

# Manual para Gestão da Água e de Resíduos do Processamento de Peixes



**Embrapa**



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Pesca e Aquicultura  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# Manual para gestão da água e de resíduos do processamento de peixes

*Embrapa  
Brasília, DF  
2020*

## **Embrapa Responsável pela edição**

Parque Estação Biológica (PqEB)  
Av. W3 Norte (final)  
70770-901 Brasília, DF  
Fone: (61) 3448-4236  
www.embrapa.br

Embrapa, Secretaria-Geral  
Coordenação editorial  
*Alexandre de Oliveira Barcellos*  
*Heloiza Dias da Silva*  
*Nilda Maria da Cunha Sette*

## **Responsável pelo conteúdo**

Embrapa Pesca e Aquicultura  
Caixa Postal 90  
77008-900 Palmas, TO  
Fone: (63) 3229-7800

Supervisão editorial  
*Wyviane Carlos Lima Vidal*

Revisão de texto  
*Jane Baptistone de Araújo*

Comitê de Publicações  
Presidente

Normalização bibliográfica  
*Iara Del Fiaco Rocha (CRB-1/2169)*

*Eric Arthur Bastos Routledge*

Projeto gráfico e editoração eletrônica  
*Júlio César da Silva Delfino*

Secretário-executivo  
*Diego Neves de Sousa*

Capa  
*Paula Cristina Rodrigues Franco*

Membros

*Adriana Ferreira Lima*

*Alexandre Uhlmann*

*Hellen Christina de Almeida Kato*

*Jefferson Cristiano Christofoletti*

*Lucas Simon Torati*

*Rodrigo Estevam Munhoz de Almeida*

Foto da capa  
*Jefferson Cristiano Christofoletti*

## **1ª edição**

Publicação digital – PDF (2020)

## **Todos os direitos reservados**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

## **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa

---

Manual para gestão da água e de resíduos do processamento de peixes /  
Danielle de Bem Luiz ... [et al.]. – Brasília, DF : Embrapa, 2020.  
PDF (77 p.) : il. color.

ISBN: 978-65-86056-32-7

1. Pesca industrial. 2. Tecnologia de Alimento. 3. Recurso hídrico.  
I. Luiz, Danielle de Bem. II. Embrapa Pesca e Aquicultura.

CDD 639.4

---

*Iara Del Fiaco Rocha (CRB-1/2169)*

© Embrapa, 2020

## **Autores**

### **Danielle de Bem Luiz**

Engenheira de alimentos, doutora em Engenharia Química, analista da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

### **Viviane Rodrigues Verdolin dos Santos**

Zootecnista, doutora em Ciências Animais, pesquisadora da Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas, TO

### **Leandro Kanamaru Franco de Lima**

Médico-veterinário, doutor em Ciência Animal, pesquisador da Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas, TO

### **Alcilene Rodrigues Monteiro Fritz**

Engenheira química, doutora em Engenharia de Alimentos, docente da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC

### **Ana Iraidy Santa Brígida**

Engenheira química, doutora em Tecnologia em Processos Químicos e Bioquímicos, pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

### **André Luiz Medeiros de Souza**

Médico-veterinário, doutor em Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal, extensionista da Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro, Niterói, RJ

### **Andrea Elena Pizarro Muñoz**

Economista, mestre em Economia Aplicada, pesquisadora da Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas, TO

### **Angela Aparecida Lemos Furtado**

Engenheira química, doutora em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, pesquisadora da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ

### **Eliana de Fátima Marques de Mesquita**

Médica-veterinária, doutora em Ciências Biológicas, docente da Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ

**Elisa Helena Giglio Ponsano**

Farmacêutica-bioquímica, doutora em Biotecnologia, docente da Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Araçatuba, SP

**Jonas de Toledo Guimarães**

Médico-veterinário, doutor em Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal, pós-doutorando, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ

**Liliana Pena Naval**

Bióloga, doutora em Engenharia Química, docente da Universidade Federal do Tocantins, Palmas, TO

**Luiz Gustavo Gonçalves Rodrigues**

Engenheiro de alimentos, doutor em Engenharia de Alimentos, pós-doutorando, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC

**Marina Keiko Pieroni Iwashita**

Médica-veterinária, doutora em Aquicultura, pesquisadora da Embrapa, Secretaria de Inovação e Negócios, Brasília, DF

**Patrícia Costa Mochiaro Soares Chicrala**

Médica-veterinária, mestre em Tecnologia de Alimentos e Higiene Veterinária, pesquisadora da Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas, TO

**Regina de Fátima Peralta Muniz Moreira**

Engenheira química, doutora em Química, docente da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC

**Ricardo Borghesi**

Zootecnista, doutor em Ciência Animal e Pastagens, pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS

**Rosiana Rodrigues Alves**

Agrônoma, doutora em Estatística e Experimentação Agropecuária, analista da Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas, TO

**Vanilcia Clementino de Oliveira Marto**

Bióloga, mestre em Ecologia de Ecótonos, analista ambiental da Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano, Porto Nacional, TO

## Agradecimentos

Às instituições de pesquisa e ensino que, direta ou indiretamente, contribuíram para a elaboração deste manual, por meio da participação de pesquisadores, professores e alunos.

A colaboração e a disponibilidade das indústrias parceiras, onde foram realizadas as atividades e as coletas das amostras para realização dos estudos de validação das metodologias propostas neste manual.



## Apresentação

Embora as normas e diretrizes nacionais e internacionais indiquem o padrão de qualidade sanitária dos produtos à base de pescado, não existem recomendações quanto às quantidades mínimas de água necessárias em cada etapa do processamento das diferentes espécies de peixes, nem quanto ao rendimento esperado para cada tipo de matéria-prima. Isso pode ser atribuído à grande variedade de produtos que se enquadram na categoria “pescado”, em especial a de peixes, cujo processamento é feito a partir de diferentes técnicas. Assim, para melhor gestão do processo, é necessário conhecer as características de cada espécie processada e as particularidades de cada indústria.

O *Manual para gestão da água e de resíduos do processamento de peixes* é uma publicação técnica que aborda de forma organizada e didática duas questões fundamentais para gestão das indústrias de processamento de pescados nos tempos atuais: consumo de água e geração de resíduos. Para isso, reunimos uma equipe multidisciplinar com conhecimento em legislação, produção e sanidade de peixes, processamento de alimentos, melhoria de processos industriais, microbiologia, economia e estatística.

A preocupação com a água e os resíduos do processamento se justifica por serem as indústrias de alimentos grandes consumidoras de água e geradoras de resíduos orgânicos. Esse contexto ganha relevância diante da frequência com que diversas regiões no planeta têm sofrido com a escassez de água e com a contaminação química e orgânica dos corpos hídricos, em razão do descarte incorreto de resíduos e efluentes gerados nas indústrias. O foco no setor de pescados foi uma escolha natural por ser, entre os setores de processamento de carnes, o que apresenta as maiores taxas de expansão global.

As orientações contidas neste manual estão alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), ratificados em 2015, durante a *Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável*. O conteúdo técnico apresentado está amparado por resultados de pesquisas da Embrapa Pesca e Aquicultura e de seus parceiros, agregados aos conhecimentos já disponíveis no meio

técnico-científico. Além disso, a publicação oferece um roteiro de ações adaptáveis para indústrias de beneficiamento de peixes de diferentes portes, com foco em redução do uso de água e aproveitamento de resíduos agroindustriais, além do tratamento e reúso de efluentes.

Esta obra reforça o compromisso da Embrapa em desenvolver soluções tecnológicas que tornem a aquicultura nacional mais sustentável e competitiva.

O estudo para elaboração desta obra obteve apoio de importantes órgãos e fundos da União: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa); Fundo Setorial de Recursos Hídricos (CT-Hidro), do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT); Fundo Amazônia (gerido pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES); Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Processo nº 407728/2012-0 – APQ); e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) com bolsas para os pós-graduandos e envolvidos. Adicionalmente, contou com a participação de equipes multidisciplinares de diversas instituições de ensino e de pesquisa, assim como de empresas do setor, viabilizando a execução das atividades e a elaboração da publicação que abrange princípios dos três pilares da sustentabilidade (*triple bottom line*): econômico, ambiental e social.

*Alexandre Aires de Freitas*  
Chefe-Geral  
Embrapa Pesca e Aquicultura

# Sumário

## **Introdução 11**

### **Gerenciamento hídrico industrial do processamento de pescado 24**

- Etapa 1 – Coleta e análise de dados e documentos 25
- Etapa 2 – Realização do balanço hídrico 30
- Etapa 3 – Identificação dos pontos de maior uso/consumo 32
- Etapa 4 – Verificação e aplicação das possibilidades de minimização de uso e consumo 33
- Etapa 5 – Classificação dos efluentes líquidos 42
- Etapa 6 – Avaliação de reciclo e reúso direto e indireto de efluentes 46
- Etapa 7 – Indicação de técnicas para segregação e tratamento de correntes de efluentes 48
- Etapa 8 – Análise econômica 49
- Etapa 9 – Manutenção do gerenciamento hídrico industrial 51

### **Gerenciamento de resíduos sólidos (GRS) do processamento de pescado 52**

- Etapa 1 – Identificação dos resíduos sólidos 53
- Etapa 2 – Quantificação dos resíduos sólidos 58
- Etapa 3 – Caracterização físico-química e nutricional dos resíduos sólidos 61
- Etapa 4 – Medidas para aproveitamento do material residual 62

## **Considerações finais 65**

## **Referências 67**

### **Apêndice 1 – Modelo de questionário para coleta de dados 75**

### **Apêndice 2 – Exemplo de tabela para coleta de dados para o balanço hídrico 77**



## Introdução

---

A água é um recurso natural indispensável para a higiene e dessedentação humana, bem como para a criação de animais, geração de eletricidade e produção de alimentos (agricultura e pecuária). Para a realização de processos de indústrias químicas, de alimentos, da construção civil, farmacêuticas, entre outros, a água é utilizada em seus três estados: líquido, gasoso (vapor) e sólido (gelo) (Figura 1).



Foto: Viviane Rodrigues Verdolin dos Santos

**Figura 1.** Processamento de tilápias: uso de gelo na etapa de insensibilização pré-abate.

Assim, é preciso que o gerenciamento dos recursos hídricos seja eficaz em todos os âmbitos (local, municipal, regional ou nacional), a fim de evitar conflitos de usos múltiplos.

Estimativas da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) (Organisation for Economic Co-operation and

Development, 2008) apontam que, no ano de 2050, haverá 3,9 bilhões de pessoas (mais de 40% da população mundial) vivendo em regiões sob severo estresse hídrico, das quais 2,3 bilhões estarão nos países do grupo Brics (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul). Para 2050, a previsão do aumento da demanda global por água, em relação ao ano de 2000, é de 55% (Leflaive et al., 2012). Mudanças climáticas, exploração de águas subterrâneas (proveniente dos lençóis freáticos) acima de sua capacidade de reabastecimento e poluição em corpos hídricos superficiais e subterrâneos em áreas urbanas e rurais são as principais causas desse estresse hídrico.

No Brasil, os principais fatores atribuídos à deterioração dos recursos hídricos tanto em quantidade, quanto em qualidade, estão associados ao crescimento populacional e industrial (Seabra; Tavares, 2018), destacando-se a poluição das águas em áreas industriais e urbanas, por causa do descarte de dejetos sem tratamento, do aumento da população e da crescente demanda per capita de água, além do aumento do fornecimento de água destinado à produção de alimentos (irrigação, pecuária e indústrias de beneficiamento) (Clevelario Junior et al., 2005). Além disso, esse cenário torna-se mais grave tanto pelo uso inconsequente por parte da população, especialmente pelo fato de o Brasil ser considerado um país privilegiado, que dispõe de 12% da água doce do planeta, quanto pelos fenômenos de seca e desertificação, acelerados pelas mudanças climáticas, como os que ocorrem no Semiárido brasileiro (Clevelario Junior et al., 2005; Tavares et al., 2019).

A produção primária de alimentos requer grandes quantidades de água nas fases de pré-processamento, processamento e também no pós-processamento (ex.: transporte e conservação) (Beddington, 2010; Hanjra; Qureshi, 2010; Ene et al., 2013). Aproximadamente dois terços da captação de água doce mundial (em algumas regiões, quase 90%) destinam-se à produção de alimentos (Beddington, 2010), o que traduz a necessidade de racionalizar o uso, a fim de preservar e melhorar a disponibilidade hídrica globalmente.

A gestão de uso e consumo por meio da adoção de práticas como as melhorias tecnológicas na produção industrial, na irrigação e na mecanização da agricultura, a regulamentação do consumo de água

em suas finalidades, com especificação dos padrões de quantidade e qualidade mínimas necessárias, além de técnicas de reciclo e reúso de efluentes, tratados ou não, em substituição ao uso de água fresca e potável, podem contribuir para preservar a água fresca e potável.

A sustentabilidade do processo de produção de alimentos não se restringe somente aos procedimentos de melhoria da eficiência do uso/consumo de água, mas também à aplicação de medidas que otimizem o uso da matéria-prima, a fim de diminuir a produção de resíduos, destinando-os à produção de coprodutos ou ao uso em outras indústrias (*by-products*). A Instrução Normativa nº 81, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), de 19 de dezembro de 2018 (Brasil, 2018), define o termo “coproduto” como aquele obtido a partir de resíduos sólidos provenientes da indústria alimentícia.

As práticas de produção mais limpa ou P + L (*cleaner production*) abrangem tecnologias de produção e sistemas de gerenciamento, cujos objetivos são a prevenção e a redução dos impactos ambientais e seus riscos associados, por meio da diminuição das emissões e geração de resíduos. A prevenção deve ser feita desde o início dos processos e não apenas no final (*end-of-pipe approach*) (Kupusovic et al., 2007; Ene et al., 2013; Barana et al., 2014).

Recomenda-se a adoção das seguintes medidas de P + L (Uttamangkabovorn et al., 2005; Kupusovic et al., 2007; Thrane et al., 2009; Ene et al., 2013; Barana et al., 2014) no processamento industrial de alimentos:

- Conscientização, treinamento e instrução dos gestores e colaboradores da indústria sobre a necessidade de reduzir o uso da água e a geração e emissão de resíduos.
- Disseminação de boas práticas de manipulação (BPMs), fabricação (BPFs) e higiene ambiental.
- Aproveitamento máximo da matéria-prima e/ou substituição de matérias-primas por outras de melhor qualidade, a fim de aumentar o rendimento e diminuir a geração de resíduos.
- Substituição de materiais químicos por outros que exerçam a mesma função e sejam menos perigosos e poluentes.

- Melhorias no controle de estoque e manutenção dos registros de consumíveis, de modo a evitar desperdícios.
- Avaliação da possibilidade de reúso e reciclo direto ou indireto de águas servidas.
- Otimização e inovação do processo de produção, com o uso de tecnologias mais avançadas e eficientes, buscando reduzir os desperdícios de matéria-prima, a geração de resíduos, o uso de água e energia, etc.
- Aproveitamento de resíduos na fabricação de coprodutos comestíveis para o consumo humano e/ou para outros animais ou coprodutos não comestíveis com finalidades diversas.
- Manutenção preventiva dos equipamentos que usam água.

Epstein (2018) ressaltou a dificuldade de implantar estratégias rumo à sustentabilidade da corporação, contudo citam algumas questões que devem ser consideradas para o sucesso em sua implementação:

A sustentabilidade deve ser um componente integral da estratégia corporativa;

A alta gerência deve estar comprometida com a sustentabilidade e construir capacidade organizacional adicional;

As estratégias de sustentabilidade devem ser apoiadas por sistemas de controle gerencial, mensuração de desempenho e recompensa, conforme apropriado;

As estratégias de sustentabilidade devem ser apoiadas com missão, cultura e pessoas, conforme apropriado;

O desempenho da gestão com sustentabilidade deve ser visto não apenas como prevenção e conformidade de riscos, mas também como uma oportunidade para inovação e vantagem competitiva (Epstein, 2018, p. 32, tradução nossa).

A partir desse entendimento, nota-se que o engajamento dos funcionários e da gerência nas empresas é imprescindível para o sucesso das ações sustentáveis. A participação da gerência é fundamental na tomada de decisões estratégicas, uma vez que a

implementação de práticas de P + L pode trazer ganhos ambientais e econômicos tanto para a empresa quanto para a região ao seu entorno. Entre os ganhos, destacam-se (Ene et al., 2013; Alkaya; Demirer, 2016) os seguintes:

- Redução do uso de água, consumo de energia (bombeamento e aquecimento de água), demanda de matéria-prima e insumos para as etapas de processamento/beneficiamento tanto quanto de higienização e tratamento de água e efluentes.
- Redução da geração e emissão de poluentes e resíduos (gasosos, líquidos e/ou sólidos).
- Criação de novas receitas, com a geração de coprodutos à base de resíduos do processamento do produto principal da empresa.
- Redução dos custos (energia, matéria-prima e insumos, produção, tratamento de água e resíduos).
- Otimização do tempo de trabalho dos colaboradores.
- Aumento da competitividade da empresa, por causa da maior produtividade.
- Aumento do comprometimento da indústria com os conceitos de P + L e com ações ecologicamente corretas (marketing ambiental).

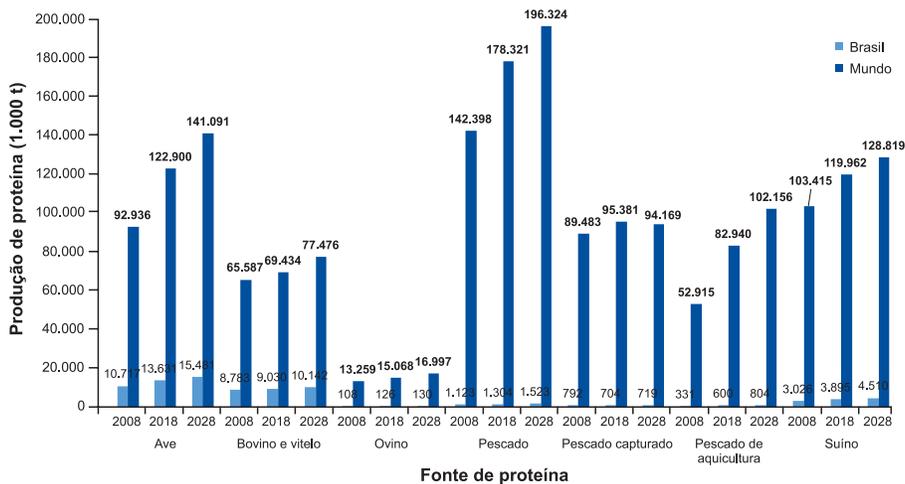
No cenário da produção e do processamento de alimentos, a indústria de beneficiamento de proteínas de origem animal consome grandes volumes de água potável para garantir os requisitos de segurança alimentar e de saúde pública (Figura 2).

Entre as principais fontes de proteína animal consumidas, destacam-se bovinos, aves, suínos, ovinos e pescado. Conforme dados históricos e de projeção para 2028 da OECD-FAO... (2019), o pescado será a fonte de proteína mais produzida e consumida no mundo e seu consumo continuará crescendo, principalmente em razão da expansão da aquicultura em países em desenvolvimento (Figuras 3 a 5). No Brasil, destacam-se a produção e o consumo de aves. Entretanto, o consumo de pescado no País aumentou 22,5% de 2008 para 2018.

Foto: Jefferson Cristiano Christofletti

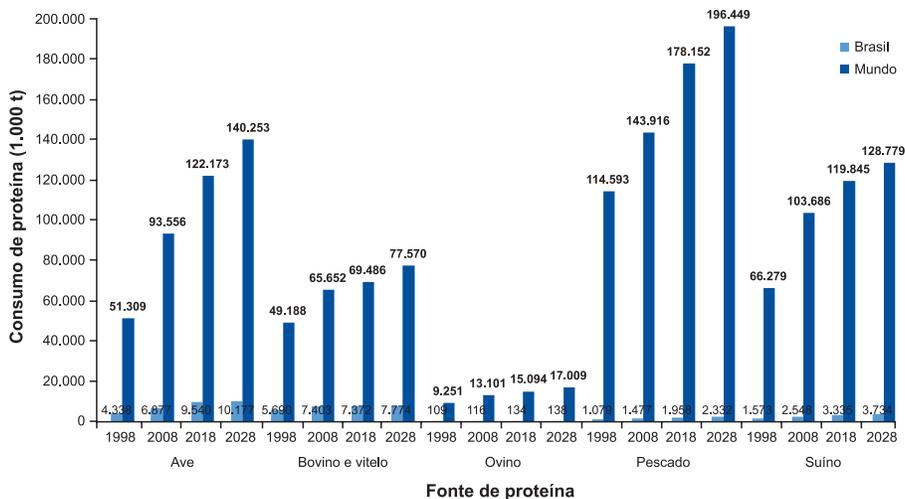


**Figura 2.** Uso de água na mesa de evisceração.



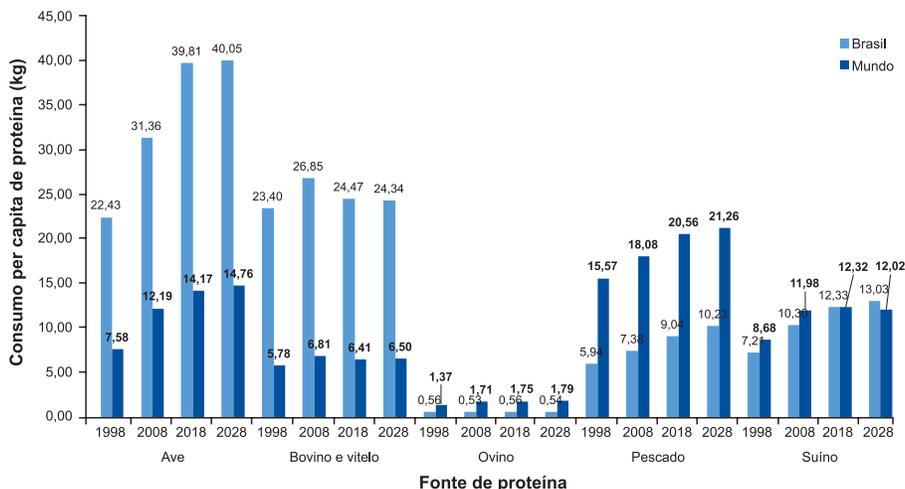
**Figura 3.** Produção de proteína no mundo e no Brasil.

Fonte: Adaptado de OECD-FAO... (2019).



**Figura 4.** Consumo de proteína no mundo e no Brasil.

Fonte: Adaptado de OECD-FAO... (2019).



**Figura 5.** Consumo per capita de proteína no mundo e no Brasil.

Fonte: Adaptado de OECD-FAO... (2019).

Segundo Murphy (2006), a razão do volume de água utilizada para cada quilograma de produto processado decresce com o aumento da produção, ou seja, indústrias de pequeno porte gastam mais água por quilograma de matéria-prima do que as outras de grande porte. A explicação para esse fato é a grande quantidade de água utilizada para limpeza e higienização da área de processamento e dos equipamentos.

A literatura registra amplas variações no volume de água utilizada por quilograma de produto (4,8 L a 228 L de água por quilograma de matéria-prima), a depender dos produtos finais, os quais passam por diferentes etapas de processamento (Carawan, 1991; Proença et al., 2000; Uttamangkabovorn et al., 2005; Murphy, 2006; Chowdhury et al., 2010; Ferracioli et al., 2018; Guimarães et al., 2018; Souza et al., 2018).

Os seguintes fatores estão diretamente relacionados ao uso e ao consumo de água no processamento de pescado:

- A espécie de peixe processada, em razão das diferentes características físicas, como, por exemplo, tamanho, peso, cobertura da pele (escamas ou couro), presença de espinhas intramusculares, entre outras.

- A tecnologia aplicada, incluindo escala de produção.
- O tipo de produto final (peixe inteiro, postas, filé com ou sem espinhas, defumados ou salgados e coprodutos derivados de carne de pescado).
- O grau de comprometimento da indústria com os conceitos de P + L.

Os grandes volumes de efluentes gerados pelas indústrias processadoras são indicativos de ineficiência na gestão da água (Lambooy, 2011), a qual pode estar atribuída à falta de consciência ambiental por parte dos gestores e empregados, bem como dos consumidores em geral (Fereres et al., 2011; Agana et al., 2013). Portanto, mesmo que haja necessidade do uso de grandes quantidades de água potável em indústrias que processam pescado, a ausência de práticas mais sustentáveis, como reúso de água, sinaliza pouco comprometimento com os conceitos de P + L, principalmente no que diz respeito às práticas de uso racional desse recurso.

A OECD-FAO... (2019) estima que a aquicultura deve continuar crescendo aproximadamente 2% ao ano, superando a produção de pescado capturado até 2028 (Figura 3). Projeta-se para 2028 que a produção de pescado como alimento humano alcance 128 Mt e o consumo per capita aumente, em 10 anos, de 20,6 kg para 21,3 kg por ano (Figura 5). As maiores taxas de crescimento do consumo deverão ocorrer na América Latina e na Europa.

Com maior demanda por produtos de pescado, a indústria de processamento torna-se essencial para promover tal consumo. No entanto, é importante que se reforce a necessidade da adoção de estratégias para uso eficiente e de práticas mais sustentáveis, a fim de contribuir para a redução da demanda de água potável fresca do mundo (Chowdhury et al., 2010). Cabe destacar que estudos realizados em diversos continentes apontam que é possível alcançar reduções de 5% a 97% na quantidade de água utilizada no processamento, dependendo do tipo de pescado e do processo/fase analisado (Uttamangkabovorn et al., 2005; Souza et al., 2008; Thrane et al., 2009; Agana et al., 2013).

A prática de reúso tem sido limitada nas indústrias de alimentos, em virtude das rigorosas regulamentações. No entanto, há programas internacionais da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), em conjunto com a Organização Mundial da Saúde (OMS) – a exemplo do Codex Alimentarius (1999, 2001, 2007) –, que reconhecem a necessidade e incentivam estudos e aplicações de técnicas de reúso direto e indireto nessas indústrias, contanto que a prática não represente riscos à integridade da matéria-prima (qualidade higiênico-sanitária), ao produto final, ao meio ambiente e à saúde dos manipuladores e consumidores.

O reúso de água é possível em situações em que a água não entre em contato direto com a matéria-prima na rota do processamento e em setores em que não haja necessidade de atender aos padrões de potabilidade. Neste último caso, ela é destinada aos sistemas de resfriamento, à lavagem de chão externo, à irrigação em torno das indústrias, às descargas sanitárias, etc.

Nesse sentido, a prática do reúso deve fazer parte da conduta da gestão hídrica e exige investimentos e estudos de avaliação de custo-benefício para sua aplicação (Brum et al., 2009). Apesar do investimento inicial, geralmente o resultado final é compensatório, uma vez que promove a economia de água e reduz o uso de produtos nocivos ao meio ambiente (Thrane et al., 2009). Cabe ressaltar outros aspectos positivos: a geração de resíduos sólidos, a partir do tratamento da água, e a prospecção da elaboração de coprodutos para uso humano ou animal.

Os resíduos sólidos devem ser tratados para não serem lançados diretamente no ambiente, evitando danos ecológicos (Afonso; Bórquez, 2002a; Vidotti; Lopes, 2016). Há que se considerar que as indústrias de pescado geram grande quantidade de resíduos sólidos orgânicos, principalmente partes do peixe não comestíveis (cabeça, caudas, vísceras, pele e escamas) e partes do exoesqueleto de crustáceos. Sendo assim, quanto maior for o grau de processamento, maior será a proporção de resíduos sólidos gerados (Duangpaseuth et al., 2007; Bezama et al., 2012). Portanto, as práticas de P + L são necessárias

para maximizar o aproveitamento da matéria-prima, obtendo-se não somente o produto-foco, mas também os coprodutos oriundos da otimização no uso das matérias-primas (Bezama et al., 2012). Para a geração de coprodutos de interesse dos consumidores e da própria indústria de alimentos, a adoção de tecnologias mais eficientes e inovadoras no processamento assim como a realização de estudos podem contribuir para esse fim. Entretanto, é importante ressaltar que a utilização de matérias-primas de qualidade contribui fortemente para a minimização na geração de resíduos.

O efluente do processamento de pescado é rico em matéria orgânica, aminoácidos essenciais, óleos e proteínas. A recuperação dessa matéria orgânica (óleos e proteínas) de efluentes e o aproveitamento de resíduos sólidos para geração de coprodutos contribuem para a otimização do tratamento de efluentes, bem como para a redução de custos e insumos (energia, produtos químicos, etc.), além de evitar ou reduzir impactos ambientais, aumentar a competitividade da empresa, gerar novos produtos e aumentar a sustentabilidade do processamento como um todo (Afonso; Bórquez, 2002a, 2002b; Afonso et al., 2004; José et al., 2013).

Os principais coprodutos desenvolvidos a partir de resíduos sólidos do processamento de peixes são os seguintes (Duangpaseuth et al., 2007):

- Produtos bioquímicos e farmacêuticos para tratamentos de beleza e suplementos alimentares.
- Aditivos de cor.
- Gelatina e colágeno a partir de peles de peixes.
- Farinhas.
- Óleos.
- Silagens.
- Compostos orgânicos.
- Iscas para peixes.

A destinação de resíduos para a fabricação de coprodutos (*by-products*) tem sido um fator propulsor para a produção de farinha e óleo de peixes, em âmbito mundial, com projeção de aumento de aproximadamente 15% até 2025.

Além disso, em razão das grandes quantidades de óleo e graxas, os resíduos gerados a partir do processamento de peixes podem ser fonte de biomassa para produção de biogás e fertilizantes em processos de digestão anaeróbica. A produção de gás metano realizada em biodigestores pode ser economicamente viável para a indústria (Chowdhury et al., 2010). No Brasil, boa parte das indústrias, tanto de produção quanto de processamento de aves e suínos, já utiliza os resíduos sólidos orgânicos (gerados no tratamento de efluentes, no manejo da matéria-prima e durante a produção) para a produção de biogás, energia térmica e/ou elétrica. A queima do biogás pode suprir de energia, total ou parcialmente, a indústria de processamento de pescado ou beneficiar a vizinhança da região urbana ou rural onde estiver localizada (José et al., 2013).

Conforme o novo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (Riispoa) (Brasil, 2017a), há quatro classificações para os estabelecimentos de pescado:

Art. 19. Os estabelecimentos de pescado e derivados são classificados em:

I - barco-fábrica;

II - abatedouro frigorífico de pescado;

III - unidade de beneficiamento de pescado e produtos de pescado; e

IV - estação depuradora de moluscos bivalves.

§ 1º Para os fins deste Decreto, entende-se por barco-fábrica a embarcação de pesca destinada à captura ou à recepção, à lavagem, à manipulação, ao acondicionamento, à rotulagem, à armazenagem e à expedição de pescado e produtos de pescado, dotada de instalações de frio industrial, podendo realizar a industrialização de produtos comestíveis e o recebimento,

a manipulação, a industrialização, o acondicionamento, a rotulagem, a armazenagem e a expedição de produtos não comestíveis.

§ 2º Para os fins deste Decreto, entende-se por abatedouro frigorífico de pescado o estabelecimento destinado ao abate de pescado, recepção, lavagem, manipulação, acondicionamento, rotulagem, armazenagem e expedição dos produtos oriundos do abate, podendo realizar recebimento, manipulação, industrialização, acondicionamento, rotulagem, armazenagem e expedição de produtos comestíveis e não comestíveis.

§ 3º Para os fins deste Decreto, entende-se por unidade de beneficiamento de pescado e produtos de pescado o estabelecimento destinado à recepção, à lavagem do pescado recebido da produção primária, à manipulação, ao acondicionamento, à rotulagem, à armazenagem e à expedição de pescado e de produtos de pescado, podendo realizar também sua industrialização e o recebimento, a manipulação, a industrialização, o acondicionamento, a rotulagem, a armazenagem e a expedição de produtos não comestíveis.

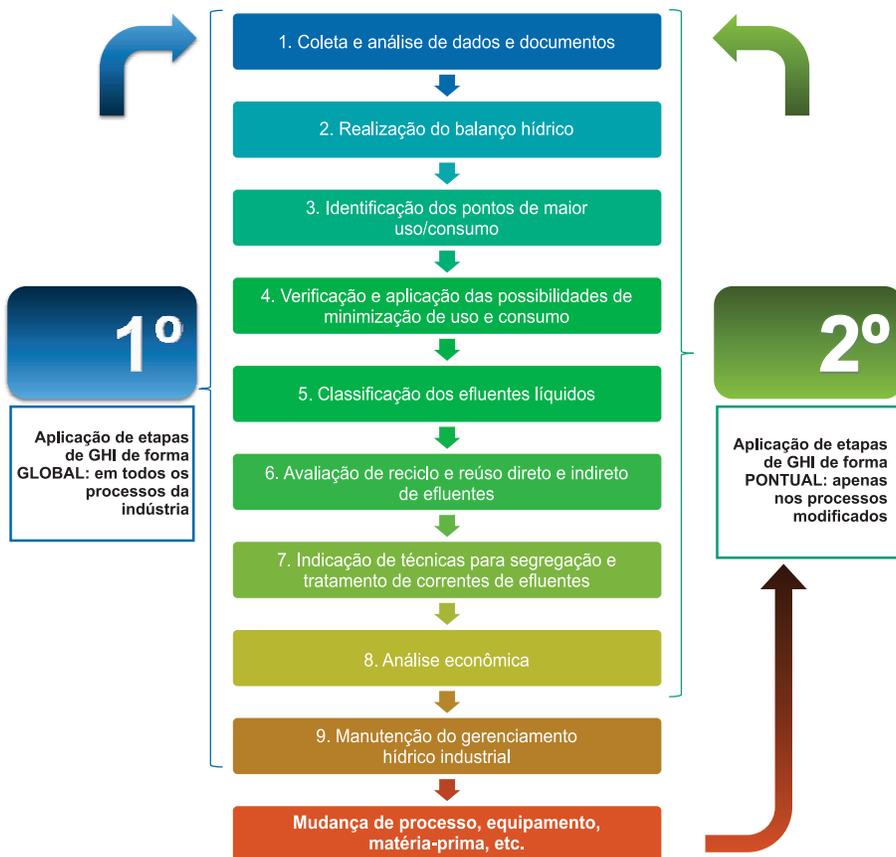
§ 4º Para os fins deste Decreto, entende-se por estação depuradora de moluscos bivalves o estabelecimento destinado à recepção, à depuração, ao acondicionamento, à rotulagem, à armazenagem e à expedição de moluscos bivalves. (BRASIL, 2017a).

Os estabelecimentos de beneficiamento e industrialização de pescado são classificados em duas categorias: abatedouro frigorífico de pescado e unidade de beneficiamento de pescado e produtos de pescado. Neste manual, elas são denominadas de indústrias de processamento de pescado.

O manual tem por objetivo orientar gestores de indústrias de processamento de pescado quanto à adoção de estratégias de processamento sustentável, do ponto de vista ambiental e econômico. Nos itens a seguir, o manual propõe um modelo de gerenciamento hídrico e de resíduos, adaptável a indústrias de todos os portes e aplicável ao processamento de diferentes espécies de peixe.

## Gerenciamento h drico industrial do processamento de pescado

O estudo para verificação das possibilidades de redução de uso e consumo de água em uma indústria de processamento de pescado segue um roteiro com etapas de um plano básico de Gerenciamento Hídrico Industrial (GHI) pautado nos modelos propostos por Sautchük et al. (2005), Kupusovic et al. (2007), Luiz (2007) e José et al. (2013), de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 6 e com as demais informações a seguir.



**Figura 6.** Etapas de um modelo básico de gerenciamento hídrico industrial (GHI) aplicado a indústrias de processamento de pescado.

Fonte: Adaptado de Luiz (2007).

## **Etapa 1 – Coleta e análise de dados e documentos**

### **Atividade 1 – Aplicação de questionário**

Para compreensão do funcionamento industrial, devem-se coletar informações e dados da empresa, dos sistemas de produção e da produção:

- Empresa:
  - Nome.
  - Localização.
  - Número de funcionários.
- Dados do sistema de produção:
  - Turnos de serviço e horas trabalhadas.
  - Horário de higienização.
  - Quantidade de dias de operação por mês.
  - Existência ou não de estação de tratamento de água e efluente.
  - Volume de água utilizado e de efluente gerado.
  - Quantidade de resíduos sólidos gerados.
  - Custos com tratamento de água.
  - Custos com descarte de efluentes e resíduos sólidos.
  - Custos com energia.
- Dados da produção:
  - Tipo e quantidade de matéria-prima processada.
  - Tipos de produto final.
  - Volume de água gasto no processamento de matéria-prima.
  - Volume de resíduos sólidos reaproveitado.
  - Volume de efluente tratado reaproveitado.

Para facilitar a coleta desses dados, sugere-se a aplicação de questionário, conforme o modelo apresentado no Apêndice 1. O preenchimento deve ser feito pelo gestor hídrico, que é o responsável pelo processo de GHI na empresa. Esse profissional pode ter formação técnica ou pode ser graduado em engenharia ambiental, engenharia química, engenharia de produção, engenharia de alimentos ou outras áreas afins. Pode-se elaborar um questionário mais completo ou com outras informações de acordo com a necessidade e a especificidade de cada indústria.

## **Atividade 2 – Análise da legislação vigente do setor**

O gestor hídrico da indústria de processamento de pescado deve estar sempre atualizado quanto aos requisitos legais, no intuito de não infringir as normas e de regularizar as atividades nos órgãos fiscais do setor: no Mapa, caso possua selo de inspeção federal (SIF); na Agência de Defesa Agropecuária Estadual, caso possua selo de inspeção estadual (SIE); no Serviço de Inspeção Municipal, caso possua selo de inspeção municipal (SIM); e na Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa).

## **Atividade 3 – Coleta e análise de documentos essenciais**

Além dos descritos anteriormente, outros documentos devem ser analisados para melhorar a gestão dos processos e compreender o curso da água na indústria e a forma com que as etapas do processamento estão interligadas, considerando os critérios de uso, o grau de qualidade exigido e a geração e composição de efluentes. Esses documentos são os seguintes: Plano de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC); manuais de boas práticas de fabricação (BPF); fluxogramas de processos para cada produto final; projeto hidráulico de captação e distribuição de água, descarte e tratamento de efluentes; e plantas baixas e de situação com os layouts dos setores.

## **Atividade 4 – Montagem da estratégia de ação do balanço hídrico**

Após análise dos documentos, deve-se montar a estratégia de ação do balanço hídrico, conforme as etapas a seguir:

1. Divisão da indústria em setores para facilitar as coletas, análises e apresentações de documentos e resultados, isto é, realização das etapas do GHI, especialmente a etapa do balanço hídrico. Exemplos de setores:
  - a) Processamento, que pode ser subdividido em área de defumados, pescado fresco, filetagem, etc.
  - b) Apoio e serviços do processamento: limpeza do chão da fábrica, limpeza dos equipamentos da produção, água de caldeiras, água de resfriamento de condensadores e bombas, limpeza de monoblocos, limpeza de caminhões.
  - c) Refeitório.
  - d) Banheiros e vestiários.
  - e) Administração.
  - f) Outros: limpeza do pátio externo, irrigação, etc.
2. Considerando que os macrofluxos auxiliam na percepção global do uso da água e da geração de efluentes por setores do entreposto, esta etapa é a definição dos macrofluxos da água para especificar os seguintes aspectos:
  - a) A quantidade de água que entra e a quantidade de efluentes que sai de cada setor. Esta etapa não é para especificar o volume de água que entra e sai em cada etapa do processamento que ocorre no setor.
  - b) A quantidade de água que é tratada na indústria (de maneira global e detalhado por setor).
3. Definição dos microfluxos da água em cada setor para executar as seguintes ações:

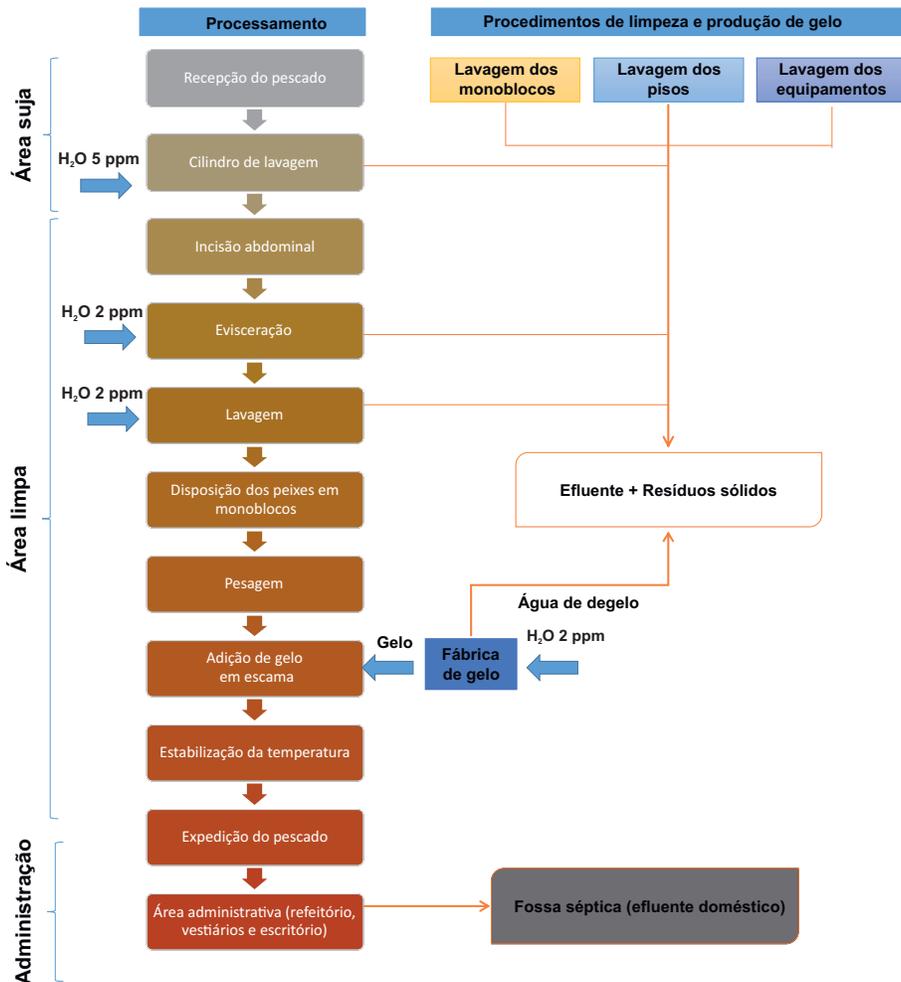
- a) Criar diagrama de orientação que represente o caminho da água utilizada e dos efluentes gerados em cada setor: listar e localizar cada equipamento/ação/processo que use/consuma água e/ou gere efluentes.
- b) Criar fluxograma dos processos de cada produto final em avaliação, indicando:
  - i) Os pontos de entrada de água e de saída de efluentes, citando o tipo/marca/modelo da máquina utilizada (caso seja utilizado algum tipo de máquina), ou explicar, ao máximo, como acontece a etapa, registrando com fotos.
  - ii) Os pontos de controle e os pontos críticos de controle do processamento.
- c) Definir a estratégia de quantificação do volume de água, com base na infraestrutura disponível: em cada ponto de entrada de água, deve-se definir a metodologia de quantificação conforme o item intitulado Atividade 1: Quantificação do Balanço Hídrico.

### **Atividade 5 – Elaboração do fluxograma de uso hídrico**

Nos fluxogramas de cada processo, o gestor hídrico deve indicar a entrada de água e a saída de efluentes. No caso de empresas com mais de um produto final, é necessária a elaboração de um fluxograma para cada produto (Figura 7). Da mesma forma, deve ser construído um fluxograma para cada processo que envolva uso da água, mesmo que esteja indiretamente ligado às etapas de produção do produto final, tais como: lavagens de monoblocos e recipientes utilizados para o armazenamento de peixes, preparo de soluções e de reagentes manipulados no tratamento de água e efluentes, produção de gelo, higienização de máquinas e ambiente de produção com uso de sanitizantes diluídos em água, selagem de bombas e produção de vapor, etc.

As atividades realizadas fora da indústria, embora sejam executadas na empresa, são classificadas como macrofluxos, não

havendo necessidade de detalhar os procedimentos envolvidos, como, por exemplo, refeitórios, banheiros e vestiários, área administrativa, limpeza de pátios externos, lavagem de caminhões, irrigação, entre outros.



**Figura 7.** Exemplo de fluxograma de produção de peixe fresco e eviscerado em indústria de processamento de pescado.

## **Etapa 2 – Realização do balanço hídrico**

### **Atividade 1 – Quantificação do balanço hídrico**

Para executar a fase do balanço hídrico, os micro e macrofluxos devem estar definidos.

As medições, em relação às vazões de água de entrada e saída, precisam ser executadas em cada etapa e tipo de processo do produto em estudo, bem como nos processos setoriais, abrangendo todas as funções da indústria.

Deve-se conhecer o volume e a forma como a água é utilizada, consumida e produzida na indústria. Além disso, também é necessário saber se a água utilizada nos processos é mesclada com reagentes ou condimentos, ou se o efluente está sendo tratado.

Há quatro formas de realizar a medição do volume de água:

1. Leituras de hidrômetros digitais ou analógicos
  - a) Realização de leitura em pontos onde já houver hidrômetros instalados.
  - b) Instalação de hidrômetros em pontos de uso de água onde o acesso aos equipamentos seja difícil ou onde haja impossibilidade de quantificação do volume por realização de balanço mássico ou a partir de dados e informações dos fabricantes.
  - c) Observações importantes:
    - i) A leitura dos hidrômetros precisa ser feita em pelo menos 5 dias de processamento para cada tipo de produto, com leituras iniciais (antes do início do processamento) e finais (após o término do processamento), e medidas nos diferentes turnos, de forma que seja possível uma análise comparativa entre eles.
    - ii) O número de leituras a serem realizadas nos hidrômetros dependerá das especificidades de cada indústria.

## 2. Medição de volume/tempo (L/s ou m<sup>3</sup>/h)

As medições devem ser feitas em recipientes graduados e o tempo deve ser marcado em cronômetro, no mínimo por 5 dias, em turnos distintos e em triplicata, ou seja, ao menos dez vezes (2 turnos x 5 dias) em triplicata. O resultado será a média dos valores aferidos.

## 3. Dados do fabricante

Alguns equipamentos requerem quantidades específicas de água para um determinado volume (ou vazão) de produção. Essas informações podem servir de referência para o cálculo do balanço hídrico.

## 4. Balanço mássico global ou de processo específico

Não sendo possível quantificar por algum dos métodos indicados anteriormente o volume de água em determinado ponto do processamento, pode-se realizar um balanço de massa. Por exemplo, caso haja uma linha de abastecimento de água que se ramifique em outras três, hidrômetros podem ser instalados apenas na linha principal e em duas ramificações, calculando-se o volume consumido na terceira, por meio de balanço de massa.

Critérios para a realização do balanço hídrico:

- De acordo com a rotina de funcionamento da indústria, deve-se definir o número de dias de avaliação. Para cada tipo de matéria-prima, a avaliação deve ser feita em até 5 dias, se a indústria processar diariamente um ou mais lotes. Caso a logística de coleta seja favorável, é recomendada a avaliação em até 10 dias, a fim de aumentar a representatividade dos dados.
- Se a indústria levar mais de um dia para processar o mesmo lote de matéria-prima, sugere-se coletar os dados de, ao menos, três lotes num total de dez ou mais dias de processamento.
- A United Nations Environment Programme (Unep) (Cleaner..., 2000) recomenda que a coleta de dados, nessa etapa de diagnóstico dos padrões de uso da água na indústria, seja realizada em momentos distintos:

- Durante os processos de produção.
- Durante os períodos de limpeza dos equipamentos e instalações.
- Durante os intervalos de produção para identificar possíveis perdas, desperdícios e vazamentos.
- Os dados devem servir de subsídio para a proposição de medidas estratégicas de melhoria da eficiência de uso da água.
- Cálculo: a quantidade de água utilizada ou consumida deve ser calculada e expressa em litros por quilograma de produto acabado (PA) e por quilograma de matéria-prima (MP).

As informações referentes aos macrofluxos devem ser coletadas conforme a leitura do hidrômetro geral que abastece a indústria ou alguns setores da indústria. Logo, após o mapeamento dos usos e consumos da água, é possível conferir se a soma dos pontos do setor ou do processo está coerente com a leitura do hidrômetro principal que distribui água para o setor. No caso de indústrias com poucas etapas de processamento, o hidrômetro geral pode ser o principal parâmetro de análise e verificação do balanço hídrico.

O modelo para coleta de dados para o balanço hídrico é apresentado na tabela do Apêndice 2.

### **Etapa 3 – Identificação dos pontos de maior uso/consumo**

#### **Atividade 1 – Verificação e avaliação dos pontos de maior uso**

Depois da realização do balanço hídrico, deve-se identificar em quais etapas de cada setor ocorrem as maiores demandas de água. Ao identificar os pontos críticos (pontos de maior consumo), devem-se levantar as alternativas tecnológicas capazes de melhorar a eficiência do uso da água (Cleaner..., 2000), bem como fazer controle e monitoramento periódicos. Dessa forma, indica-se a instalação de hidrômetros nesses pontos.

## **Etapa 4: Verificação e aplicação das possibilidades de minimização de uso e consumo**

Nesta etapa, é necessário avaliar os quesitos legais e operacionais relativos à quantidade e à qualidade de água a ser usada, com ênfase nos pontos, processos e equipamentos com maior uso, a fim de estimar a proporção de água passível de redução. Para tanto, devem-se classificar os pontos, processos ou equipamentos em duas categorias de uso:

- Sem contato com o produto a ser processado:
  - Pontos, processos ou equipamentos de apoio ao processamento, pois não entram em contato com a matéria-prima nem com o produto que está no processo de produção.
  - Exemplos: selagem de bombas a vácuo, resfriamento de condensadores, limpeza do chão interno ou externo, entre outros.
- Com contato direto com o produto a ser processado:
  - Pontos, processos ou equipamentos diretamente ligados ao processamento, ou seja, desde a matéria-prima até a embalagem primária do produto final.
  - Exemplos: cilindro de lavagem, limpeza de maquinário, mesa de evisceração, máquinas de esterilização de pescado enlatado, entre outros.

As abordagens para a minimização do uso de água nos pontos críticos de uso devem considerar a adequação de processos e equipamentos e a prevenção de desperdícios.

*O Manual de procedimentos para implantação de estabelecimento industrial de pescado: produtos frescos e congelados* recomenda:

Disponibilizar instalações que permitam o abastecimento de água potável, à pressão e quantidade suficientes recomendando-se, no mínimo, 5 litros para cada quilograma de matéria-prima ou,

excepcionalmente, de água do mar limpa ou tornada limpa através de um sistema de tratamento cuja eficácia seja devidamente comprovada por testes laboratoriais (Brasil, 2007, p. 21).

De acordo com a Unep (Cleaner..., 2000), a etapa 4 tem por objetivo identificar usos desnecessários de água, tais como para transporte de resíduos sólidos por meio de fluxo contínuo de água, torneiras abertas continuamente, entre outros.

Dessa forma, a instalação de equipamentos com acionamento e desligamento automáticos e com dispositivos automáticos de acionamento de água (sensores óticos, válvulas solenoides, temporizadores, termostatos e outros) pode constituir uma alternativa para a melhoria da eficiência do uso de água.

### **Atividade 1 – Verificação das etapas sem contato direto com o produto a ser processado**

Nessa atividade, devem-se avaliar os manuais técnicos dos equipamentos, a legislação vigente e as recomendações e diretrizes nacionais e internacionais, no intuito de identificar as possibilidades de redução no uso de água, conforme descrito a seguir (Cleaner..., 2000; Sautchük et al., 2005):

- Reformulação dos procedimentos operacionais, por meio de adequação ou substituição de máquinas/dispositivos/equipamentos e processos ou tecnologias que utilizem menos água, a exemplo do uso de torneiras com menor diâmetro, instalação de aeradores em torneiras, uso de rosca sem fim para transporte de resíduos sólidos em canaletas, uso de bicos dosadores de pressão nas torneiras e mangueiras de limpeza, substituição da água por ar comprimido em alguns processos, uso de sistemas fechados de refrigeração, etc.
- Realização de treinamentos periódicos para operadores e colaboradores, com vistas à prevenção de desperdícios.
- Manutenção preventiva e corretiva de torneiras e equipamentos que apresentem vazamentos.

## **Atividade 2 – Verificação das etapas com contato com o produto a ser processado**

O objetivo é identificar a quantidade mínima de água necessária para as etapas de produção, sem que haja prejuízo dos padrões higiênico-sanitários estabelecidos em normas específicas. Esta, talvez, seja a atividade mais criteriosa, pois é preciso avaliar detalhadamente cada mudança ou adaptação realizada, por meio da condução de ensaios experimentais. Os dados extraídos nesses ensaios servirão para verificação do atendimento aos padrões higiênico-sanitários estabelecidos em normas.

É fundamental que haja envolvimento e apoio da equipe de operadores, gestores da indústria e pesquisadores da área de segurança, bem como controle de qualidade dos alimentos nesta atividade. Certamente, a maior dificuldade será manter um controle experimental que garanta que as respostas sejam, de fato, resultado da menor proporção de água utilizada nos processos, e não de outros fatores. Vale ressaltar que manter o controle das condições experimentais que representam a realidade das tarefas produtivas da indústria pode tornar o estudo oneroso (Cleaner..., 2000), no entanto é imprescindível que essas ações sejam tomadas de modo a aumentar o caráter sustentável da atividade.

As empresas de pescado devem seguir restritamente o regulamento técnico de processamento, conforme norma estabelecida pelo Mapa (em âmbito nacional) ou pelos regulamentos estaduais das agências de defesa agropecuária. É fundamental conhecer os padrões de instalações, as especificações de processamento e equipamentos, bem como os padrões sensoriais, físico-químicos e microbiológicos estabelecidos nas normativas para cada produto alimentício.

Atualmente, no Brasil, não existe regulamento técnico para pescado, diferentemente de outros animais, tais como bovinos, suínos e aves:

- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria nº 711, de 1º de novembro de 1995. Normas técnicas de instalações e

equipamentos para abate e industrialização de suínos (Brasil, 1995);

- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria nº 210, de 10 de novembro de 1998. Regulamento Técnico da Inspeção Tecnológica e Higiênico-Sanitária de Carne de Aves. (Brasil, 1998).

Nesses regulamentos, os tipos de equipamentos e os volumes mínimos de água a serem utilizados nos principais processos, considerados como pontos de controle e críticos de controle na APPCC, são descritos para garantir a eficácia do processo. Analogamente, se houvesse regulamento técnico para a indústria de pescado, uma das descrições processuais seria a qualidade e a quantidade de água usada/consumida nos procedimentos.

Entretanto, enquanto não houver esse regulamento, é recomendado estabelecer padrões de beneficiamento quanto à quantidade mínima de água necessária em cada etapa do processamento industrial, para cada quilograma de pescado. As etapas críticas de processamento devem receber atenção especial.

De acordo com o plano de APPCC, todos os pontos de controle (PC) e pontos críticos de controle (PCC) que usam água, bem como os pontos mapeados com maior uso de água, devem ser avaliados para quantificar a proporção mínima de água para cada quilograma de peixe. Essa proporção deve garantir as condições higiênico-sanitárias, microbiológicas e físico-químicas do produto final, considerando as diferentes espécies de peixes. Dessa forma, os resultados devem estar de acordo com os padrões estabelecidos pela Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 12, de 2 de janeiro de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), que aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos (Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2001).

### ***Análises microbiológicas dos produtos processados***

A RDC nº 12 (Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2001) estabelece padrões microbiológicos para diferentes tipos de

produtos processados para consumo humano, incluindo pescado e seus derivados. A resolução especifica quais microrganismos devem ser analisados e os limites de segurança higiênico-sanitária de acordo com o tipo de produto final, além de estabelecer critérios de amostragem e de interpretação dos resultados das análises microbiológicas.

Em relação ao pescado in natura, fresco, congelado e não consumido cru, a resolução estabelece os limites de tolerância de contaminação por *Staphylococcus aureus* em 10 g de produto e ausência de *Salmonella* em 25 g de produto. Sendo assim, as análises pautadas pela resolução devem ser realizadas tanto nas etapas da Análise Prévia – Diagnóstico quanto para a Quantificação do Volume Mínimo. Além disso, para produtos oriundos de processos com intensa manipulação humana, recomenda-se a realização de análises para contagem de coliformes totais, *Escherichia coli* e bactérias aeróbias mesófilas.

Assim, apesar de a RDC nº 12 (Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2001) não impor limites para coliformes e bactérias aeróbias em pescado, é importante conhecer o grau de contaminação, a fim de direcionar ações de melhoria nos processos, aperfeiçoamento e manutenção da qualidade e inocuidade do alimento.

Os coliformes são encontrados naturalmente no trato gastrointestinal humano e dos animais, e a *E. coli* é o principal patógeno do grupo, indicando contaminação de origem fecal. A presença de coliformes e aeróbios totais em alimentos pode denotar contaminação por manipulação indevida e ausência ou carência de medidas higiênicas durante o manuseio e a conservação.

A contagem de bactérias aeróbias mesófilas também pode ser usada como indicador de qualidade higiênico-sanitária do produto, retratando falhas no processo. Quando as amostras coletadas ao longo das etapas de processamento apresentarem quantidades altas de bactérias mesófilas, pressupõe-se que houve falhas nas etapas de armazenamento, desinfecção e manipulação, bem como descuidos quanto à temperatura aplicada na conservação dos produtos.

Portanto, embora não estejam descritas na RDC nº 12 (Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2001), quanto mais manipulados os produtos forem (ex.: filés, postas, bandas, etc.), mais relevantes serão as análises para contagem de coliformes e bactérias aeróbias.

### ***Análise pré via – diagnóstico***

A análise prévia deve ser feita antes que qualquer alteração de processo ou adoção de novas tecnologias seja feita para minimizar o uso de água. A fim de realizar as análises de qualidade microbiológica na etapa de diagnóstico (análises de estafilococos, salmonela, aeróbios e coliformes) para cada produto, devem-se coletar cinco ou mais amostras em cada etapa de seu processamento, inclusive na recepção da matéria-prima. Esse procedimento deve ser repetido em, no mínimo, quatro lotes do produto. Dessa forma, o número total de amostras será calculado da seguinte forma: nº de tipos de análise x nº de amostras x nº de etapas de processamento x nº de lotes x nº de produtos. A Tabela 1 exemplifica o plano amostral do produto tambaqui eviscerado, que passa por três etapas de processamento: a) recepção de matéria-prima (peixe fresco); b) lavagem no cilindro de lavagem; c) evisceração e lavagem do peixe eviscerado.

De acordo com o plano amostral do tambaqui eviscerado, o total de amostras seria equivalente a 60, considerando todas as etapas do processamento e todos os tipos de análises microbiológicas (5 amostras por etapa de processamento x 3 etapas x 4 lotes = 60).

Além das análises obrigatórias (estafilococos e salmonela), as análises de aeróbios e coliformes, preferencialmente, devem ser realizadas quando o processamento envolver um número grande de etapas (filetagem, descabeçamento, toaleta e retirada de espinhas), possibilitando diagnósticos completos.

Cabe frisar que, quanto maior o número de lotes amostrados, maior será a representatividade dos dados. Assim, para um trabalho de pesquisa ou validação, o ideal é que o número de lotes seja maior do que o indicado (quatro lotes).

**Tabela 1.** Plano amostral do produto tambaqui eviscerado por lote.

Etapa do processamento	Número da amostra	Tipo de análise microbiológica			
		Estafilococos	Salmonela	Aeróbios	Coliformes totais
Recepção da matéria-prima	1	x	x	x	x
	2	x	x	x	x
	3	x	x	x	x
	4	x	x	x	x
	5	x	x	x	x
Lavagem no cilindro de lavagem	1	x	x	x	x
	2	x	x	x	x
	3	x	x	x	x
	4	x	x	x	x
	5	x	x	x	x
Evisceração e lavagem final do peixe eviscerado	1	x	x	x	x
	2	x	x	x	x
	3	x	x	x	x
	4	x	x	x	x
	5	x	x	x	x

### ***Quantificação do volume mínimo***

A quantificação do volume mínimo de água é feita por meio de testes na indústria e tem por finalidade verificar possibilidades de adequação de processos e equipamentos, com o intuito de evitar desperdícios. Os funcionários deverão ser treinados, e máquinas, dispositivos e equipamentos tecnológicos devem ser adaptados ou substituídos para a redução no uso de água.

Passos para a quantificação do volume mínimo:

1. Definir as estratégias de minimização do uso de água.
2. Avaliar se as estratégias sugeridas são aplicáveis à indústria em estudo.

3. Identificar os melhores dias para aplicação das estratégias de minimização.
4. Selecionar os melhores manipuladores do processamento para que executem as estratégias de minimização.
5. Determinar o volume amostral de matéria-prima para os testes:
  - a) Indústria que processa acima de 10 mil quilogramas por dia: recomenda-se volume mínimo de 200 kg a 500 kg de matéria-prima por lote de, pelo menos, quatro lotes diferentes.
  - b) Indústria que processa até 10 mil quilogramas por dia: recomenda-se volume mínimo de 100 kg a 200 kg de matéria-prima por lote de, pelo menos, quatro lotes diferentes.

Observação: quanto maior o número de lotes amostrados, maior será a representatividade dos dados. Assim, para o trabalho de pesquisa ou validação, o ideal é que o número de lotes seja maior que quatro.

6. Realizar os preparativos para a análise de minimização:
  - a) Avaliar e executar as mudanças/adaptações necessárias em relação a equipamentos e/ou procedimentos:
    - i) Realizar treinamento teórico e prático para os funcionários envolvidos nos testes, no dia anterior ou no mesmo dia previsto para sua realização, no qual deverão ser abordados os seguintes temas: BPFs, produção mais limpa e importância da adoção de práticas para redução do uso de água. Nesse treinamento, os objetivos, métodos de gerenciamento hídrico e os novos processos contidos no projeto ambiental, relativos à água e aos resíduos, devem ser apresentados aos participantes do treinamento.
7. Realizar os procedimentos para testar a minimização, considerando os seguintes aspectos:

- a) Medições em, no mínimo, quatro lotes diferentes, com base no volume amostral indicado anteriormente, os quais poderão ser processados no mesmo dia ou em dias diferentes.
- b) Assim, como na etapa anterior (diagnóstico), quanto maior o número de lotes, maior será a representatividade dos dados.
- c) Coletar amostras para avaliar a eficácia e a eficiência microbiológica do novo processo em teste, observando as seguintes recomendações:
  - i) Delineamento amostral: em cada lote avaliado, devem ser coletadas ao menos quatro amostras de peixe que chegam à indústria (matéria-prima), quatro amostras em cada etapa do processamento e quatro amostras do produto final.
  - ii) Análises microbiológicas de estafilococos e salmonela devem ser feitas para todas as espécies em avaliação.
  - iii) Para um diagnóstico completo, recomenda-se realizar as análises de bactérias aeróbias mesófilas e coliformes totais, principalmente em produtos que passam por várias etapas de processamento (por exemplo: filetagem, descabeçamento, toaleta e retirada de espinhas, entre outras).

### ***Aplicação de medidas para minimização***

O quarto passo da atividade de verificação das etapas com contato com o produto a ser processado consiste na implementação das medidas corretivas, previamente selecionadas, para garantir o uso e o consumo das quantidades mínimas de água em cada etapa do processamento ou do setor industrial (Cleaner..., 2000). As ações descritas a seguir são exemplos que podem contribuir para redução do uso de água:

- Substituição de torneiras do tipo fluxo contínuo por outras com dispositivo de restrição ou controle de fluxo de água, por meio do uso de sensor de presença, acionamento por pedal ou temporizador.
- Substituição das torneiras por outras com menor diâmetro para diminuir a vazão de água.
- Uso de equipamentos que aplicam vácuo em determinadas etapas do processo, como evisceração e transporte de resíduos.
- Uso de funil ou canaletas para coleta de sangue e vísceras, os quais devem ser transportados por vácuo ou rosca sem fim e separados do sistema de coleta de efluentes.

## **Etapa 5: Classificação dos efluentes Iquidos**

### **Atividade 1 – Pré-classificação de efluentes**

A qualidade do efluente das indústrias de processamento de peixes varia de acordo com os seguintes aspectos: espécie processada, produto desenvolvido, métodos de produção, vazão de água, carga de poluentes, grau de aplicação das práticas de P + L e tipos de aditivos utilizados, tais como salmoura, molhos, óleos comestíveis em enlatados, entre outros (Carawan, 1991; Murphy, 2006; Chouwdhury et al., 2010; Ferracioli et al., 2018; Guimarães et al., 2018).

Após a identificação de cada processo e equipamento gerador de efluente, deve ser feita sua caracterização. Os efluentes devem passar por uma pré-classificação, conforme estabelecido a seguir:

- Efluente com possibilidade de minimização de uso de água.
- Efluente com possibilidade de reciclo direto.
- Efluente com possibilidade de reúso direto.
- Efluente com possibilidade de acondicionamento, com posterior reúso e/ou reciclo.
- Efluente com impossibilidade de reciclo/reúso direto ou indireto.

Os aspectos avaliados para a pré-classificação são os seguintes:

- Vazão do efluente tratado.
- Condições e padrões de lançamento de efluentes especificados nas seguintes resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama): nº 357, de 17 de março de 2005 (Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2005) e nº 430, de 13 de maio de 2011 (Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2011).
- Tipo de equipamento/processo gerador do efluente.
- Tipo de equipamento/processo para o qual poderia ser enviado o efluente: reciclo/reúso direto ou indireto.
- Aspectos visuais de carga orgânica, como turbidez e aspectos sensoriais (odor). É possível visualizar glóbulos de gordura e presença de sangue em determinadas etapas do processamento de carnes, caracterizadas pela presença de altas cargas orgânicas.

A aplicação de medidas de reúso de água deve considerar as limitações legais, para não comprometer a qualidade higiênico-sanitária dos produtos, tomando-se o cuidado para que as linhas de abastecimento de água de reúso não sejam confundidas com as linhas de abastecimento de água potável dentro das instalações. Toda e qualquer estratégia de aplicação de reúso de água deve atender aos padrões estabelecidos pelos órgãos reguladores, garantindo a qualidade dos produtos finais.

## **Atividade 2 – Caracterizaç o de efluentes**

Recomenda-se que todos os efluentes gerados sejam caracterizados por meio de análises físico-químicas e microbiológicas. Entretanto, dependendo do tamanho da indústria e da quantidade de pontos geradores de efluentes, a caracterização pode ser restrita ao efluente final global e àqueles pré-classificados na categoria com possibilidade de reciclo ou reúso direto/indireto.

Para a caracterização, recomenda-se a coleta de amostras uma vez a cada 4 semanas, durante 12 meses ininterruptos, em horários de alta produção. A escolha das análises dependerá das características dos efluentes e da possibilidade de reúso/reciclo.

**Parâmetros para a  
caracterização de efluentes líquidos  
do processamento de pescado.**

Alcalinidade  
Alumínio  
Cloretos  
Coliformes totais  
Condutividade  
Cor  
Demanda química de oxigênio  
Dureza  
Ferro  
Nitrato  
Nitrito  
Nitrogênio amoniacal  
Nitrogênio total  
Óleos e graxas  
pH  
Sílica  
Sólidos fixos  
Sólidos totais  
Sólidos voláteis  
Surfactantes  
Temperatura  
Turbidez

A etapa seguinte (Etapa 6) do GHI deve seguir os padrões de qualidade da água recomendados para indústrias de alimentos de origem animal, de acordo com o Riispoa (Brasil, 2017a):

[...]

XXI – rede de abastecimento de água com instalações para armazenamento e distribuição, em volume suficiente para atender às necessidades industriais e sociais e, quando for o caso, instalações para tratamento de água;

XXII – *água potável nas áreas de produção industrial*;

XXIII – rede diferenciada e identificada para água não potável, quando a água for utilizada para outras aplicações, de forma que não ofereça risco de contaminação aos produtos;

[...]

XXIV – rede de esgoto projetada e construída de forma a permitir a higienização dos pontos de coleta de resíduos, dotada de dispositivos e equipamentos destinados a prevenir a contaminação das áreas industriais; [...] (Brasil, 2017a, art. 42).

A Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde, define os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (Brasil, 2017b). De acordo com a Portaria da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde (SVS/MS) nº 326/1997, a água utilizada na manipulação de alimentos deve ser potável, entretanto pode-se utilizar água não potável para produção de vapor, sistema de refrigeração, controle de incêndio e outros fins equivalentes, os quais não estejam relacionados a alimentos, mediante a aprovação do órgão competente (Brasil, 1997).

Já a água de recirculação e reutilizável precisa ser tratada e mantida em condições para que não ofereça riscos à saúde. A água reutilizável tem de ser separada da água limpa da indústria e mantida sob constante inspeção (Brasil, 1997).

## **Etapa 6 – Avaliação de reciclagem e reúso direto e indireto de efluentes**

### **Atividade 1 – Verificação e aplicação das possibilidades de reciclagem e reúso diretos e indiretos de efluentes**

A verificação das possibilidades de reciclagem/reúso direto e indireto de efluentes deve ser iniciada após a classificação das correntes de efluentes líquidos e depende dos resultados da quantificação de balanço hídrico da indústria, bem como da qualificação dos efluentes.

O reciclagem e o reúso diretos de efluentes devem ser priorizados sempre que possível, pois não requerem qualquer tipo de tratamento adicional, exceto ações como correção de pH e desinfecção para ajustar o pH e a concentração de microrganismos, parâmetros básicos de qualidade.

O reciclagem ou reúso direto ocorrem quando o efluente é usado diretamente (sem tratamento) em outros procedimentos, ou seja, naqueles casos em que os poluentes não afetam o processo. Como exemplo, pode-se citar a água do degelo destinada para o transporte de resíduos sólidos ou a água dos processos iniciais de limpeza (Cleaner..., 2000). Nesses casos, o efluente pode ser misturado com outro, ou com a água fresca, com o objetivo de diminuir a concentração de algum contaminante até que se obtenha o limite máximo aceitável no processo que receberá a água de reúso.

As medidas práticas para a aplicação do reúso/reciclagem direto e indireto da água, segundo Sautchük et al. (2005), são as seguintes:

- Análise da legislação pertinente às atividades da indústria, principalmente no que se refere à qualidade e à fonte da água em cada processo.
- Identificação, quantificação e caracterização físico-química e microbiológica das águas, desde a fonte geradora até o ponto receptor da água de reúso/reciclagem.
- Especificação da qualidade mínima da água de entrada para um determinado processo, por meio de avaliação experimental, ou atendimento aos padrões indicados em normativos legais,

ou, ainda, por meio de resultados de estudos anteriores ou recomendações dos fabricantes dos equipamentos.

- Compatibilização da qualidade e quantidade de efluente disponível para reúso/reciclo e da qualidade e quantidade exigida no processo receptor do efluente.
- Seleção do tratamento mais adequado, em caso de reciclo e reúso indireto, conforme os parâmetros de qualidade físico-químicos e microbiológicos necessários para atender o ponto receptor desse efluente tratado.

A Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) nº 54, de 28 de novembro de 2005 (Conselho Nacional de Recursos Hídricos, 2006), estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água.

A Portaria SVS/MS nº 326, de 30 de julho de 1997 (Brasil, 1997), estabelece que:

[...] os requisitos gerais (essenciais) de higiene e de boas práticas de fabricação para alimentos produzidos/fabricados para o consumo humano [como também] a toda pessoa física ou jurídica que possua pelo menos um estabelecimento no qual sejam realizadas algumas das atividades seguintes; produção/industrialização, fracionamento, armazenamento e transportes de alimentos industrializados (Brasil, 1997, anexo 1, n. 1-2).

O Anexo 1 do Regulamento Técnico: Condições Higiênic-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos (Brasil, 1997) reporta que:

[...]

8.3 – Uso da água:

**8.3.1 – Como princípio geral na manipulação de alimentos somente deve ser utilizada água potável.**

8.3.2 – Pode ser utilizada água não potável para a produção de vapor, sistema de refrigeração, controle de incêndio e outros fins análogos não relacionados com alimentos, com a aprovação do órgão competente. [...] (Brasil, 1997, anexo 1, n. 8, grifo nosso).

A distribuição da água de reúso deve ser feita por sistemas claramente diferenciados (por diferentes cores de encanamento) e separados do sistema de distribuição de água potável, de modo que não permita contaminação cruzada (Codex Alimentarius, 2001). Assim, o mais viável é que os sistemas de tratamento e de distribuição de efluentes de reúso sejam diferenciados e disponham de barreiras de fluxo, para que não ocorram falhas no tratamento, mesmo que os parâmetros de potabilidade de água após o acondicionamento sejam atingidos.

Nesta etapa, processos de tratamento e polimento de efluentes para reúso de água poderão ser selecionados de acordo com suas características específicas. Algumas técnicas envolvem tratamentos físicos, químicos ou biológicos, como, por exemplo, coagulação e floculação, lodo ativado, filtração por membranas, oxidação avançada, ozonização, carvão ativado, entre outros (Ferraciolli et al., 2017).

A obrigatoriedade da instalação de equipamentos de tratamento e reúso de água em indústrias com 100 ou mais empregados, imposta pela Lei nº 7.599, de 24 de maio de 2017 (Rio de Janeiro, 2017), é um bom exemplo de aplicação de política pública com vistas ao uso racional de água.

## **Etapa 7 – Indicação de técnicas para segregação e tratamento de correntes de efluentes**

Na sequência, o próximo passo consiste em apresentar propostas para a segregação das correntes de efluentes. Com a separação dos diferentes tipos de efluentes e a coleta de substâncias físico-químicas e microbiológicas, é possível estabelecer um tratamento ótimo para cada tipo de resíduo, a fim de proporcionar economia de energia, maior eficiência e menores custos de descarte. A definição da melhor forma de segregação e do tratamento ótimo para os diferentes tipos de efluente deve ser fundamentada em revisão bibliográfica e em testes de bancada.

Chowdhury et al. (2010) apontam três categorias de contaminação dos efluentes em uma indústria de processamento de pescado:

- Baixo grau de contaminação: provenientes das operações de lavagens.
- Médio grau de contaminação: gerados na etapa de filetagem.
- Alto grau de contaminação: água que contém sangue.

A primeira categoria, caracterizada por grandes volumes e baixas concentrações de contaminantes orgânicos, resulta de pontos de uso de água sem contato com o produto, ou daqueles em que não haja perda de massa do produto, tais como degelo, água de lavagem e higienização, depuração, entre outros.

Na categoria intermediária, estão aqueles resultantes dos processos que geram baixo grau de contaminação em pontos onde ocorre perda de massa do produto, mas essa não é direcionada para o efluente como nas etapas de filetagem, remoção da pele, lavagem inicial do pescado, entre outros.

A terceira categoria apresenta menores volumes, mas alta concentração de contaminantes orgânicos. Nela, o manuseio é direto e o produto perde massa, que, por sua vez, é direcionada ao efluente, como sangue, resíduos de carne, escamas e alta concentração de óleos e gordura. As operações que resultam nessa categoria de efluentes são as seguintes: sangria, evisceração, descamação, retirada de aparas de filé, etc.

## **Etapa 8 – Análise econômica**

A análise econômica é baseada no cálculo de indicadores financeiros gerados a partir do fluxo de caixa. Devem-se considerar alterações no volume de produção, no preço e nas características do mercado de atuação da indústria. Investimentos em mudanças futuras, custos de captação e tratamentos de água e de efluentes, economia de energia (bombeamento de água, água aquecida, etc.) e economia de insumos (produtos químicos) também devem compor os cálculos.

Para realizar a análise econômica, é preciso fazer a valoração financeira do volume hídrico, comparando-se a quantidade inicial de

água consumida e a quantidade de água registrada na etapa de balanço hídrico. Nessa análise, consideram-se as medidas de minimização e reúso/reciclo, tipos de produtos, número de funcionários e padrões de qualidade microbiológica. O processo de atribuição de valor monetário toma por base as taxas praticadas pela empresa de saneamento local, ou por fonte pessoal. Em ambos os casos, calcula-se uma tarifa do consumo industrial, com base no volume consumido.

O primeiro resultado desta análise é o cálculo da redução de custos devido à redução do volume de água gasto e de efluente gerado. Com esse cálculo, é possível obter, em detalhes, o *payback* dos meses em que foram realizados os testes e analisar as economias de água e recursos. Em seguida, realiza-se o levantamento do custo operacional efetivo referente ao funcionamento da indústria.

De acordo com Matsunaga (1976), o levantamento operativo é composto por custos pertinentes ao tratamento de água, tratamento de efluentes, consumo de energia elétrica, abastecimento de água, mão de obra, aquisição de matéria-prima, no caso, espécies de pescado, entre outras funções.

Em relação à receita bruta, é indicado especificar as quantidades semanais de cada produto, com seus respectivos preços de mercado. Quanto ao investimento, devem-se considerar as intervenções físicas, como estrutura de captação de água, estrutura de tratamento de efluentes, novos equipamentos, etc.

Para construir o fluxo de caixa, sugere-se o uso da taxa de depreciação de 10% ao ano, ou outras taxas específicas de cada equipamento. Deve-se considerar o prazo total de 10 anos e fixar as duas taxas de desconto de referência.

Por fim, são calculados os indicadores de viabilidade financeira, como valor presente líquido, taxa interna de retorno e *payback* simples, a fim de determinar o tempo necessário para recuperação do capital, considerando duas taxas de desconto.

Contudo, somente é possível concluir se o impacto das medidas em curto ou médio prazo é sustentável ou não por meio da análise do conjunto de indicadores.

## Etapa 9 – Manutenção do gerenciamento hídrico industrial

A garantia de manutenção do GHI depende da figura do gestor hídrico. Após a execução de todos os passos, conforme Figura 6, devem-se aplicar as etapas de GHI, de forma pontual, em determinados processos ou equipamentos nos quais tenham ocorrido mudanças, como trocas de equipamentos, trocas dos funcionários, mudanças de turnos ou procedimentos, necessidade de maior racionalização de água, ampliação industrial, entre outras.

Sautchük et al. (2005) citam as ações que podem ser implementadas pelo gestor hídrico:

- Reformulação dos procedimentos operacionais de uma etapa com grande consumo de água:
  - Adequação ou substituição de máquinas e processos.
  - Avaliação de custos operacionais e investimentos necessários.
  - Avaliação do retorno dos investimentos.
- Treinamento de operadores.
- Substituição de dispositivos/equipamentos que utilizam menos água:
  - Incorporação de novas tecnologias.
  - Investimento em equipamentos/dispositivos adequados ao uso racional da água (ex.: torneiras com timer, arejador ou acionamento por fotossensor).
- Manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos com defeito.
- Elaboração e atualização de procedimentos específicos para uso racional da água.
- Monitoramento contínuo do consumo por meio de planilhas e gráficos;
- Realização de vistorias aleatórias nos setores de maior consumo.
- Elaboração de plano de melhoria contínua.

## Gerenciamento de resíduos sólidos (GRS) do processamento de pescado

---

Apontamentos recentes fizeram projeções exponenciais para o consumo global de organismos aquáticos que se sustenta pela expansão da atividade aquícola (Thurstan; Roberts, 2014). O crescimento das unidades de beneficiamento de pescado também tem sido motivado não somente por esses acontecimentos, mas, principalmente, pela alta demanda por produtos de qualidade, conveniência e preços reduzidos (Lopes et al., 2016). Com isso, surgem empresas especializadas no fracionamento industrial do pescado, a fim de oferecer cortes e produtos diferenciados que atendam a um mercado em desenvolvimento e em constante ascensão, com padrões mais exigentes. Levantamentos de informações sobre o material descartado nas linhas de processamento são necessários para desenvolver um modelo de gerenciamento dos resíduos industriais, de modo a evitar agravantes ambientais relacionados ao simples descarte do material sem o aproveitamento adequado (Figura 8).

Foto: Viviane Rodrigues Verdolin dos Santos



**Figura 8.** Resíduo do processamento de salmão.

Portanto, conhecer em quantidade e qualidade os resíduos gerados nas indústrias, representa um dos primeiros passos na busca do melhor manejo ou destino para esse material que, geralmente, assim como a matéria-prima da qual se origina, é rico em macro e micronutrientes, tais como aminoácidos e ácidos graxos, os quais podem ser aproveitados para diversos fins (Lopes et al., 2016; Borghesi et al., 2017).

A seguir, serão propostas quatro etapas para o gerenciamento dos resíduos sólidos em uma unidade de beneficiamento de pescado (Figura 9).



**Figura 9.** Principais etapas do gerenciamento de resíduos sólidos em uma unidade de processamento de pescado.

## **Etapa 1 – Identificação dos resíduos sólidos**

Conhecer todos os processos que envolvem o beneficiamento industrial é a primeira etapa para que se definam os pontos de geração dos resíduos e as atitudes a serem tomadas. Nesse caso, visitas técnicas podem ser realizadas em cada um dos setores da empresa, a fim de identificar e analisar o processamento. Em seguida, devem ser realizados fluxogramas com as informações detalhadas de cada processo para a elaboração da recomendação final.

Todos os resíduos sólidos devem ser divididos em duas categorias: resíduos biológicos (Tabela 2) e resíduos não biológicos (Tabela 3). Essa separação será importante para que sejam definidas as diretrizes de reutilização e reciclagem dos materiais residuais, bem como as estratégias para o seu reaproveitamento após a indicação de melhorias no processo.

**Tabela 2.** Descrição de alguns dos resíduos sólidos biológicos a serem identificados, quantificados e caracterizados para o reaproveitamento industrial, durante as atividades nas empresas de processamento de pescado.

Resíduo biológico	Descrição	Melhorias no processo	Quantidade (kg/dia de produção) <sup>(1)</sup>
Visceras	Material descartado da etapa de evisceração	<p>Recomenda-se a eliminação separada deste resíduo das correntes de efluentes, pois, ao ser recolhido em recipientes identificados para esse fim no local de sua geração, evita-se o acúmulo de gorduras e material sólido nas calhas e tubulações, além de entupimentos nas grades do tratamento preliminar do efluente industrial</p> <p>Visceras contêm rica composição nutricional e devem ser mantidas em ambiente refrigerado ou congeladas para o reaproveitamento em graxarias</p>	(A ser preenchido)
Escamas	Material descartado da etapa de descamação após lavagem em máquinas descascadoras	<p>Recomenda-se a eliminação separada deste resíduo das correntes de efluentes, pois, ao ser recolhido em recipientes identificados para esse fim no local de sua geração, evita-se o acúmulo de material sólido nas calhas e tubulações além de entupimentos nas grades do tratamento preliminar do efluente industrial</p> <p>As escamas contêm altas concentrações de matéria mineral, principalmente cálcio e fósforo. Atualmente, são pouco utilizadas para o aproveitamento, visando à agregação de valor, entretanto já existem indícios de sua utilização para a extração de colágeno e hidroxipatita. Trata-se de um resíduo com grande potencial de aproveitamento</p>	(A ser preenchido)

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Resíduo biológico	Descrição	Melhorias no processo	Quantidade (kg/dia de produção) <sup>(1)</sup>
Cabeças	Resíduo descartado da etapa de evisceração e descabeçamento	A realização do descabeçamento depende das operações de cada empresa. Antes da filetagem, a remoção da cabeça é realizada junto com a liberação das vísceras, a fim de disponibilizar o tronco limpo para a etapa de retirada do filé ou do corte em postas. Recomenda-se a remoção da cabeça para que essa possa ser, posteriormente, utilizada no processo de obtenção da carne mecanicamente separada (CMS)  As cabeças são também utilizadas nos processos de obtenção de farinha e óleo de pescado. Por causa da sua rica composição nutricional, que se assemelha muito com a do próprio filé do peixe, mas com maiores teores de minerais, esse material deve ser mantido conservado para o reaproveitamento nas graxarias	(A ser preenchido)
Aparas	Material retirado da etapa de acabamento final do filé de pescado	As aparas são resíduos com características nutricionais similares às do filé, pois representam cortes de acabamento final. Em algumas espécies, as aparas correspondem às partes que contêm espinhas intramusculares que podem ser reaproveitadas, moídas ou trituradas, para elaboração de quibes, almôndegas e outros produtos industriais de pescado	(A ser preenchido)

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Resíduo biológico	Descrição	Melhorias no processo	Quantidade (kg/dia de produção) <sup>(1)</sup>
Pele	Material sem escamas retirado na linha de filetagem	A retirada manual das peles pode ser realizada por meio de alicates ou facas. Por sua vez, máquinas automatizadas aumentam a eficiência do processo  As peles apresentam potencial de reaproveitamento diversificado, embora grande parte das empresas as utilize para a obtenção de farinha e óleo de pescado nas graxarias. Estudos já demonstraram possibilidades de obtenção de colágeno e gelatina para a indústria química e farmacêutica, curtimento para utilização em confeções, derivados industrializados para frituras, gerando similar de pururuca, e, recentemente, utilização de preparos na medicina para tratamento de queimaduras	(A ser preenchido)
Carcaça	Material descartado da filetagem	A carcaça representa o espinhaço do pescado após a retirada dos filés. Normalmente são destinadas à graxaria. Pela sua rica composição nutricional, esse resíduo deve ser mantido conservado para o reaproveitamento	(A ser preenchido)

<sup>(1)</sup>Quantidade de resíduo gerado na empresa em um dia típico de produção, considerando uma média colhida mensalmente durante 6 meses de avaliação.

**Tabela 3.** Descrição de alguns dos resíduos sólidos não biológicos a serem identificados, quantificados e caracterizados para o reaproveitamento industrial, durante as atividades nas empresas de processamento de pescado.

<b>Resíduo sólido não biológico</b>	<b>Descrição</b>	<b>Quantidade (kg/dia de produção)<sup>(1)</sup></b>
EPI	Equipamentos de proteção individual utilizados durante o processamento comum e descartados devido ao desgaste de uso	(A ser preenchido)
Embalagens plásticas	Todas as embalagens plásticas envolvidas no processamento que possam ser separadas entre limpas ou sujas, não contaminadas ou contaminadas – pescado em deterioração. Exemplos de embalagens plásticas: filmes plásticos de embalagem primária ou secundária do produto final com defeito, descarte de almoxarifado, recipientes para acondicionamento de peixes desgastados pelo uso, embalagens de produtos utilizados na indústria, etc.	(A ser preenchido)
Embalagens metálicas	Todas as embalagens metálicas envolvidas no processamento que possam ser separadas entre limpas ou sujas quando estão com material não contaminado ou contaminado (pescado em deterioração). Exemplos de embalagens metálicas: latas de conserva reprovadas, descarte de almoxarifado, defeitos de recravação, recipientes desgastados, etc.	(A ser preenchido)
Embalagens de papel	Todas as embalagens de papel ou papelão envolvidas no processamento que possam ser separadas entre limpas ou sujas quando estão com material não contaminado ou contaminado (pescado em deterioração). Exemplos de embalagens de papel: papel de embalagem primária ou secundária do produto final com defeito, descarte de almoxarifado, papel de limpeza das mãos nas barreiras sanitárias, etc.	(A ser preenchido)
Lixo comum	Lixo de escritório, sanitário, cozinha, refeitório (não orgânico)	(A ser preenchido)

<sup>(1)</sup>Quantidade de resíduo gerado na empresa em um dia típico de produção, considerando uma média colhida mensalmente durante 6 meses de avaliação.

## Etapa 2 – Quantificação dos resíduos sólidos

Para a quantificação dos resíduos, pode ser utilizada uma estimativa da geração do material residual por meio do balanço de massa, que apresentará dados de rendimento inicial por lote. Nesse caso, recomenda-se a utilização de, no mínimo, dez lotes de pescado recém-abatidos, acondicionados em monoblocos plásticos, com peso conhecido e identificados. Na sequência, o processamento deverá ser realizado para cada lote, e todos os resíduos gerados em seus locais de origem devem ser identificados e colhidos, conforme exemplos apresentados nas Tabelas 4 e 5, para pesagem e obtenção dos rendimentos com base no peso inicial do lote correspondente. Com os dados de rendimento por lote, após a obtenção de uma média dos valores, calcula-se a estimativa da geração total de resíduos, utilizando-se os valores de matéria-prima total destinada ao processamento diário da empresa.

**Tabela 4.** Rendimento de resíduos para o beneficiamento de peixe fresco eviscerado, considerando uma empresa de processamento de tambaqui e surubim.

Lote <sup>(1)</sup>	Tambaqui			Surubim		
	Peso inicial <sup>(2)</sup> (kg)	Peso final <sup>(3)</sup> (kg)	(%) <sup>(4)</sup>	Peso inicial <sup>(2)</sup> (kg)	Peso final <sup>(3)</sup> (kg)	(%) <sup>(4)</sup>
A	117,05	107,60	5,79	106,25	100,10	8,07
B	108,35	100,80	5,79	102,80	96,85	6,97
C	115,80	107,30	5,54	103,70	97,95	7,34
D	129,85	120,85	5,45	110,15	104,15	6,93
E	114,35	108,55	6,29	108,95	102,10	5,07
F	115,35	109,75	8,72	94,65	86,40	4,85
Média	116,79	109,14	6,54	104,42	97,93	6,26
DP	7,08	6,53	1,29	5,57	6,24	1,24

<sup>(1)</sup>Cada lote é composto pela pesagem de dez monoblocos de peixes destinados ao processamento industrial. <sup>(2)</sup>Peso inicial total dos peixes acondicionados em dez monoblocos para o processamento convencional da indústria. <sup>(3)</sup>Peso final total dos peixes já limpos e eviscerados acondicionados nos mesmos dez monoblocos após processamento e antes da expedição final. <sup>(4)</sup>Rendimento de resíduos (vísceras) obtido após cálculo da diferença do peso inicial e final dos peixes processados por lote.

DP = desvio-padrão.

Fonte: Borghesi et al. (2017).

A Tabela 4 apresenta o percentual médio de resíduo obtido com o processamento de tambaqui (6,54%) e surubim (6,26%) em uma unidade de beneficiamento de pescado para obtenção de peixe fresco eviscerado (Borghesi et al., 2017).

A Tabela 5 apresenta um estudo para avaliar os rendimentos de carcaça e filé de tilápia em pequena escala (escala experimental), com apenas 20 peixes (unidade experimental) em cada uma das quatro faixas de peso avaliadas. Essa é uma forma de avaliar o rendimento de forma experimental. As avaliações experimentais auxiliam a indústria na investigação e prospecção de novos produtos ou processos ou na melhoria dos já existentes, sem que haja dispêndio de muito esforço e/ou custos (insumo). Contudo a metodologia apresentada na Tabela 4 apresenta dados de controle mais representativos para as indústrias de processamento que já possuem seus processos em andamento.

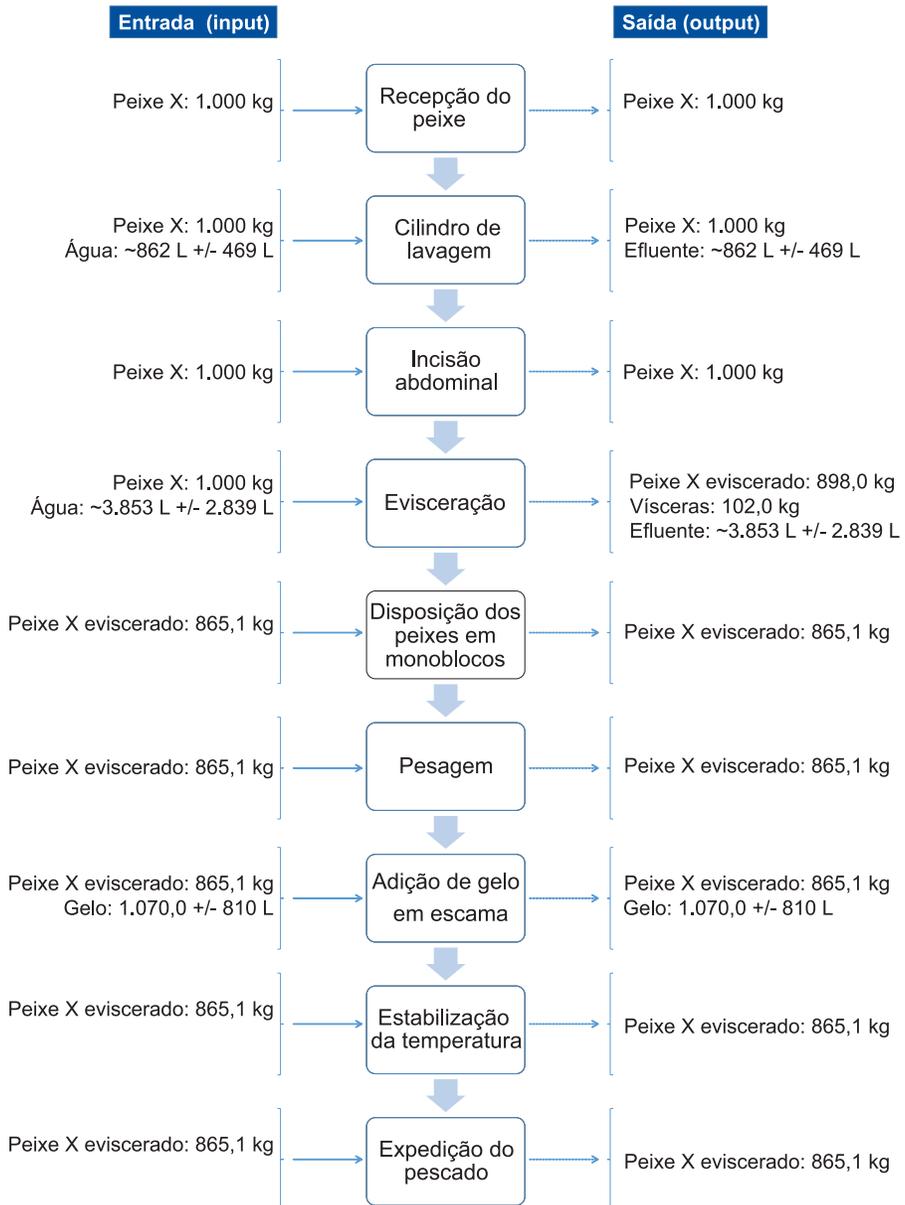
**Tabela 5.** Avaliação experimental de rendimentos de carcaça e filé de tilápias-do-nylo.

Faixa de peso de abate (g)	Peso da carcaça (g)	Rendimento de carcaça (%)	Peso de filé (g)	Rendimento de filé (%)
250 a 300	241,0	59,39	239,95	33,22
350 a 400	318,0	58,22	260,50	34,26
450 a 500	414,0	58,20	284,20	33,83
550 a 600	497,0	60,56	292,80	35,41
Média	367,55 ± 100	59,10 ± 2,3	269,36 ± 22	34,18 ± 2,3

Fonte: Silva et al. (2009).

Sugere-se elaborar fluxograma da geração dos resíduos sólidos por espécie de pescado e tipo de produto elaborado na indústria de processamento, no qual poderão ser adicionadas informações sobre uso de água em cada etapa. O exemplo da Figura 10 é para o tipo de produto peixe fresco e eviscerado.

## Matéria-prima: Peixe X



**Figura 10.** Modelo de fluxograma de processos que engloba dados de matéria-prima e produto acabado, geração de resíduos e uso de água.

### **Etapa 3 – Caracterização físico-química e nutricional dos resíduos sólidos**

Com o aumento da produção aquícola, o pescado processado surge como oportunidade para a comercialização de produtos que atendam às necessidades de consumidores dos grandes centros urbanos, considerados mais exigentes quanto à qualidade e praticidade do alimento. Dessa forma, as indústrias buscam disponibilizar produtos mais fragmentados, filetados ou com algum preparo especial, gerando uma quantidade significativa de resíduos sólidos e líquidos.

Quantificar o rendimento, identificar e caracterizar, individualmente, todos os resíduos gerados a partir do processamento industrial do pescado são ações necessárias para minimizar o seu desperdício e avaliar melhor os tipos de reaproveitamento. Por causa da elevada carga orgânica, os resíduos do processamento do pescado são classificados como resíduo de alto custo para disposição. A disposição final desses resíduos e subprodutos em aterros e lixões é indesejável, pois, além do impacto ambiental gerado por causa da elevada carga orgânica, esse material possui elevado valor nutricional, sendo ricos em proteína, lipídios e minerais.

O conhecimento da composição química dos resíduos sólidos biológicos gerados a partir do processamento de peixes é de extrema importância, pois, com o avanço do conhecimento científico sobre as propriedades funcionais das proteínas e dos lipídeos, esse material residual pode ser transformado em produtos de alto valor agregado, trazendo benefícios econômicos e ambientais para a cadeia produtiva do pescado (Rustad et al., 2011).

Primeiramente, recomenda-se selecionar um laboratório de ensaios, cuja competência em análises bromatológicas e de macro e micronutrientes em alimentos seja reconhecida. Os laboratórios acreditados ou credenciados conforme as diretrizes do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) ou do Mapa apresentam reconhecida competência na execução dos ensaios do escopo de acreditação/credenciamento.

O laboratório escolhido para realizar as análises de caracterização físico-química e nutricional dos resíduos deverá indicar a forma correta de amostragem, a quantidade mínima de amostras e as condições de manuseio, armazenamento, transporte e recebimento das amostras para cada tipo de análise. O correto manuseio das amostras é imprescindível para a qualidade dos resultados das análises. Para obter uma média representativa, sugere-se coletar uma amostra composta de resíduos (coleta de forma aleatória, que pode ser proveniente de distintos peixes) de ao menos cinco lotes, resultando em cinco amostras compostas. Se as características variarem com a sazonalidade, para o cálculo da média, sugere-se a coleta de resíduos de ao menos cinco lotes em distintas épocas, como, por exemplo: uma amostra composta de cada um dos cinco lotes a cada quadrimestre, resultando em 15 amostras compostas em um ano.

**Parâmetros para a caracterização  
de resíduos sólidos do  
processamento de pescado.**

Cálcio (mg/100 g)  
Composição em ácidos graxos  
Energia bruta (calorias por grama)  
Extrato etéreo (%)  
Fósforo (mg/100 g)  
Perfil de aminoácidos  
Proteína bruta (%)  
Teor de matéria mineral – cinzas (%)  
Umidade (%)

#### **Etapa 4 – Medidas para aproveitamento do material residual**

Os resíduos do processamento de pescado apresentam alto valor nutricional com grande percentual de proteína. Isso demonstra o

quanto é importante o desenvolvimento de tecnologias que garantam produtos de alta qualidade e com maior valor agregado, o que traria benefícios sociais, econômicos e ambientais para a cadeia produtiva do pescado.

O aproveitamento dos resíduos para a geração de coprodutos depende não só da qualidade nutricional do resíduo, mas também do grau de investimento que a indústria está disposta a realizar.

Duangpaseuth et al. (2007), Alasalvar et al. (2010) e Lima (2013) apresentam diferentes possibilidades de geração de coprodutos a partir de resíduos do processamento de peixes. Produtos como farinha de peixe e óleo de peixe são os mais comuns e podem ser utilizados tanto para a alimentação animal quanto para a humana. A produção de silagem de resíduos de peixes também é comumente empregada na fabricação de ração animal. A compostagem, por sua vez, transforma os resíduos de peixes em substâncias húmicas que podem ser utilizadas como fertilizante natural.

Contudo, há tecnologias que visam obter produtos com elevado valor agregado, os quais são destinados aos cuidados com saúde, alimentação e nutrição humana. Dessa forma, os resíduos podem ser utilizados como matéria-prima nas indústrias químicas e farmacêuticas para a fabricação de produtos bioquímicos, farmacêuticos e aditivos de cor.

Nakkarike et al. (2010) indicam que os resíduos de pescado (incluindo peixes) são ricos em biomoléculas com alto valor econômico, como enzimas específicas (como proteases), pigmentos (como carotenoides), colágeno, gelatina, peptídeos e lipídios ricos em ácidos graxos poli-insaturados. O colágeno é uma das proteínas mais abundantes nos vertebrados e amplamente utilizado em produtos das indústrias de cosméticos e farmacêuticas. A indústria alimentícia utiliza pele e ossos para obtenção de colágeno que, após desnaturação, forma a gelatina.

Raghavan et al. (2010) indicam que a aplicação de tecnologia enzimática para recuperar e modificar as proteínas presentes nos resíduos do processamento de peixes produz ingredientes proteicos

com ampla gama de aplicações alimentares e nutracêuticas, como os antioxidantes de hidrolisados proteicos de peixes, utilizados como insumo em indústrias de alimentos.

Hathwar et al. (2010) destacam a produção de enzimas provenientes de resíduos de peixes marinhos. Tais enzimas têm aplicações industriais como degradadoras de proteínas (proteases), de lipídios (lipases) ou de carboidratos.

Surimi é um produto muito apreciado na culinária japonesa. É uma carne mecanicamente separada (CMS) de peixes brancos, transformada em uma pasta-base (carne moída), que é processada (lavagens e purificação), à qual são adicionados crioprotetores para assegurar maior vida de prateleira e conservar suas qualidades durante a armazenagem feita sob congelamento (Gopal; Shankar, 2010). A utilização de proteína de peixe para produzir esse tipo de coproduto pode ser uma oportunidade, em razão da expansão da culinária japonesa no Brasil.

O tratamento biológico dos resíduos sólidos e efluentes com alta carga orgânica, para a geração de biogás rico em metano, usado como combustível para produção de energia, configura uma alternativa econômica e ambientalmente sustentável para o aproveitamento dos resíduos (Chowdhury et al., 2010). O metano é um dos gases que causam o efeito estufa, mas é um excelente combustível para geração de energia (térmica, mecânica e elétrica). Dessa forma, a energia proveniente da queima desse gás pode atender parcialmente a demanda de energia elétrica pela indústria, reduzindo os custos com esse insumo.

O descarte de resíduos com elevada carga orgânica causa degradação ambiental. O aproveitamento desses resíduos reduz impactos ambientais e promove ganhos econômicos à indústria por meio da produção e comercialização de coprodutos. Os ganhos econômicos podem variar de acordo com o tipo e com a aplicação do coproduto, destacando-se aqueles destinados à fabricação de cosméticos e de produtos para nutrição e saúde do homem, os quais possuem maior valor agregado.

## Considerações finais

---

Existem poucos estudos indicativos de gerenciamento ambiental em indústrias processadoras de pescado que incluam atividades de uso consciente/racional da água, bem como o aproveitamento de resíduos para produção de coprodutos de pescado e biogás, por tratamento anaeróbico de efluentes. A maioria dos poucos trabalhos encontrados na literatura refere-se às espécies mundialmente consumidas, como sardinha e salmão.

Em vista disso, há a necessidade de desenvolver mais pesquisas para avaliar a viabilidade do uso racional e consciente da água assim como a redução da geração de resíduos. Essas pesquisas devem considerar requisitos técnicos, econômicos, de qualidade e segurança alimentar, em cada etapa do processamento da matéria-prima (pescado), bem como nos diferentes processos de geração de coprodutos comestíveis ou não comestíveis (farinha, biogás, etc.).

As equipes de gerenciamento hídrico e de resíduos devem possuir formação multidisciplinar, uma vez que sua atuação demanda conhecimentos em legislação e normas relativas à emissão de efluentes, uso de água, leis específicas do ramo de atividade, etc. A equipe deve atuar na construção e na transferência das ações de educação ambiental, aspectos técnicos e econômicos, estimulando práticas de produção mais limpa dentro de um contexto de sustentabilidade. Além do mais, a participação da alta gerência é fundamental para que haja adoção de ações com impactos ambientais e econômicos positivos, melhorando a imagem e a competitividade da corporação.

Portanto, a implantação de gerenciamento hídrico e de resíduos de uma indústria de processamento de pescado deve ser minuciosamente elaborada e abrangente, propagar conhecimento e promover a participação de todos os gestores e funcionários.



## Referências

---

- AFONSO, M. D.; BÓRQUEZ, R. Nanofiltration of wastewaters from the fish meal industry. **Desalination**, v. 151, n. 2, p. 131-138, 2002a.
- AFONSO, M. D.; BÓRQUEZ, R. Review of the treatment of seafood processing wastewaters and recovery of proteins therein by membrane separation processes – prospects of the ultrafiltration of wastewaters from the fish meal industry. **Desalination**, v. 142, n. 1, p. 29-45, 2002b.
- AFONSO, M. D.; FERRER, J.; BÓRQUEZ, R. An economic assessment of proteins recovery from fish meal effluents by ultrafiltration. **Trends in Food Science & Technology**, v. 15, n. 10, p. 506-512, 2004.
- AGANA, B. A.; REEVE, D.; ORBELL, J. D. An approach to industrial water conservation – A case study involving two large manufacturing companies based in Australia. **Journal of Environmental Management**, v. 114, p. 445-460, 2013.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). Resolução RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico Sobre os Padrões Microbiológicos para Alimentos. **Diário Oficial da União**, 2001.
- ALASALVAR, C.; MIYASHITA, K.; SHAHIDI, F.; WANASUNDARA, U. (Ed.). **Handbook of seafood quality, safety and health applications**. Chichester: John Wiley & Sons, 2010. 542 p.
- ALKAYA, E.; DEMIRER, G. N. Minimizing and adding value to seafood processing wastes. **Food and Bioproducts Processing**, v. 100, part. A, p. 195-202, 2016.
- BARANA, A. C.; BOTELHO, V. M. B.; WIECHETECK, G. K.; DOLL, M. M. R.; SIMÕES, D. R. S. Rational use of water in a poultry slaughterhouse in the state of Paraná, Brazil: a case study. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 1, p. 171-178, 2014.
- BEDDINGTON, J. Food security: contributions from science to a new and greener revolution. **Philosophical Transactions B**, v. 365, n. 1537, p. 61-71, 2010.
- BEZAMA, A.; VALERIA, H.; CORREA, M.; SZARKA, N. Evaluation of the environmental impacts of a Cleaner Production Agreement by frozen fish facilities in the Biobío Region, Chile. **Journal of Cleaner Production**, v. 26, p. 95-100, 2012.
- BORGHESI, R.; LIMA, L. K. F.; SANTOS, V. R. V.; LUIZ, D. B. **Caracterização de resíduos gerados no beneficiamento industrial do tabaqui (*Colossoma***

**macropomum) e do surubim (*Pseudoplatystoma sp.*).** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2007. 30 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 78).

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria nº 210 de 10 de novembro de 1998. Regulamento Técnico da Inspeção Tecnológica e Higiénico-sanitária de Carne de Aves. **Diário Oficial da União**: seção 1: Poder Executivo, p. 226, 26 nov. 1998.

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria nº 711, de 1º de novembro de 1995. Normas técnicas de instalações e equipamentos para abate e industrialização de suínos. Alterada pela Portaria nº 155, de 17 de julho de 2016. Alterada pela Portaria nº 1.304, de 07/08/2018. **Diário Oficial da União**, 3 nov. 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. **Diário Oficial da União**: seção 1: Poder Executivo, ano 154, n. 62, p. 3, 30 mar. 2017a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 81, de 19 de dezembro de 2018. **Diário Oficial da União**: seção 1: Poder Executivo, n. 244, p. 17, 20 dez. 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca. **Manual de procedimentos para implantação e estabelecimento industrial de pescado**: produtos frescos e congelados. Brasília, 2007. 116 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. **Diário Oficial da União**: seção 1: Poder Executivo, n. 190, p. 61, 3 out. 2017b. Suplemento.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria nº 326, de 30 de julho de 1997. Aprova o Regulamento Técnico "Condições Higiénico-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos". **Diário Oficial da União**: seção 1, Poder Executivo, 1997.

BRUM, L. F. W.; SANTOS JÚNIOR, L. C. O.; BENEDETTI, S. Reaproveitamento de água de processo e resíduos da indústria de laticínios. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 2., São Paulo, 2009. **Key elements for a sustainable world**: energy, water and climate change. São Paulo: [s.n.], 2009. p. 1-9.

CARAWAN, R. E. Processing plant waste management guidelines for aquatic fishery products. In: SEAFOOD and the environment. [S.l.: s.n.], 1991. p. 1-37. (Pollution Prevention Short Course, 36).

CHOWDHURY, P.; VIRARAGHAVAN, T.; SRINIVASAN, A. Biological treatment processes for fish processing wastewater: a review. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 2, p. 439-449, 2010.

CLEANER production assessment in fish processing. Paris: Unep, Division of Technology, Industry and Economics, 2000. Disponível em: [www.uneptie.org/shared/publications/pdf/2481-CPfish.pdf](http://www.uneptie.org/shared/publications/pdf/2481-CPfish.pdf). Acesso em: 22 out. 2019.

CLEVELARIO JUNIOR, J.; NEVES, V.; COSTA, P. T. T. M. de O. V. G.; AMENDOLA, P.; ROCHA, R. M.; COSTA, J. J. G. Water statistics in Brazil: an overview. In: INTERNATIONAL WORK SESSION ON WATER STATISTICS, Vienna, 2005. [Proceedings]... Vienna: Austrian Federal Environment Agency, 2005. p. 1-9.

CODEX ALIMENTARIUS. Codex Alimentarius Commission. Codex Committee on Food Hygiene. **Discussion paper on proposed draft guidelines for the hygienic reuse of processing water in food plants**. Washington, DC, 1999. Joint FAO/WHO Food Standards Programme, 32nd Session.

CODEX ALIMENTARIUS. Codex Alimentarius Commission. Codex Committee on Food Hygiene. **Proposed draft guidelines for the hygienic reuse of processing water in food plants**. Bangkok, 2001. Joint FAO/WHO Food Standards Programme, 34th Session.

CODEX ALIMENTARIUS. **Report of the thirty-eighth session of the Codex Committee on food hygiene**. Rome, 2007. Joint FAO/WHO Food Standards Programme, 38th Session.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS (Brasil). Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 9 mar. 2006.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, n. 53, p. 58-63, 18 mar. 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes complementam e alteram a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Diário Oficial da União**: seção 1: Poder Executivo, n. 92, p. 89, 16 maio 2011.

DUANGPASEUTH, S.; DAS, Q.; CHOTCHAMLONG, N.; ARIUNBAATAR, J.; KHUNCHORNYAKONG, A.; PRASHANTHINI, V.; JUTIDAMRONGPHAN, W. **Seafood processing**. [S.l.]: School of Environment, Resource & Development, Asian Institute of Technology, 2007. (Industrial waste abatement and management, ED78.20). Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/95857041/Industrial-Waste-Abatement-Seafood>. Acesso em: 5 ago. 2019.

ENE, S. A.; TEODOSIU, C.; ROBU, B.; VOLF, I. Water footprint assessment in the winemaking industry: a case study for a Romanian medium size production plant. **Journal of Cleaner Production**, v. 43, p. 122-135, 2013.

EPSTEIN, M. J. **Making sustainability work**: best practices in managing and measuring corporate social, environmental and economic impacts. New York: Berrett-Koehler, 2018. 324 p.

FERERES, E.; ORGAZ, F.; GONZALEZ-DUGO, V. Reflections on food security under water scarcity. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, n. 12, p. 4079-4086, 2011.

FERRACIOLLI, L. M. R. V. D.; LUIZ, D. B.; NAVAL, L. P. Potential for reuse of effluent from fish-processing industries. **Revista Ambiente & gua**, v. 12, n. 5, p. 730-742, 2017.

FERRACIOLLI, L. M. R. V. D.; LUIZ, D. B.; SANTOS, V. R. V.; NAVAL, L. P. Reduction in water consumption and liquid effluent generation at a fish processing plant. **Journal of Cleaner Production**, v. 197, part. 1, p. 948-956, 2018.

GOPAL, T. K. S.; SHANKAR, C. N. R. Quality and safety of packaging materials for aquatic products. In: ALASALVAR, C.; MIYASHITA, K.; SHAHIDI, F.; WANASUNDARA, U. (Ed.). **Handbook of seafood quality, safety and health applications**. Chichester: John Wiley & Sons, 2010. p. 139-155.

GUIMARÃES, J. T.; SOUZA, A. L. M.; BRIGIDA, A. I. S.; FURTADO, A. A. L.; CHICRALA, P. C. M. S.; SANTOS, V. R. V.; ALVES, R. R.; LUIZ, D. B.; MESQUITA, E. F. M. Quantification and characterization of effluents from the seafood processing industry aiming at water reuse: a pilot study. **Journal of Water Process Engineering**, v. 26, p. 138-145, 2018.

HANJRA, M. A.; QURESHI, M. E. Global water crises and future food security in the era of climate change. **Food Policy**, v. 35, n. 5, p. 365-377, 2010.

HATHWAR, S. C.; RAI, A. K.; NAKKARIKE, S. M.; NARAYAN, B. Seafood enzymes and their potential industrial application. In: ALASALVAR, C.; MIYASHITA, K.; SHAHIDI, F.; WANASUNDARA, U. (Ed.). **Handbook of seafood quality, safety and health applications**. Chichester: John Wiley & Sons, 2010. p. 522-532.

- JOSÉ, H. J.; MOREIRA, R. F. P. M.; LUIZ, D. B.; VIRMOND, E.; GENENA, A. K.; ANDERSEN, S. L. F.; SENA, R. F. de; SCHORÖDER, H. F. Water and wastewater management and biomass to energy conversion in a meat processing plant in Brazil: a case study. In: MUZZALUPO, I. (Ed.). **Food industry**. [S.l.]: In Tech, 2013. p. 701-733. DOI: 10.5772/53163, 2013.
- KUPUSOVIC, T.; MIDZIC, S.; SILAJDZIC, I.; BJELAVAC, J. Cleaner production measures in small-scale slaughterhouse industry – case study in Bosnia and Herzegovina. **Journal of Cleaner Production**, v. 15, n. 4, p. 378-383, 2007.
- LAMBOOY, T. Corporate social responsibility: sustainable water use. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 8, p. 852-866, 2011.
- LEFLAIVE, X.; WITMER, M.; MARTIN-HURTADO, R.; BAKKER, M.; KRAM, T.; BOUWMAN, L.; VISSER, H.; BOUWMAN, A.; HILDERINK, H.; KIM, K. Water. In: ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. **OECD environmental outlook to 2050: The consequences of inaction**. Paris, 2012. p. 275-332. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1787/env\\_outlook-2012-8-en](http://dx.doi.org/10.1787/env_outlook-2012-8-en). Acesso em: 22 out. 2019.
- LIMA, L. K. F. de. **Reaproveitamento de resíduos sólidos na cadeia agroindustrial do pescado**. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2013. 28 p.
- LOPES, I. G.; OLIVEIRA, R. G. de; RAMOS, F. M. Perfil do consumo de peixes pela população brasileira. **Biota Amazônia**, v. 6, n. 2, p. 62-65, 2016.
- LUIZ, D. B. **Gerenciamento hídrico em frigoríficos**. 2007. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- MATSUNAGA, M. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, v. 23, n. 1, p. 123-139, 1976.
- MURPHY, N. **Meat processing environmental impacts: environmental impacts from meat and fish processing**. [S.l.]: Waste Reduction Resource Center, 2006. Disponível em: <http://e4r4.tetradyn.com/chem-bio-med-health-docmts/IDLH-toxic-chemicals/industry-emission-exposure/air-emissions-meta-fish-processing-industry.htm>. Acesso em: 6 jul. 2014.
- NAKKARIKE, S. M.; NARAYAN, B.; HOSOKAWA, M.; MIYASHITA, K. Value addition to seafood processing discards. In: ALASALVAR, C.; MIYASHITA, K.; SHAHIDI, F.; WANASUNDARA, U. (Ed.). **Handbook of seafood quality, safety and health applications**. Chichester: John Wiley & Sons, 2010. p. 390-401.
- OECD-FAO agricultural outlook 2019-2028. Paris: OECD; Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019. Disponível em: [https://doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2019-en](https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2019-en). Acesso em: 22 out. 2019.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT.

**OECD environmental outlook to 2030**. Paris: OECD, 2008. 14 p.

PROENÇA, A. C.; NUNES, M. L.; BARATA, F. Clean technologies in sardine canning industry. In: ASMUNDUR, G.; DLUVA, N. (Ed.). **Proceedings of 30th WEFTA Plenary Meeting on the Faroe Islands**. [S.l.: s.n.], 2000. p. 145-149.

RAGHAVAN, S.; KRISTINSSON, H. G.; THORKESSON, G.; JOHANNSSON, R. Antioxidative properties of fish protein hydrolysates. In: ALASALVAR, C.; SHAHIDI, F.; MIYASHITA, K.; WANASUNDARA, U. (Ed.). **Handbook of seafood quality, safety and health applications**. Chichester: John Wiley & Sons, 2010. p. 494-507.

RIO DE JANEIRO (Estado). Lei nº 7599 de 24 de maio de 2017. Dispõe sobre a obrigatoriedade de indústrias situadas no Estado do Rio de Janeiro instalarem equipamentos de tratamento e reutilização de água. **Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro**: parte 1: Poder Executivo, ano. 43, n. 95, p. 1, 2017.

RUSTAD, T.; STORRØ, I. van; SLIZYTE, R. Possibilities for the utilization of marine by-products. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 46, n. 10, p. 2001-2014, 2011.

SAUTCHÜK, C. A.; LANDI, F. Del Nero; MIERZWA, J. C.; VIVACQUA, M. C. R.; SILVA, M. C. C.; LANDI, P. Del Nero; SCHMIDT, W. Conservação e Reúso de água: Manual de orientações para o setor industrial. **Federação e Centro das Indústrias do Estado de São Paulo – Fiesp/Ciesp**, v. 1, 2005.

SEABRA, M. A.; TAVARES, E. G. Crise hídrica e sistemas de saneamento no Brasil: breve abordagem técnica e jurídica sobre o reúso e aproveitamento de águas pluviais. In: PEREIRA, A. O. K.; BORILE, G. O.; ARNOLD, C. de M. (Org.). **Meio ambiente, novos direitos e a sociedade de consumo**. Caxias do Sul: Educs, 2018. p. 150-172. Disponível em: <https://www.ucs.br/site/midia/arquivos/ebook-meio-ambiente-novos-direitos.pdf#page=151>. Acesso em: 29 abr. 2019.

SILVA, F. V. Características morfométricas, rendimentos de carcaça, filé, vísceras e resíduos em tilápias-do-nilo em diferentes faixas de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 8, p. 1407-1412, 2009.

SOUZA, A. L. M.; GUIMARÃES, J. T.; BRÍGIDA, A. I. S.; LUIZ, D. B.; FRANCO, R. M.; MESQUITA, E. F. M. Water management applied to the processing of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) and Dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in a fish cold storage warehouse in Rio de Janeiro, Brazil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, n. 4, p. 1240-1248, 2018.

SOUZA, M. A.; VIDOTTI, R. M.; OLIVEIRA NETO, A. L. Redução no consumo de efluente gerado em abatedouro de tilápia do nilo através da implantação de conceitos de produção mais limpa (P+L). **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 34, n. 2, p. 289-296, 2008.

TAVARES, V. C.; ARRUDA, Í. R. P. de; SILVA, D. G. da. Desertificação, mudanças climáticas e secas no semiárido brasileiro: uma revisão bibliográfica. **Geosul**, v. 34, n. 70, p. 385-405, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/2177-5230.2019v34n70p385/38526>. Acesso em: 29 abr. 2019.

THRANE, M.; NIELSEN, E. H.; CHRISTENSEN, P. Cleaner production in Danish fish processing – experiences, status and possible future strategies. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, n. 3, p. 380-390, 2009.

THURSTAN, R. H.; ROBERTS, C. M. The past and future of fish consumption: Can supplies meet healthy eating recommendations?. **Marine Pollution Bulletin**, v. 89, n. 1-2, p. 5-11, 2014.

UTTAMANGKABOVORN, M.; PRASERTSAN, P.; KITTIKUN, A. H. Water conservation in canned tuna (pet food) plant in Thailand. **Journal of Cleaner Production**, v. 13, n. 6, p. 547-555, 2005.

VIDOTTI, R. M.; LOPES, I. G. Resíduos orgânicos gerados na piscicultura. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 13, n. 2, p. 1-6, 2016.







## Apêndice 2 - Exemplo de tabela para coleta de dados para o balanço hídrico

Etapa	Forma de análise	A (m³)	B (m³)	C (m³)	D (m³)	E (m³)	F (m³)	G (m³)	H=C-I-F-E-B (m³)	J=D-A-H (m³)	K=G-D-I (m³)	M <sub>1</sub> =J/MP <sub>1</sub> ou M <sub>2</sub> =K/MP <sub>2</sub> ou M=(J+K)/MP (L/kg de IMP)	N <sub>1</sub> =J/PA <sub>1</sub> ou N <sub>2</sub> =K/PA <sub>2</sub> ou N=(J+K)/PA (L/kg de MP)
Hidrômetro geral da indústria	Leitura de HD												
Tanques de depuração	Leitura de HD												
Insensibilização no gelo (pré-abate)	Balanço hídrico												

Legendas: HD = hidrômetro; A = 1º turno – início às 6h – volume indicado no hidrômetro; B = 1º turno – início do intervalo às 10h30 – volume indicado no hidrômetro; C = 1º turno – fim do intervalo às 11h30 – volume indicado no hidrômetro; D = 2º turno – início às 16h – volume indicado no hidrômetro; E = 2º turno – início do intervalo às 19h – volume indicado no hidrômetro; F = 2º turno – fim do intervalo às 20h – volume indicado no hidrômetro; G = 2º turno – fim às 2h – volume indicado no hidrômetro; H = uso de água no intervalo no 1º turno; I = uso de água no intervalo do 2º turno; J = uso de água no 1º turno; K = volume de água utilizado por quantidade de matéria-prima processada no 1º turno (M<sub>1</sub>), 2º turno (M<sub>2</sub>) ou total (M), com dados da quantidade de matéria-prima (MP) sendo fornecidos em tabela paralela; N = volume de água utilizado por quantidade de produto acabado (PA) no 1º turno (N<sub>1</sub>), 2º turno (N<sub>2</sub>) ou total (N), com dados da quantidade de matéria-prima sendo fornecidos em tabela paralela.





*Pesca e Aquicultura*

Patrocínio



Apoio

MINISTÉRIO DA  
ECONOMIA

MINISTÉRIO DO  
MEIO AMBIENTE

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA  
BRASIL  
GOVERNO FEDERAL



ISBN 978-65-86036-32-7

9 786586 036327

CGPE 016297