

Capítulo 4

Caracterização e minimização do uso de água em indústria de processamento de peixes

Estudo de caso (grupo siluriformes e grupo redondos)

Danielle de Bem Luiz

Andrea Elena Pizarro Muñoz

Leandro Kanamaru Franco de Lima

Maria Olivia dos Santos Oliveira

Vanilcia Clementino de Oliveira Marto

Simone Rodrigues Campelo

Rosiana Rodrigues Alves

Patrícia Costa Mochiaro Soares Chicrala

Viviane Rodrigues Verdolin dos Santos

Introdução

A indústria de pescado é conhecida pelo elevado uso e consumo de recursos hídricos e pela geração de quantidade significativa de efluentes (United Nations Environment Programme, 2000). No Brasil, o Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) determina que a instalação de estabelecimentos industriais de pescado com vistas à produção de produtos frescos e congelados deve ser provida de abastecimento de água potável, à pressão e quantidade suficientes, recomendando-se, no mínimo, cinco litros de água para cada quilograma de matéria-prima a ser processada (Brasil, 2007). Entretanto, não há dados que indiquem a quantidade mínima de água necessária para o processamento de peixes, considerando diferentes aspectos, como as espécies a serem processadas e os tipos de produto final. Essa informação, uma vez obtida, serviria de base para a formulação da política regulatória e nortear a adoção de estratégias no gerenciamento hídrico das indústrias de pescado dentro de um contexto de produção mais limpa – *cleaner production*.

Há relatos de uso de água em fábricas de pescado da província canadense Colúmbia Britânica variando de 2,9 L/kg a 228 L/kg de produto a ser processado (matéria-prima) (Chowdhuty et al., 2010). Na Tailândia, o enlatamento de atum utiliza 13,0 L de água/kg de produtos beneficiados (Uttamangkabovorn et al., 2005); e em Portugal, o uso é de 9,0 L/kg no processamento de sardinha (Proença et al., 2000). No Brasil, há relatos de uso de 2,5 L/kg a 10,48 L/kg de produto a ser processado (matéria-prima) nas etapas do processamento de dourado-do-mar (posta e filé), salmão (filé sem espinha e sem pele) e peixes nativos (frescos e eviscerados) (Sousa et al., 2018; Ferracioli et al., 2018).

Experiências exitosas com a aplicação de técnicas de produção mais limpa em indústrias de pescado demonstraram que é possível alcançar reduções no uso de água na ordem de até 32 % (Uttamangkabovorn et al., 2005; Bezama et al., 2012). Souza et al. (2008) demonstraram a diminuição do uso de recurso hídrico na etapa de filetagem de tilápias em até 98,16 % apenas instalando dispositivos de controle de fluxo de água individuais nas mesas de evisceração, sendo essa etapa responsável por cerca de 60 % do uso de água de todo o processamento.

Desta forma, o objetivo deste estudo foi quantificar o uso mínimo de água necessário para processar peixes nativos dos grupos redondos e siluriformes, conforme padrão microbiológico indicado pela legislação. Para tanto, foi realizado um balanço hídrico (quantificação do uso de água) em cada etapa do processamento em uma indústria que processa tais peixes, concomitantemente, análises microbiológicas da matéria-prima e do produto foram realizadas para garantir a segurança do alimento. Essa caracterização é necessária para indicar onde há desperdícios de água e em quanto o uso deste insumo pode ser reduzido.

Grupo siluriformes: pintado de água doce, surubim, cachara e híbridos

A ordem Siluriforme é a segunda maior ordem de peixes neotropicais de água doce, conhecidos como peixes de couro. A família Pimelodidae compreende entre 50 a 60 gêneros e 300 espécies (Torrice et al., 2009). O surubim – assim também conhecido o pintado, a cachara e seus híbridos – é um peixe que apresenta cabeça achatada e volumosa tomando boa parte do corpo. Devido a sua coloração clara, textura firme e sabor que agrada aos mais requintados paladares, a carne dos surubins ocupa posição de destaque entre as mais nobres carnes de peixes comercializadas no mundo. Outra característica importante dos surubins é o rendimento de carcaça e filé superior ao observado para outros peixes criados em escala comercial. Nesse contexto, o surubim se destaca comercialmente, sendo um dos mais processados pelas indústrias no estado do Tocantins. Essa informação foi obtida por meio de um questionário aplicado aos empresários e seus respectivos representantes no início das atividades do estudo.

O surubim é considerado como “peixe de primeira” devido à ausência de espinhas, procura e preço de mercado (Godinho; Godinho, 2003 citado por Crepaldi et al., 2006). Em suas mais variadas formas de apresentação (sem cabeça e eviscerado, filé e postas), o surubim é considerado produto nobre e de marketing já consolidado no mercado nacional. Sua carne de coloração clara e textura firme apresenta sabor pouco acentuado, baixo teor de gordura e ausência de espinhas intramusculares, o que a torna adequada aos mais variados usos e preparos, agradando ao mais exigente e requintado paladar (Kubitza et al., 1998 citado por Crepaldi et al. 2006). Tais características atendem às preferências do consumidor de carne de peixes e fazem da carne do surubim um produto muito apreciado no mercado doméstico e externo, portanto, com grande apelo à exportação.

Em 2020, de acordo com a pesquisa pecuária municipal do IBGE, foram produzidas 11.621,35 t de pintado, categoria de pescado que inclui, além desta espécie, cachara, cachapira (híbrido de pirarara com cachara), pintachara (híbrido de pintado com cachara) e surubim. Este montante, que cresceu 6,8 % em relação à quantidade apurada em 2019, representou 2,1 % do total da aquicultura nacional em quantidade e 2,33 % em valor. A propósito, em valores, o crescimento em relação ao ano anterior é ainda mais significativo, alcançando 12,35 %, o que reforça a imagem de espécie de alto valor agregado dentre as espécies comerciais da aquicultura nacional. O esforço para aumento da produção em cativeiro nos últimos anos se justifica, entre outras razões, para compensar a queda dos estoques oriundos da pesca extrativa, majoritariamente da região do pantanal do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, bem como da Amazônia brasileira, sobretudo nos rios Madeira, Solimões e Amazonas, situados entre as cidades de Manaus, AM até Belém, PA.

Dados do projeto Campo Futuro da Aquicultura, desenvolvido através de parceria entre Embrapa e Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), mostraram que o preço do quilograma de pintado pago ao produtor em Sorriso – MT, maior polo de produção da espécie no país, se manteve estável ao redor de R\$ 6,00/kg em 2014 (Muñoz et al., 2014). Na maior central de distribuição do país, Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP), o preço mais comum para o pintado de cativeiro no atacado, registrado na data de 20/04/2016, foi de R\$ 11,50/kg (Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo, 2016).

Grupo redondos: tambaqui, caranha, pacu, híbridos

A produção em cativeiro de peixes redondos, que inclui o tambaqui, o pacu, a pirapitinga e seus híbridos, em 2020 representou aproximadamente 25 % do total de peixes produzidos pela aquicultura, perdendo em volume somente para a tilápia que, por sua vez, foi responsável por volta de 55 % da produção do pescado produzido pela aquicultura no Brasil neste ano (IBGE, 2020). Entre os redondos, destaca-se o tambaqui (*Colossoma macropomum*) (Cuvier, 1818), peixe da ordem dos Characiformes, família Characidae e gênero *Colossoma*. É a principal espécie nativa cultivada no país, cuja produção em 2020 atingiu a marca de 100.570 t. De acordo com o IBGE, os principais estados produtores da espécie no ano indicado foram Rondônia, Mato Grosso, Roraima, Maranhão e Amazonas.

Com base em dados fornecidos pela Superintendência Federal de Agricultura do estado do Tocantins e pela indústria parceira, o tambaqui foi a espécie selecionada para representar o grupo de peixes redondos no estudo, sendo a principal espécie, em volume, processada nas indústrias do Tocantins em 2015. Apresenta carne de coloração clara e sabor suave, com presença de espinhas em “y” na região lombar. Sua comercialização é feita, tradicionalmente, na forma de “peixe fresco eviscerado” com peso variando de 700 g a 4,0 kg e rendimento de carcaça em torno de 90 %.

Dentre as principais vantagens do tambaqui aos piscicultores, destacam-se a facilidade de obtenção de juvenis, bom potencial de crescimento e alta rusticidade. O crescimento da cadeia produtiva do tambaqui é impulsionado pela redução nos estoques naturais desse animal e qualidade superior quando produzido em cativeiro. Servem também como estímulos as margens de lucro atrativas e grande aceitação pelo mercado consumidor, sobretudo na região Norte do país. É crescente o interesse por cortes de peixe mais elaborados, nos quais o tambaqui se destaca pela grande possibilidade, como banda de tambaqui, filé sem espinhas, costela e lombo sem espinhas.

Apesar de o tambaqui apresentar um custo de produção mais elevado que a tilápia, considerando a produção em viveiros escavados para ambas as espécies, ele atinge margens maiores

por causa do melhor preço de venda. Em cinco polos de produção de tambaqui analisados pelo projeto Campo Futuro da Aquicultura entre 2014 e 2015, a saber Palmas, TO, Alta Floresta, MT, Cuiabá, MT, Ariquemes, RO e Pimenta Bueno, RO, as margens foram superiores aos dois polos de tilápia pesquisados, Palotina, PR e Assis Chateaubriand, PR. No caso da produção de Pimenta Bueno, RO, essa margem foi particularmente elevada porque este polo era formado majoritariamente por pequenos piscicultores que vendiam o tambaqui diretamente para varejistas (supermercados, feiras, peixarias), obtendo, assim, maiores preços (R\$ 5,50/kg) (Pedroza Filho et al., 2015).

Material e métodos

Descrição do local de realização

O presente estudo foi conduzido no período de 2 anos, entre 2014 e 2016, em uma indústria de processamento de pescado localizada no estado do Tocantins, na zona rural do município de Almas, TO, distante 323 km de Palmas, capital do estado. A capacidade de operação da indústria de processamento de pescado era de 12 t /dia e produzia peixe fresco eviscerado, sendo o tambaqui seu principal produto, em termos de volume. Entretanto, a indústria também processava outras espécies como surubins, matrinxã, curimatá e piau. A empresa era servida de água de poço artesiano, tratada para alcançar o parâmetro de potabilidade.

O processamento nessa indústria é dividido em dois setores: área suja, onde o peixe fresco inteiro é recebido e acondicionado em monoblocos plásticos com gelo; e área limpa, onde ocorre a transformação do produto em peixe fresco eviscerado. Além do setor de processamento, a indústria é dotada de área administrativa composta por escritório, vestiários, alojamentos e refeitório.

O uso de água referente ao processamento dos peixes ocorre, primeiramente, na área suja, quando o peixe passa por uma limpeza inicial no cilindro de lavagem. Na sequência, é direcionado à área limpa para a mesa de evisceração, onde é feita uma incisão ventral e, após a retirada das vísceras, é feita uma lavagem final individualizada. Em seguida, o produto é acondicionado em monoblocos e, após a pesagem, é adicionado gelo em escama aos monoblocos para a posterior expedição.

Dentro da área limpa ocorre também uso de água para lavagem de piso e equipamentos. Além disso, há o uso de recurso hídrico para fabricação de gelo. Na área suja, o uso é para a lavagem de piso, veículos e monoblocos. A Figura 1 apresenta o fluxograma de funcionamento da indústria, incluindo o processamento, a limpeza e produção de gelo na planta industrial.

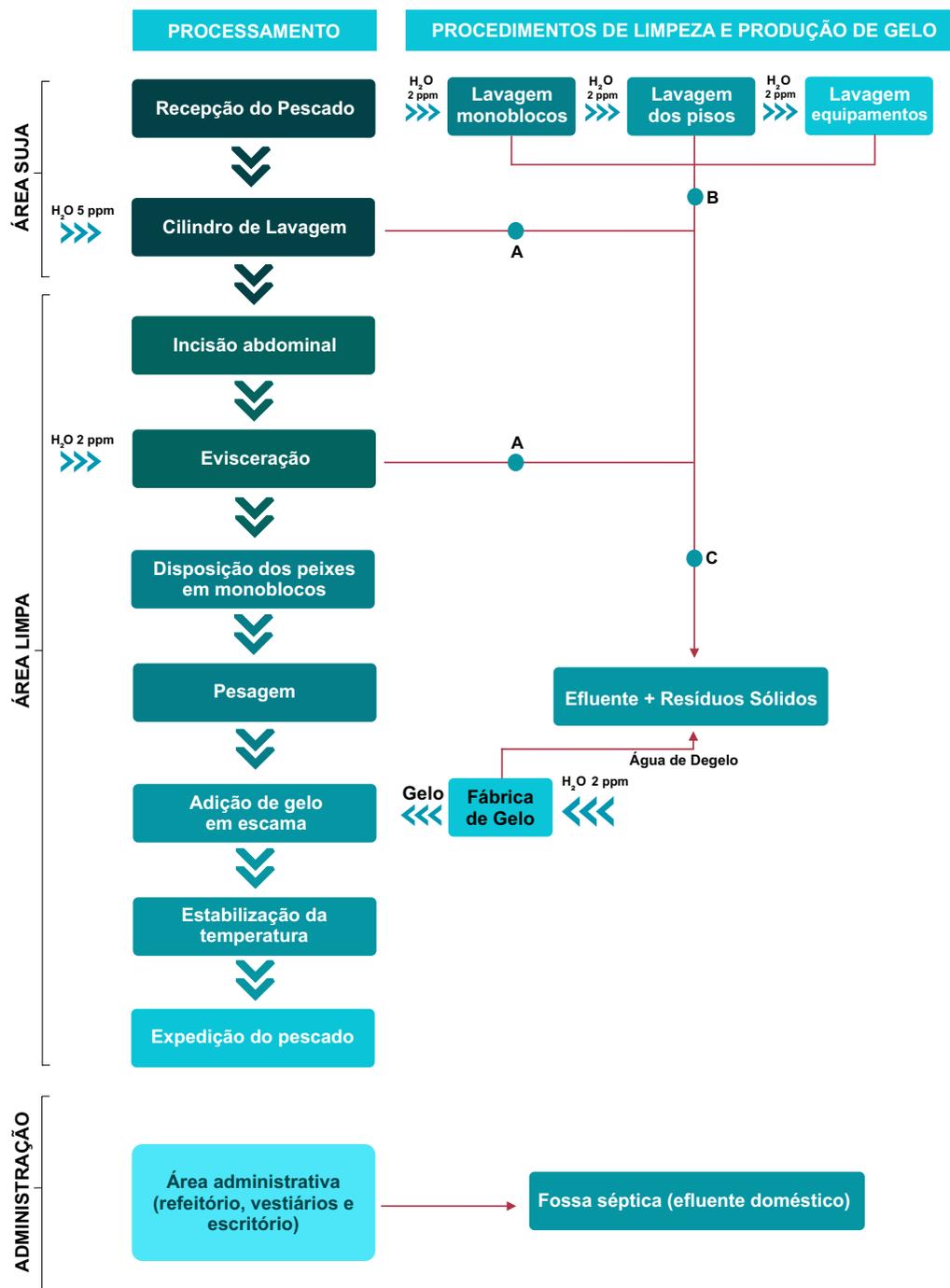


Figura 1. Fluxograma de processamento na indústria piloto.

Levantamento de dados

A definição dos produtos avaliados no presente estudo foi feita com base na análise dos dados fornecidos pela Superintendência Federal de Agricultura (SFA) do estado do Tocantins, com objetivo de identificar as espécies de peixes mais processadas no estado. Além disso, o interesse estratégico da indústria quanto à escolha das espécies e produtos a serem estudados também foi considerado. Dessa forma, definiu-se que o uso de água no processamento dos surubins e do tambaqui, ambos na forma de produto fresco eviscerado, seria o objeto de estudo.

Para entender como a água era utilizada na indústria e a relação entre os critérios de uso de recurso hídrico com o grau de qualidade exigido e com a geração e composição de efluentes na indústria em todas as etapas do processamento, foram avaliados os seguintes documentos: (i) Plano de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC); (ii) manuais de Boas Práticas de Fabricação (BPF) do produto final; (iii) fluxogramas de processos; (iv) projeto hidráulico de captação e distribuição; e (v) os layouts dos setores.

Balanço hídrico

Após a análise dos documentos supracitados, a indústria teve seus setores classificados em duas categorias: A (referente ao uso de água nos setores administrativos) e P (referente ao uso de água no setor de processamento). Essas categorias foram subdivididas de acordo com os fluxos de água, nos seguintes pontos: A_I (alojamento + lavagem de caminhões); A_{II} (vestiários + administração); A_{III} (lavagem de chão externo da indústria); HGP (hidrômetro geral do processamento da indústria); P_I (cilindro de Lavagem); P_{II} (mesa de evisceração); P_{III} (lavagem de botas); P_{IV} (barreira sanitária); P_V (lavagem interna do chão e equipamentos da indústria); P_{VI} (fábrica de gelo); P_{VII} (lavagem de monoblocos); P_{VIII} (perdas no processamento = $HGP - P_I - P_{II} - P_{III} - P_{IV} - P_V - P_{VI} - P_{VII}$); P total (somatório do uso no processamento = P_I a P_{VIII}); uso global (somatório de: P_I a P_{VIII} + A_I a A_{III}). Na Figura 2 é possível visualizar os pontos de instalação dos hidrômetros.

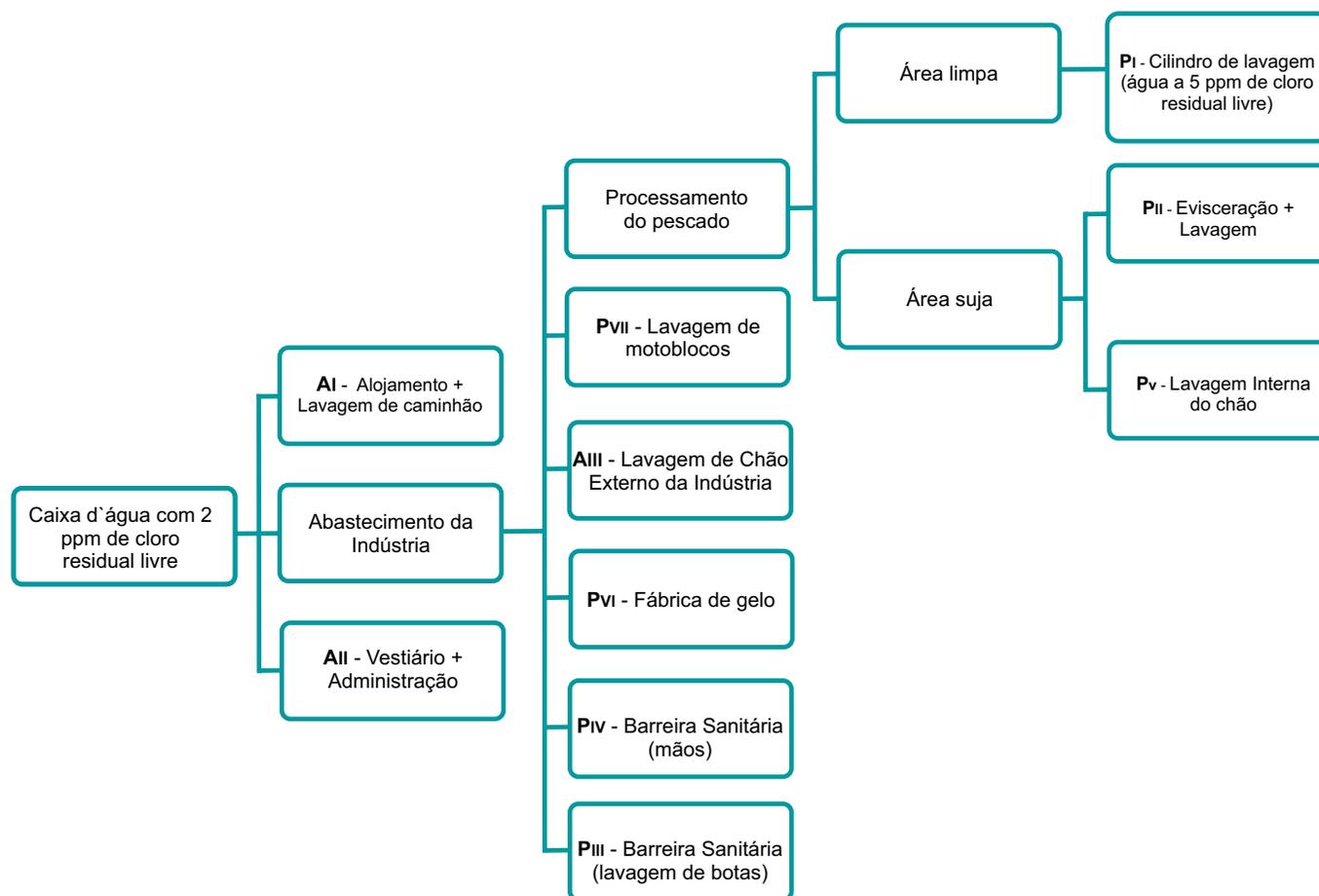


Figura 2. Esquema indicativo dos pontos de instalação dos hidrômetros.

Para aferir a vazão de água em cada ponto de coleta, foram utilizados hidrômetros ultrassônicos da marca Hidrometer com vazão máxima de 3,125 m³/h. As leituras dos equipamentos instalados nos pontos A_I, A_{II}, A_{III}, P_{III}, P_{IV}, P_V, P_{VI}, P_{VII} e HGP foram feitas imediatamente antes do início do turno de processamento da indústria, com intervalo de 24 horas entre as leituras. O uso de água nesse intervalo e nesses pontos foi, então, obtido por diferença entre os valores aferidos entre uma leitura e a subsequente. O uso por unidade de produto foi obtido dividindo-se esse valor pelo total de produto processado naquele mesmo intervalo de leitura.

Nos pontos P_I e P_{II}, a leitura foi feita imediatamente antes e após o processamento de cada lote de tambaqui ou surubim processados; e o cálculo de água usada por lote foi obtido por diferença entre as leituras feitas antes e após o processamento dos lotes, que eram compostos por, no mínimo, 100 kg de peixe.

Para calcular a quantidade de água usada por unidade de massa de produto processado, as quantidades de matéria-prima (peixe fresco) e de produto acabado (peixe fresco eviscerado) foram pesadas antes e após o processamento. Esse cálculo foi obtido por meio da Equação 1:

[Equação 1]
$$V_x = \frac{H_{f,x} - H_{i,x}}{y}$$

em que:

X = ponto de instalação do hidrômetro

V_x = uso de água no ponto X por unidade de massa de produto processado (volume/massa: L/kg)

Leitura $H_{i,x}$ = leitura do hidrômetro do ponto X antes do processamento (L)

Leitura $H_{f,x}$ = leitura do hidrômetro do ponto X após o processamento (L)

y = quantidade de produto processado (kg)

Avaliação da quantidade mínima de água para processamento: estabelecimento de padrões de beneficiamento

A determinação dos valores de quantidade mínima de água para processamento de tambaqui e surubins foi feita a partir de um diagnóstico prévio do uso de água na indústria (balanço hídrico inicial). Esse diagnóstico foi feito calculando o uso de água em cada um dos pontos da linha de processamento onde foram instalados os hidrômetros e o uso total. Nessa fase, o objetivo foi identificar os pontos críticos de uso de água e, a partir do resultado obtido, propor intervenções físicas, gerenciais e/ou de procedimentos de manipulação capazes de reduzir o uso de água nesses pontos e, conseqüentemente, no uso total. Para calcular o balanço hídrico inicial, o diagnóstico prévio foi feito a partir da leitura dos hidrômetros no processamento de dezenove lotes de tambaqui e quatro de surubins. Cada um deles era composto de pelo menos 100 kg de matéria-prima (peixe fresco inteiro).

Após a implementação das modificações físicas, gerenciais e/ou de procedimentos, sugeridas a partir dos resultados da etapa anterior, fez-se um novo balanço hídrico. Nessa fase, o objetivo foi quantificar o uso de água em cada um dos pontos onde foram instalados os hidrômetros verificando, assim, a redução em função dessas modificações. Para calcular o balanço hídrico final foram consideradas as leituras dos hidrômetros no processamento de seis lotes de tambaqui e cinco de surubins. Cada um deles era composto de pelo menos 100 kg de matéria-prima (peixe fresco inteiro).

Nessas duas etapas, o balanço hídrico foi feito considerando o uso de água por quilograma de produto acabado (peixe fresco eviscerado) e por quilograma de matéria-prima (peixe fresco inteiro), relativo aos usos total da indústria, nas etapas do processamento propriamente dito e nos

pontos críticos de uso identificados no diagnóstico inicial. Os resultados foram expressos em litros/quilograma de produto.

Análises microbiológicas de peixe

Paralelamente, foi avaliada a qualidade microbiológica do pescado na fase de diagnóstico e após a implementação das modificações mencionadas anteriormente. O objetivo foi verificar se tais alterações comprometeriam a qualidade microbiológica do pescado. Para tanto, avaliou-se o grau de contaminação do produto com *Staphylococcus aureus*, de acordo com a Resolução RDC nº331, de 23 de dezembro de 2019 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) (Brasil, 2019a) e IN nº 60, de 23 de dezembro de 2019 (Anvisa) (Brasil, 2019b), que dispõe sobre o padrão microbiológico dos alimentos e sua aplicação, incluindo pescado e produtos de pesca.

O plano de amostragem realizado para avaliação do grau de contaminação do produto com *Staphylococcus aureus* foi o de três classes que, de acordo com o Regulamento Técnico Sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos (Brasil, 2019a; Brasil 2019b) (RDC nº331, de 23 de dezembro de 2019 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária e Instrução Normativa nº 60 de 23 de dezembro de 2019), deve ser aplicado quando a unidade amostral a ser analisada pode ser classificada em: (i) aceitável, (ii) qualidade intermediária aceitável ou (iii) inaceitável, em função dos limites **m** e **M**, sendo:

- a) **m**: o limite que separa o lote aceitável do produto ou lote com qualidade intermediária aceitável.
- b) **M**: o limite que separa o lote com qualidade intermediária aceitável do lote inaceitável. Valores acima de **M** são inaceitáveis.
- c) **n**: o número de unidades a serem colhidas aleatoriamente de um mesmo lote e analisadas individualmente.
- d) **c**: o número máximo aceitável de unidades de amostras com contagens entre os limites de **m** e **M** (plano de três classes).

Além disso, essa RDC estabelece um número máximo aceitável de unidades de amostra com contagem entre os limites **m** e **M**, designado por **c** (Tabela 1). As demais unidades (**n** menos **c**) devem apresentar valores menores ou iguais a **m**. Nenhuma das unidades **n** pode apresentar valores superiores a **M**. Os parâmetros estabelecidos pela RDC nº 311 e IN nº 60 (Brasil, 2019a, 2019b) são os que se seguem na Tabela 1.

Tabela 1. Tolerância para amostra representativa de pescado (peixes, crustáceos, moluscos) e miúdos (ovas, moela, bexiga natatória) crus, temperados ou não, frescos, resfriados ou congelados ⁽¹⁾.

Micro-organismo	n	c	m	M
Estafilococcus coagulase positiva/g	5	2	5 x 10 ² UFC/g	10 ³ UFC/g

⁽¹⁾ **m** = limite que separa o lote aceitável do produto ou lote com qualidade intermediária aceitável em um plano de três classes; **M** = limite que separa o lote com qualidade intermediária aceitável do lote inaceitável em um plano de três classes (valores acima de M são inaceitáveis); **n** = número de unidades a serem colhidas aleatoriamente de um mesmo lote e analisadas individualmente; **c** = número máximo aceitável de unidades de amostras com contagens entre os limites de **m** e **M** em um plano de três classes.

Fonte: Brasil (2019a, 2019b).

As análises microbiológicas foram realizadas em dois momentos: o primeiro foi na etapa de diagnóstico e o segundo foi após as modificações implementadas na indústria. Para cada etapa foram coletadas amostras de quatro lotes distintos de peixes para a realização das análises microbiológicas. De cada lote eram coletados quatro peixes em dois pontos da linha: antes do processamento (peixe inteiro) e após o processamento (produto acabado: peixe fresco eviscerado), totalizando 32 amostras para cada espécie (4 lotes x 4 peixes x 2 pontos).

As amostras foram coletadas por manipuladores treinados, paramentados com luvas estéreis, jalecos e máscaras e, posteriormente, acondicionadas em sacos estéreis identificados. Estes sacos foram imediatamente vedados e dispostos em caixas térmicas com gelo em escama em quantidade suficiente para garantir que a temperatura fosse mantida em 5 °C aproximadamente. As amostras foram mantidas resfriadas e imediatamente encaminhadas ao laboratório de microbiologia da Embrapa Pesca e Aquicultura, em Palmas, TO, em um percurso que durava aproximadamente 5 horas. Ao chegarem ao laboratório, os sacos foram abertos em uma capela de fluxo laminar. Em seu interior foram retiradas subamostras em dois pontos do pescado, com auxílio de um bisturi estéril, sempre do lado esquerdo para que houvesse uma padronização, e cortadas em cubos de aproximadamente 1 cm³ (Figura 3).



Foto: Viviane Rodrigues Verdolin dos Santos.

Figura 3. Localização dos pontos de retiradas das subamostras.

As subamostras foram repicadas em pedaços de aproximadamente 0,5 cm x 0,5 cm e, então, misturadas, formando uma amostra composta para cada peixe. Dez gramas desse material foram acondicionados em saco estéril (apropriado para Stomacher) com capacidade para 532 mL. Em seguida, adicionaram-se 190 mL de água peptonada tamponada estéril ao saco (Figura 4). As amostras foram homogeneizadas em Stomacher por 30 segundos. Desse saco, retirou-se 1 mL de amostra, que foi depositada em Placa 3M™ Petrifilm™ para contagem rápida de *Staphylococcus* (Figura 5). As placas foram, então, incubadas em estufa a 37 °C por 24 horas. Finalizado esse tempo, procederam-se às leituras das placas com o auxílio de leitor de placas.

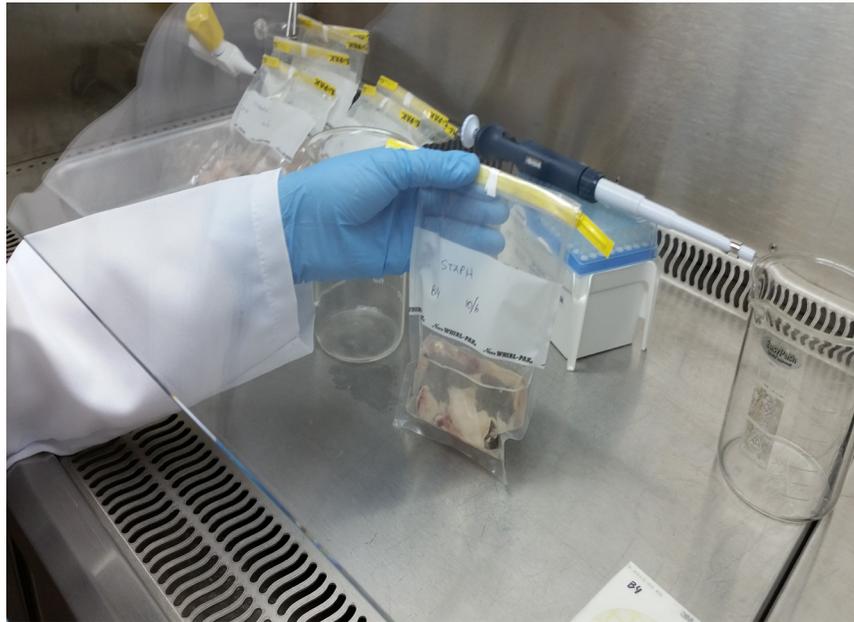


Foto: Viviane Rodrigues Verdolin dos Santos

Figura 4. Adição de água peptonada.

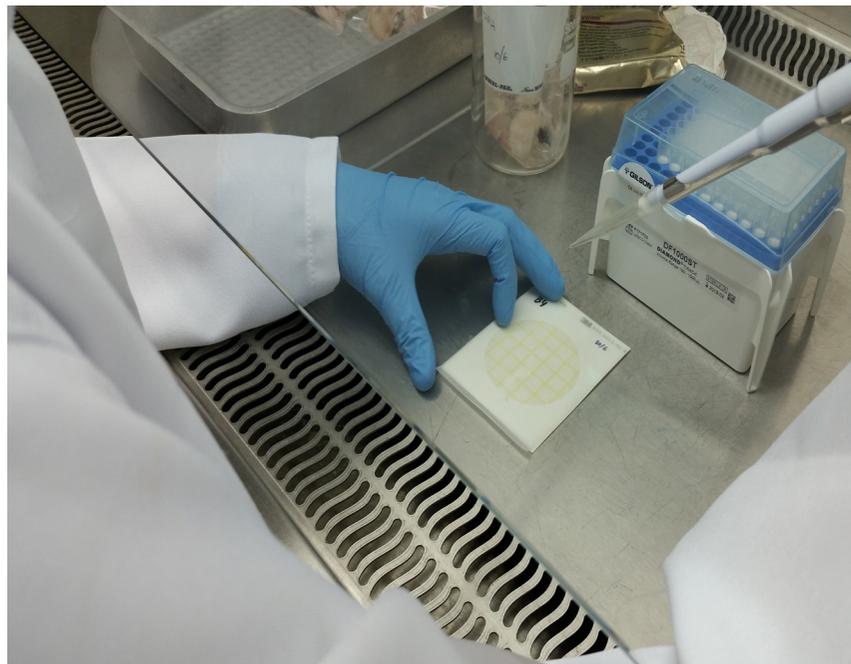


Foto: Viviane Rodrigues Verdolin dos Santos.

Figura 5 . Adição de 1 mL de amostra à placa.

Análises estatística

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do Programa R (*R Core Team, 2015*), onde os dados foram submetidos ao teste de normalidade das variáveis, de Shapiro-Wilk e de homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett. Quando comprovadas a normalidade e homogeneidade, realizou-se a análise de variância dos resultados, com aplicação do teste F para detecção de significância no nível de $p < 0,05$, seguido do teste de Tukey para comparação das médias dos tratamentos.

Análise Econômica

Após a definição das possibilidades de minimização e estabelecimento dos padrões de beneficiamento, preservando a qualidade do produto, com determinação da quantidade mínima de água a ser utilizada por quilograma de pescado em cada etapa de processamento, procedeu-se à análise dos impactos econômicos gerados pela tecnologia em avaliação, comparativamente à tecnologia adotada anteriormente, através da metodologia do excedente econômico. Essa análise ocorreu levando-se em consideração apenas os dados referentes ao grupo redondo (tambaqui), por ser o principal produto da indústria-alvo do estudo, as alterações no volume de produção, no preço e nas características de mercado da espécie/produto final.

O principal tipo de impacto econômico gerado pela tecnologia em análise refere-se à redução de custos. Para medir o benefício econômico advindo desse impacto, foram calculados indicadores financeiros, obtidos pela construção de fluxo de caixa, conforme metodologia proposta por Matsunaga (1976). A análise levou em consideração alterações na quantidade de produção, no preço e nas características de mercado da espécie/produto. Do lado das saídas do fluxo financeiro, o investimento necessário para as mudanças previstas, os custos de captação e tratamento de água e de efluentes gerados, economia de energia (bombeamento de água, água aquecida etc.) e de insumos (produtos químicos) foram fatores considerados.

Resultado e discussão

Balanco hídrico

Os resultados do balanço hídrico inicial e final são apresentados nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2. Balanço hídrico inicial e final do processamento de tambaqui.

Etapas	Tambaqui		Tambaqui	
	L/kg de matéria-prima (MP)		L/kg de produto acabado (PA)	
	BH inicial	BH final	BH inicial	BH final
A _I	1,57 ± 0,00 ^A	1,57 ± 0,00 ^A	1,78 ± 0,00 ^a	1,78 ± 0,00 ^a
A _{II}	1,61 ± 0,00 ^A	1,61 ± 0,00 ^A	1,83 ± 0,00 ^a	1,83 ± 0,00 ^a
A _{III}	0,02 ± 0,00 ^A	0,02 ± 0,00 ^A	0,02 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,00 ^a
P _I	0,66 ± 0,00 ^A	0,66 ± 0,00 ^A	0,77 ± 0,00 ^a	0,77 ± 0,00 ^a
P _{II}	4,92 ± 1,87 ^A	1,63 ± 0,15 ^B	5,69 ± 2,16 ^a	1,75 ± 0,15 ^b
P _{III}	0,01 ± 0,00 ^A	0,01 ± 0,00 ^A	0,02 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,00 ^a
P _{IV}	0,03 ± 0,00 ^A	0,03 ± 0,00 ^A	0,03 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,00 ^a
P _V	0,44 ± 0,00 ^A	0,44 ± 0,00 ^A	0,50 ± 0,00 ^a	0,50 ± 0,00 ^a
P _{VI}	0,90 ± 0,00 ^A	0,90 ± 0,00 ^A	1,02 ± 0,00 ^a	1,02 ± 0,00 ^a
P _{VII}	0,15 ± 0,00 ^A	0,15 ± 0,00 ^A	0,17 ± 0,00 ^a	0,17 ± 0,00 ^a
P _{VIII}	1,21 ± 0,00 ^A	1,21 ± 0,00 ^A	1,01 ± 0,00 ^a	1,01 ± 0,00 ^a
P _{total (PI a PVIII)}	7,87 ± 1,87 ^A	5,05 ± 0,15 ^B	8,66 ± 2,16 ^a	5,26 ± 0,15 ^b
Uso global	11,08 ± 1,87 ^A	8,26 ± 0,15 ^B	12,30 ± 2,16 ^a	8,90 ± 0,15 ^b

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na mesma linha e médias seguidas por letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). *A_I (alojamento + lavagem de caminhões); A_{II} (vestiários + administração); A_{III} lavagem de chão externo da indústria; HGP (hidrômetro geral do processamento da indústria); P_I (cilindro de lavagem); P_{II} (mesa de evisceração); P_{III} (lavagem de botas); P_{IV} (barreira sanitária); P_V (lavagem interna do chão e equipamentos da indústria); P_{VI} (fábrica de gelo); P_{VII} (lavagem de monoblocos); P_{VIII} (perdas no processamento = HGP - P_I - P_{II} - P_{III} - P_{IV} - P_V - P_{VI} - P_{VII}); P_{total} (somatório do uso no processamento = P_I a P_{VIII}); uso global (somatório de: P_I a P_{VIII} + A_I a A_{III}).

Na fase de diagnóstico foi verificado que o uso de água para o processamento do tambaqui foi de 11,08 L/kg de matéria-prima (MP) processada, ou seja, 11,08 L/kg de tambaqui inteiro que chega na indústria, sendo mais que o dobro recomendado pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento: 5 L/kg de MP (Brasil, 2007). Se considerar a relação volume de água: quantidade de produto acabado (peixe fresco eviscerado), esse cenário ficaria ainda mais crítico, totalizando 12,30 L/kg de produto acabado (PA). Esse quadro se repetiu para o surubim, que apresentou valores da ordem de 13,19 L/kg de MP e 14,86 L/kg de PA.

Tabela 3. Balanço hídrico inicial e final do processamento de surubim.

Etapas	Surubim L/kg de matéria-prima (MP)		Surubim L/kg de produto acabado (PA)	
	BH inicial	BH final	BH inicial	BH final
A _I	3,31 ± 0,00 ^A	3,21 ± 0,00 ^A	3,75 ± 0,00 ^a	3,75 ± 0,00 ^a
A _{II}	2,51 ± 0,00 ^A	2,51 ± 0,00 ^A	2,84 ± 0,00 ^a	2,84 ± 0,00 ^a
A _{III}	0,06 ± 0,00 ^A	0,06 ± 0,00 ^A	0,07 ± 0,00 ^a	0,07 ± 0,00 ^a
P _I	0,72 ± 0,00 ^A	0,72 ± 0,00 ^A	0,80 ± 0,00 ^a	0,80 ± 0,00 ^a
P _{II}	3,20 ± 0,98 ^A	1,15 ± 0,21 ^B	3,56 ± 1,09 ^a	1,23 ± 0,23 ^b
P _{III}	0,04 ± 0,00 ^A	0,04 ± 0,00 ^A	0,05 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,00 ^a
P _{IV}	0,02 ± 0,00 ^A	0,02 ± 0,00 ^A	0,03 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,00 ^a
P _V	0,43 ± 0,00 ^A	0,43 ± 0,00 ^A	0,50 ± 0,00 ^a	0,50 ± 0,00 ^a
P _{VI}	0,94 ± 0,00 ^A	0,94 ± 0,00 ^A	1,07 ± 0,00 ^a	1,07 ± 0,00 ^a
P _{VII}	0,33 ± 0,00 ^A	0,33 ± 0,00 ^A	0,37 ± 0,00 ^a	0,37 ± 0,00 ^a
P _{VIII}	1,62 ± 0,00 ^A	1,62 ± 0,00 ^A	1,84 ± 0,00 ^a	1,84 ± 0,00 ^a
P _{total (PI a PVIII)}	7,31 ± 0,98 ^A	5,26 ± 0,21 ^B	8,20 ± 1,09 ^a	5,87 ± 0,23 ^b
Uso global	13,19 ± 0,98 ^A	11,14 ± 0,21 ^B	14,86 ± 1,09 ^a	12,53 ± 0,23 ^b

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na mesma linha e médias seguidas por letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). *A_I (alojamento + lavagem de caminhões); A_{II} (vestiários + administração); -A_{III} lavagem de chão externo da indústria; HGP (hidrômetro geral do processamento da indústria; P_I (cilindro de lavagem); P_{II} (mesa de evisceração); P_{III} (lavagem de botas); P_{IV} (barreira sanitária); P_V (lavagem interna do chão e equipamentos da indústria; P_{VI} (fábrica de gelo); P_{VII} (lavagem de monoblocos); P_{VIII} (perdas no processamento = $HGP - P_I - P_{II} - P_{III} - P_{IV} - P_V - P_{VI} - P_{VII}$); P_{total} (somatório do uso no processamento = P_I a P_{VIII}); uso global (somatório de: P_I a P_{VIII} + A_I a A_{III}).

Em geral, na fase do diagnóstico, o uso de água nos setores administrativos representou, aproximadamente, 29 % e 45 % do total necessário para processar 1 kg de MP de tambaqui (Figura 6) e de surubim (Figura 7), respectivamente. Esses dados demonstram a necessidade de capacitação da equipe de funcionários e gestores da empresa para o uso consciente da água, assim como a necessidade de um estudo mais minucioso neste setor para identificar as estratégias passíveis de adoção, com vistas a reduzir esse valor. É importante ressaltar que, nessa indústria, os funcionários dormem no alojamento, o que contribui para a elevação deste valor total. Neste estudo, as ações focaram no setor de processamento, sugerindo aos gestores da indústria uma avaliação mais criteriosa do setor administrativo.

Balanço hídrico inicial do tambaqui (L/Kg de MP)

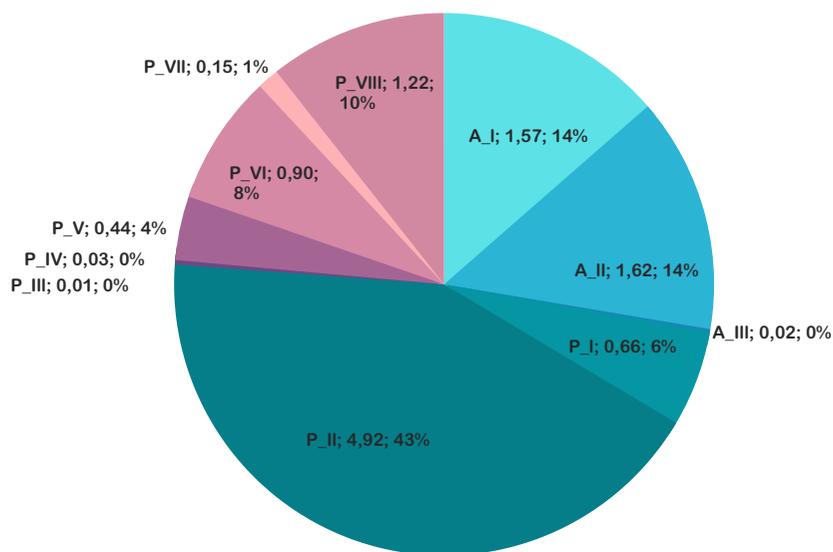


Figura 6. Balanço hídrico inicial do tambaqui – Uso global de água.
 Legenda: consultar item 2.3 Balanço hídrico.

Balanço hídrico inicial do surubim (L/Kg de MP)

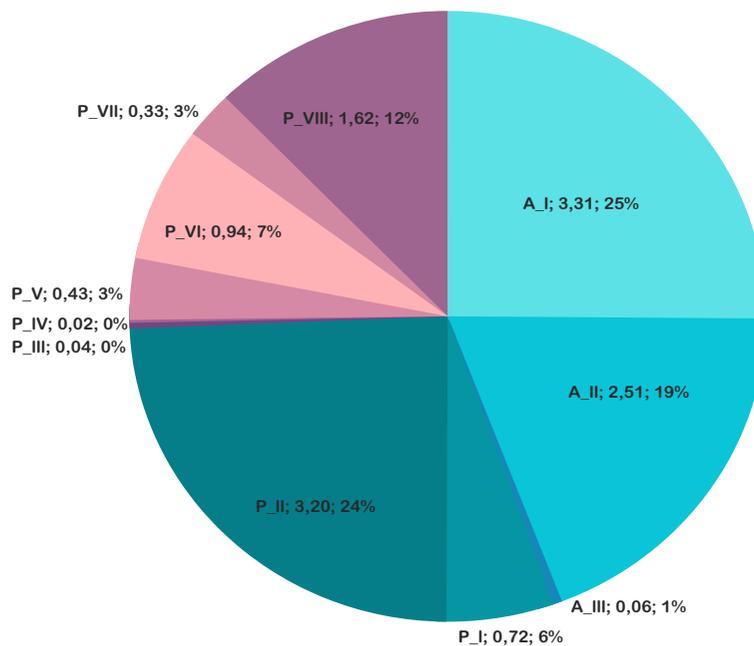


Figura 7. Balanço hídrico Inicial do surubim – Uso global de água.
 Legenda: consultar item 2.3 Balanço hídrico.

O diagnóstico apontou que o ponto mais crítico do uso da água, por unidade de produto, foi a mesa de evisceração (P_{II}), independente da espécie processada (Figura 8). Nessa etapa, o uso era contínuo, apresentando valores de 4,92 L/kg de tambaqui (MP). Já o setor de processamento representou, aproximadamente, 59 % do uso global de água na indústria (Tabela 2).

Para o surubim, o valor encontrado foi menor, na ordem de 3,20 L/kg de MP, na mesa de evisceração e, aproximadamente, 44 % do uso global da água foi representado pelo setor de processamento (Tabela 3). A diferença aferida pode ser atribuída ao menor peso do tambaqui processado nessa indústria, entre 1,5 kg a 2,5 kg, enquanto o peso do surubim variou entre 3,0 kg a 5,0 kg. Desta forma, para processar a mesma quantidade de matéria-prima, era necessário um número maior de exemplares de tambaqui em relação ao surubim, o que demandava a maior quantidade de água devido à necessidade de proceder a limpeza individual dos peixes após a evisceração.

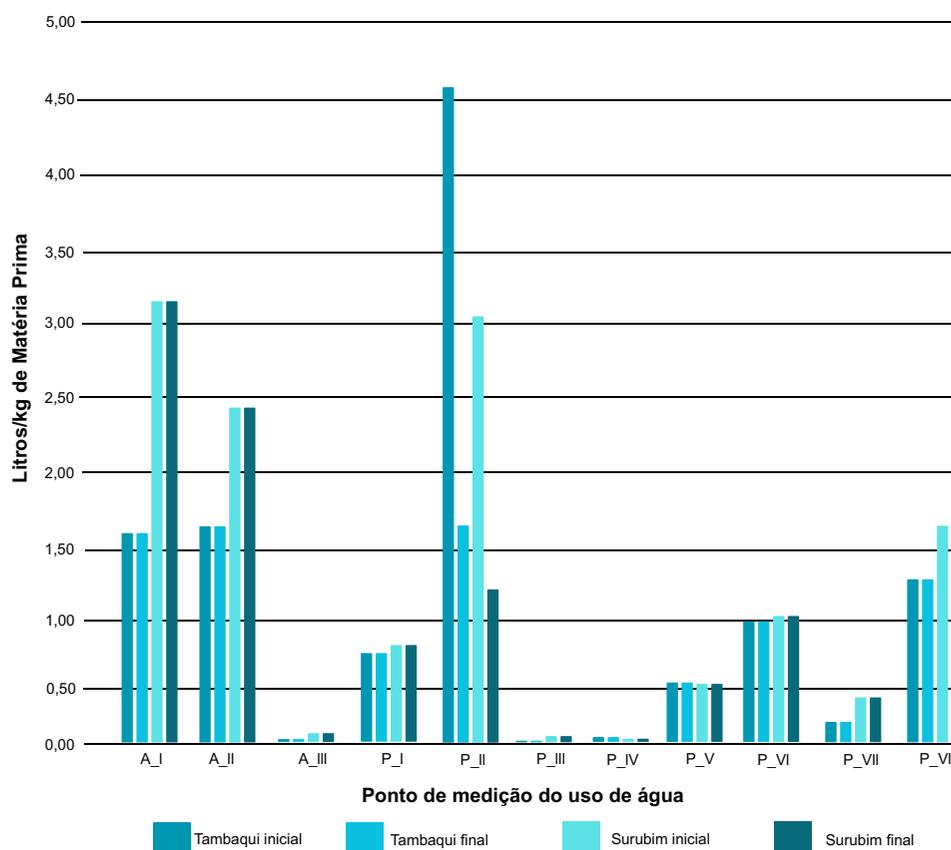


Figura 8. Uso de água por quilograma de matéria-prima processada para tambaqui e surubim (pintado).
Legenda: consultar item 2.3 Balanço hídrico.

O modelo de mesa de evisceração usado na indústria (Figura 9) apresentava abertura central única, onde eram destinados os resíduos sólidos e líquidos rumo à canaleta de escoamento, necessitando de um grande fluxo de água para condução desses resíduos, especialmente os sólidos, que apresentavam riscos de contaminação cruzada. Para promover esse fluxo hídrico contínuo, havia uma tubulação em PVC perfurada acompanhando os contornos da mesa, conferindo uso excessivo de água durante o processamento. Além desse tubo, haviam duchas de pressão com jato único em sistema tubular articulado dispostas ao longo da mesa, usadas individualmente pelos manipuladores na limpeza do peixe após a evisceração.



Foto: Viviane Rodrigues Verdolin dos Santos.

Figura 9. Mesa de evisceração usada inicialmente. A: tubulação em PVC perfurada. B: abertura central única para destinação de resíduos sólidos e líquidos rumo à canaleta de escoamento.

Ao diagnosticar que o principal ponto crítico de uso de água no processamento de ambos os peixes era a mesa de evisceração, foi proposta uma readequação nesse equipamento e, em seguida a sua modificação, para, então, ser realizado o novo balanço hídrico. A nova mesa tinha um desenho diferenciado (Figura 10): canaleta central, onde eram dispostos os peixes após abertura ventral para proceder a evisceração; e duchas de pressão com jato único em sistema tubular articulado, dispostas ao longo da mesa, usadas individualmente pelos manipuladores na limpeza do peixe após a evisceração (Figuras 10, 11A e 11B); canaletas de escoamento de resíduos sólidos e líquidos, dispostas para uso individual pelos manipuladores.



Foto: Viviane Rodrigues Verdolin dos Santos.

Figura 10. Modelo de mesa de evisceração adotado após a intervenção.

A



B

Foto: Viviane Rodrigues Verdolin dos Santos.

Figura 11. **A:** Evisceração e limpeza de um exemplar de surubim. **B:** Evisceração e limpeza de um exemplar de tambaqui.

Após a instalação, os resultados apontaram reduções bastante significativas em relação à quantidade de água usada por unidade de produto, considerando ambas as espécies processadas, passando de 3,20 L/kg para 1,15 L/kg de MP de surubim e de 4,92 L/kg para 1,63 L/kg de MP de tambaqui. Esses valores representaram diminuições no uso global de água de 31 % e 17 % na produção de 1 kg de PA fresco e eviscerado, para tambaqui e surubim, respectivamente, o que foi atribuído à cessação do fluxo contínuo de água, característico do modelo de mesa anteriormente utilizado.

Esses resultados corroboram com os apresentados por Amorim et al. (2007) em um estudo realizado em um abatedouro de frango. Esses autores concluíram que o uso desse tipo de ducha de pressão, ativada por toque, pode reduzir em 40 % o uso da água em comparação com a utilização de torneiras convencionais, porque evitam o fluxo contínuo e desnecessário de água. Bezama et al. (2012) relataram que a implementação de medidas de otimização do uso de água nas linhas de produção, como transporte de resíduos sólidos a seco, e regulagens de pressão e dosagem de água nos equipamentos usados no processamento dos peixes, reduziu em 28 % o uso de água e geração de efluente nas indústrias chilenas que foram avaliadas.

Não foram realizadas alterações em outros pontos de uso de água dentro da indústria estudada exceto na mesa de evisceração. No entanto, sugere-se verificar a possibilidade de instalar redutores de vazão nos bicos das demais torneiras e bicos de pressão acionados com gatilho na ponta das mangueiras usadas para a limpeza dos pisos e superfícies. Barana et al. (2014), em um estudo de caso realizado em um frigorífico de aves, alcançaram reduções de até 4 % no uso de água na planta de processamento, o que representou menor custo de produção, menos efluente gerado e, conseqüentemente, maior competitividade do produto. Kupusovic et al. (2007) recomendam spray pressurizado a 25-30 bar para a limpeza de superfícies.

Outra estratégia importante é a adoção de procedimentos padrão no processamento pelos funcionários da indústria, com vistas à minimização do uso de água. Faz-se necessário também o treinamento constante dos colaboradores para a padronização nos procedimentos de limpeza com uso racional de água em todos os turnos de trabalho. Com a implementação desta prática, a indústria de aves estudada por Kist et al. (2009) atingiu 13 % de redução no uso de água. Essas ações são importantes para evitar o desperdício de água potável e serão tão mais eficazes quanto melhor for o monitoramento.

Em suma, os valores encontrados no balanço hídrico realizado na indústria piloto, tanto na forma global quanto no setorizado e por processamento, foram reduzidos visto que a água é um recurso natural que se encontra em estado de escassez em determinadas áreas do Brasil e do mundo. O volume de água destinado para limpeza e higienização como um todo na indústria, somado ao uso nas áreas administrativas e lavagem externa, pode representar aproximadamente 55 % do uso total desse recurso, dependendo do porte da empresa. Esse valor pode ser reduzido com a implementação de ações de *cleaner production*, treinamento, capacitação dos colaboradores e boas práticas de manipulação e fabricação (BPM e BPF), sem que haja perda na qualidade do produto final.

Quanto às atividades administrativas, o uso deve ser racional e deve haver conscientização dos usuários. Neste estudo, o uso de água no administrativo foi de aproximadamente 34 % e 45 % do uso global para o tambaqui e surubim, respectivamente. A água destinada às atividades não

relacionadas a processamento pode representar 40 % do uso global nas indústrias de pescado, cuja área administrativa esteja localizada no mesmo terreno da indústria.

Análises microbiológicas - fase de diagnóstico

Na fase de amostragem dos quatro lotes distintos de tambaqui para a realização das análises microbiológicas, verificou-se que somente uma amostra apresentou grau de contaminação por *S. aureus* acima do limite aceitável, ou seja, valores acima de 10^3 UFC/g. Entretanto, essa amostra foi coletada antes do processamento do peixe, na sala de recepção do pescado, demonstrando que a contaminação ocorreu previamente à chegada do produto à indústria. Esse resultado realça a importância na adoção de boas práticas de manipulação desde a despesca e do transporte dos peixes para evitar a contaminação prévia e perdas de qualidade da matéria-prima. O restante das amostras de tambaqui apresentou grau de contaminação dentro dos limites aceitáveis, ou seja, valores abaixo de 5×10^2 UFC/g, não configurando problemas para o consumo.

Dos lotes de surubim avaliados no diagnóstico, 100 % das amostras estiveram dentro dos padrões aceitáveis de contaminação por *S. aureus*, sendo 16 provenientes da plataforma de recepção do pescado e 16 do ponto de expedição do produto acabado. Simon e Sanjeev (2007), em estudo realizado na Índia, avaliaram a incidência de *S. aureus* em unidades de processamento de peixes e verificaram a ocorrência de contaminação cruzada e condições higiênicas inadequadas durante o processamento, manipulação e estocagem.

O *S. aureus* é amplamente distribuído no meio ambiente. O gênero *Staphylococcus* responde por 45 % das toxinfecções no mundo e a contaminação dos alimentos pode ocorrer por meio de cepas de origem ambiental ou humana durante a fase de produção, manipulação ou estocagem. A avaliação do grau de contaminação por esse patógeno pode ser um indicativo da aplicação de boas práticas de manipulação dos alimentos (Cunha-Neto et al., 2002; Santiago, 2013).

A frequência de contaminação por esse microrganismo é grande e é comum no mundo inteiro a ocorrência de intoxicações alimentares, tendo como causa o consumo de alimentos contendo enterotoxinas produzidas previamente por essa bactéria (Dinges et al., 2000; Lima et al., 2007). As enterotoxinas são formadas durante a multiplicação bacteriana no alimento, destacando-se aqueles de origem animal (Santana et al., 2010).

Os principais reservatórios de *S. aureus* são os animais e o homem, sendo o habitat preferencial dessa bactéria a cavidade nasal do ser humano (Bergdoll, 1959 citado por Santana et al., 2010). A contaminação do alimento ocorre quando há contato de equipamentos, ar, água ou do próprio alimento ou outro objeto com secreções da cavidade nasal de um indivíduo portador do microrganismo (Santana et al., 2010). Além disso, é possível encontrar *S. aureus* em 30 % a

50 % dos indivíduos saudáveis (Santana et al., 2010). Em um estudo conduzido em empresas de pesca no Ceará, Evangelista-Barreto; Vieira (2003), verificaram que 60 % dos funcionários eram portadores de *S. Aureus*, representando um risco para a saúde pública e denotando a necessidade de implantação de programas de controle das condições higiênico-sanitárias nesses estabelecimentos.

Essa bactéria pode ser encontrada no peixe vivo, principalmente na pele, nas brânquias e escamas. Os demais tecidos são contaminados após a morte do animal. Neste sentido, medidas higiênicas devem ser observadas ao longo de toda a cadeia do processamento: no momento de captura, transporte, manuseio e conservação para evitar a proliferação desse patógeno presente no próprio peixe ou oriundo do meio ambiente (FAO 2010; Santiago et al., 2013).

Dentre as boas práticas de manejo empregadas pela indústria de pescado para garantir a sanidade do produto, Butt et al. (2004) destacam: a aprovação de áreas de cultivo, os métodos de captura, o tipo de pescado capturado e seu tamanho, além do processamento imediatamente após a captura. O Decreto nº 10.468, de 18 de agosto de 2020, dispõe sobre o regulamento de inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal (RIISPOA) (Brasil, 2020), apresentando orientações para controle sanitário de pescado.

Análises microbiológicas - após a minimização do uso de água

Após a troca da mesa de evisceração e redução no uso de água, o grau de contaminação dos peixes com *Staphylococcus aureus* foi avaliado, mantendo-se os dois pontos de amostragem: na recepção do pescado (matéria-prima) e após a evisceração e lavagem do peixe (produto acabado).

Dos quatro lotes de tambaqui avaliados, 25 % das amostras de matéria-prima apresentaram padrões de contaminação inaceitáveis (acima de 10^3 UFC/g), sendo duas do lote 1, uma do lote 2 e uma do lote 3, denotando a ocorrência de contaminação prévia do pescado. Desses mesmos lotes, nas análises de produto acabado, duas amostras provenientes de dois lotes distintos apontaram grau de contaminação acima desse limite, ou seja, padrões inadequados para consumo humano. Esses resultados reforçam a necessidade de capacitação das equipes desde os processos de despesca e transporte até o processamento, considerando a manipulação do peixe, limpeza de utensílios, equipamentos, instalações e veículos na indústria.

Nas amostras de surubim, dos quatro lotes avaliados, três chegaram à indústria com alto grau de contaminação, valores acima de M. Entretanto, somente um dos lotes permaneceu com valores inaceitáveis após o produto acabado, demonstrando que o processamento foi capaz de eliminar o agente contaminante do pescado em 75 % dos lotes. Esse resultado reforça ainda mais a ne-

cessidade da adoção das boas práticas de manipulação para melhorar a qualidade do produto acabado.

As etapas de diagnóstico e de intervenção para avaliar uma possível minimização do uso de água valida a premissa de que a qualidade do produto final está diretamente ligada à qualidade da matéria-prima. Reforça-se que as medidas de boas práticas de manejo *ante mortem* e *post mortem* são fundamentais para dirimir riscos de contaminação sanitária em etapas como despesca, transporte, recepção, conservação, manipulação, embalagem, armazenagem e expedição do produto final.

Análise econômica

Nesta etapa, através da gestão dos recursos hídricos aplicados ao processamento dos peixes, com a aquisição de equipamentos adequados e implementação da metodologia de conservação e reutilização da água, foi possível quantificar volumes e valores de uso de água economizados pela empresa, mostrados na Tabela 4.

Tabela 4. Quantificação dos volumes e valores de uso de água economizados pela indústria piloto.

Condições	Vazão (m ³ /dia)	Custo diário (R\$)	Custo mensal (20 dias úteis) (R\$)	Custo anual (R\$)	Economia financeira (%)
Uso inicial	90	1.095,48	21.909,68	262.916,16	-
Uso após IF+MM	62	749,36	14.987,10	179.845,20	-
Economia com IF+MM	28	346,1	6.922,58	83.070,96	31,6 %
Payback em meses para retorno do investimento	14,8	-	-	-	-

IF = Intervenções Físicas (IF); MM = Possibilidades de Minimização. Nota: Os cálculos consideram: a tarifa da companhia de saneamento local (Odebrecht Ambiental/Saneatins – TO) para fornecimento industrial de volume de água superior a 15 m³ por dia.

A indústria usava, inicialmente, 90 m³ diários de água. Após as intervenções físicas e a aplicação das possibilidades de minimização de uso, este volume foi reduzido a 62 m³ diários. Assim, caso a empresa utilizasse o fornecimento de água da companhia de saneamento local, o volume não gasto resultaria em uma economia mensal de R\$ 6.922,58 e de R\$ 83.070,96 ao ano, equivalente a uma redução financeira de 31,6 %.

O investimento em novos equipamentos totalizou R\$ 102.600,00: mesa de evisceração, estrutura de captação de água e tratamento de efluentes (Tabela 5). Este investimento retornou à empresa em 14,8 meses de economia no uso da água (*payback*).

Tabela 5. Investimento em novos equipamentos na indústria piloto.

Item	Descrição	Valor
Captação de água	Investimento em construção e captação de água	R\$ 41.100,00
Estrutura de tratamento de efluentes	Instalação de estrutura de tratamento de efluentes	R\$ 46.500,00
Mesa de evisceração	-	R\$ 15.000,00
Investimento Total	-	R\$ 102.600,00

A Tabela 6 apresenta a estimativa do custo operacional efetivo e a Tabela 7 os indicadores do custo de operação anual para construção de fluxo de caixa.

Tabela 6. Itens para estimativa do Custo Operacional Efetivo anual para construção de fluxo de caixa da indústria piloto.

Item de dispêndio	Descrição	Valor
Tratamento de água	Custo anual de tratamento de água	R\$ 6.000,00
Tratamento de efluentes	Custo anual de tratamento de efluentes	R\$ 24.000,00
Consumo de energia elétrica	Custo anual de energia elétrica	R\$ 18.432,00
Abastecimento de água	Custo anual estimado de uso de água	R\$ 179.845,20
Mão de obra	Custo anual estimado com folha de pagamento	R\$ 374.400,00
Matéria-prima	Custo anual de aquisição de matéria-prima tambaqui e pintado	R\$ 3.645.000,00
Outros	-	R\$ 674.244,00
Custo Operacional Efetivo	-	R\$ 4.915.921,20

Tabela 7. Estimação do Custo Operacional Efetivo.

Descrição	Valor
RB - Receita Bruta	R\$ 6.742.440,00
COE - Custo Operacional Efetivo	R\$ 4.915.921,20
Depreciação (20 % a.a)	R\$ 10.260,00
Investimento	R\$ 102.600,00
Prazo	10 anos
Juros	8,00 %

Fonte: Adaptado de Matsunaga (1976).

Tabela 7. Estimação do Custo Operacional Efetivo.

O faturamento bruto da indústria foi calculado considerando o volume de tambaqui (principal espécie de peixe processada na indústria piloto) processado por semana, 8.100 kg, totalizando 126.000 kg por mês e 1.134.000 kg por ano, ao preço de venda de R\$ 9,00/kg.

A estimativa do fluxo de caixa da empresa após os investimentos em minimização do uso de água foi equivalente a R\$ 5.028.781,20 no “ano 0” e R\$ 1.816.258,80 nos demais anos (Tabela 8).

Tabela 8. Estimativa do fluxo de caixa da empresa após os investimentos em minimização do uso de água.

Ano	Custo	Receita	Fluxo de Caixa
0	R\$ 5.028.781,20 ⁽¹⁾	-	R\$ 5.028.781,20
1	R\$ 4.926.181,20 ⁽²⁾	R\$ 6.742.440,00	R\$ 1.816.258,80
2	R\$ 4.926.181,20	R\$ 6.742.440,00	R\$ 1.816.258,80
3	R\$ 4.926.181,20	R\$ 6.742.440,00	R\$ 1.816.258,80
4	R\$ 4.926.181,20	R\$ 6.742.440,00	R\$ 1.816.258,80
5	R\$ 4.926.181,20	R\$ 6.742.440,00	R\$ 1.816.258,80
6	R\$ 4.926.181,20	R\$ 6.742.440,00	R\$ 1.816.258,80
7	R\$ 4.926.181,20	R\$ 6.742.440,00	R\$ 1.816.258,80
8	R\$ 4.926.181,20	R\$ 6.742.440,00	R\$ 1.816.258,80
9	R\$ 4.926.181,20	R\$ 6.742.440,00	R\$ 1.816.258,80
10	R\$ 4.926.181,20	R\$ 6.742.440,00	R\$ 1.816.258,80

⁽¹⁾ R\$5.028.781,20 = (custo de implantação das intervenções + custo operacional efetivo) + custo da depreciação dos equipamentos³. ⁽²⁾ R\$ 4.926.181,20 = custo operacional efetivo – custo da depreciação dos equipamentos³. ³Custo anual da depreciação dos equipamentos = R\$ 10.260,20.

Os indicadores da viabilidade econômica, de acordo com Furlaneto e Sperancini (2009), com adaptações, apontaram que a atividade é viável ao longo dos anos a uma taxa de desconto de 8,00 % a.a. (taxa de juros observada na aplicação financeira mais popular, a caderneta de poupança, ao longo do ano 2016) e taxa média de mercado que corresponde a 10 % a.a.

O valor presente líquido (VPL) obtido foi equivalente a R\$ 7.158.463,19 (taxa de desconto de 8,00 % a.a.) e R\$ 6.131.342,88 (taxa de desconto de 10 % a.a.). Outro indicador utilizado para análise da viabilidade de um projeto no decorrer do tempo é a taxa interna de retorno (TIR), que registrou 34,21 %, indicando que o retorno ou o benefício esperado do projeto atende às necessidades do empreendedor.

O tempo necessário para que a soma das receitas nominais líquidas se equiparasse ao valor do investimento inicial, ou seja, o número de anos em que a soma do fluxo de caixa a partir do investimento se torna nulo (*payback* simples), foi de 2,27 anos. O *payback* descontado, que determina o tempo de recuperação do capital no tempo, correspondeu a 3,2 anos (taxa de desconto de 8,00 % a.a.) e 3,4 anos (taxa de desconto de 10 % a.a.). Esses valores, ainda que relativamente superiores aos valores observados no *payback* simples, indicam que as melhorias indicadas pelo projeto proveem retorno do capital em curto período e são viáveis a longo prazo.

Conclusão

Os dados deste estudo contribuem para o mapeamento do uso de água pela indústria de processamento de importantes espécies nativas de peixes (surubins e tambaqui). As ações propostas de alteração de processamento reduziram entre 16 % a 28 % o uso de água fresca no processamento de peixes. Assim, tais ações apresentaram viabilidade econômica, técnica e de segurança, ou seja, proporcionaram um processo modificado com redução do uso de recurso hídrico e com produção de produtos dentro do padrão microbiológico exigido pela legislação nacional.

É de grande importância que os gerentes técnicos e as diretorias considerem a sustentabilidade ambiental e econômica da indústria em suas decisões, incluindo a capacitação das equipes em Boas Práticas de Fabricação (BPFs) e aplicação de técnicas de sistemas de Produção Mais Limpa (P+L) para promover o uso controlado da água. Trabalhos como este são necessários para incentivar a implementação de alternativas de produção mais limpa para as indústrias de processamento de pescado visando otimizar o uso de um insumo finito, a água.

Os benefícios em minimizar o uso de água fresca e potável proporciona vantagens ambientais e econômicas, como a redução de custos de tratamento e insumos (água, reagentes de tratamento de água e efluentes, energia para bombeamento), redução da geração de efluentes, aumento da competitividade da empresa (pois poderá produzir mais com os mesmos custos) e o comprome-

timento da empresa com ações socioambientais para minimizar os riscos de estresse hídrico na região onde está situada.

Referências

- AMORIM, A. K. B.; NARDY, I. R.; DEL NERY, V. Water conservation and effluent minimization: case study of a poultry slaughterhouse. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 51, p. 93-100, 2007.
- 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.
- BERGDOLL, M. S.; SURGALLA, M. J.; DACK, G. M. Staphylococcal enterotoxin. Identification of a specific precipitating antibody with enterotoxin-neutralizing property. *Journal of Immunology*, v. 83, p. 334-338, 1959.
- 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.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de procedimentos para estabelecimento industrial de pescado: produtos frescos e congelados**. Brasília, DF: Mapa: SEAP/PR, 2007. 116 p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 331, de 23 de dezembro de 2019. Dispõe sobre os padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, seção 1, n. 249, p. 96, 23 dez. 2019a.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019. Estabelece listas de padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, seção 1, n. 249, p. 133-148, 23 dez. 2019b.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 10.468, de 18 de agosto de 2020. Altera o Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017, que 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 o regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. **Diário Oficial da União**, 2020.
- BUTT, A. A.; ALDRIDGE, K. E.; SANDERS, C. V. Infections related to the ingestion of seafood. Part II: parasitic infections and food safety. *Infectious Diseases*, v. 4, 2004.
- COMPANHIA DE ENTREPÓSITOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO – CEAGESP. **Consulta cotações – preços no atacado**. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/entrepotos/servicos/cotacoes/>. Acesso em: 10 abr. 2016.
- CREPALDI, D. V. FARIA, P. M. C.; TEIXEIRA, E. de A.; RIBEIRO, L. P.; COSTA, A. A. P.; MELO, D. C. de; CINTRA, A. P. R.; PRADO, S. de A.; COSTA, F. A. A.; DRUMOND, M. L.; LOPES, V. E.; MORAES, V. E. de. O surubim na aquacultura do Brasil. **Revista Brasileira Reprodução Animal**, v. 30, n. 3-4, p. 150-158, 2006.
- CUNHA-NETO, A.; SILVA, C. G. M.; STAMFORD, T. L. M. Staphylococcus enterotoxigênicos em alimentos in natura e processados no estado de Pernambuco, Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 3, p. 263-71, 2002.
- DINGES, M. M.; ORWIN, P. M.; SCHLIEVERT, P. M. Exotoxins of Staphylococcus aureus. *Clinical microbiology reviews*, v. 13, n. 1, p. 16-34, 2000.
- FAO. **Farming the waters for people and food.Proceedings of the Global Conference on Aquaculture**. Rome, 2010.

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

FURLANETO, F.; ESPERANCINI, M. Estudo da viabilidade econômica de projetos de implantação de piscicultura em viveiros escavados. **Informações Econômicas**, SP, v. 39, n. 2, fev. 2009.

IBGE. Coordenação de Agropecuária. **Produção Pecuária Municipal**. Brasília, DF, 2015.

KIST, L. T.; EL MOUTAQI, S.; MACHADO, E. L. Cleaner production in the management of water use at a poultry slaughterhouse of Vale do Taquari, Brazil: a case study. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, p. 1200-1205, 2009.

KUPUSOVIC, T.; MIDZIC, S.; SILAJDZIC, I.; BJELAVAC, J. Cleaner production measures in small-scale slaughterhouse industry e case study in Bosnia and Herzegovina. **Journal of Cleaner Production**, v. 15, p. 378-383, 2007.

LIMA, C. P. S.; SERRANO, N. F. G.; LIMA, A. W. O.; SOUSA, C. P. de. Presença de Microrganismos Indicadores de Qualidade em Farinha e Goma de Mandioca (Manihot esculenta, Crantz). **Revista de Atenção Primária à Saúde**, v. 10, n. 1, p. 14-19, jan./jun. 2007.

MATSUNAGA, M. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 123-39, 1976.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Água na indústria: uso racional e reúso**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

MUNOZ, A. E. P.; FLORES, R. M. V.; PEDROZA FILHO, M. X.; BARROSO, R. M.; RODRIGUES, A. P. O.; MATAVELI, M. **Piscicultores discutem os custos de produção de pintado em Sorriso-MT**. Palmas, TO: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2014. 5 p. (Informativo Campo Futuro, 4).

PEDROZA FILHO, M. X.; RODRIGUES, A. P. O.; REZENDE, F. P. **Dinâmica da produção de tambaqui e demais peixes redondos no Brasil**. Brasília, DF: CNA, 2015. 5 p. (CNA. Boletim ativos da aquicultura, 7).

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

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2015.

SANTANA, E. H. W. BELOTI, V.; ARAGON-ALEGRO, L. C.; MENDONÇA, M. B. O. C. de Estafilococos em alimentos. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 77, n. 3, p. 545-554, 2010.

SANTIAGO, J. A. S. ARAÚJO, P. F. R.; SANTIAGO, A. P.; CARVALHO, F. C. T. de; VIEIRA, R. H. S. dos F. Bactérias patogênicas relacionadas à ingestão de pescados: revisão. **Arquivos de Ciências do Mar.**, v. 46, n. 2, p. 92-103, 2013.

SIMON, S. S.; SANJEEV, S. Prevalence of enterotoxigenic Staphylococcus aureus in 66 fishery products and fish processing factory workers. **Food control**, v. 18, n. 12, p. 1565-1568, 2007.

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.

SOUZA, A. L. M.; GUIMARÃES, J. T.; BRIGIDA, A. I. S.; LUIZ, D. de 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.

TORRICO, J. P.; HUBERT, N.; DESMARAIS, E.; DUPONCHELLE, F.; NUÑEZ RODRIGUEZ, J.; MONTOYA-CURGOS, J.; GACIA DAVILA, C.; CARVAJAL-VALLEJOS, F. M. M.; GRAJALES, A. A.; BONHOMME, F.; RENNO, J.-F. Molecular phylogeny of the genus *Pseudoplatystoma* (Bleeker, 1862): biogeographic and evolutionary implications. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 51, n. 3, p. 588-594, 2009.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Cleaner production assessment in fish processing**. Paris, 2000.

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