



# Possibilidades de aplicação de água de reuso proveniente de condicionadores de ar baseadas em análises físico-químicas

Uendel Marques de Alencar<sup>1</sup>, Rans Miler Pereira Dantas<sup>2</sup>, Wagner Batista dos Santos<sup>1</sup>, Jackson Antonio Lamounier Camargos Resende<sup>1</sup>, Joyce Laura da Silva Gonçalves<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciências Exatas e da Terra- Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Campus Universitário do Araguaia, Pontal do Araguaia-MT, Brasil

<sup>2</sup>Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT) , Barra do Garças-MT, Brasil

uendelpmmt@hotmail.com, ransmiller@gmail.com, wagner.santos@ufmt.br,  
jackson.resende@ufmt.br, joyce.goncalves@ufmt.br

**Resumo.** Este estudo quantificou e analisou características físico-químicas da água escoada pelos condicionadores de ar de duas escolas matogrossenses visando a aplicação adequada da água de reuso. Os resultados mostraram que o fluxo pode chegar a 2220 L mensais e que houve diferenças significativas entre a dureza total, pH, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos entre a água de reuso em comparação com a de abastecimento. Houve similaridade na quantificação de metais entre as amostras. Sugeriu-se o uso da água de reuso na limpeza e irrigação das escolas além de atividades externas como geração de energia e construção civil. Isso impactou positivamente na educação ambiental, científica e sustentável junto à comunidade.

**Abstract.** This study quantified and analyzed the physicochemical characteristics of water drained by air conditioners from two schools in Mato Grosso, aiming at the appropriate application of reused water. The results showed that flow can reach 2220 L per month and that there were significant differences between total hardness, pH, electrical conductivity, and total dissolved solids between reused water and supplied water. There was a similarity in the quantification of metals between the samples. It was suggested that reused water be used for cleaning and irrigating schools, as well as for external activities such as power generation and civil construction. This had a positive impact on environmental, scientific, and sustainable education within the community.

## 1. Introdução

A crescente escassez de recursos hídricos tem gerado preocupações sobre o uso sustentável da água. Em muitas regiões do mundo, o aumento da demanda por água



potável aliada ao uso imprudente deste recurso, além das mudanças climáticas e práticas inadequadas de gestão, tem exacerbado a pressão sobre os sistemas hídricos [Vörösmarty *et al.*, 2010; Mekonnen e Hoekstra, 2016; Dias e Matos, 2023].

O uso da água na indústria e na irrigação é necessário para o crescimento econômico, porém corrobora com os desafios à gestão de recursos hídricos. A indústria consome grandes volumes de águas, muitas vezes de forma ineficiente. Já na agricultura, a irrigação excessiva tem sido uma das principais causas da escassez em diversas regiões do Brasil. Um estudo publicado por Montoya e Finamore (2020), estimou-se os consumos de água para insumos agropecuários de 135.539 hm<sup>3</sup>/ano, para produtos agropecuários de 32.276 hm<sup>3</sup>/ano, para a agroindústria de 5.989 hm<sup>3</sup>/ano, e para o agroserviço de 431.553 hm<sup>3</sup>/ano, [Montoya e Finamore, 2020]. A implementação de tecnologias mais eficientes se torna necessário para reduzir o desperdício e melhorar a disponibilidade de água [GRAFTON *et al.*, 2018].

A reutilização ou reuso da água não se trata de um conceito novo [Angelakis *et al.*, 1999], trata-se de uma água que pode ser reutilizada com ou sem tratamento, e tem sido praticado globalmente há vários anos. No entanto, é importante destacar que a água de reuso não é adequada para o consumo humano e animal, mas pode ser utilizada em diversas outras situações, tais como, a geração de energia, refrigeração de equipamentos, lavagens de veículos, entre outros. Nesse contexto, práticas de reuso de água surgem como alternativas viáveis para minimizar o desperdício e promover o uso consciente desse recurso essencial à sobrevivência [Moura *et al.*, 2020]. Essa prática contribui para que um maior volume de água permaneça disponível para outras finalidades, promovendo seu uso racional e reduzindo a demanda de água sobre os mananciais, uma vez que a substituição do uso de água potável por uma água de qualidade inferior [Zhiteneva *et al.*, 2020; Angelakis *et al.*, 1999].

A aplicação e/ou direcionamento da água escoada pelos condicionadores de ar resultante da condensação da umidade presente no ar, é geralmente descartada, mas pode ser utilizada em diversas dessas atividades previamente citadas [Alrarni *et al.*, 2018]. A implementação dessa estratégia de reaproveitamento de água pode servir ainda como uma ferramenta educativa, incentivando a conscientização sobre a importância do uso responsável dos recursos naturais, especialmente em ambientes urbanos e institucionais,



como escolas e universidades, onde o uso de ar-condicionado é rotineiro e contínuo [Carvalho *et al.*, 2018].

Portanto, o direcionamento da água de reuso proveniente de condicionadores de ar, além de ser uma solução prática e econômica, está alinhado com os princípios da sustentabilidade e da educação ambiental [Khan, 2023], proporcionando uma oportunidade para estas instituições se tornarem modelos de boas práticas no uso de recursos hídricos.

Contudo, para que essa prática seja eficaz e segura, é fundamental avaliar a qualidade da água escoada pelos condicionadores de ar, especialmente no que tange os parâmetros físico-químicos como pH, condutividade elétrica (CE), sólidos totais dissolvidos (STD) e presença de metais pesados, uma vez que esses fatores influenciam diretamente a adequação da água para usos não potáveis conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005, [Brasil, 2005]. Essas análises são necessárias em monitoramento ambiental e no desenvolvimento de políticas públicas para gestão hídrica [Derisio, 2017; Cintra *et al.* 2020].

Vale ressaltar que a presente pesquisa se articula com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, em especial o ODS 6 (Água Potável e Saneamento), que trata da gestão sustentável da água, e o ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), ao propor práticas de reuso que reduzem desperdícios e incentivam o uso consciente dos recursos hídricos [ONU, 2015; Oliveira *et al.* 2024].

O objetivo deste trabalho foi realizar uma avaliação semi-quantitativa da água escoada por condicionadores de ar em duas escolas da rede de ensino básico da região do Araguaia, analisando diversos parâmetros físico-químicos de qualidade da água e comparando-se com as mesmas características da água de abastecimento local. Especificamente, esta pesquisa visou levantar dados que contribuam para o entendimento das condições da água coletada dos condicionadores de ar, além de fomentar práticas educativas que envolvem a preservação ambiental e o reaproveitamento de recursos hídricos. Por meio desse estudo, buscou-se também incentivar a implementação de soluções sustentáveis nas escolas por meio da reutilização da água escoada, promovendo, assim, a conscientização sobre a importância do uso responsável da água e a educação ambiental.



## 2. Metodologia

Para o desenvolvimento desse trabalho foi quantificada a água escoada pelos condicionadores de ar do tipo Split T de 18000 e 24000 BTU localizados nas salas de aula de uma escola estadual (Escola A) e de 24000 BTU localizado nas salas de aula de uma escola municipal (Escola B) no período de julho a setembro de 2024. Ambas as escolas pertencem a rede pública de ensino da cidade de Pontal do Araguaia-MT.

Procedeu-se a quantificação da água escoada por uma mangueira (dreno) pelos condicionadores de ar das salas de aula dessas escolas por meio de sua coleta em provetas graduada de 100 mL por 60 segundos, empregando um aplicativo para aparelho celular na função cronômetro. A quantidade de água escoada foi mensurada considerando-se as especificações características (marca, modelo e quantidade de BTUs) de cada um dos aparelhos presentes em cada sala de aula de cada escola. Essas amostras foram transferidas em frascos de polietileno que, imediatamente após a coleta, foram acondicionadas em caixas térmicas, condicionadas com bolsas térmicas gel, até a chegada ao laboratório [Parron *et al.*, 2011] e as análises foram procedidas em menos de 24h após a coleta.

Foram então estimadas as quantidades de água escoada por hora e, conseqüentemente, por dia e semanalmente considerando os períodos de funcionamento e número de sala de aula em cada escola.

O método empregado para a determinação de dureza total de água foi a titulação de complexação empregando Ácido Etilenodiamino Tetra-Acético ([EDTA]) = 0,00992 mol L<sup>-1</sup>, segundo descrito por Gonçalves *et al.*, 2020. Foram realizadas as titulações para as amostras de água coletadas dos condicionadores de ar e água de abastecimento.

A determinação de pH das amostras de água foi realizada submergindo o eletrodo de vidro de Ag/AgCl em um béquer de 25 mL previamente ambientado com a amostra empregando um pHmetro da marca Simpla, modelo PH 140.

Para a determinação da CE, adicionou-se 50 mL da amostra em béquer previamente ambientado com a amostra e realizou-se a leitura utilizando um condutivímetro Simpla EC150. Já os valores dos STD foram estimados como sendo 64% do valor da CE medida.

Para a determinação da presença de metais foram acomodados cerca de 15,0g das amostras de água coletas dos condicionadores de ar e de abastecimento em um filme de Mylar® de 3,6 µm de espessura, esticado no fundo de uma cela de polietileno com 32 mm de diâmetro externo e 28 mm de altura, marca PANalytical. A análise foi conduzida em um espectrômetro de fluorescência de raio-X de bancada modelo Epsilon 4 da Malvern Panalytical, em modo omniano, em atmosfera de gás hélio.

A análise estatística foi baseada na normalidade dos dados (teste de Shapiro-Wilk) e realizada a partir da determinação da média, desvio padrão e testes de hipóteses de Grubbs (outlier), intervalo de confiança para média, teste t pareado e ANOVA seguida de Tukey [Miller et al., 2018; Correia, 2023], considerando a quantificação de água coleta, dureza, pH, CE e STD. Foram empregados os programas computacionais Excel® 365 e o de livre acesso PaSt-Palaeontological Statistics 4.05.

As análises físico-químicas foram realizadas em temperatura ambiente em triplicata para as amostras de água coletadas dos condicionadores de ar e água de abastecimento. As determinações de dureza total e pH foram conduzidas no Laboratório de Estudos de Materiais (LEMat) enquanto as análises de CE, STD e presença de metais foram realizadas no Laboratório de Ciências de Materiais, pertencente ao Centro de Pesquisa Multiusuário do Araguaia (CPMUA), sendo que ambos os laboratórios estão situados no Campus Universitário do Araguaia, na Universidade Federal de Mato Grosso.

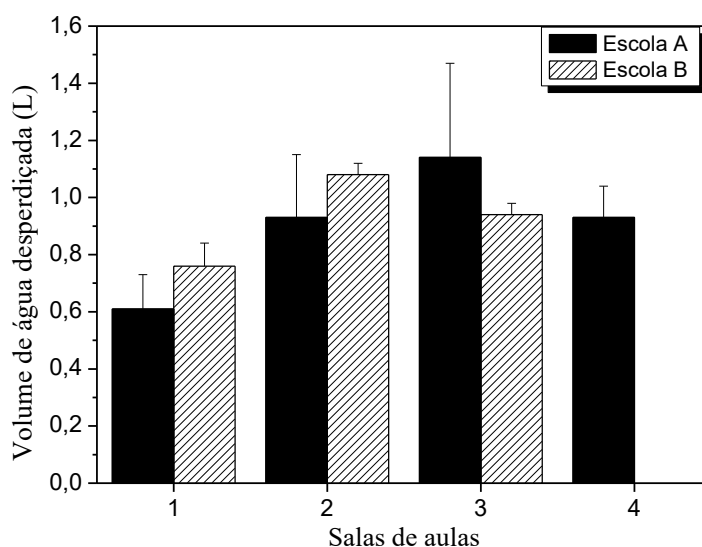
### 3. Resultados e Discussão

Em diversos países, a água é classificada em quatro fontes principais: superficial, subterrânea, proveniente das chuvas e de reuso [Carvalho, 2014], sendo esta última a principal abordagem do presente estudo. Sabe-se que águas de reuso não podem ser destinadas ao consumo humano e/ou animal, porém, podem ser empregadas para diversas aplicações, a depender do montante direcionado.

Para a estimativa do montante de água escoada pelos condicionadores de ar das escolas, inicialmente, verificou-se a normalidade dos dados por meio de um teste de Shapiro-Wilk ( $p > 0,05$ ), em que se assegura que esses dados estão distribuídos normalmente, possibilitando a aplicação das comparações estatísticas vindouras baseados

em testes de hipóteses e demais análises baseadas em estatística paramétrica. Não foram identificados valores anômalos na coleta de água em função do tempo (Teste de Grubbs, para todos os casos  $G_{cal} < G_{crit}$ , considerando  $p < 0,05$ ), sugerindo que as discrepâncias nos volumes coletados foram inteiramente devido a erros aleatórios.

A Figura 1 apresenta o volume médio de água escoada pela mangueira do ar-condicionado estimado em função do tempo nas salas de aula de ambas as escolas objetos desse estudo. Através dos cálculos de análise estatística foi possível constatar que não houve diferença significativa na quantidade de água escoada pelos condicionadores de ar entre as salas quantificadas ( $p < 0,05$ ) de uma mesma escola. Estes resultados estão em consonância com os encontrados por Viana et al., [2023], ao estudar a possibilidade de reuso de água proveniente de condicionadores de ar de uma universidade, constatou vazões de aproximadamente  $1 \text{ L h}^{-1}$  para cada aparelho de 12 a 24 mil BTUs analisado [Viana et. al., 2023].



**Figura 1: Volume de água liberada por hora pelos condicionadores de ar das salas de aula das escolas estudadas.**

O valor médio de água escoada calculado para a escola A foi de  $11,12 \pm 0,16 \text{ L h}^{-1}$ , e para a escola B foi de  $11,10 \pm 0,1 \text{ L h}^{-1}$ . Para um período de funcionamento de cada uma das escolas, considerando um período de 4 horas, os condicionadores de ar das salas de aula liberaram um mínimo de cerca de 40 litros e um máximo de cerca de 52 litros.



Portanto, o intervalo de confiança para a média de água originada pelos condicionadores de ar das salas da escola A foi calculado como  $443,55L < \mu < 446,05L$  e para a escola B sendo  $438,31L < \mu < 449,69L$ , por semana. Assim, a estimativa de acúmulo de água atingiu o montante médio considerável de 2220 L mensal que poderia estar sendo redirecionado para as mais diversas aplicações. Este montante está em consonância com o valor de 2064 L mensais de água estimado por [Valentini *et al.*, 2019].

Observou-se que os intervalos de confiança considerando tanto o gasto diário quanto semanal se sobrepueram para ambas as escolas, o que sugere não haver diferença significativa entre o montante de água para ambas as escolas. Isso foi corroborado pelo teste *t* pareado ( $t_{cal}=0,01 < t_{crit}=2,57$ ), considerando variâncias equivalentes ( $F=1,66 < F_{crit}=19,16$ ).

Ermes e colaboradores [2020] discorreram sobre condicionadores de ar instalados em edifícios comerciais e residenciais geram o gotejamento de água derivada da umidade do ar condensada pelo aparelho quando este resfria o ambiente. Os autores também discutiram o que poderia ser feito com a água escoada pelos condicionadores de ar e sugeriram seu uso para a limpeza das próprias salas de aula e/ou outros locais dentro da universidade, podendo trazer grande economia e economia de água potável [Ermes *et al.*, 2020].

Apesar dessas discussões desse trabalho terem se tornado fundamentais para a construção do conhecimento científico [Radingoana *et al.*, 2020; Pinheiro *et al.*, 2017] e para a reflexão sobre os conceitos da educação e preservação ambiental, elas não foram respaldadas em análises químicas que pudessem comprovar tais hipóteses, assim como a maioria da literatura [Santos *et al.*, 2018]. Neste âmbito, este trabalho aprofundou-se nas análises físico-químicas e de presença de metais considerando o volume de água escoada pelos condicionadores de ar das escolas para sugerir possíveis aplicações para esta água de reuso.

As determinações físico-químicas de dureza total, pH, CE e STD para as amostras coletadas dos condicionadores de ar das escolas também apresentaram distribuição normal de dados e inexistência de valores anômalos. Além disso, essas determinações foram comparadas estatisticamente com a água de abastecimento local e encontram-se listadas na Tabela 1.

**Tabela 1- Análises químicas realizadas para as amostras de água de reuso e abastecimento.**

Análise química	Escola A	Escola B	Abastecimento
Dureza total (mg L <sup>-1</sup> )	20,62±1,03	7,22±0,52	14,26±1,30
pH	6,22±0,07	5,94±0,13	6,14±0,07
Condutividade (μS/cm)	75,43 ± 0,49	216,67 ± 11,93	75,53 ± 0,83
STD (mg L <sup>-1</sup> )	48,28 ± 0,32	138,67 ± 7,64	48,34 ± 0,53

A ordem decrescente de dureza foi Escola A > Abastecimento > Escola B, sendo a dureza total da água da escola A cerca de 65% maior que a escola B 31% e abastecimento, respectivamente. A ANOVA mostrou que há diferença significativa na dureza total de água escoada pelos condicionadores de ar das escolas quando comparadas à água de abastecimento ( $F=134,32 > F_{\text{crít}}=5,14$ ). O teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) identificou a água de abastecimento como diferente estatisticamente das águas escoada pelos condicionadores de ar de ambas as escolas, além disso a dureza total da água da escola A também é diferente da escola B. Contudo, todas as águas foram qualificadas como moles, segundo as classificações do método de Sawyer e McCarty (1967) e o método de Richter (2009). Essa característica pode ser relevante para a avaliação de possíveis impactos no desempenho dos equipamentos de climatização, uma vez que águas duras podem causar acúmulo de sais e prejudicar o funcionamento de sistemas de refrigeração [Reis, 2011].

Em relação ao pH, foram encontradas diferenças significativas entre as amostras coletadas dos condicionadores de ar das escolas e da água de abastecimento (ANOVA  $F=6,99 > F_{\text{crít}}=5,14$ ). A água coletada dos condicionadores de ar da escola B foi ligeiramente mais ácida, quando comparada a escola A e a água de abastecimento, o que pode sugerir a necessidade de monitoramento ou de algum tratamento específico para adequar essa água de reuso para possíveis aplicações [Semura *et al.*, 2005; Rezende *et al.*, 2017]. Não foram identificadas diferenças significativas entre a água coletada dos condicionadores de ar da escola B e a água de abastecimento (Tukey;  $p < 0,05$ ). Ainda





assim, todas as amostravam se adequaram às normas do CONAMA e da Ministério da Saúde para consumo [Brasil, 2011; Brasil, 2005; Nascimento, 2020].

A CE da escola B foi cerca de 65% maior que as demais amostras de água. Isso foi comprovado pela ANOVA seguida de Tukey que classificou a água da escola B como diferente estatisticamente das demais amostras de água. A CE da Escola B, associada a baixa dureza e ao pH discretamente menor, pode indicar a presença de íons não-carbonatos, possivelmente oriundos da deposição de poeira no evaporador e no dreno, ou mesmo resíduos de limpeza; a confirmação pode ser feita por análises pontuais de  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ , a tabela 2 indica que o condicionador da Escola B, apresenta alta quantidade de Cl e Si, o que pode justificar essa diferença de CE. A condutividade elétrica está relacionada à capacidade da água de conduzir corrente elétrica em devido à presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions [Santos *et al.*, 2019]. Desta forma, era esperado que ambas as águas de reuso apresentassem CE semelhantes. Contudo, considerando os resultados anteriormente descritos para dureza total e pH, sugere-se a baixa influência de carbonatos e outros ânions básicos e a expressiva influência de sulfetos de outros ânions ácidos que podem acarretar a ligeira diminuição do pH desta água. Esta hipótese foi corroborada pela determinação de STD, uma vez que eles representam a quantidade total de sais inorgânicos na água, como carbonatos, cloretos, sulfatos, entre outros [Braga *et al.*, 2021].

Os resultados indicam que os valores de STD para todas as amostras estão dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357 [Brasil, 2005], que estabelecem um valor máximo de 500 mg/L [Martins *et al.*, 2017]. Esses valores indicam que as amostras de água coletadas nos condicionadores de ar, assim como a água de abastecimento, são classificadas como água doce, atendendo aos parâmetros normativos de qualidade para consumo e uso geral. Vale destacar que a água com valores elevados de STD é devido a maior presença de sais.

A Tabela 2 lista os metais presentes nas amostras de água deste estudo. Esses dados fornecem informações semiquantitativa sobre a presença de metais pesados e outros elementos em cada amostra de água coletada, possibilitando a avaliação da qualidade da água em relação à contaminação por substâncias tóxicas, conforme as normas ambientais e de saúde pública. A análise desses metais foi fundamental para

garantir que a água esteja dentro dos parâmetros de segurança e não ofereça riscos à saúde humana ou ao ambiente [Valentini *et al.*, 2019].

**Tabela 2 – Quantificação de metais**

Teor elementar	Escola A	Escola B	Abastecimento
Mg (ppm)	329	320	391
Si (ppm)	29,2	64,1	56,5
P (ppm)	589	593	566
Cl (ppm)	4,5	65,6	29,1
Ca (ppm)	178	167	167
Fe (ppm)	1,7	2,5	7,0
Sn (ppm)	19,5	19,4	18,8

A análise semi-quantitativa de metais mostrou que tanto a água de torneira como a água de reuso possuem os seguintes metais em ordem decrescente de quantidade: P> Mg> Ca> Si> Sn> Cl> Fe. A quantificação dos metais nas águas escoada pelos condicionadores de ar das escolas A e B apresentou discrepâncias em comparação com a água de abastecimento. As águas escoadas pelos condicionadores de ar de ambas as escolas apresentaram um teor de P, Ca e Sn ligeiramente superior a água de abastecimento, já esta última foi ligeiramente superior para a quantificação de Mg e Fe em relação às águas de reuso.

Observou-se que os níveis de Cl, Mg, Ca e P nas águas de reuso atendiam os limites aceitáveis para usos não potáveis, como irrigação [Franca *et al.*, 2022]. Para o Si foram observados níveis elevados, especialmente na escola B. Foi observado ainda a presença do elemento Sn e que o nível de Fe estava acima do permitido para consumo humano e de irrigação, o que poderia acarretar entupimento do equipamento de dispersão de água [Brasil, 2021].



Assim sendo, ainda que as propriedades físico-químicas de dureza, pH, CE, STD e quantificação de metais das águas de reuso atendam as especificações do Ministério da Saúde para consumo [Brasil, 2011], isso não assegura a potabilidade dessa água. Vale lembrar que este estudo não explorou propriedade microbiológicas e de toxidez dessa água. Além disso, é sabido que água de reuso não deve ser destinada ao consumo humano e animal [Moura, 2020].

Assim, a primeira sugestão para a água coletada poderia ser sua utilização na limpeza das próprias salas de aula e de outros espaços dentro das instalações escolares, promovendo um reaproveitamento sustentável de um recurso cada vez mais escasso (Radingoana *et al.*, 2020). Isto estaria respaldado nas análises química de dureza total e pH, uma vez que seus efeitos no processo de limpeza é um aspecto que deve ser considerado. Essa prática não só contribuiria para uma grande economia de água potável, mas também ajudaria a reduzir o consumo excessivo de recursos hídricos, alinhando-se com práticas de gestão responsável da água.

Outra possível aplicação ainda internamente às unidades escolares seria para irrigação de plantas ornamentais, como grama, flores e outros espécimes vegetais, ancorada nas análises químicas de CE, STD e análise de presença de metais. Alguns metais são importantes para o crescimento e desenvolvimento das plantas, pois fazem parte da constituição de enzimas e proteínas [Rodrigues, 2016]. Esta prática também colaboraria para a manutenção de áreas verdes nas escolas, sem comprometer o uso de água potável. Essa abordagem reforça a importância de alternativas criativas e sustentáveis para a utilização dos recursos, exemplificando como pequenas ações podem ter um impacto significativo na preservação ambiental e na educação para a sustentabilidade [Silva, 2018].

Um exemplo prático deste tipo de reuso é o estudo de Dantas *et al.* [2024], que demonstrou o potencial da água condensada de aparelhos de ar-condicionado para fins de irrigação, evidenciando como recursos hídricos normalmente desperdiçados podem ser aproveitados de forma segura e sustentável, [Dantas *et al.* 2024]. Como sugestões para aplicações externas ao ambiente escolar, sugere-se a captação, armazenamento e direcionamento desta água de reuso para ser empregada em uma gama de aplicações, como por exemplo, na geração de energia, refrigeração de equipamentos, limpeza de



veículos, construção civil, entre outros. O reuso da água nestes casos não apenas contribui para a redução do desperdício, mas também permite que um volume maior de água permaneça disponível para finalidades essenciais, garantindo o uso racional dos recursos hídricos. De tal modo, minimiza-se o uso de água potável substituindo-a por uma água de qualidade inferior para atividades que não serão atreladas ao consumo humano e/ou de animais, sem riscos a essas atividades [Zhiteneva *et al.*, 2020].

De uma forma geral, todas essas práticas são de importância crucial para mitigar os impactos da escassez de água, um dos principais desafios enfrentados por diversas regiões do mundo. Ao adotar o reuso de água, instituições e comunidades podem promover um ciclo sustentável, no qual o consumo de água potável é minimizado, favorecendo um equilíbrio entre as necessidades humanas e a preservação dos recursos naturais. As análises físico-químicas da água, como a determinação de pH, CE, STD e presença de metais pesados, foram essenciais para avaliar sua qualidade e segurança para diferentes usos [Silva *et al.*, 2021]. Tais parâmetros ajudaram a identificar contaminações e garantir a adequação da água de reuso para irrigação, limpeza e processos industriais.

#### 4. Conclusão

A análise de água de reuso proveniente de condicionadores de ar de duas escolas públicas foi o enfoque deste estudo. Especificamente foi possível sugerir aplicações de utilização desse recurso de forma sustentável, baseando-se no montante estimado bem como em análises químicas, e contribuindo assim, para a redução do desperdício e o uso racional da água, um recurso cada vez mais escasso e essencial à sobrevivência.

A quantificação da água escoada pelos condicionadores em ambas as escolas foi estatisticamente semelhante, estimadas em cerca de 88 L diários, 444 L semanais, podendo atingir cerca de 2220 L mensalmente. Em relação à qualidade da água, observou-se diferenças significativas em comparação com a água de abastecimento para as análises de dureza total, pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e ausência de metais pesados.



O possível reaproveitamento dessa água foi sugerido, portanto, como uma alternativa eficiente para reduzir a demanda por água potável, especialmente em atividades como limpeza e irrigação de áreas verdes das escolas, como gramados e jardins e até mesmo externas a elas como, por exemplo, na geração de energia e uso na construção civil. Finalmente, o uso da água escoada pelos condicionadores de ar poderia minimizar o volume de água potável disponibilizado para esses casos e fomentar práticas de sustentabilidade e preservação ambiental desse recurso natural no ambiente escolar.

O presente estudo contribui para os ODS 6 (Água Potável e Saneamento), ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), ao promover o reuso de água como prática sustentável, melhorar a gestão dos recursos e incentivar a conscientização ambiental nas escolas. Em suma, este estudo discutiu a importância do uso consciente da água e do reaproveitamento de recursos baseado em análises químicas como soluções eficazes para promover a gestão eficiente da água. A implementação de práticas como o reuso da água dos condicionadores de ar não só auxilia na conservação ambiental, mas também desempenha um papel fundamental na educação ambiental, preparando as futuras gerações para adotar comportamentos sustentáveis e conscientes em relação ao meio ambiente.

## 5. Referências

Algarni, Salem; Saleel, C. A.; Mujeebu, M. Abdul. Air-conditioning condensate recovery and applications—Current developments and challenges ahead. **Sustainable cities and society**, v. 37, p. 263-274, 2018.

Angelakis, A. N; Monte, M. H. F. Marecos Do; Bontoux, L; Asano, T. The status of wastewater reuse practice in the Mediterranean basin: need for guidelines. **Water research**, v. 33, n. 10, p. 2201-2217, 1999.

Braga, E. De A. S., Aquino, M. D. De ., Rocha, C. M. S. ., Mendes, L. S. A. Dos S. ., & Salgueiro, A. R. G. N. L.. Classificação da água subterrânea com base nos sólidos totais dissolvidos estimado. **Águas Subterrâneas**, 35(2). <https://doi.org/10.14295/ras.v35i2.30051>. 2021.

Brasil. **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. 2. ed. ANA (Agencia Nacional de Águas e Saneamento Básico), Brasília, 2021



Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente –CONAMA. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências.** Brasília. DOU nº 053 de 18 de março de 2005.

Brasil. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. **Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.** Diário Oficial da União, Brasília, 12 dez. 2011.

Carvalho, Conrado O. C. De; Gouveia, Davi M; Accardo, Elio; Soluri, Daniela S; Casacchi, Melissa A. Reaproveitamento da água condensada de aparelhos de ar condicionado para laboratórios de química. **Dignidade Re-Vista**, v. 3, n. 5, p. 46-59, 2018.

Carvalho, N. L.; Hentz, P; Silva, J. M.; Barcellos, A. L. R. Reutilização de águas residuárias. Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria. **Revista Monografias Ambientais- REMOA** e-ISSN 2236 1308 - V. 14, N. 2. 3164 – 3171, 2014.

Cintra, L. S., de Oliveira, C. R., Pinheiro Costa, B. B., Costa, D. de A., Santos Oliveira, V. de P., & de Rezende Araújo, T. M. Monitoramento De Parâmetros De Qualidade Da Água Do Rio Paraíba Do Sul Em Campos Dos Goytacazes – RJ. **HOLOS**, 5, 1–16. <https://doi.org/10.15628/holos.2020.9564>. 2020

Correia, P. M. A. R. (2023). **Lições de análise de dados e gestão de informação para administração público-privada.** Vol. I - Coimbra Dissertations, - ISBN 978-989-54298-5-1.

Dantas, Rans Miler Pereira; Silva, Paula Paulino; Gonçalves, Joyce Laura da Silva. Água de reuso e as práticas extensionistas na formação de professores no âmbito da conscientização ambiental. **Revista Panorâmica Online**, 43. 2024.

Derisio, José Carlos. **Introdução ao controle de poluição ambiental.** Oficina de textos, 5ª Ed. São Paulo, 2017.

Dias, Reinaldo; Matos, Fernanda. Impactos das mudanças climáticas nos recursos hídricos: desafios e implicações para a humanidade. **Revista Sociedade Científica**, v. 6, n. 1, p. 1571-1603, 2023.

Ermes, Átila Sielskis Vieira; Maciel, Jussara Socorro Cury; Sahdo, Kirssia Matos Isaac. Proposta de implantação de sistema de reuso de água proveniente de condicionadores de ar em uma instituição de ensino do Amazonas. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p. 1713-1728, 2020.

Gonçalves, J. L. S., Costa, W. S. O., Ribeiro, G. C. P., Leme, P. C. Qual é o pH e a dureza da água que consumimos no vale do Araguaia? **Revista Panorâmica**, online, v. 3, 2020.

Grafton, R. Q., Williams, J., Perry, C. J., Molle, F., Ringler, C., Steduto, P., Udall, B., Wheeler, S. A., Wang, Y., Garrick, D., Allen, R. G. The paradox of irrigation efficiency. **Science**, 361(6404), 748–750. doi:10.1126/science.aat9314. 2018.



Khan, Mohammad Osman. **Quality Assessment of Condensate Water Generating from Air Conditioning Units**. Preprints.org, 2023.  
doi:10.20944/preprints202310.1639.v1

Martins, Rafael Oliveira; Brait, Carlos Henrique Hoff; Dos Santos, Francismário Ferreira. Avaliação do teor de metais pesados e de parâmetros físico-químicos da água e sedimento do lago bonsucesso, Jataí–GO. **Geoambiente On-line**, n. 29, 2017.

Mekonnen, M. M., Hoekstra, A. Y. Four billion people facing severe water scarcity. **Science Advances**, 2(2), e1500323. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500323>. 2016.

Miller, J.; Miller, J. C.; Miller, R. D. **Statistics and chemometrics for analytical chemistry**. Pearson Education, p.312, 2018.

Montoya, Marco Antonio; FINAMORE, Eduardo Belisário. Os recursos hídricos no agronegócio brasileiro: Uma análise insumo-produto do uso, consumo, eficiência e intensidade. **Revista Brasileira de Economia**, v. 74, n. 4, p. 441-464, 2020.

Moura, Priscila Gonçalves; Aranha, Felipe Nicolau; Handam, Natasha Berendonk, Martin, Luis Eduardo; Salles, Maria José; Carvajal, Elvira; Jardim, Rodrigo; Sotero-Martins, Adriana. Água de reúso: uma alternativa sustentável para o Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, n. 6, p. 791-808, 2020.

Nascimento, Daniela Macedo. **A importância da qualidade da água para seu uso na irrigação**. Boletim do Tempo Presente, v. 9, n. 1, p. 70-92, 2020.

Oliveira, Marenilce Cruz Carvalho de; Panero, Francisco dos Santos; Filho, Pedro Alves da Silva; Farias, Leovergildo Rodrigues; Cidade, Mirla Janaina Augusta. Gerenciamento de resíduos químicos gerados em laboratório patológico: frente aos objetivos de desenvolvimento sustentável. **Caderno Pedagógico**, v. 21, n. 9, p. e7677-e7677, 2024.

ONU. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. As Nações Unidas no Brasil. 2015. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Acesso em: 26, ago. 2025.

Parron, Lucilia Maria; Muniz, H. De F.; Pereira, Claudia Mara. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. Embrapa. 2011.

Pinheiro, B. C. S.; Santos, C. L.; Peneluc, M. C. A educação ambiental na formação de professores de Química da UFBA. **Educação & Formação**.v.2, n.1. 181-203, 2017.

Radingoana, M. P.; Dube, T.; Mazvimavi, D. An assessment of irrigation water quality and potential of reusing greywater in home gardens in water-limited environments. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**.v.116. 102857, 2020.

Radingoana, M. P.; Dube, T.; Mazvimavi, D. An assessment of irrigation water quality and potential of reusing greywater in home gardens in water-limited environments. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**.v.116. 102857, 2020.

Reis, Marcelo I. P.; Silva, F. C.; Romeiro, G. A.; Rocha, A. A.; Ferreira, V. F. Deposição mineral em superfícies: problemas e oportunidades na indústria do petróleo. **Revista Virtual de Química**, v. 3, n. 1, p. 2-13, 2011.

Rezende, Amanda Teixeira De; Pereira, Renata De Oliveira; Santos, Ana Silvia Pereira; Silva, Jonathas Batista Gonçalves. **II-487-reúso de água para fins urbanos**





**não potáveis: regulação nacional e internacional, e critérios de qualidade da água.** Congresso Abes Fenasan. 2017.

Richter, C. A. **Água: métodos e tecnologia de tratamento.** 1. ed. São Paulo: Blucher, 2009. 340 p.

Rodrigues, Ana Carolina D. Santos, A. M.; Santos, F. S; Pereira, A. C. C.; Sobrinho, N. M. B. A. Mecanismos de respostas das plantas à poluição por metais pesados: Possibilidade de uso de macrófitas para remediação de ambientes aquáticos contaminados. **Revista Virtual de Química**, v. 8, n. 1, p. 262-276, 2016.

Santos, Diego Marlon; Royer, Marcia Regina. Uma análise da percepção dos alunos sobre a Química Verde e a Educação Ambiental no Ensino de Química. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 4, n. 2, p. 142-164, 2018.

Santos, Moises Casado Dos; Silva, Fablina Suzeni Moraes Silva; Araújo, Ana Maria De Souza; Ferreira, Breno Do Nascimento Ferreira; Silva, Denise Domingos da. Determinação de propriedades físico-químicas de águas do chafariz do município de CUITÉ-PB. **Educação, Ciência e Saúde**, v. 6, n. 1, p. 19, 2019.

Sawyer, C. N.; Mccarty, P.L. **Chemistry for sanitary engineers.** 2. ed. NewYork: McGraw-Hill, 1967, 518 p.

Semura, K. A.; Riccitelli, M.; Gonçalves, M. C. **Estudo para Implantação de Réuso e Proposição de Parâmetros de Qualidade para Usos Urbanos Não Potáveis a Partir das ETE's da RMSP.** In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. A-nais. Campo Grande. 2005.

Silva, Júlia Pereira De Oliveira; Ferreira, Gessé Pereira; Matos, Jaqueline Borges De. Monitoramento dos aspectos físico-químicos da qualidade da água na Praia Lagunar das Palmeiras. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 9, n. 1, 2021

Silva, Wotson Lucas Alves da; Lima, Carla Caroline Cardoso; Bonfim, Matheus Henrique Coutinho; Ramos, Paulo Roberto. **Abordagens sobre os recursos hídricos com estudantes do ensino fundamental em escolas de juazeiro-ba.** Extramuros-Revista de Extensão da UNIVASF, v. 6, n. 1, p. 10-13, 2018.

Valentini, Carla Maria Abido; Lima, Sandra Maria De; Zaque, Ricardo Augusto Moraes; Souza, Fernanda Silveira Carvalho De; Albano, Priscila Machado Ferreira; Benevento, Gian Pietro. Água de beber: um olhar sobre a possibilidade do reuso da água de ar-condicionado para fins potáveis. **Biodiversidade**, v. 18, n. 3, 2019.

Viana, Dainara Farias; Alves, Ismael Carlos Braga; Marques, Paulo Roberto Brasil De Oliveira. **Avaliação físico-química da água de condensação para fins de reaproveitamento: um estudo de caso na Universidade Federal do Maranhão.** 2023.

Vörösmarty, C. J., McIntyre, P. B., Gessner, M. O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S. E., Sullivan, C.A. Liermann, C. Reidy., Davies, P. M. Global threats to human water security and river biodiversity. **Nature**, 467(7315), 555–561. doi:10.1038/nature09440. 2010.

Zhiteneva, V.; Hübner, U.; Medema. G. J.; Drewes, J. E. Trends in conducting quantitative microbial risk assessments for water reuse systems: a review. **Microbial Risk Analysis**.v.16. 100132, 2020.