

Concórdia, SC / Abril, 2026

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

Determinação dos principais parâmetros de qualidade de água para reúso em agroindústria de abate e processamento de aves - estudo de caso

Fabiane Goldschmidt Antes⁽¹⁾, Arlei Coldebella⁽²⁾, William Michelin⁽³⁾, Luizinho Caron⁽²⁾, Raquel Rebelatto⁽¹⁾, Daiane Voss Rech⁽¹⁾, Adriana Queiroz de Oliveira⁽⁴⁾, Adriana Figueiredo da Silva⁽⁵⁾, Cristiane Bertoldi⁽⁶⁾, Francisco Marcon Frick⁽⁷⁾, Juliana Ribeiro Silva Abrahao⁽⁸⁾, Luciana Cristina de Souza Mena⁽⁹⁾, Jonatas Alves⁽³⁾, Airton Kunz⁽²⁾ e Alexandre Matthiensen⁽²⁾

⁽¹⁾Analista, Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC. ⁽²⁾Pesquisador, Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC. ⁽³⁾Bolsista de Incentivo à Pesquisa e Inovação na Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC. ⁽⁴⁾Especialista Assuntos Regulatórios, MBRF, Jundiá-SP. ⁽⁵⁾Especialista de Qualidade, MBRF SA, Jundiá, SP. ⁽⁶⁾Gerente de Meio Ambiente, MBRF SA, Marau, RS. ⁽⁷⁾Especialista CIEX Meio Ambiente, MBRF, Curitiba, PR. ⁽⁸⁾Especialista Ambiental, Banvit, Bandirma-Turquia. ⁽⁹⁾Consultora de Assuntos Regulatórios e Científicos, MBRF SA, São Paulo, SP.

Introdução

Os setores agropecuário e agroindustrial de produção e processamento de proteína animal demandam elevados volumes de água, seja para a criação dos animais (granjas), ou para o processamento e industrialização dos alimentos. O volume de água utilizado na indústria de abate e processamento de aves é considerado alto em função do processo produtivo, sendo de 15,8 L kg⁻¹ de frango, considerando a produção e o processamento em planta frigorífica (Miele *et al.*, 2010). Este volume permite estimar uma demanda hídrica de 471.600 m³ dia⁻¹ apenas para o setor da avicultura nos estados da Região Sul do Brasil (Matthiensen *et al.*, 2022). Em uma publicação mais recente (Dal Pai, 2023), o volume de água no frigorífico foi estimado em 16,03 L kg⁻¹, portanto bastante próximo do valor apresentado por Miele *et al.* (2010), acima mencionado.

Para atender a esta demanda hídrica, muitas unidades de abate e processamento de aves fazem captação de água superficial a qual passa por tratamento para atingir padrões de potabilidade (Brasil, 2021a) antes de ser incorporada nos processos produtivos. Grande parte do volume de

água consumido na indústria é destinado a garantir as condições sanitárias requeridas das etapas do processo, além da utilização para a limpeza das instalações e equipamentos, gerando um elevado volume de efluentes. Após passar por tratamento, em geral, este efluente é lançado a jusante do mesmo corpo hídrico onde a água é captada. Uma prática que pode conferir resiliência hídrica e sustentabilidade ao sistema é destinar a água residuária do processo de tratamento de efluentes para ser usada em alguma etapa do processo produtivo dentro da indústria (reúso direto planejado), respeitando-se as premissas da qualidade da água em função do seu uso e as regulamentações setoriais, em atendimento à legislação brasileira (Brasil, 2017; Brasil, 2020; Brasil, 2021a).

O conceito de reúso direto de água tende a contribuir com a redução da demanda hídrica, otimizando o tratamento dos efluentes, reduzindo a captação de fontes naturais, com conseqüente redução do volume de efluentes. O uso racional da água na planta frigorífica é uma ação de pró-atividade no enfrentamento dos períodos de estiagens, o que é particularmente importante, na Região Sul do Brasil, que tem sido impactada por longos períodos de

escassez hídrica. Além disso, reduz os custos com infraestrutura e transporte de água nos casos em que as fontes de água disponíveis se encontram a grandes distâncias da planta frigorífica.

A qualidade da água para o reúso deverá ser adaptada ao propósito ao qual se destina (Venturini *et al.*, 2024); para os processos agroindustriais, quando houver contato direto ou indireto com o alimento, a água utilizada deverá atender aos padrões de potabilidade da água para consumo humano, conforme rege a Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021 (Brasil, 2021a).

Os efluentes gerados na indústria de alimentos precisam passar por um processo de tratamento antes da sua disposição final em corpo hídrico. Para tanto, devem atender aos padrões de lançamento de efluentes de acordo com a Resolução CONAMA 430, de 13 de maio de 2011 (Conselho Nacional de Meio Ambiente, 2011) ou normativas estaduais mais restritivas. De modo geral, as condições para a destinação final do efluente tratado devem assegurar que o corpo hídrico receptor mantenha as suas características físico-químicas e microbiológicas preservadas. O Artigo 2º da Resolução nº 54 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), de 28 de novembro de 2005, estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais à prática de reúso direto de água não-potável. Essa resolução define água de reúso como a água residuária que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas. Esta mesma resolução define água residuária como esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não; e reúso de água como a utilização dessa água residuária (Brasil, 2006).

Apesar das vantagens do reúso de água, há ainda uma relutância ao se tratar do assunto reúso de água residuária, principalmente em atividades que envolvam a produção de alimentos. De fato, não existe no Brasil uma legislação específica para este fim. Em 2021 foi publicada a Resolução CONAMA nº 503, que define critérios e procedimentos para o reúso não potável em sistemas de fertirrigação de efluentes provenientes de indústrias de alimentos, bebidas, laticínios, frigoríficos e graxarias (Conselho Nacional de Meio Ambiente, 2021). Algumas legislações estaduais também foram criadas (Mato Grosso do Sul, 2022; Paraná, 2023), permitindo o reúso de água, sendo na maioria para fins de irrigação paisagística, fertirrigação e limpeza pública,

com estabelecimento de critérios de qualidade para cada caso (Santos e Lima, 2022).

Avaliar opções e possibilidades de reúso de água na agroindústria de alimentos é uma premissa que vai ao encontro dos Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas, formada por 193 países, entre eles o Brasil, proposto em 2015 (Grupo de trabalho da Agenda 2030, 2026). O ODS 6 – Água potável e Saneamento prevê nas metas 6.3: Até 2030, melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura globalmente e 6.4: Até 2030, aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores e assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para enfrentar a escassez de água, e reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez de água. Percebe-se que buscar alternativas de reúso de água vai ao encontro de metas internacionais estabelecidas pelos países integrantes da Agenda 2030.

Para auxiliar na tomada de decisão em relação ao reúso de água é importante avaliar cada situação, considerando as características físico-químicas e microbiológicas da água residuária para definição de sua aplicação, levando em conta a avaliação de risco em função do uso pretendido. A principal premissa para o reúso de água deve ser que a qualidade da água, após o tratamento utilizado, atenda aos requisitos necessários à aplicação pretendida, assim como para a água captada de qualquer outra fonte (Matthiensen *et al.*, 2024). Portanto, entende-se que a decisão sobre a adoção de reúso de água, incluindo fins potáveis na agroindústria de alimentos (como, por exemplo, processo de abate, higienização e processamento) deve ser embasada na análise da composição da água residuária após o seu tratamento. Para essa condição, os parâmetros considerados são os mesmos indicados para o controle de qualidade pela Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021 (Brasil, 2021a). Devem ser ainda observados os parâmetros físico-químicos e microbiológicos estabelecidos na Resolução CONAMA nº 430/2011 (dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores) (Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2011).

Para avaliar a possibilidade de reúso de água residuária tratada (ART) de uma agroindústria de abate e processamento industrial de aves, foram coletadas e analisadas amostras de água *in natura*, chamada de água bruta (AB) captada de rio e também analisadas amostras da ART. Para avaliar a possibilidade de recirculação parcial da ART foram feitas misturas entre a ART e a AB, nas proporções de 5, 15 e 30% de ART, respectivamente, e seus parâmetros de qualidade foram comparados. Estas proporções foram escolhidas a fim de se fazer um estudo preditivo de viabilidade teórica da prática de reúso e também foram consideradas a realidade e condições técnicas da planta frigorífica avaliada, simulando três cenários:

1. Reúso de 5% da ART;
2. Reúso de 15% da ART;
3. Reúso de 30% da ART.

Materiais e Métodos

Amostras e parâmetros analíticos avaliados

O estudo foi realizado com amostras de uma planta frigorífica de abate e processamento de aves da Região Oeste de Santa Catarina. Foram

avaliados diversos parâmetros (Tabela 1) em amostras de AB (captação de rio) e ART, coletadas na saída da estação de tratamento de efluentes (ETE). As amostras foram coletadas semanalmente no período de agosto de 2022 a julho de 2023 e quinzenalmente entre agosto de 2023 e maio de 2024, totalizando 60 coletas, respeitando, portanto, as quatro estações do ano. Foram utilizados frascos de polipropileno e as amostras foram acondicionadas sob refrigeração (4 °C) e encaminhadas à Embrapa Suínos e Aves (Concórdia, SC), onde foram analisadas.

Simulação de padrões de qualidade através de mistura entre AB e ART

Em complemento ao estudo, no período de junho de 2023 a maio de 2024 foi realizado experimento de mistura de ART e AB, considerando três proporções de mistura: 5%, 15% e 30% de ART com 95%, 85% e 70% de AB, respectivamente. As misturas foram preparadas no Laboratório de Análises Físico-Químicas da Embrapa Suínos e Aves, em condições assépticas.

Parâmetros analíticos avaliados

Todas as amostras foram analisadas de acordo com os parâmetros e os respectivos métodos que estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos e microbiológicos e métodos analíticos empregados para a análise das amostras de água e efluente coletados na agroindústria de abate e processamento de aves.

Parâmetro físico-químico	Método analítico
Al	Decomposição via seca e quantificação por ICP OES ⁽¹⁾
Alcalinidade	Método titrimétrico, titulação com ácido sulfúrico 0,05 mol L ⁻¹
Ca	Decomposição via seca e quantificação por ICP OES ⁽¹⁾
Fe	Decomposição via seca e quantificação por ICP OES ⁽¹⁾
Mg	Decomposição via seca e quantificação por ICP OES ⁽¹⁾
Mn	Decomposição via seca e quantificação por ICP OES ⁽¹⁾
N-NH ₄ ⁺	Espectrofotometria, FIA ⁽²⁾
N-NO ₂ ⁻ e N-NO ₃ ⁻	Espectrofotometria, FIA ⁽²⁾
Na	Decomposição via seca e quantificação por ICP OES ⁽¹⁾
P	Decomposição via seca e quantificação por espectrofotometria
P-PO ₄ ³⁻ e S-SO ₄ ²⁻	Cromatografia de íons com detector por condutividade iônica
SDT, SDF, SDV ⁽³⁾	Gravimetria; filtração das amostras em filtro de fibra de vidro 0,60 µm
SST, SSF, SSV ⁽⁴⁾	Gravimetria
Si	Decomposição via seca e quantificação por ICP OES ⁽¹⁾

Parâmetro físico-químico	Método analítico
Microbiológicos	
<i>Clostridium perfringens</i>	Laboratório de Diagnóstico CEDISA ⁽⁵⁾ - Método interno
Coliformes totais	Método <i>Colilert</i> IDEXX® conforme recomendações do fabricante
Coliformes fecais (<i>E. coli</i>)	Método <i>Colilert</i> IDEXX® conforme recomendações do fabricante
<i>Salmonella</i>	Laboratório de Diagnóstico CEDISA - Método interno
Vírus de Gumboro	Extração do RNA/DNA com kit comercial seguido de análise por qPCR ⁽⁶⁾ ou qRT-PCR ⁽⁶⁾
Adenovírus	Extração do RNA/DNA com kit comercial seguido de análise por qPCR ⁽⁶⁾ ou qRT-PCR ⁽⁶⁾

⁽¹⁾ICP OES: espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado, do inglês *Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry*.

⁽²⁾FIA: análise por injeção em fluxo, do inglês *Flow Injection Analysis*.

⁽³⁾Sólidos dissolvidos totais, fixos e voláteis.

⁽⁴⁾Sólidos sedimentáveis totais, fixos e voláteis

⁽⁵⁾Centro de Diagnóstico de Sanidade Animal

⁽⁶⁾qPCR: reação em cadeia da polimerase em tempo real; qRT-PCR: reação em cadeia da polimerase por transcriptase reversa em tempo real.

Análise estatística

Para comparar os dados das variáveis quantitativas em função dos pontos de coleta aplicou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. O teste Exato de Fisher foi utilizado para avaliar o efeito do ponto de coleta sobre a presença dos microrganismos avaliados no estudo.

No estudo complementar da mistura de AB com ART foi aplicado o teste de aderência de χ^2 para avaliar se os resultados obtidos para a mistura (valores observados) correspondiam à proporção teórica de AB e ART (valores esperados). A variação média das variáveis quantitativas nas diferentes proporções de mistura foi avaliada através do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, seguido de Dunn. Os dados obtidos para a mistura foram também comparados com o valor máximo obtido na AB, para verificar quais variáveis seriam mais limitantes para se trabalhar o reúso de água nas misturas de AB e ART que foram propostas. Todas as análises estatísticas foram realizadas em ambiente R (R Core Team, 2025) e através dos procedimentos NPAR1WAY e FREQ do software SAS (2012).

Resultados e Discussão

Comparação entre AB e ART

O experimento realizado e apresentado neste documento foi definido a fim de avaliar se havia a possibilidade de adotar a prática de reúso, através de recirculação, da ART na planta frigorífica. Considerando que esta possui uma unidade de tratamento da água captada (AB), era necessário estudar se a unidade de tratamento seria capaz de atingir os padrões de potabilidade caso a prática de reúso da ART fosse implantada. Para isso, foram escolhidos três cenários para simulação:

1. Reúso de 5% da ART;
2. Reúso de 15% da ART;
3. Reúso de 30% da ART.

Estes cenários foram escolhidos aleatoriamente, porém considerando situações de reúso que seriam possíveis de implantar na planta frigorífica em estudo.

As médias e variabilidade (erro padrão) dos parâmetros analíticos estudados foram avaliados para a AB (41 amostras) e ART (30 amostras) e são apresentados na Tabela 2. Como mencionado anteriormente, o objetivo desta avaliação foi compreender o quanto as características da ART se aproximam das características da AB e com isso avaliar se o sistema de tratamento da AB existente na planta frigorífica possibilitaria a mistura da ART e em qual

Tabela 2. Médias e erros padrão das variáveis avaliadas em função do ponto de coleta e nível descritivo de probabilidade do teste de Kruskal-Wallis para comparar os pontos de coleta.

Parâmetro físico-químico	Ponto de coleta		Diferença (%)	Pr> χ^2 ⁽¹⁾
	ART	AB		
Al (mg L ⁻¹)	0,58 ± 0,08	2,05 ± 0,22	-71,49	<0,0001
Alcalinidade (mg CaCO ₃ L ⁻¹)	45,2 ± 7,9	45,7 ± 19,50	-1,05	0,2921
Ca (mg/L)	5,86 ± 0,60	4,19 ± 0,16	40,01	0,0478
<i>Clostridium perfringens</i> (UFC 100 mL ⁻¹)	3,83 ± 1,67	1,23 ± 0,16	212,46	0,0504
Coliformes totais (NMP 100 mL ⁻¹)	171064 ± 474	29727 ± 65	475,45	0,0004
<i>E. coli</i> (NMP 100 mL ⁻¹)	1072 ± 2	1556 ± 3,00	-31,09	0,4684
Fe (mg L ⁻¹)	0,17 ± 0,03	1,82 ± 0,23	-90,33	<0,0001
Mg (mg L ⁻¹)	3,09 ± 0,45	1,67 ± 0,08	83,04	0,0914
Mn (mg L ⁻¹)	0,042 ± 0,007	0,17 ± 0,09	-75,12	0,0241
N-NH ₄ ⁺ (mg L ⁻¹)	5,80 ± 1,61	0,49 ± 0,01	1.085,64	<0,0001
N-NO ₂ ⁻ (mg L ⁻¹)	0,37 ± 0,16	0,062 ± 0,01	497,61	0,0358
N-NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	6,81 ± 2,40	1,02 ± 0,08	566,10	0,0009
Na (mg L ⁻¹)	29,2 ± 5,1	3,10 ± 0,35	840,11	<0,0001
P-PO ₄ ³⁻ (mg L ⁻¹)	1,31 ± 0,35	0,12 ± 0,05	955,70	0,0077
SDF (mg L ⁻¹)	2,87 ± 2,73	0,056 ± 0,012	5.038,71	0,0094
SDT (mg L ⁻¹)	3,04 ± 2,73	0,093 ± 0,012	3.155,10	0,0012
SDV (mg L ⁻¹)	0,17 ± 0,04	0,039 ± 0,005	346,70	0,0115
SO ₄ (mg L ⁻¹)	3,22 ± 0,56	0,584 ± 0,153	451,31	<,0001
SSF (mg L ⁻¹)	0,13 ± 0,02	2,141 ± 1,827	-93,82	0,0760
SST (mg L ⁻¹)	0,34 ± 0,05	4,947 ± 2,503	-93,16	0,0267
SSV (mg L ⁻¹)	0,207 ± 0,040	2,788 ± 1,295	-92,58	0,0211
Si (mg L ⁻¹)	1,35 ± 0,17	1,39 ± 0,12	-3,27	0,5145

⁽¹⁾Nível descritivo de probabilidade do teste de Kruskal-Wallis.

proporção, sem comprometer a qualidade da água tratada de acordo com os padrões de potabilidade adotados.

Observa-se que, para a maioria dos parâmetros analíticos, existe diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os pontos de coleta, sendo que para Al, alcalinidade, *E. coli*, Fe, Mn, SSF, SST, SSV e Si o valor médio obtido para AB foi superior ao da ART. Nos demais casos, onde houve diferenças significativas, os valores médios obtidos para a ART foram maiores do que os obtidos na AB.

Para os parâmetros SDF, SDT e N-NH₄⁺ percebeu-se maiores diferenças entre os resultados obtidos para AB e ART, apresentando concentrações maiores para a ART. Entretanto, no caso da N-NH₄⁺,

o limite máximo estabelecido pela Resolução CO-NAMA nº 430/2011 (Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2011) para lançamento em corpo hídrico é de 20 mg N L⁻¹, e observa-se que todos os resultados ficaram abaixo deste limite.

Os minerais Al, Fe, Mn e Si apresentaram médias de concentrações ligeiramente maiores nas amostras de AB em relação a ART, embora de mesma ordem de grandeza. Já para os elementos Ca, Mg e Na obteve-se médias de concentração inferiores nas amostras de AB em comparação à ART.

Apesar da contagem de *Clostridium perfringens* e de coliformes totais serem maiores na ART do que na AB, o percentual de amostras com presença destes microrganismos não diferiu significativamente

($p > 0,05$) entre os pontos de coleta (Tabela 3), mesmo que a presença de *Clostridium perfringens* tenha mais do que triplicado na ART em comparação com a AB. O percentual de amostras com presença de *E. coli*, *Salmonella*, vírus de Gumboro e Adenovírus foi muito semelhante entre os dois pontos de coleta.

Avaliação dos cenários de reúso de ART

Foi realizado um estudo comparativo para os três cenários avaliados de mistura entre ART e AB, entre os valores observados e esperados em cada um (concentrações teóricas calculadas para as proporções de mistura, de acordo com os resultados obtidos para a análise das amostras de AB e ART). Os resultados foram os seguintes: em 12 das 23 variáveis avaliadas houve aderência ($p > 0,05$) entre os dados observados e os esperados da mistura de AB com ART, conforme apresentado na Tabela

4. Entretanto, em 11 vezes não houve aderência ($p \leq 0,05$), indicando que os valores obtidos na mistura da AB:ART apresentaram resultados diferentes do esperado. Além disso, nestes casos, os dados observados sempre foram maiores do que os dados esperados, sendo que as maiores diferenças relativas ocorreram para P, SO_4^{2-} , PO_4^{3-} e Na. Em algumas situações, houve ligeiro aumento na diferença relativa, conforme aumentou o percentual de ART na mistura, o que é mostrado pelos valores positivos de aderência apresentados na Tabela 4. Os valores negativos indicam que o resultado observado foi abaixo do valor esperado.

As Figuras 1, 2 e 3 mostram as comparações das variações dos parâmetros físico-químicos da AB com as diferentes proporções de mistura de ART. Nenhuma das variáveis atendeu os pressupostos básicos para realização da ANOVA, mesmo após transformação dos dados (log, log10 e raiz quadrada). Assim, para todas as variáveis, foi aplicado

Tabela 3. Porcentagens de presença de microrganismos (número de amostras positivas/número de amostras avaliadas) em função do ponto de coleta e nível descritivo de probabilidade do teste Exato de Fisher para comparar os pontos de coleta.

Parâmetro microbiológico	Ponto de coleta		P
	ART	AB	
Presença de <i>C. perfringens</i> (%)	24,14 (7/29)	7,50 (3/40)	0,0822
Presença de coliformes totais (%)	96,30 (26/27)	92,31 (36/39)	0,6391
Presença de <i>E. coli</i> (%)	89,29 (25/28)	89,74 (35/39)	1,0000
Presença de <i>Salmonella</i> (%)	17,24 (5/29)	15,00 (6/40)	1,0000
Presença de vírus de Gumboro	0,00 (0/29)	0,00 (0/40)	-
Presença de Adenovírus	6,90 (2/29)	10,00 (4/40)	1,0000

P: Nível descritivo de probabilidade do teste Exato de Fisher.

Tabela 4. Teste de aderência dos valores observados e esperados da mistura e valores médios de % de diferença entre os valores observados e esperados⁽¹⁾.

Parâmetro físico-químico	n	Pr> χ^2	ART na mistura (%)			
			Geral	5	15	30
Al (mg L ⁻¹)	57	1,0000	14,7	5,3	16,3	22,5
Alcalinidade (mg CaCO ₃ L ⁻¹)	57	<0,0001	76,9	47,7	80,5	102,6
Ca (mg L ⁻¹)	57	0,4804	38,3	21,3	41,1	52,4
<i>Clostridium perfringens</i> (UFC 100 mL ⁻¹)	57	1,0000	-4,6	-3,3	-8,6	-1,9
Coliformes (UFC 100 mL ⁻¹)	54	<0,0001	76,1	30,7	154,0	43,5
<i>E. coli</i> (NMP 100 mL ⁻¹)	54	<0,0001	17,1	35,7	2,5	13,1
Fe (mg L ⁻¹)	57	1,0000	13,3	2,4	22,9	14,5

Parâmetro físico-químico	n	Pr> χ^2	ART na mistura (%)			
			Geral	5	15	30
Mg (mg L ⁻¹)	57	0,9111	49,5	23,7	53,4	71,5
Mn (mg L ⁻¹)	57	1,0000	52,0	31,7	46,2	78,1
N-NH ₄ ⁺ (mg L ⁻¹)	57	<0,0001	149,4	38,5	92,6	317,0
N-NO ₂ ⁻ (mg L ⁻¹)	54	1,0000	51,7	-1,0	35,7	120,5
N-NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	54	<0,0001	94,9	54,0	91,1	139,6
Na (mg L ⁻¹)	57	<0,0001	434,6	232,2	431,2	640,5
P (mg L ⁻¹)	57	<0,0001	2.357,9	1.168,3	2.381,3	3.524,2
P-PO ₄ ³⁻ (mg L ⁻¹)	54	<0,0001	1.360,3	487,1	1.181,5	2.412,3
SDF (mg L ⁻¹)	57	0,5188	224,7	112,2	239,9	322,0
SDT (mg L ⁻¹)	57	<0,0001	290,6	45,4	732,4	94,1
SDV (mg L ⁻¹)	57	<0,0001	741,3	65,6	2137,3	21,0
S-SO ₄ ²⁻ (mg L ⁻¹)	54	<0,0001	1.825,5	1.059,7	1.810,4	2.606,4
SSF (mg L ⁻¹)	57	1,0000	149,1	65,3	143,3	238,8
SST (mg L ⁻¹)	57	1,0000	96,5	57,3	98,0	134,2
SSV (mg L ⁻¹)	57	1,0000	56,2	58,1	59,0	51,4
Si (mg L ⁻¹)	57	0,9998	9,0	6,8	12,5	7,8

⁽¹⁾ Valores positivos indicam que os valores observados são maiores que os esperados, enquanto valores negativos indicam que os valores observados são menores do que os esperados.

teste não paramétrico de Kruskal-Wallis seguido de teste *post-hoc* de Dunn.

Em 30% dos parâmetros físico-químicos quantitativos avaliados não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre a AB e as diferentes proporções de mistura AB:ART (Al, Mn, N-NO₂⁻, Si, SDV e SSV).

Na Figura 1 estão mostrados os parâmetros Al, Ca, Fe, Mg, Na e alcalinidade total. As concentrações de Al não apresentaram diferença significativa entre AB e todas as demais misturas (Figura 2a). As concentrações de Fe mostraram diferença estatisticamente significativa da AB em relação às misturas de AB:ART 70:30, porém com valor menor para a mistura do que as concentrações observadas na água da captação em rio (AB) durante o período estudado (Figura 1c). Ainda, para as variáveis Mg e alcalinidade total, a mistura AB:ART 95:5 não apresentou diferença significativa para a AB, sendo significativas apenas nas misturas 85:15 e 70:30 (Figuras 1d e 1f). Para estes resultados também é possível inferir que nos três cenários estudados a característica de qualidade da água permitiria a prática de reúso da ART como fonte parcial da captação.

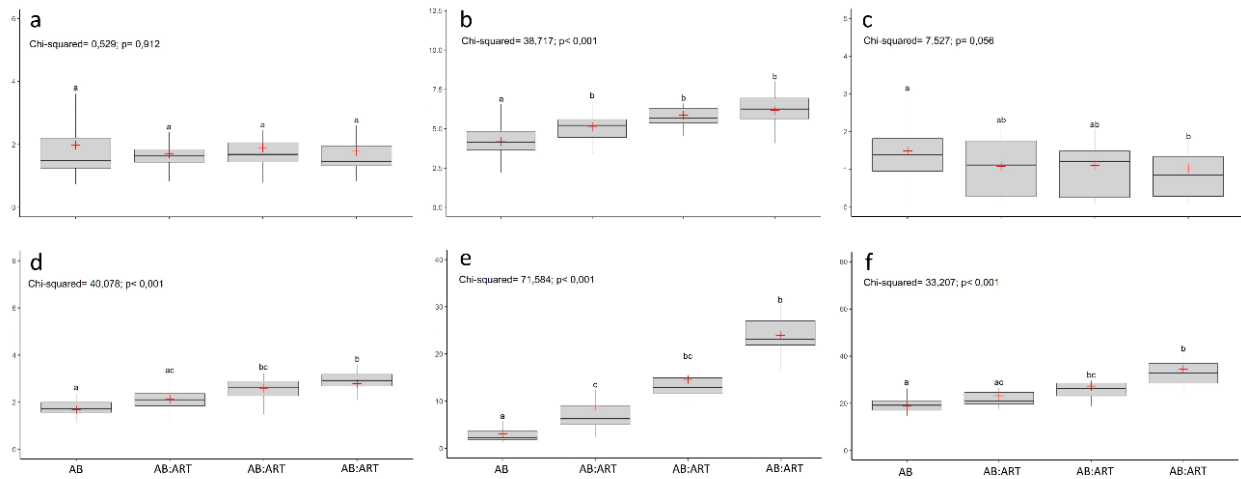
A Figura 2 apresenta os parâmetros N-NH₄⁺, N-NO₂⁻, N-NO₃⁻, P, P-PO₄³⁻ e S-SO₄²⁻. As concentrações de nitrogênio na forma de nitrito não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os valores encontrados na AB e as três proporções de misturas elaboradas (Figura 2b), que é explicado pela baixa concentração deste parâmetro nas amostras de AB, não causando diferença significativa na mistura. As concentrações de nitrato e amônio, da mesma forma que as concentrações de fosfato, apresentaram diferença significativa apenas a partir da concentração de AB:ART 85:15. Para ambos os parâmetros, a mistura com menor percentual de ART (i.e. AB:ART 95:5) não apresentou diferença em relação à AB (Figuras 2a, 2c e 2e, respectivamente). Os resultados para as concentrações de P total e sulfato das três misturas elaboradas apresentaram diferenças estatisticamente significante em nível de 5% em relação à AB (Figuras 2d e 2f).

Os resultados para as séries de sólidos dissolvidos e sedimentáveis são apresentados na Figura 3. Para ambas as séries, os sólidos voláteis (SDV e SSV) não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre AB e as misturas AB:ART nas três proporções (Figura 3b e 3e). Nas demais

comparações entre as amostras (a saber, SDF, SDT, SSF e SST), a mistura AB:ART 95:5 também não apresentou diferença significativa em relação à AB (Figuras 3a, 3c, 3d e 3f). Ainda, para o parâmetro SSF, a mistura AB:ART 85:15 também não foi significativa à AB. Para esses quatro parâmetros a mistura AB:ART 70:30 sempre foi estatisticamente diferente. Com isso, conclui-se que, caso haja o interesse de adotar o reúso de ART na proporção

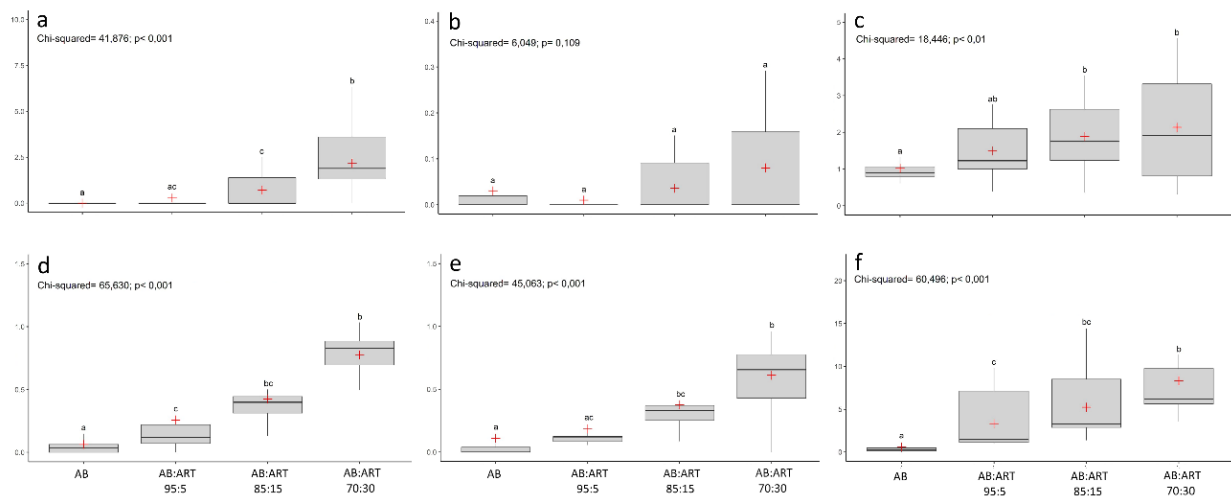
de 30%, é necessário avaliar se o sistema de tratamento de água bruta permitirá atingir os padrões de potabilidade.

Os parâmetros Mn e Si (dados não mostrados nas figuras) não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre a AB e todas as demais proporções das misturas de AB:ART ($\chi^2 = 1,688$ e $p = 0,639$; $\chi^2 = 0,278$ e $p = 0,964$, respectivamente).



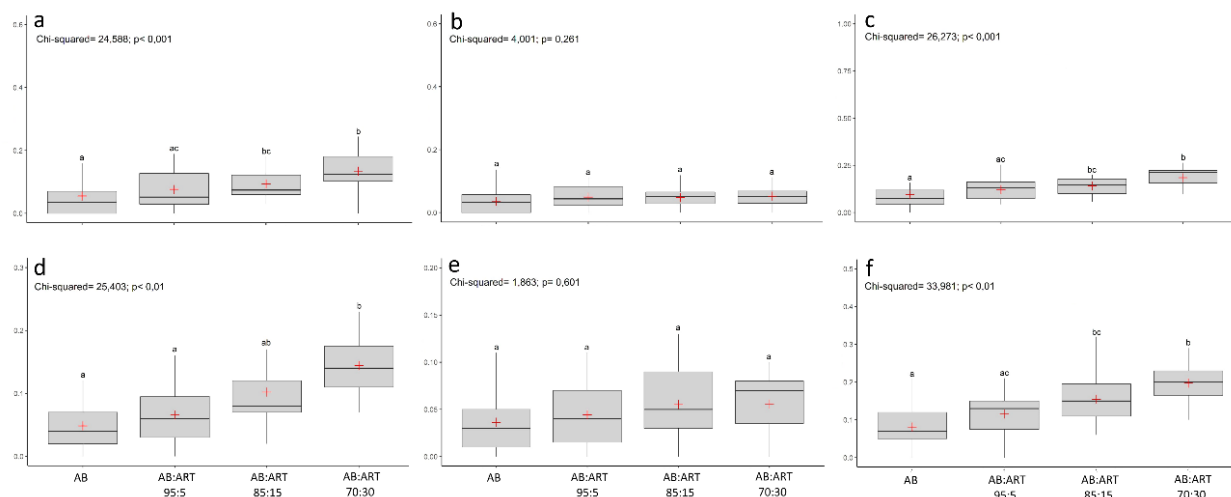
Teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis seguido de teste post-hoc de Dunn. Letras diferentes significam diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$). Os valores de " χ^2 " e " p " são apresentados nas Figuras. Cruzes vermelhas indicam o valor médio calculado para cada parâmetro. Todas as variáveis são expressas em mg L^{-1} , exceto alcalinidade total que é expressa em $\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$.

Figura 1. Variação dos parâmetros físico-químicos: a) alumínio, b) cálcio, c) ferro, d) magnésio, e) sódio e f) alcalinidade total da água bruta (AB) e nas diferentes proporções de mistura de ART.



Teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis seguido de teste post-hoc de Dunn. Letras diferentes significam diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$). Os valores de " χ^2 " e " p " são apresentados nas figuras. Cruzes vermelhas indicam o valor médio calculado para cada parâmetro. Todas as variáveis são expressas em mg L^{-1} .

Figura 2. Variação dos parâmetros físico-químicos: a) N-NH_4^+ , b) N-NO_2^- , c) N-NO_3^- , d) P, e) P-PO_4^{3-} e f) S-SO_4^{2-} da AB e nas diferentes proporções de mistura de ART.



Teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis seguido de teste post-hoc de Dunn. Letras diferentes significam diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$). Os valores de " χ^2 " e "p" são apresentados nas figuras. Cruzes vermelhas indicam o valor médio calculado para cada parâmetro. Todas as variáveis são expressas em mg L⁻¹.

Figura 3. Variação dos parâmetros físico-químicos: a) SDF, b) SDV, c) SDT, d) SSF, e) SSV e f) SST da água bruta (AB) e nas diferentes proporções de mistura de ART.

Para estes parâmetros não haveria restrição em adotar o reúso da ART nos três cenários avaliados.

Em relação aos parâmetros microbiológicos, nenhuma comparação apresentou diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) na comparação dos dados entre a AB e as misturas de ART (Tabela 5). Com isso, conclui-se que para a maioria dos parâmetros avaliados, nos três cenários estudados, a característica de qualidade da água permitiria a prática de reúso, ou seja, a mistura de ART com a AB.

Foram também comparados os valores máximos obtidos na mistura com os valores máximos da AB (Tabela 6) e observou-se que para nove variáveis

Tabela 5. Valores de " χ^2 " e "p" na comparação da variação dos parâmetros microbiológicos para AB e misturas de ART.

Parâmetro microbiológico	χ^2	p
Adenovírus	1,464	0,690
Vírus de Gumboro	4,085	0,255
Coliformes totais	6,873	0,076
Coliformes fecais (<i>E. coli</i>)	4,066	0,255
<i>C. perfringens</i>	1,568	0,666
Presença de Adenovírus	6,90 (2/29)	10,00 (4/40)

Teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis seguido de teste post-hoc de Dunn;

*Não computado pois resultado é variável categórica (presença/ausência).

(Al, Alcalinidade, Fe, Mn, N-NO₂⁻, SDF, SSF, SST e SSV) os resultados nunca superaram o valor máximo de AB para o período avaliado. Em três variáveis (SDT, SDV e Si) o valor máximo da AB foi superado apenas uma vez, porém a diferença está dentro do intervalo da variação analítica para o método utilizado. Assim, evidenciou-se que a mistura entre ART e AB nos três cenários estudados não impactaria negativamente a qualidade da AB, ou seja, é possível presumir que o sistema de tratamento de água atualmente utilizado atenderia um possível cenário de reúso de água.

Conforme se observa na Tabela 7, para as variáveis Na, P, SO₄²⁻, N-NH₄⁺ e Mg algumas amostras das misturas entre AB e ART apresentaram valores acima do valor máximo obtido na AB. Considerando um possível reúso de água, via recirculação parcial da ART, esta condição, em tese, não representaria uma limitação ao sistema de tratamento da AB. No caso de N-NH₄⁺, todos os resultados estão abaixo do limite máximo estabelecido pela Resolução CO-NAMA nº 430/2011 (Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2011) para lançamento em corpo hídrico, que é de 20 mg N L⁻¹.

Tabela 6. Porcentagem de amostras da mistura com resultados acima do valor máximo obtido na AB e valor máximo obtido na mistura em função da concentração (%) da ART.

Parâmetro analisado	Valor máximo na AB	n	ART na mistura (%)					
			5	15	30	5	15	30
			Amostras acima do valor máximo da AB (%)			Valor máximo obtido na mistura		
Al (mg L ⁻¹)	6,8938	19	0,00	0,00	0,00	6,17	4,97	4,34
Alcalinidade (mg CaCO ₃ L ⁻¹)	43,4	19	15,00	52,00	100,00	266,88	208,24	186,23
Ca (mg L ⁻¹)	6,57	19	10,53	15,79	36,84	6,71	8,39	8,01
<i>Clostridium perfringens</i> (UFC 100 mL ⁻¹)	7	19	5,26	5,26	5,26	12,00	13,00	14,00
Coliformes (NMP 100 mL ⁻¹)	198.635	18	5,56	11,11	5,56	198.900	241.960	241.960
<i>E. coli</i> (NMP 100 mL ⁻¹)	9.265	18	5,56	0,00	0,00	10.810	8.670	7.490
Fe (mg L ⁻¹)	6,19	19	0,00	0,00	0,00	6,17	5,17	4,43
Mg (mg L ⁻¹)	2,77	19	10,53	31,58	63,16	3,13	5,04	3,59
Mn (mg L ⁻¹)	3,31	19	0,00	0,00	0,00	0,13	0,12	0,13
N-NH ₄ ⁺ (mg L ⁻¹)	0,5	19	10,53	31,58	78,95	3,12	3,70	6,30
N-NO ₂ ⁻ (mg L ⁻¹)	-	-	-	-	-	-	-	-
N-NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	0,318	18	0,00	0,00	0,00	0,07	0,15	0,29
N-NH ₄ ⁺ (mg L ⁻¹)	2,517	18	11,11	33,33	50,00	2,77	5,13	6,75
Na (mg L ⁻¹)	14,13	19	10,53	31,58	94,74	31,05	66,62	81,43
P (mg L ⁻¹)	1,491	19	10,53	15,79	89,47	1,30	2,36	1,89
P-PO ₄ ³⁻ (mg L ⁻¹)	0,536	18	0,00	5,56	5,56	0,99	2,00	1,60
SDF (mg L ⁻¹)	0,442	19	0,00	0,00	0,00	0,19	0,29	0,24
SDT (mg L ⁻¹)	0,446	19	0,00	5,26	0,00	0,25	4,08	0,26
SDV (mg L ⁻¹)	0,136	19	0,00	5,26	0,00	0,11	4,01	0,13
S-SO ₄ ²⁻ (mg L ⁻¹)	5,26	18	27,78	33,33	83,33	9,81	14,43	20,74
SSF (mg L ⁻¹)	75	19	0,00	0,00	0,00	0,16	0,29	0,23
SST (mg L ⁻¹)	88	19	0,00	0,00	0,00	0,21	0,32	0,29
SSV (mg L ⁻¹)	41	19	0,00	0,00	0,00	0,11	0,13	0,10
Si (mg L ⁻¹)	4,375	19	0,00	0,00	5,26	2,60	3,63	5,94

Tabela 7. Média \pm desvio padrão das variáveis avaliadas em função da concentração (%) da ART na mistura.

Variável	Valor máximo na AB	n	ART na mistura (%)		
			5	15	30
Al (mg L ⁻¹)	6,8938	19	1,90 \pm 1,16	1,86 \pm 0,95	1,70 \pm 0,87
Alcalinidade (mg CaCO ₃ L ⁻¹)	794,09	19	35,8 \pm 56,6	39,3 \pm 43,3	43,9 \pm 35,9
Ca (mg L ⁻¹)	6,57	19	5,11 \pm 0,91	5,86 \pm 1,13	6,16 \pm 1,19
<i>Clostridium perfringens</i> (UFC 100 mL ⁻¹)	7	19	1,58 \pm 2,52	1,63 \pm 2,75	1,89 \pm 2,30
Coliformes totais (NMP 100 mL ⁻¹)	198635	18	46470 \pm 53833	70371 \pm 76016	73205 \pm 73154
Coliformes fecais (NMP 100 mL ⁻¹ em <i>E.coli</i>)	9265	18	1824 \pm 2485	1639 \pm 2277	1618 \pm 1894
Fe (mg L ⁻¹)	6,19	19	1,35 \pm 1,37	1,319 \pm 1,268	1,02 \pm 0,97
Mg (mg L ⁻¹)	2,77	19	2,13 \pm 0,49	2,60 \pm 0,79	2,79 \pm 0,60
Mn (mg L ⁻¹)	3,31	19	0,057 \pm 0,036	0,060 \pm 0,037	0,064 \pm 0,038
N-NH ₄ ⁺ (mg L ⁻¹)	0,5	19	0,70 \pm 0,65	0,98 \pm 0,87	2,16 \pm 1,54
N-NO ₂ ⁻ (mg L ⁻¹)	0,32	18	0,052 \pm 0,005	0,069 \pm 0,031	0,11 \pm 0,08
N-NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	2,52	18	1,49 \pm 0,73	2,07 \pm 1,20	2,55 \pm 1,79
Na (mg L ⁻¹)	14,13	19	9,09 \pm 7,51	17,36 \pm 1 3,86	26,96 \pm 14,44
P (mg L ⁻¹)	1,49	19	0,26 \pm 0,36	0,59 \pm 0,56	0,93 \pm 0,40
P-PO ₄ ³⁻ (mg L ⁻¹)	0,54	18	0,19 \pm 0,27	0,47 \pm 0,48	0,68 \pm 0,41
SDF (mg L ⁻¹)	0,44	19	0,074 \pm 0,058	0,10 \pm 0,06	0,13 \pm 0,05
SDT (mg L ⁻¹)	0,45	19	0,16 \pm 0,06	0,36 \pm 0,90	0,18 \pm 0,06
SDV (mg L ⁻¹)	0,14	19	0,046 \pm 0,035	0,26 \pm 0,91	0,051 \pm 0,035
S-SO ₄ ²⁻ (mg L ⁻¹)	5,26	18	3,19 \pm 3,27	5,70 \pm 4,31	8,47 \pm 4,69
SSF (mg L ⁻¹)	75	19	0,067 \pm 0,049	0,10 \pm 0,06	0,14 \pm 0,05
SST (mg L ⁻¹)	88	19	0,12 \pm 0,05	0,16 \pm 0,06	0,20 \pm 0,05
SSV (mg L ⁻¹)	41	19	0,045 \pm 0,032	0,056 \pm 0,036	0,057 \pm 0,028
Si (mg L ⁻¹)	4,36	19	1,37 \pm 0,62	1,43 \pm 0,88	1,46 \pm 1,24

Considerações finais

As concentrações dos parâmetros analíticos avaliados nas amostras de AB e ART, separadamente, para alguns parâmetros em que as concentrações na ART foram mais elevadas que as da AB, estão de acordo com os limites estabelecidos na legislação brasileira, como é o caso de N-NH₄⁺. Nos parâmetros em que as concentrações na AB foram inferiores às da ART, as diferenças foram na mesma ordem de grandeza. Para os parâmetros microbiológicos avaliados, nos casos em que houve aumento na concentração de microrganismos nas amostras de ART em relação à AB, o percentual de amostras com presença destes microrganismos não diferiu significativamente.

Em relação aos cenários avaliados, de mistura entre ART e AB (nas proporções 5, 15 e 30% de ART), os resultados obtidos mostraram que para a maioria dos parâmetros analíticos a mistura de ART à AB não alterou negativamente as características da mistura em relação à AB, e as concentrações obtidas nos três cenários ficaram de acordo com o esperado.

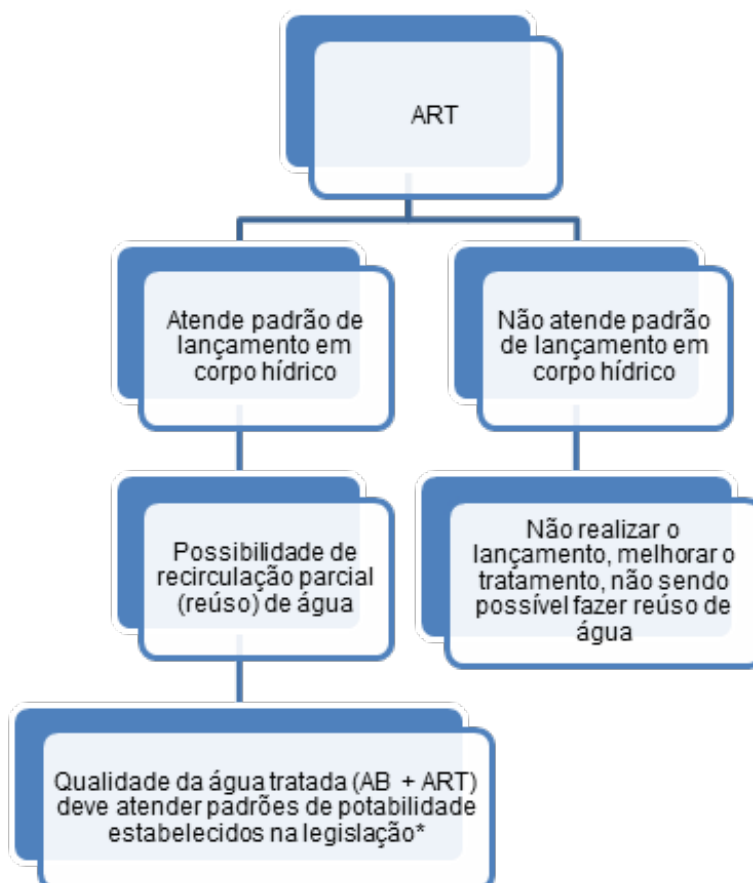
Na comparação das variações dos parâmetros físico-químicos entre AB e todas as proporções de misturas de AB:ART, em 12 dos 26 parâmetros quantitativos avaliados não foram observadas diferenças estatisticamente significativas. Para os parâmetros físico-químicos, a mistura AB:ART 95:5 não diferiu significativamente em relação à AB em

16 parâmetros de 20 testados (80% dos parâmetros avaliados).

Para os parâmetros microbiológicos avaliados (*Clostridium perfringens*, coliformes totais, *E. coli*, *Salmonella*, Vírus de Gumboro e Adenovírus) poucas amostras entre as misturas analisadas apresentaram resultados acima da AB (percentual máximo de 11%, para coliformes totais).

Assim, a partir dos resultados deste estudo podemos sugerir que o reúso de água por recirculação parcial meio de misturas de água bruta (captação superficial) e água residual tratada (efluente pós-ETE) possui potencial de ser testado em planta de tratamento, em muitos casos em misturas contendo até 30% de ART. Os resultados da etapa experimental desse trabalho, apesar de realizados em nível de bancada, fornecem subsídios técnicos teóricos para simulação em estudos de escalonamento em nível de ambiente produtivo. É importante salientar que, no caso do uso de um protocolo de mistura em

TRL acima de 8 (*Technology Readness Level*), ou seja, para ser implementado em nível operacional, deve ser realizado experimentos de validação das misturas AB:ART para ajustes de tempo de contato e acompanhamento da qualidade da água final que será fornecida para a ETA. O reúso de água direto planejado pode ser uma opção de protocolo em caso de necessidade de abastecimento emergencial em função de escassez hídrica. Esta prática pode ser adotada considerando-se sempre as premissas de que a ART atenda aos padrões de qualidade (Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2011) e que a água tratada (pós-ETA) atenda aos padrões de qualidade da água para consumo humano direto, conforme rege a Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021 (Brasil, 2021a), o que envolve outros parâmetros analíticos além dos que são aqui apresentados. O fluxograma apresentado na Figura 4 resume estas considerações.



Portaria GM/MS nº 888 de 4 de maio de 2021 (BRASIL, 2021a).

Figura 4. Análise de cenário para tomada de decisão sobre reúso de ART em abatedouro frigorífico de abate e processamento de aves.

Referências

- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática do reúso direto não potável de água, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, n. 47, p. 91-92, 9 mar. 2006. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0054-281105.PDF>. Acesso em: 20 abril 2025.
- BRASIL. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. Dispõe sobre o regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/d9013.htm. Acesso em: 25 mar. 2026.
- BRASIL. Decreto nº 10.468, de 10 de agosto de 2020. Altera o Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017, que dispõe sobre o regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/d10468.htm. Acesso em: 25 mar. 2026.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021a. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html. Acesso em: 25 mar. 2026.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=114770>. Acesso em: 25 mar. 2026.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução CONAMA nº 503, de 14 de dezembro de 2021. Define critérios e procedimentos para o reúso em sistemas de fertirrigação de efluentes provenientes de indústrias de alimentos, bebidas, laticínios, frigoríficos e graxarias. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-conama-n-503-de-14-de-dezembro-de-2021-367783680>. Acesso em: 26 mar. 2026.
- DAL PAI, E. L. Consumo Consciente de Água em abatedouro de aves. **Revista (Re)Definições das Fronteiras**, v. 1, n. 2, p. 289-307, 2023. DOI: <https://doi.org/10.59731/vol1iss2pp299-317>.
- GRUPO DE TRABALHO DA SOCIEDADE CIVIL PARA A AGENDA 2030 DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Não deixe ninguém para trás. Disponível em <https://gtagenda2030.org.br/agenda-pos-2015/>. Acesso em: 26 mar. 2026.
- MATTHIENSEN, A.; FIGUEIREDO, A.; FRICK, F.; MENA, L. Reúso da água na agroindústria de alimentos. **Suinocultura Industrial**, Itu, ed. 320, ano 46, n. 5, p. 16-25, 2024.
- MATTHIENSEN, A.; TÁPPARO, D. C.; ANTES, F. G.; SILVA, M. F.; SILVA, A. F. da; BERTOLDI, C.; KUNZ, A. Como o reúso de água pode impactar positivamente a competitividade da avicultura brasileira. **Avicultura Industrial**, Itu, ed. 1318, ano 113, n. 4, p. 28-37, 2022.
- MATO GROSSO DO SUL. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Resolução CERH/MS nº 72, de 15 de agosto de 2022. Estabelece diretrizes, modalidades e procedimentos para o reúso direto de água não potável, proveniente de Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETE) de sistemas públicos e privados e dá outras providências. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.imasul.ms.gov.br/wp-content/uploads/2022/08/Resolucao-CERH-72-Reuso.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2026.
- MIELE, M.; ABREU, P. G. de; ABREU, V. M. N.; JAENISCH, F. R. F.; MARTINS, F. M.; MAZZUCO, H.; SANDI, A. J.; SANTOS FILHO, J. I. dos; TREVISOL, I. M. **Coefficientes técnicos para o cálculo do custo de produção de frango de corte, 2010**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2010. 14 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 483).
- PARANÁ. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Resolução CERH/PR nº 122, de 19 de junho de 2023. Estabelece diretrizes e critérios gerais para reúso de água no Estado do Paraná. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.parana.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2023-07/1007resolucaoreuso_2.pdf. Acesso em: 26 mar. 2026.
- R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. 2025 [online]. Disponível em: <http://www.r-project.org>. Acesso em: 26 mar. 2026.
- SANTOS, A. S. P.; LIMA, M. A. M. Aspectos legais relacionados ao reúso de águas como diretriz de institucionalização da prática no Brasil. **Cadernos Técnicos Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 2, n. 3, p. 15-27, 2022.
- SAS INSTITUTE INC. System for Microsoft Windows, Release 9,4, Cary, NC, USA, 2002-2012. (cd-rom).

VENTURIN, B.; RODRIGUES, H. C.; BOLSAN, A. C.;
HOLLAS, C. E.; TÁPPARO, D. C.; BONASSA, G.;
ANTES, F. G.; BORTOLI, M.; MATTHIENSEN, A.; KUNZ,
A. Reúso de águas residuárias da suinocultura. In: KUNZ,
A. (ed.) **Gestão dos resíduos da produção animal:
gestão e tratamento dos dejetos na suinocultura.**
Brasília, DF: Embrapa: Concórdia: Sbera, 2024. v. 3. p.
159-179.

Embrapa Suínos e Aves

Rodovia BR 153 - Km 110
Caixa Postal 321
89.715-899, Concórdia, SC
<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves>
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente: *Jean Carlos Porto Vilas Boas Souza*

Secretário-executivo: *Tânia Maria Biavatti Celant*

Membros: *Clarissa Silveira Luiz Vaz, Catia Silene Klein, Gerson Neudi Scheuermann, Jane de Oliveira Peixoto e Joel Antônio Boff*

Membros suplentes: *Estela de Oliveira Nunes e Fernando Tavernari*

Comunicado Técnico 633

e-ISSN 3085-8607

Abril, 2026

Revisão de texto: *Monalisa Leal Pereira*

Normalização bibliográfica: *Claudia Antunez Arrieche* (CRB-14/880)

Projeto gráfico: *Leandro Sousa Fazio*

Diagramação: *Vivian Fracasso*

Publicação digital: PDF



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA E
PECUÁRIA

Todos os direitos reservados à Embrapa.