

Estimativa do consumo de água no processo produtivo de indústria frigorífica de bovinos em Ji-Paraná/Rondônia

O consumo de água em indústrias frigoríficas é elevado em função das práticas de higiene exigidas pelas autoridades sanitárias para a manutenção da qualidade dos produtos gerados nesses estabelecimentos. Estimar o consumo de água neste setor industrial permite o conhecimento das características da indústria e, conseqüentemente, a implantação de medidas de uso racional de água. O objetivo do estudo realizado foi estimar o consumo de água no processo produtivo de um frigorífico de bovinos, com abate médio de 550 cabeças/dia, localizado no estado de Rondônia, na região Norte do Brasil. Da mesma maneira, as fontes de abastecimento de água da indústria foram identificadas. O processo produtivo industrial foi descrito, bem como foram apresentados e quantificados os pontos de consumo de água dos setores que o compõem. O consumo de água foi estimado para os principais setores do processo produtivo, sendo realizada de maneira diferenciada para os setores providos e desprovidos de hidrômetros. Para os primeiros setores do processo produtivo (Abate, Bucharia, Triparia e Miúdos), realizou-se a estimativa do consumo de água por meio de dados sistematizados de leitura dos hidrômetros presentes nos setores referidos, analisando-os estatisticamente. Para os segundos setores (Transporte, Curral, Desossa, Expedição-Embarque de Congelados, Expedição-Embarque de Carne com Osso, Subprodutos e Expedição de Couro), a estimativa foi realizada por meio da quantificação de equipamentos que demandam água, como mangueiras e chuveiros, bem como outras características que influenciam no consumo de água nos setores em questão. O consumo de água total estimado para o processo produtivo do frigorífico foi de 14.253,34 m³/mês. O maior consumo de água ocorreu no Curral e o menor no setor Expedição de Couro. O consumo de água estimado por bovino abatido foi de 996,74 L/boi. Os resultados obtidos pretendem servir como referência e também como subsídio para a gestão racional e estratégica da água para indústrias frigoríficas localizadas na região Norte, assim como em outras regiões brasileiras.

Palavras-chave: Demanda de água em processos industriais; Quantificação de água; Uso e gestão de água; Abate de animais; Matadouros.

Estimate of water consumption in the productive process of the cattle refrigerating industry in Ji-Paraná / Rondônia

The consumption of water in refrigeration industries is high due to the hygiene practices required by health authorities to maintain the quality of the products generated in these establishments. Estimating water consumption in this industrial sector allows the knowledge of the characteristics of the industry and, consequently, the implementation of measures for the rational use of water. The objective of the study was to estimate water consumption in the production process of a beef slaughterhouse, with an average slaughter of 550 heads / day, located in the state of Rondônia, in the northern region of Brazil. Likewise, the industry's water supply sources have been identified. The industrial production process was described, as well as the points of water consumption of the sectors that compose it were presented and quantified. Water consumption was estimated for the main sectors of the production process, being carried out differently for the sectors provided and without hydrometers. For the first sectors of the production process (Slaughter, Bucharia, Triparia and Middles), water consumption was estimated using systematic data for reading water meters present in the referred sectors, analyzing them statistically. For seconds (Transport, Corral, Boning, Expedition-Shipment of Frozen Products, Expedition-Shipment of Meat with Bone, By-products and Leather Expedition), the estimate was made by quantifying equipment that required water, such as hoses and showers, as well as other characteristics that influenced water consumption in the sectors in question. The estimated total water consumption for the refrigerator's production process was 14,253.34 m³/month. The highest water consumption occurred in Curral and the lowest in the Leather Expedition sector. The estimated water consumption per slaughtered bovine was 996.74 l/ox. The results obtained intend to serve as a reference and also as a subsidy for the rational and strategic management of water for refrigeration industries located in the North region, as well as in other Brazilian regions.

Keywords: Water demand in industrial processes; Water quantification; Water use and management; Animal slaughter; Slaughterhouses.

Topic: **Engenharia de Recursos Hídricos**
Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Received: **12/04/2021**
Approved: **11/05/2021**

Margarita María Dueñas Orozco 
Universidade Federal de Rondônia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9621366740477954>
<http://orcid.org/0000-0002-9410-5617>
margarita.unir@gmail.com

Jéssica Gella De Oliveira
<http://lattes.cnpq.br/9527215512901065>
jessicagella@hotmail.com

Wekeclei Bianqui
<http://lattes.cnpq.br/5864544871364489>
engenheiro.bianchi@gmail.com

Nara Luisa Reis De Andrade 
Universidade Federal de Rondônia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1976520958836915>
<http://orcid.org/0000-0001-8602-6161>
naraluisar@unir.br

João Gilberto De Souza Ribeiro 
Universidade Federal de Rondônia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6369391054626318>
<http://orcid.org/0000-0003-4632-6893>
joao.gilberto@unir.br

Frederico Yuri Hanai
Universidade Federal de São Carlos, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7651828454575175>
fredyuri@ufscar.br



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.005.0022

Referencing this:

OROZCO, M. M. D.; OLIVEIRA, J. G.; ANDRADE, N. L. R.; RIBEIRO, J. G. S.; HANAI, F. Y.. Estimativa do consumo de água no processo produtivo de indústria frigorífica de bovinos em Ji-Paraná/Rondônia. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.12, n.5, p.243-258, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.005.0022>

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural de fundamental importância para a manutenção da vida na terra e para o desenvolvimento socioeconômico das cidades. Países privilegiados como o Brasil, que possui 12% de toda a água doce líquida existente no mundo (ANA, 2020; LIBÂNIO; 2010), também podem apresentar problemas de escassez de recursos hídricos. Estes problemas podem ser, em menor proporção, por causas naturais ou pelo consumo excessivo de água e contaminação das fontes hídricas (FRONZA, 2004; MIERZWA et al., 2005).

No cenário atual, o crescimento populacional acarreta no aumento da demanda de alimentos e produtos de origem industrial, intensificando a utilização dos recursos naturais, principalmente da água. Isto pode resultar no surgimento de conflitos entre os atores da sociedade em função dos usos múltiplos deste recurso, resultando numa disputa por uma quantidade cada vez mais limitada deste bem (MIERZWA, 2002). Segundo Tundisi (2006), as atividades antrópicas demandam grandes volumes de água, tendendo a aumentar nos próximos anos.

A água possui aplicação para consumo humano, atividades industriais, irrigação, geração de energia, transporte, aquicultura, preservação de flora e fauna, recreação, paisagismo e transporte e assimilação de poluentes (MIERZWA et al., 2005). Assim, o setor industrial é responsável por aproximadamente 19% do consumo mundial de água (FAO, 2014 citado por UNESCO, 2016). No Brasil, no ano de 2017, as atividades industriais representaram 8,8% do consumo de água por uso, após a irrigação (68,4%) e o abastecimento animal (10,8%) (ANA, 2019). A água é um insumo imprescindível no setor industrial, sendo que deve estar disponível em qualidade e quantidade necessárias para atender aos usos específicos, pois pode possuir diversos papéis na mesma indústria (MIERZWA et al., 2005).

Segundo Andrade et al. (1993), a água é de importância vital para as indústrias de alimentos, sendo utilizada para várias atividades, como: produção de vapor; lavagem de pisos e equipamentos; auxiliar de moagem de alguns produtos; branqueamento; preparo de xaropes e salmoura; resfriamento. O consumo, então, depende da natureza das matérias-primas, dos processos industriais, da qualidade da água requerida, do volume dos produtos produzidos e das condições locais. Castro (2006) afirma que os principais usos da água nas indústrias de alimentos são para higienização de animais (em abatedouros), nas instalações físicas e nos equipamentos.

Sendo assim, a minimização deste consumo depende do aprimoramento dos mecanismos de gestão, por meio do gerenciamento dos recursos hídricos e da aplicação de novas tecnologias, dentre outros. Tais necessidades de sistemas de controle, gestão e de tecnologias para uso racional da água são demandadas em muitos processos produtivos industriais e, dentre eles, também no processo de produção da carne bovina (TUNDISI, 2006). Desta maneira, o rebanho efetivo de bovinos brasileiro conta com importante representatividade, tendo sido, em 2019, o maior rebanho do mundo com 213,7 milhões de cabeças. No entanto, os Estados Unidos foi o maior produtor de carne com 17,3% da produção, seguido do Brasil com 14,8% (ABIEC, 2020).

Segundo Krieger (2007), os frigoríficos representam um ramo industrial bastante significativo no

Brasil. Nestes estabelecimentos há um alto consumo de água, dadas as práticas de higiene exigidas pelas autoridades sanitárias, resultando em elevados custos de aquisição do recurso hídrico e de energia elétrica para transportar a água nos pontos de demanda. O volume de água consumido em frigoríficos ocorre principalmente em função das práticas de lavagem e o maior consumo ocorre no abate. Além disso, os principais usos da água são para: consumo animal e lavagem dos animais; lavagem dos caminhões; lavagem de carcaças, vísceras e intestinos; movimentação de subprodutos e resíduos; limpeza e esterilização de máquinas e equipamentos; limpeza de pisos, paredes e bancadas; geração de vapor; e resfriamento de compressores (PACHECO et al., 2006).

Importante ressaltar que as normas de projeto das instalações de frigoríficos no Brasil são estabelecidas pelo Serviço de Inspeção Federal (SIF), pelas coordenadorias estaduais ou municipais de inspeção animal. Os estabelecimentos que seguem as normas de higiene e saúde do Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA) são certificados pelo SIF com um selo. As exigências são mais complexas em nível federal, pois somente um estabelecimento com SIF é habilitado para exportar produtos (SENAI, 2003; AMIGOS DA TERRA, 2013). Em relação ao abate de animais para exportação de carne, as exigências sanitárias são estabelecidas, também, pelo mercado comprador em questão (MAPA, 2006).

A qualidade da água utilizada em frigoríficos deve obedecer aos regulamentos sanitários do RIISPOA, que indicam o uso de água fresca e potável, com níveis mínimos de cloro livre residual, para praticamente todas as operações de lavagem e enxágue. Os padrões de higiene das autoridades sanitárias resultam no uso de grande quantidade de água e geração de efluentes (BRASIL, 2008; PACHECO et al., 2006). A compreensão da distribuição do consumo de água na indústria é de fundamental importância para o gerenciamento desse recurso nos processos produtivos. A partir da avaliação do consumo de água, os profissionais podem propor e implantar medidas para o uso racional da água, evitando perdas, desperdícios e minimizando o consumo deste recurso natural, trazendo assim, benefícios econômicos, sociais e ambientais para a indústria, para o meio ambiente e para a sociedade em geral (PACHECO et al., 2006).

Segundo Mierzwa (2002), o conhecimento das atividades realizadas nas indústrias desempenha um papel importante na realização do gerenciamento hídrico e de efluentes. Pois assim, realiza-se a identificação dos principais pontos de demanda de água, da qualidade e quantidade para cada tipo de utilização e também os pontos de captação e geração de efluentes da indústria. Como em várias indústrias de alimentos, os principais aspectos e impactos ambientais da indústria de carne e derivados estão relacionados a um elevado consumo de água, à geração de efluentes líquidos com alta carga orgânica e a um alto consumo de energia. Odor, resíduos sólidos e ruído também podem ser expressivos para algumas indústrias deste setor (MACÊDO et al., 2009).

Mediante o exposto, e pelo fato do estado de Rondônia possuir um rebanho efetivo significativo de bovinos de 9.827.017 de cabeças (5,7% do rebanho brasileiro) e Ji-Paraná, segundo maior município do estado, com 305.561 cabeças (IBGE, 2017), o presente estudo teve como objetivo estimar o consumo total

e individual de água no processo produtivo de uma indústria frigorífica em Ji-Paraná/Rondônia/Brasil.

METODOLOGIA

O frigorífico em estudo está localizado no município de Ji-Paraná, estado de Rondônia, Região Norte do Brasil. Na época de realização da pesquisa, o frigorífico contava com uma equipe de 429 funcionários, operava 07h20min por dia, com abatimento de e abatia uma média diária de 550 cabeças. Esta indústria possui certificação pelo SIF (Serviço de Inspeção Federal) e realizava exportações para Líbia, Arábia Saudita, Iraque e outros países.

Os métodos para a avaliação do consumo de água integraram os seguintes procedimentos de análise das atividades industriais, para maior eficácia (MIERZWA, 2002; MIERZWA et al., 2005; MARTINS, et al., 2006; KRIEGER, 2007; LUIZ, 2007): a) Avaliação dos processos industriais com base nos dados disponíveis na literatura; b) Levantamento de dados documentais: a análise documental foi realizada com base nos documentos existentes na indústria em estudo. Nessa etapa teve-se a compreensão das atividades praticadas por meio da reunião dos documentos e dados relacionados à captação, uso e geração de efluentes, qualidade e quantidade da água a ser utilizada, distribuição, dentre outras características. Exemplos de documentos existentes são: fluxogramas de processos; leituras de hidrômetros; contas de água e energia; rotinas operacionais; Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA); legislação vigente no setor; dentre outros; c) Levantamento de campo: nesta fase, foram realizadas visitas em campo acompanhadas por profissionais da indústria, para verificar se os dados obtidos no levantamento de dados documentais são plausíveis e determinar se ocorrem alterações nas atividades.

A metodologia para a coleta de dados documentais e dados em campo para estimar o consumo de água da indústria baseou-se principalmente nas técnicas adotadas por Mierzwa (2002), Mierzwa et al. (2005), Martins et al. (2006), Krieger (2007), Luiz (2007). Já a coleta de dados baseada no conhecimento dos funcionários do frigorífico, derivou-se da obra de Martini (2012). Realizou-se a coleta de dados documentais e dados em campo no período de maio a dezembro de 2013. O levantamento de dados documentais serviu para o conhecimento das atividades realizadas pela indústria e como avaliação preliminar do consumo de água nos setores estudados no frigorífico. O levantamento de dados em campo foi de fundamental importância para a compreensão do processo produtivo, identificação do uso da água nos setores estudados e estimativa do consumo de água.

A identificação das fontes de abastecimento de água da indústria ocorreu por intermédio de diálogos com funcionários, observações *in loco* e registros fotográficos. As fontes de abastecimento de água na indústria em estudo foram identificadas, determinando-se o número de fontes, as características que estas possuem e os tipos de captação que se realizam para cada uma delas. As contas de energia elétrica da indústria foram obtidas nas visitas realizadas durante a coleta de dados. Nestas contas de energia, consta o gasto relacionado com as fontes de abastecimento de forma individual.

A partir do PPRA (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais) e pelas visitas em campo foi

possível à obtenção de dados para a descrição e elaboração do fluxograma do processo produtivo do frigorífico, uma vez que a indústria não o possuía. O fluxograma do processo produtivo industrial foi elaborado por meio da ferramenta de colaboração visual *Lucidchart*. Esta ferramenta de diagramação com base em HTML5 torna a criação de fluxogramas, gráficos, tabelas, esquemas organizacionais mais rápidas e fáceis. Por intermédio de diálogos com funcionários, observações *in loco* e registros fotográficos foram obtidas informações sobre os pontos de consumo de água nos setores do processo produtivo do frigorífico e as atividades realizadas nos setores. Assim, foi quantificado o número de máquinas, pias, mangueiras e chuveiros presentes em cada setor.

Realizou-se a estimativa do consumo de água do processo produtivo do frigorífico por meio da média mensal de 12 meses de consumo de água, estimada nos setores desprovidos e providos de hidrômetros. Para os setores desprovidos de hidrômetros (transporte, curral, desossa, expedição - embarque de congelados, expedição - embarque de carne com osso, subprodutos, expedição de couro), foi realizado a estimativa do consumo médio mensal de água por meio do conhecimento dos usos da água na indústria. O consumo de água mensal foi determinado levando-se em consideração os principais usos da água nestes setores, que são: a higienização dos funcionários; a lavagem dos setores com mangueiras; a utilização de chuveiros. As equações para essas estimativas estão apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1: Equações utilizadas na estimativa do consumo de água.

Prática	Equação
Higienização dos funcionários	Consumo de água = número de funcionários x número de pausas periódicas x volume de água estimado (m ³ /lavagem de mãos e botas) x 26* (Equação 1)
Lavagem dos setores	Consumo de água = volume de água estimado (m ³ /lavagem) x 2 (número de lavagens/d) x 26* (Equação 2)
Uso dos chuveiros	Consumo de água = volume de água estimado (m ³ /chuveiro) x quantidade de chuveiros x 26* (Equação 3)

O símbolo (*) representa a quantidade de dias de funcionamento da indústria em um mês para o período considerado da pesquisa.

Realizou-se a estimativa do consumo de água por meio do conhecimento dos funcionários com relação aos volumes de água que são utilizados para a higienização de funcionários por lavagem de mãos e botas, levando em consideração as pausas periódicas diárias realizadas. Para as pausas periódicas dos funcionários, foi considerada a entrada e a saída dos funcionários, que ocorrem diariamente e dependem do setor no qual o funcionário trabalha. Logo, foi estimado o volume mensal por setor para esta prática.

O consumo de água estimado para lavagem dos setores por meio de mangueiras procedeu-se com o volume de água utilizado para cada lavagem de setor diariamente. Assim, considerou-se a vazão da mangueira, o tempo médio de lavagem e a dimensão do setor (baseando-se no conhecimento dos funcionários). Logo, a estimativa foi realizada para o consumo mensal de água.

A quantidade de chuveiros foi multiplicada pelo volume de água estimado utilizado em cada setor diariamente, considerando-se as características dos chuveiros e o tempo de uso dos mesmos. Assim, foi obtida a estimativa mensal de volume de água por setor.

Para a estimativa do consumo de água no Curral, setor que possui vários aspersores, considerou-se o dobro do consumo do setor do Abate (indicação do gestor ambiental da indústria). Assim, para o

Curral, foram estimados apenas o consumo de água na higienização dos funcionários e o consumo médio mensal do setor. Para o setor Transporte, a estimativa do consumo de água foi baseada no volume da caixa d'água, sendo utilizado o volume total da mesma diariamente para a lavagem dos veículos.

Na estimativa do consumo de água, as pias não foram consideradas, pois são utilizadas constantemente, praticamente a todo o momento nos setores e isto implicaria em um período de tempo maior para o estudo. Importante ressaltar que, como o frigorífico não funciona aos domingos, e portanto, levou-se em consideração a média de dias de funcionamento do mesmo, totalizando 26 dias por mês para o período da pesquisa.

A avaliação do consumo de água dos setores providos de hidrômetros foi realizada a partir da obtenção de dados de leitura dos hidrômetros por meio de sistema computadorizado. Considerou-se o período de um ano para análise dos dados, de setembro de 2012 a agosto de 2013. Os dados mensais de consumo de água dos setores foram tabulados em planilha Excel e trabalhados por meio de estatística descritiva e percentuais. Realizou-se a comparação entre os consumos dos setores para o período considerado.

Para a análise estatística, aplicada apenas aos dados dos setores providos de hidrômetros, foram utilizados os programas computacionais Excel 2010 e *Minitab Versão 16*. Foi realizada análise de variância para verificar diferenças entre as médias, com nível de significância de 0,05. Como esta análise mostra apenas se existe diferença entre as médias dos setores, mas não evidencia quais diferem entre si, foi necessário utilizar o teste de Tukey de comparações múltiplas entre médias para identificar quais médias são diferentes entre si. Finalmente, e de posse dos dados estimados nos setores providos e desprovidos de hidrômetros, a estimativa do consumo de água por bovino abatido foi realizada por meio da divisão do consumo mensal de água estimado para o processo produtivo pela média de animais abatidos por mês no período da pesquisa (EQUAÇÃO 4).

$$\frac{\text{Consumo de Água (L/Mês)}}{\text{Quantidade de Animais Abatidos (Bovinos/Mês)}} \quad (\text{Equação 1})$$

Os dados de consumo de água nos setores estudados foram comparados com estudos científicos análogos à temática tratada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fontes de abastecimento de água

Cada fonte de abastecimento de água do processo produtivo do frigorífico possui um conjunto moto-bomba para a captação de água. A água captada nas fontes de abastecimento é tratada na Estação de Tratamento de Água (ETA) e distribuída para o processo produtivo da indústria. Tem também uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), composta por unidades de tratamento preliminar, primário e secundário. Diariamente, a ETA distribui água para todo o processo produtivo industrial e são lançados na ETE cerca de 1.050.000 litros de efluentes líquidos por dia. Na Tabela 1 são apresentadas algumas características das fontes de abastecimento do frigorífico durante o período analisado.

Tabela 1: Características e custos mensais relacionados às fontes de abastecimento da indústria.

Fonte de abastecimento	Vazão recalçada pela bomba (m ³ /h)	Distância aproximada até a indústria (km)	Custo médio mensal (R\$)	Distribuição percentual do custo médio mensal (%)
Fonte 1 – Rio	104	1,7	7.106,46	64
Fonte 2 – Represa	42	1,5	160,50	1
Fonte 3 – Represa	78	1,0	3.837,83	35

Descrição do processo produtivo industrial e usos da água

Ainda que o processo produtivo das indústrias frigoríficas seja amplamente conhecido, descrevem-se, por setores, as especificidades do processo produtivo estudado, os usos da água, as máquinas e equipamentos e os resíduos gerados (Quadro 2), quesitos que podem influenciar no consumo de água.

Quadro 2: Setores do processo produtivo, fatores que influenciam os usos da água e resíduos gerados

Setor	Especificidade	Usos da água	Máquinas e equipamentos	Resíduos gerados
Transporte	- Realizado durante noite/madrugada	- Lavagem dos caminhões (Água proveniente da caixa de reaproveitamento das águas de descarte da ETA)	33 caminhões	- Pelos - Esterco - Urina
Curral	- 16 currais de espera - Dimensões de 30 e 50 m ² - Com inclinação - Período de espera de 12 horas	- Banho dos animais - Dieta hídrica - Lavagem de mãos e botas - Lavagem dos currais	1 sistema de aspersão 1 sistema de lavagem de mocotós	- Pelos - Esterco - Urina
Abate	- Atordoamento, - Sangria - Evisceração, corte e lavagem de carcaças	- Lavagem de carcaças - Lavagem de piso e equipamentos - Esterilização de utensílios - Lavagem da calha de sangria - Lavagem de mãos e botas - Lavagem de aventais - Bandeja de evisceração	1 pistola de ar comprimido 3 serras (para chifre, peito e carcaça) 1 rolete 1 bandeja	- Esterco - Sangue - Pelos - Vômito
Bucharia	- Bucharia suja - Bucharia limpa	- Lavagem dos buchos - Lavagem do piso e equipamentos - Lavagem de mãos e botas - Esterilização e lavagem de equipamentos	1 serra fita pequena 8 centrífugas 2 tanques	- Conteúdos gástricos
Tripária	- Tripas vendidas para a fabricação de fios cirúrgicos	- Lavagem das tripas - Lavagem do piso e equipamentos - Lavagem de mãos e botas - Esterilização e lavagem de utensílios	1 sistema de lavagem de tripas	- Fezes
Miúdos	- Embalagem dos miúdos - Desossa de cabeças	- Lavagem dos miúdos - Lavagem do piso e equipamentos - Lavagem de mãos e botas - Esterilização e lavagem de utensílios	3 centrífugas 2 balanças	- Efluente com característica gordurosa
Desossa	- Corte e desossa das carcaças em partes padronizadas	- Lavagem do piso e equipamentos - Lavagem de mãos e botas - Esterilização e lavagem de utensílios	1 máquina encolhedora 7 máquinas a vácuo 2 balanças	- Efluente com característica gordurosa

Do total de funcionários da indústria, 312 trabalham diretamente no processo produtivo. Dependendo do setor e das atividades inerentes, eles precisam fazer mais ou menos pausas periódicas diárias estabelecidas para sua saúde e segurança. Assim, esses colaboradores demandam água diariamente e influenciam no consumo deste recurso natural. O setor desossa com 119 funcionários é o mais representativo e influencia diretamente no consumo de água.

Importante ressaltar que os setores do processo produtivo da indústria possuem locais para a lavagem de mãos e botas e que a higienização dos funcionários é obrigatória antes da entrada e após a saída dos setores, para que não ocorra a contaminação dos produtos. Os setores também possuem pias, acionadas por meio de pedais, para a esterilização e lavagem de utensílios e equipamentos. A lavagem dos setores é realizada duas vezes ao dia pelos funcionários, e inclui a lavagem de pisos e paredes por meio de mangueiras. A temperatura da água utilizada para a lavagem e esterilização dos utensílios e equipamentos é 80°C. Os chuveiros existentes no processo produtivo são utilizados na lavagem de EPIs (Equipamentos de Proteção Individual), como aventais. A higienização dos funcionários, esterilização e lavagem de utensílios e equipamentos ocorre durante todos os dias de funcionamento da indústria. Desta maneira, constatou-se um total de 68 pias, 24 mangueiras e 20 chuveiros nos diversos setores do processo produtivo.

De acordo com os resultados expressados na Tabela 2, no Curral ocorre o maior consumo de água por lavagem de botas, totalizando 0,0025 m³ por lavagem realizada por funcionário, devido às numerosas etapas envolvidas neste setor. O maior consumo mensal de água nesta prática ocorreu no setor da Desossa, 25 m³ para a lavagem de botas e 12 m³ para a lavagem de mãos, devido a maior quantidade de funcionários que trabalham nestes setores, representando 37% e 40% do consumo de água para estas práticas, respectivamente.

Tratando-se do consumo de água na higienização dos funcionários de maneira geral, a Desossa é seguida dos setores Abate e Miúdos. Sendo estes setores os que possuem as maiores quantidades de funcionários no processo produtivo. Da mesma maneira, o setor Expedição de Couro foi responsável pelo menor consumo de água no processo produtivo industrial, demandando 0,42 m³/mês para a lavagem de botas e 0,21 m³/mês para a lavagem de mãos, representando apenas 2% de todo o consumo de água para a higienização dos funcionários.

O setor Miúdos possui a maior quantidade de chuveiros (10) e mangueiras (5). A maior quantidade de pias (41) encontra-se no setor Abate, devido às etapas existentes no setor. A quantidade total de pias é superior, pois estas são usadas constantemente na esterilização e lavagem de utensílios e equipamentos. Os setores Triparia e Miúdos apresentaram o maior consumo mensal de água, sendo ambos os volumes de 78 m³/mês. Estes setores foram seguidos da Bucharia, que apresentou consumo de água de 58 m³/mês. O consumo total de água estimado para o uso dos chuveiros foi de 231 m³/mês no frigorífico.

Para a lavagem dos setores, o Abate representa o maior consumo de água, devido às etapas envolvidas no setor, demandando o volume de 130 m³/mês. O Abate é seguido dos setores Desossa, Expedição – Embarque de Congelados e Expedição – Embarque de Carne com Osso, sendo que cada um consome 104 m³/mês de água mensalmente. Cada um dos setores Bucharia, Triparia e Expedição de

Couro representou apenas 4% de todo o consumo de água para a lavagem de setores. No entanto, o setor Abate apresentou o menor consumo de água para o uso dos chuveiros (2%).

Setores Desprovidos de Hidrômetros

Conforme apresentado na Tabela 2, o maior consumo na higienização dos funcionários ocorreu na Desossa, setor que possui a maior quantidade de funcionários. Os volumes mensais estimados foram de 25 m³ na lavagem de botas e 12 m³ na lavagem de mãos. Para as práticas de lavagem dos setores, o maior consumo de água ocorreu nos setores Desossa, Expedição – Embarque de Carne com Osso e Subprodutos, todos consumindo 104 m³/mês. Em relação ao uso de chuveiros, a Expedição de Couro apresentou o maior consumo de água por setor, sendo de 13 m³/mês. A Tabela 3 apresenta a estimativa do consumo médio mensal de água nos setores desprovidos de hidrômetros. Juntos, os setores desprovidos de hidrômetros consomem, em média, 6.755 m³ de água por mês.

Tabela 3: Estimativa do consumo mensal de água para os setores desprovidos de hidrômetros.

Setor	Consumo médio de água (m ³ /mês)	Distribuição percentual do consumo médio de água (%)
Transporte	1.105,00	16
Curral	5.186,04	77
Desossa	146,00	2
Expedição – Embarque de congelados	56,00	1
Expedição – Embarque de carne com osso	109,00	2
Subprodutos	112,00	2
Expedição de couro	40	0,01
TOTAL	6.755	100

Observa-se que o Curral consumiu 5.186,04 m³/mês, representando o maior consumo estimado, quando comparado com todos os outros setores. Sendo que este setor representou 77% de todo o consumo de água dos setores desprovidos de hidrômetros. O setor Expedição de Couro foi o menos representativo dentre os setores desprovidos de hidrômetros, sendo de 0,01%.

Como o setor Transporte consome 1.105 m³/mês de água, e levando em consideração a quantidade de caminhões e a média de 26 dias de funcionamento do frigorífico, o consumo estimado para a lavagem de cada caminhão foi de 1,28 m³.

Setores Providos de Hidrômetros

Todos os setores apresentaram o menor consumo de água em outubro de 2012, mês no qual foram abatidos 11.214 bovinos, sendo o menor número de abates realizados no período considerado. Assim, provavelmente foi consumido um volume menor de água nos setores, devido ao menor número de animais abatidos neste mês. Na Figura 2 é apresentada a quantidade de animais abatidos no período considerado.

O maior número de animais abatidos ocorreu no mês de julho de 2013, totalizando 16.086 bovinos. O setor Miúdos apresentou o maior consumo de água neste mês. Na Bucharia, o maior consumo ocorreu em dezembro de 2012, mês no qual foi abatida a segunda maior quantidade de animais. Os setores Abate e Triparia apresentaram maior consumo de água em junho de 2013, mês no qual foram

abatidos 14.568 bovinos, sendo este o período da seca na região.

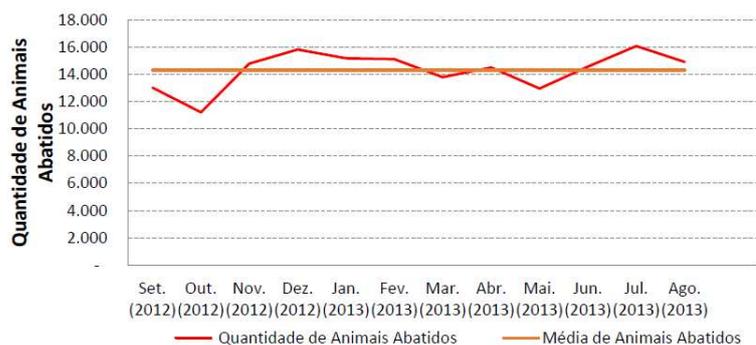


Figura 2: Quantidade de animais abatidos de setembro de 2012 a agosto de 2013.

Os maiores consumos de água não foram influenciados apenas pela quantidade de animais abatidos, havendo variações entre os setores. Desta forma, outros fatores podem ter influenciado no consumo de água dos setores, como o clima, uma vez que na região a temperatura é elevada, podendo resultar no maior consumo de água nas atividades realizadas nos setores estudados.

Os dados obtidos pelos hidrômetros atenderam aos pressupostos de homogeneidade de variância, independência e normalidade dos erros, com nível de significância de 0,05. Como os pressupostos foram atendidos, foi possível realizar a análise de variância para comparação das médias. O resultado evidenciou que existem diferenças altamente significativas entre as médias (p-valor <0,001). A Tabela 4 apresenta as estatísticas descritivas dos dados dos hidrômetros.

Tabela 4: Estatísticas descritivas dos dados dos hidrômetros, n=12.

Setor	Soma (m ³ /ano)	Consumo médio (m ³ /mês)	Consumo mínimo (m ³ /mês)	Consumo máximo (m ³ /mês)	Desvio padrão (m ³)
Abate	31.116,23	2.593,02	1.367,68	3.768,41	700,82
Bucharia	33.982,05	2.831,84	2.165,59	3.233,05	348,83
Tripária	16.250,31	1.354,19	957,93	1.585,40	183,96
Miúdos	9.109,61	759,13	440,2726	1.008,01	155,55
TOTAL	90.458,19	7.538,18	4.931,47	9.594,88	

Para o consumo de água anual em cada setor, o maior consumo ocorreu na Bucharia, com 33.982,05 m³ consumidos no período estudado, seguida dos setores Abate, Tripária e Miúdos, respectivamente. O maior consumo máximo mensal de água ocorreu no Abate, seguido da Bucharia, Tripária e Miúdos. O maior consumo mínimo mensal de água ocorreu na Bucharia, seguido dos setores Abate, Tripária e Miúdos.

Pelo teste de Tukey, cujos resultados estão discriminados na Tabela 5, foi observado que as maiores médias de consumo de água ocorreram na Bucharia, com um consumo médio de 2.831,84 (±221,64) m³ de água e para o Abate 2.593,02 (±445,28) m³. Os quatro setores providos de hidrômetros juntos consumiram, em média, 7.538,18 m³ de água por mês.

Pelo teste de Tukey, as médias do consumo de água dos setores Abate e Bucharia não diferem entre si, porém, diferem das médias dos consumos dos outros setores. Assim, recompilando as estimativas e cálculos do consumo de água dos setores sem hidrômetro e com hidrômetro do processo produtivo do frigorífico em estudo, foi estimado o consumo de água em **14.253,34 m³/mês**, conforme

apresentado na Tabela 6.

Tabela 5: Estatísticas da análise de variância com teste de comparação de médias pelo método de Tukey.

Setor	Média (l)	Intervalo de confiança (95%)
Abate	2593,02a	±445,28
Bucharia	2831,84a	±221,64
Tripária	1354,19b	±116,88
Miúdos	759,13c	±98,82
Total	7.538,18	-

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Tabela 6: Consumo médio mensal de água estimado para o processo produtivo do frigorífico estudado.

Setor	Consumo médio de água (m ³ /mês)	Porcentagem (%)	Posição
A Transporte	1.105,01	7,73	5
B Curral	5.186,04	36,28	1
C Abate	2.593,02	18,14	3
D Bucharia	2.831,84	19,81	2
E Tripária	1.354,19	9,47	4
F Miúdos	759,13	5,31	6
G Desossa	146	1,02	7
H Expedição – Embarque congelados	56	0,39	10
I Expedição – Embarque carne com osso	109	0,76	9
J Subprodutos	112	0,79	8
K Expedição de couro	40	0,28	11
TOTAL	14.253,34	100	-

Os dados de leitura dos hidrômetros foram relacionados com a quantidade de animais abatidos neste mesmo período. Os resultados indicam que o menor consumo de água em todos os setores ocorreu em outubro, mês no qual foi abatido o menor número de bovinos. Do consumo de água total estimado para o processo produtivo do frigorífico, os setores providos de hidrômetros representaram 52,73% do consumo de água estimado no processo produtivo, enquanto que os setores desprovidos atingiram 47,27%.

O maior volume de água consumida ocorreu no Curral, seguido dos setores Bucharia, Abate, Tripária, Transporte e Miúdos. O consumo de água do Curral foi o dobro do Abate. O menor consumo de água ocorreu no setor Expedição de Couro, provavelmente em função da menor quantidade de funcionários, bem como as atividades realizadas no setor. O volume médio estimado por animal abatido foi de 996,74 litros.

O setor Curral, apresentou consumo de água elevado quando comparado aos outros setores do processo produtivo e distribuição percentual superior quando comparado com dados disponíveis em literatura, tal como apresentado na Tabela 7.

Tabela 7: Comparação do consumo de água estudo de caso - literatura.

Etapa/setor	Frigorífico estudado (%)	Literatura (%)
Recepção/Curral	36,28	7-22
Abate/Evisceração/Desossa	19,16	44-60
Tripária/Bucharia	29,28	9-20
Graxaria	0,76	2-8

Fonte: UNEP et al. (2000, citado por PACHECO et al., 2006).

Possivelmente foi superestimado o consumo de água no curral devido a se considerar nas estimativas o dobro do consumo do abate (ainda o setor possuindo 1 sistema de aspersão de água e 1 sistema de lavagens de mocotós, os quais foram excluídos das estimativas devido às suas complexidades).

Importante mencionar que o frigorífico possui 16 currais de espera com dimensões entre 30 e 50 m². No entanto, cabe destacar que o frigorífico encontra-se numa região que apresenta clima caracterizado como Aw (tropical-quente-úmido), com registros de temperatura máxima absoluta com média de 35,7 °C e extremo em 38 °C no ano de 2010 (SEDAM, 2012), fato que pode incidir em alta evaporação e maior consumo.

De acordo com Pacheco et al. (2006), as etapas de abate, evisceração e processamento das vísceras são responsáveis pelo maior consumo de água em frigoríficos de bovinos, sendo utilizada principalmente para limpeza dos produtos e dos locais de processamento. A Tabela 8 mostra a relação de alguns dados apresentados em estudo realizado por Forlani, Medeiros e Léo (2004) para um frigorífico de bovinos com abate médio de 600 cabeças por dia no estado de São Paulo.

Tabela 8: Comparação dos resultados obtidos com dados disponíveis em literatura.

Uso	Consumo de água no frigorífico estudado (m ³ /mês)	Consumo de água disponível na literatura (m ³ /mês)
Lavagem de bueiros e tripas	153,69	108,10
Lavagem de caminhões	42,37	12,50

O volume de água consumido diariamente nas práticas de lavagem de bueiros e tripas no frigorífico estudado apresentou-se acima do volume obtido por Forlani et al. (2004), assim como a lavagem de caminhões. Provavelmente esta variação ocorreu devido às características da região na qual o frigorífico estudado está localizado e as práticas operacionais da indústria.

O consumo individual estimado, como supracitado, foi de 996,74 litros. Este valor obtido foi comparado com o consumo de água em matadouros que estipula um valor entre 600 e 800 litros por animal (BNB, 1999), assim como com valor estimado de 2.200 litros por cabeça (FORLANI et al., 2004; DORNELLES, 2009). Desta maneira, o resultado obtido apresentou variações quando comparado com dados disponíveis em literatura. Isto pode ter ocorrido devido ao estudo ter estimado o consumo de água dos principais setores do processo produtivo e pontos de consumo, bem como a influência do clima da região em que a indústria se localiza, as práticas operacionais, cultura da indústria e conscientização dos funcionários.

Quando comparado com o consumo de água de 1.500 L/boi que o Frigorífico pesquisado já possuía, em estudo realizado em 2009 pela própria indústria, o valor obtido de 996,74 L/boi apresenta-se inferior demonstrando que a empresa tem reduzido o consumo de água. Segundo Krieger (2007), o consumo total de água por animal abatido é variável entre as indústrias frigoríficas, pois o volume consumido depende do tipo de animal abatido, das instalações do estabelecimento, das técnicas utilizadas e do processo operacional. Em função dessa variação, a comparação do consumo de água entre indústrias é dificultada, no entanto, necessária.

O consumo de água em indústrias alimentícias é elevado, com destaque para os matadouros e laticínios, onde os matadouros consomem de 4.000 a 10.000 L por tonelada de produto produzido e os laticínios 12.200 L por tonelada de produto produzido, em matadouros dos Estados Unidos e em Laticínios do Canadá, respectivamente (MIERZWA et al., 2005). Assim, estes setores industriais apresentam

representatividade quando se trata do consumo deste recurso natural, sendo que na região em estudo, frigoríficos e laticínios são indústrias bastante expressivas na economia local.

Em relação ao consumo de água, os processos produtivos industriais recebem influência direta das características das regiões em que estão localizados, tais como: o clima; disponibilidade de água; nível de desenvolvimento tecnológico; práticas de gerenciamento; custos; grau de conscientização ambiental em relação ao uso da água. Desta forma, há variações quando esses dados são comparados com os já existentes em literatura (MIERZWA et al., 2005; PACHECO, 2010).

A Tabela 9 apresenta algumas características gerais em relação ao consumo de água em indústrias frigoríficas e abatedouros, onde cerca de 50% a 70% da água utilizada possui o uso dependente de práticas de operações, tais como limpezas e lavagens dos animais, produtos e higienização.

Tabela 9: Características gerais de consumo de água em indústrias frigoríficas.

Característica	Quantidade (%)
Água aquecida ou quente (40 a 85º C)	40 – 50
Uso fixo (independente da produção)	Cerca de 50
Uso dependente de práticas e operações (limpezas e lavagens dos animais, produtos e higienização)	50 – 70

Fonte: UNEP et al. (2002, citado por PACHECO et al., 2006).

Segundo Pacheco et al. (2006), quantificar o consumo de água na indústria é o primeiro passo para a implantação de estratégias de uso racional. É aconselhado que os indicadores de consumo de água, como o consumo de água por cabeça e consumo de água por tonelada de produto sejam medidos constantemente.

CONCLUSÕES

O alto consumo hídrico nos frigoríficos, dadas às práticas sanitárias e de higiene impostas, exige a necessidade de compreensão dos diversos usos da água nos setores produtivos deste ramo industrial, a fim de viabilizar o monitoramento, controle e gestão racional dos recursos hídricos. Para a estimativa do consumo de água no frigorífico estudado, foi necessário o conhecimento das características da indústria, como processo produtivo, fontes de abastecimento e usos da água. Este conhecimento permitiu estimar o volume de água consumido nos diferentes equipamentos, para a obtenção de um valor aproximado do volume de água utilizado no processo produtivo industrial.

Foram estudados os principais setores que fazem parte do processo produtivo do frigorífico, assim como se procedeu a elaboração do fluxograma com os setores que o compõem e também o conhecimento dos usos da água. Os principais usos da água no processo produtivo do frigorífico são as práticas de lavagem dos setores, produtos e higienização dos funcionários. A avaliação do consumo de água nos setores providos de hidrômetros ocorreu a partir da leitura dos dados dos hidrômetros para o período de um ano. A análise estatística destes dados indicou que o Abate e a Bucharria possuem as maiores médias de consumo de água e que estas não diferem entre si pelo teste de Tukey.

A estimativa do consumo de água no frigorífico, por meio do estudo realizado, torna-se de grande

importância para viabilizar o melhor gerenciamento dos recursos hídricos nos diversos setores do frigorífico (nos principais pontos de consumo), considerando as tipologias de utilização, a fim de viabilizar a proposição e a adoção de medidas de uso racional, monitoramento da quantidade, controle de perdas e implementação de iniciativas para minimização dos desperdícios da água.

Os procedimentos adotados, os resultados e as discussões do trabalho servem como subsídios para novas iniciativas em outros frigoríficos com condições semelhantes no Brasil, visando conceber, desenvolver e/ou aprimorar ações de gestão sustentável da água, por meio da aplicação de novas tecnologias, instrumentos, mecanismos, práticas, técnicas e inovações, visando à potencialização de diversos benefícios econômicos e ambientais.

REFERÊNCIAS

ABIEC. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. **Beef REPORT: perfil da pecuária no Brasil 2020**. ABIEC, 2020.

AMIGOS DA TERRA. Amazônia Brasileira. **Radiografia da carne no Brasil**. 2013.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil**. Brasília: ANA, 2019.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Panorama da água: Quantidade de água**. Brasília: ANA, 2020.

ANDRADE, N. J.; MARTYN, M. E. L.. **A água na indústria de alimentos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1993.

BNB. Banco do Nordeste. **Manual de impactos ambientais: orientações básicas sobre aspectos ambientais de atividades produtivas**. Fortaleza: BNB, 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA)**. Brasília, 2008.

CASTRO, V. G.. **Utilização da Água da Indústria de Alimentos**. Monografia (Bacharelado em Gestão Ambiental) - Universidade Castelo Branco, São Paulo, 2006.

FORLANI, J. P. M.; MEDEIROS, M.; LÉO, L. F. R. O.. **Potencial de Reuso de Água: (Efluentes Tratados) em um Matadouro-Frigorífico**. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 1. **Anais**. São Carlos, 2004.

FRONZA, N.. **Estudos das potencialidades do reuso de água em uma indústria frigorífica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

GOOGLE CHROME. **Aplicativo Lucidchart Diagramação**. 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agro 2017: bovinos Rondônia**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agro 2017: cartograma - Bovinos de Rondônia por Efetivo do rebanho – Ji-Paraná**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

KRIEGER, E. I. F.. **Avaliação do Consumo de Água, racionalização do uso e reuso do efluente líquido de frigorífico de suínas na busca sustentabilidade socioambiental da empresa**. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

LIBÂNIO, M.. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas: Átomo, 2010.

LUIZ, D. L.. **Gerenciamento Hídrico em Frigorífico**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MACÊDO, J. S. R.. **Avaliação dos aspectos e condições ambientais no funcionamento de um frigorífico em Teresina – PI**. In: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE E NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 4. **Anais**. Belém, 2009.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cartilha do novo serviço de rastreabilidade da cadeia produtiva de bovinos e bubalinos-SISBOV**. Brasília, 2006.

MARTINI, C. A.. **Modelo de Gestão Ambiental: estudo de caso em triparia no sudoeste do Paraná**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2012.

MARTINS, M. V. L.; ASTORGA, O. A. M.; SILVEIRA, J. L.. **Conservação de Água na Indústria**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE COOPERAÇÃO INDÚSTRIA, 1. **Anais**. Ubatuba, 2006.

MIERZWA, J. C.. **O uso racional e o reuso como ferramenta para o gerenciamento de águas e efluentes na indústria - estudo de caso da Kodak Brasileira**. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

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

PACHECO, J. W.; YAMANAKA, H. T.. **Guia técnico ambiental de abates (bovino e suíno)**. CETESB, 2006.

PACHECO, J. W. F.. **Gestão de Água na Indústria de**

Curtumes do Estado de São Paulo: um Diagnóstico Sob os Princípios da Produção Mais Limpa. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) - Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2010.

SEDAM. Secretaria do Estado do Desenvolvimento Ambiental. **Boletim Climatológico de Rondônia**, 2012.

SENAI. Serviço Nacional Da Indústria. **Princípios Básicos de Produção Mais Limpa em Matadouros Frigoríficos**. Porto Alegre, 2003.

TUNDISI, J. G.. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. **Rev. USP**, n.70, p.24-35, 2006.

UNESCO. **El agua y el empleo – Cifras y datos**. Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo. UNESCO, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1080/00431672.1959.9926960>

ZEN, S.; IGUMA, M. D.; ORTELAN, C. B.; SANTOS, V. H. S.; FELLI, C. B.. **Evolução da avicultura no Brasil**. Piracicaba: Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – CEPEA, 2014.

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustenere Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.