUCIO, M. M. & ESTEVES, F. A. Uptake rates of nitrogen and phosphorus in the water by *Eichhornia crassipes* and *Salvinia auriculata*. **Revista Brasileira Biologia**, São Carlos, v. 60, n. 2, p. 229 – 236, 2000.

REIDEL, A.; GÜTHS, R.; FEIDEN, A; DAMASCENO, S.; CUNHA, F.; SIGNOR, A.A. Produção de biomassa de aguapé (*Eichhornia crassipes* (Mart. Solms.)) fertilizados com diferentes adubos. **Revista Scientia**, Cascavel, v.3, n. 6, p. 95-101, 2003.

REIDEL, A.; DAMASCENO, S.; ZENATTI, D.C.; SAMPAIO, S. FEIDEN, A. QUEIROZ, M. M. F. Utilização de efluente de frigorífico, tratado com macrófitas aquáticas, no cultivo de tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, p. 181-185, 2005.

SALATTI, E. Utilização de sistemas wetlands construídas para tratamento de águas. **Biológico**, São Paulo, v. 6, n. ½, p.113-116, 2003.

SIPAÚBA TAVARES. Utilização de biofiltros em sistemas de cultivos de peixes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte. v. 21, n. 203, p. 38-43, 2000.

SIPAÚBA TAVARES, L.H., BOYD, C.E. Macrophyte biofilter for treating effluent from aquaculture In: **Twenty-Second Annual Technical Report. Aquaculture CRSP**, Oregon State University, Corvallis, Oregon, p. 195-199, 2005.

SIPAÚBA TAVARES, L.H.; BRAGA, F.M.S. The feeding activity of *Colossoma macropomum* larvae (tambaqui) in fishponds with water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) fertilizer. **Brasilian Journal Biology**, São Carlos, v. 67, n. 3, p. 459-466, 2007.

SOOKNAH, R. D. & WILKIE, A. C. Nutrient removal by floating aquatic macrophytes cultured in anaerobically digested flushed dairy manure wastewater. **Ecological Engineering**, v.22, p. 27-42, 2004.

VILLANUEVA-ESPINOSA, J.F., HERNÁNDEZ-ESPARZA, M., RUIZ-TREVINO, F.A. Adsorptive properties of fish scales of *Oreochromis niloticus* (Mojarra Tilápia) for metallic ion removal from waste water. **Industrial and Engineering Chemical Research**, v. 40, n. 16, p. 3563-3569, 2001.

ZACARKIM, C.E.; GOMES, S.D.; PALACIO, S.M.; WELTER, R.A. Avaliação de sistema wetland construído no pós-tratamento de efluentes de curtume. In: **Congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental**, 24, 2007.