

PRESENÇA DE BIOFILME E ALTERAÇÕES NA QUALIDADE DA ÁGUA ARMAZENADA EM LABORATÓRIO

EÇA, G. F. * FADIGAS, F. de S. † PEREIRA, G. S. de J. ‡ SACRAMENTO, L. S. §
FARIAS, M. de O. ¶

Revista Eletrônica de Ciências Exatas e Tecnológicas

Submitted: 26 fev.2025. Approved: 28 fev.2025. Published: 03 jun.2025.

Edition: 1ª. Volume: 6º.

RESUMO

Este trabalho avaliou a qualidade da água purificada (AP) e da água de condensação de ar-condicionado (AC) durante 10 dias de armazenamento em laboratório. Foram monitoradas as seguintes variáveis: condutividade elétrica (CE), sólidos totais dissolvidos (STD), *pH*, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal e fosfato. Os resultados indicaram aumento nos valores de CE, *pH*, nitrato e nitrogênio amoniacal ao longo do tempo, sugerindo atividade microbiana associada à formação de biofilme. Não houve detecção de fosfato, e o nitrito permaneceu inalterado. Conclui-se que há perda de qualidade da água durante o armazenamento, sendo recomendável o uso de estratégias de conservação, sobretudo para a água purificada.

Palavras-chave: Condutividade da água. Contaminação. Atividade microbiana. Água purificada

ABSTRACT

This study evaluated the quality of purified water (PW) and air conditioning condensate water (AC) over a 10-day storage period in a laboratory setting. The monitored parameters included electrical conductivity (EC), total dissolved solids (TDS), *pH*, nitrite, nitrate, ammoniacal nitrogen, and phosphate. Results showed an increase in EC, *pH*, nitrate, and ammonia nitrogen over time, indicating microbial activity and biofilm formation. Phosphate was not detected, and nitrite levels remained constant. It is concluded that water quality deteriorates during storage, highlighting the need for conservation strategies, especially for purified water.

Keywords: Water conductivity. Contamination. Microbial activity. Purified water.

Sumário

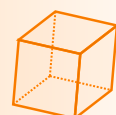
Sumário	1
Introdução	1
Material e métodos	2
Resultados e discussão	3
Conclusão	5
Referências	5

INTRODUÇÃO

O uso de água purificada em procedimentos químicos laboratoriais é essencial no desenvolvimento de pesquisas científicas de qualidade (MENDES et al., 2011). Para se obter água com grau de pureza elevado, os laboratórios costumam utilizar sistemas de destilação, combinados com a deionização, ou sistemas de osmose reversa e tratamento com resinas mistas para purificar a água potável. A qualidade da água purificada está diretamente relacionada a diversos fatores, como o tipo de sistema de tratamento empregado, a frequência com que são realizadas manutenções e limpezas, além dos cuidados adotados durante o armazenamento e a distribuição da água purificada (SANTOS; CRUZ, 2008).

A água de condensação de aparelhos de ar-condicionado, por possuir um teor de sais e condutividade elétrica muito menor do que a água potável fornecida nas redes públicas de abastecimento, pode ser purificada em

*   Gilmara Fernandes Eça.
†   Francisco de Souza Fadigas.
‡   Glaucia Silva de Jesus Pereira.
§   Luan Silva Sacramento.
¶   Monalisa de Oliveira Farias.



sistemas de osmose reversa com deionização, em substituição ao uso da água da potável (FADIGAS; EÇA, 2024). Estudos mostram que a água de condensação de aparelhos de ar-condicionado, além de exibir baixos teores de sais, pode conter baixas concentrações de compostos inorgânicos dissolvidos (RODRIGUES; SILVA; JÚNIOR, 2019; BOLINA et al., 2017; VALENTINI et al., 2019).

Ao longo do tempo de uso dos equipamentos de ar-condicionado, o material particulado (poeira, névoa, aerossóis etc.) e microrganismos presentes no ambiente em que o ar está sendo circulado vão sendo impregnados nos filtros e se acumulam na água depositada na calha interna destes aparelhos, contribuindo para reduzir a qualidade da água de condensação (VITAL, 2019). A água resultante da condensação de ar-condicionado abriga diversos tipos de microrganismos, os quais podem estar associados à formação de uma espécie de biofilme gelatinoso, formado no fundo do recipiente onde a água é armazenada (ETTO; RAZZOLINI, 2011; RAJADO et al., 2022).

A presença de biofilme de microrganismos tem sido relatada na literatura, em calhas de aparelhos de ar-condicionado, chuveiros, torres de refrigeração (VITAL, 2019; FERREIRA, 2022), redes de abastecimento/distribuição de água, redes prediais de água quente e água fria, sistemas de arrefecimento, em fontes ornamentais e tanques tipo jacuzzi (BENOLIEL; FERNANDO; DIEGUES, 2018). Esse tipo de biofilme funciona como um escudo protetor ao estresse ambiental, e acaba sustentando muitas espécies de microrganismos coabitantes (ROSSI; PHILIPPIS, 2015).

O objetivo deste ensaio foi avaliar algumas variáveis relacionadas à qualidade da água, que possibilitem o estudo das variações ocorridas ao longo do tempo de armazenamento, para água purificada (AP), equivalente à água do tipo 2, e água de condensação de ar-condicionado (AC).

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido no Laboratório de Análise de Solos e Plantas (LASP) do CETEC/UFRB, entre maio e junho de 2024. A água de condensação foi coletada a partir de um aparelho tipo split, de 24.000 BTU de potência, funcionando a 23 °C com ventilação média. A purificação de água foi obtida usando um aparelho de 5 estágios, composto de: filtro de polipropileno de 5 micra, filtro de carvão ativado de 5 micra, membrana de osmose reversa, cartucho de resina mista e tratamento ultravioleta, cujas características são descritas por Fadigas e Eça (2024).

Dois barriletes de PVC com torneira e tampa, do tipo padrão utilizado em laboratório, foram enchidos com 10 L de água, sendo um com água purificada (AP) e outro com água de condensação de ar-condicionado (AC). A amostragem foi realizada por um período de 10 dias, tempo considerado como limite para o armazenamento da água para uso em análises químicas. A cada 2 dias foram coletadas amostras de 25 mL das águas, sendo determinadas as seguintes variáveis: condutividade elétrica (CE), sólidos totais dissolvidos (STD), potencial hidrogeniônico (pH) e os teores de nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal e fosfato.

As análises de CE e STD foram realizadas com aparelho de bancada, calibrado com solução 146,9 $\mu S\ cm^{-1}$. A determinação do pH foi feita com pHmetro de bancada, ajustado com padrões de valor 4,0 e 7,0. As determinações de fosfato e nitrito foram realizadas por método descrito em Grasshoff, Kremling e Ehrhardt (1999), o nitrogênio amoniacal, de acordo o método de Krom (1980) e o nitrato por metodologia descrita em Schnetger e Lehnert (2014). A detecção de nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal e fosfato nas amostras foi feita por espectrofotometria de absorção molecular na região do visível, usando curvas de calibração para baixas concentrações desses analitos, sendo as leituras efetuadas a 520, 700 e 880 nm, respectivamente.

Os dados obtidos foram analisados graficamente, a partir das variações entre o início e o final do tempo de armazenamento das águas, para os parâmetros estudados. Um Teste *t* para amostras independentes, com nível de significância de 0,05 e $N = 6$ (referente a médias de análises em triplicata, durante 10 dias de armazenamento, para AC e para AP) foi feito com o programa Origin 6.0, a fim de avaliar se haveria diferença significativa entre os dois tipos de amostras de água (AC e AP). Um Teste *t* também foi realizado para amostras dependentes, com as médias obtidas para AC e AP em cada variável, usando o nível de significância de 0,05 e $N = 2$ (referente às médias de triplicatas, para os dois tipos de água), para verificar se havia diferença significativa entre o primeiro e o último dia de armazenamento da água nos barriletes.

Aos 20 dias após o início do experimento, os barriletes foram esvaziados e o fundo dos recipientes foram raspados com uma espátula de silicone, sendo o material resultante transferido para tubos de vidro com tampa, para fins de comparação visual e confirmação da formação de biofilme. Não foram realizados testes microbiológicos para caracterização da população microbiana presente no biofilme.

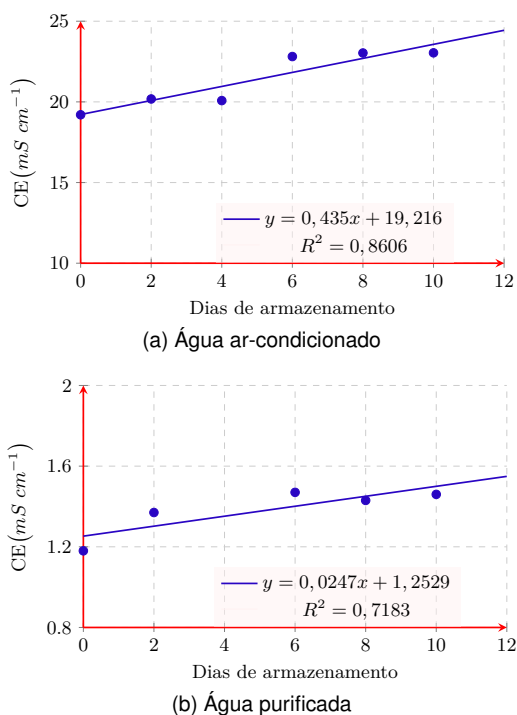


RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados mostraram que a CE, o pH e os teores de nitrato e nitrogênio amoniacal apresentaram aumento ao longo do tempo, tanto para AP como para a AC, indicando atividade microbiana crescente ao longo do armazenamento. Todavia, ao se considerar separadamente AC e AP, os testes estatísticos indicaram ausência de diferença significativa para CE, nitrato e nitrogênio amoniacal. Houve aumento significativo apenas para pH em AC e, STD e pH em AP (Tabela 1).

Os resultados mostraram ainda que houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre AC e AP para as variáveis analisadas, exceto para o pH . De modo geral, os maiores valores foram observados na água de condensação de ar-condicionado, o que está relacionado à perda da qualidade da água armazenada, associada à formação de biofilme. Mesmo que o aumento nos teores encontrados para a maioria das variáveis estudadas tenha sido mínimo ao longo do tempo de armazenamento, sugere-se a necessidade do uso de técnicas que visem a conservação da qualidade das águas (AP e AC), especialmente da água purificada, evitando possíveis contaminações adicionais.

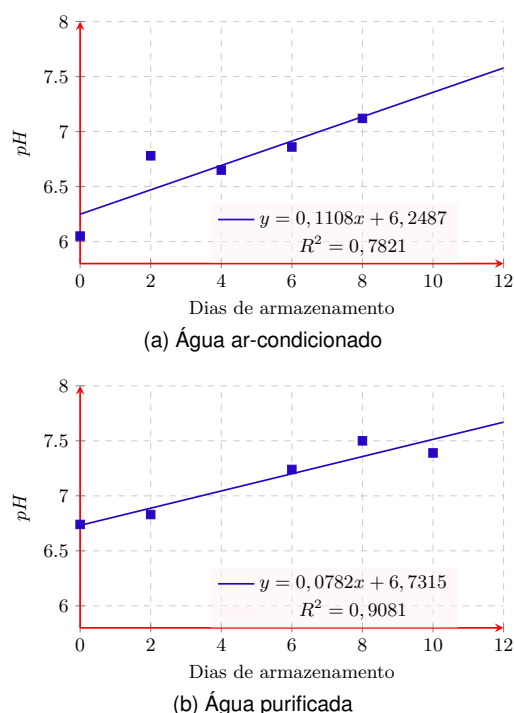
Figura 1 – Variação da condutividade elétrica (CE) da (a) água do ar-condicionado e da (b) água purificada, armazenadas em barrilete, em função do tempo.



A CE (Figura 1) e os STD apresentaram elevada correlação (0,77 em AP e 0,96 em AC), o que indica que são medidas redundantes em análise de águas. Deste modo, é possível escolher apenas uma das duas variáveis

para estudos envolvendo alterações na qualidade da água. Com base na European Standard EN ISO 3696 (1995), recomenda-se analisar apenas a CE quando se tratar de águas para uso em laboratório. Os valores obtidos para CE na AC estão dentro da faixa encontrada na literatura para esse tipo de água, ocorrendo o mesmo para o pH (CARVALHO et al., 2018; AL-FARAYEDHI; IBRAHIM; GANDHIDASAN, 2014; NÓBREGA, 2015; BO-LINA et al., 2017; VALENTINI et al., 2019). O pH (Figura 2) aumentou ao longo do período de armazenamento, tanto na água de condensação do aparelho de ar-condicionado (sem tratamento) quanto na água deionizada, atingindo um valor próximo de 7 após seis dias de armazenamento, possivelmente relacionado à presença de nitrogênio amoniacal e/ou de microrganismos.

Figura 2 – Variação do potencial hidrogeniônico (pH) da água do ar-condicionado e da água purificada, armazenadas em barrilete, em função do tempo.



Aos 20 dias após o início do experimento foi possível detectar visualmente a presença de biofilme (Figura 3). No tubo 3 foi possível perceber uma leve turvação resultante do biofilme extraído por raspagem do fundo do barrilete. No tubo 6 foi possível também visualizar a formação de turvação, porém, bem mais intensa que a do tubo 3. Essa diferença, provavelmente, está associada à atividade mais intensa de microrganismos, agindo sobre os materiais particulados depositados no fundo do recipiente, presentes na água proveniente de aparelho de ar-condicionado. O biofilme observado nos recipientes de armazenamento da AP e AC também possuía aspecto similar ao descrito por Rajado et al. (2022) e Ferreira (2022).

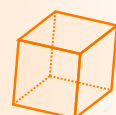


Tabela 1 – Características químicas e físico-químicas das águas contidas em barrilete ao longo do tempo de armazenamento.

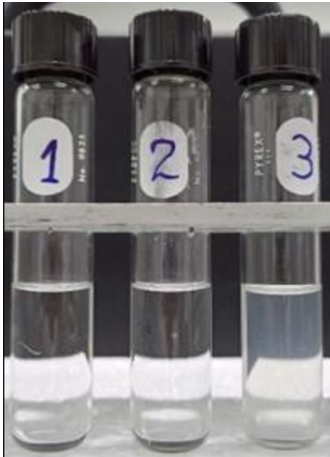
Item analisado	Água purificada ¹		Água de condensação ²	
	Inicial	Final	Inicial	Final
Condutividade elétrica (CE, $\mu S\ cm^{-1}$)	1,18	1,46	19,2	23,0
Sólidos totais dissolvidos (STD, $mg\ L^{-1}$)	0,923	0,952	12,6	14,8
pH	6,74	7,39	6,05	6,63
Nitrato ($mg\ L^{-1}$)	0,005 89	0,0106	0,0141	0,0320
Nitrogênio amoniacal ($mg\ L^{-1}$)	0,006 02	0,285	2,29	2,60

¹ Coletada a partir de um aparelho tipo *split*, de 24.000BTU de potência, funcionando a 23 °C e ventilação média.

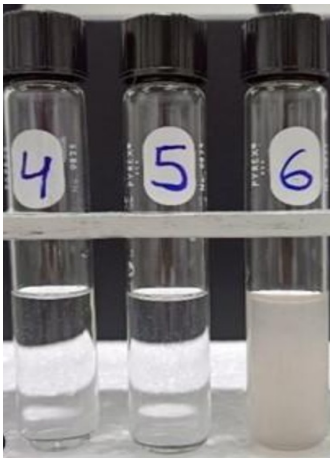
² Obtida usando um aparelho de 5 estágios, composto de: filtro de polipropileno de 5 micra, filtro de carvão ativado de 5 micra, Membrana de Osmose Reversa, Cartucho de resina mista e tratamento ultravioleta.

Todavia, estudos envolvendo o cultivo seletivo de microrganismos serão necessários para caracterizar a população de microbiana do biofilme formado nas superfícies internas dos barriletes.

Figura 3 – Comparação visual: água purificada.



(a) recém-coletada (tubo 1); armazenada aos 20 dias (tubo 2); substância mucilagínosa que compõe o biofilme do fundo do barrilete (tubo 3). Água do ar-condicionado



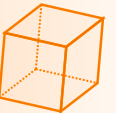
(b) recém-coletada (tubo 4); armazenada aos 20 dias (tubo 5); substância mucilagínosa que compõe o biofilme do fundo do barrilete (tubo 6)

Fonte: Fadigas e Eça (2024).

Mesmo com a purificação da água de condensação do aparelho de ar-condicionado no sistema de osmose reversa, seguido de deionização, tal processo, mostrou não ser suficiente para evitar a formação do biofilme, sendo este acumulado ao longo dos dias de armazenamento no barrilete. A literatura relata que nesse tipo de biofilme, diversos microrganismos podem existir, incluindo bactérias, fungos, vírus e cianobactérias (FERREIRA, 2022; VITAL, 2019). As cianobactérias, também chamadas algas azuis e verdes, além de fixar nitrogênio, podem atuar também na síntese de exopolissacarídeos, favorecendo a nutrição necessária para outros tipos de microrganismos da água, o que contribui para a formação e a estabilidade do biofilme contra o estresse ambiental (SHRIDHAR, 2012; POTNIS; RAGHAVAN; RAJARAM, 2021).

Em relação ao fosfato, não foi observada a presença deste analito nas amostras de AP e AC analisadas. As partículas de poeira presentes no ar do laboratório poderiam ser uma fonte de contaminação com fósforo inorgânico na água de ar-condicionado. Todavia, este analito não foi detectado nas águas coletadas, sugerindo não haver uma fonte significativa de fósforo no ambiente interno (atmosfera) do laboratório. Em contrapartida, foi detectada a presença de compostos inorgânicos nitrogenados nas águas.

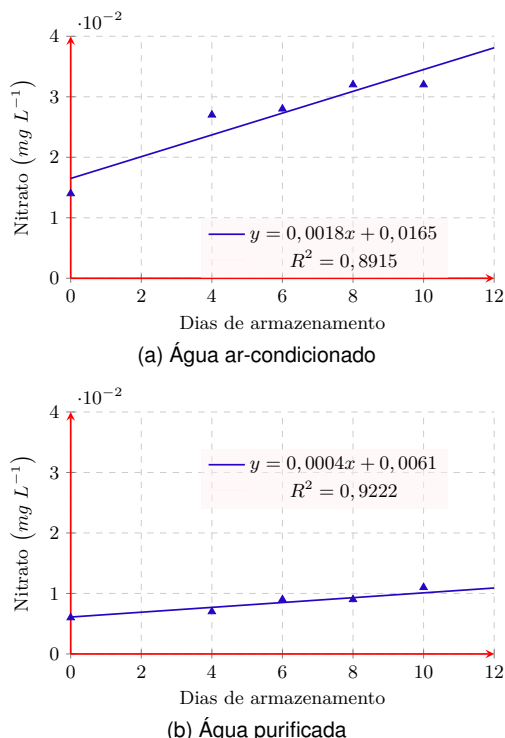
O teor de nitrito não sofreu alteração entre o início e o final do período de armazenamento. A concentração de nitrato (Figura 4) e de nitrogênio amoniacal (Figura 5) no início do armazenamento foi insignificante, mas, as concentrações destes aumentaram ao longo do tempo de armazenamento, principalmente a de nitrogênio amoniacal. A AC, decorridos de 10 dias de armazenamento, apresentou um teor de nitrogênio amoniacal relativamente maior que a AP, equivalente a 10 vezes o encontrado nesta última. Embora exista uma grande escassez em publicações sobre a presença de substâncias químicas



cas na água de rejeito de condicionadores de ar, uma pesquisa feita por [Valentini et al. \(2019\)](#) mostrou teores de nitrogênio amoniacal ($0,280 - 2,97 \text{ mg L}^{-1}$) compatíveis com os valores encontrados neste trabalho, para a AC. Os resultados não permitem rastrear a origem dos compostos nitrogenados na água avaliada, se teria ocorrido por difusão direta de nitrogênio do ar no meio líquido ou, decorrente da fixação biológica do nitrogênio atmosférico. Entretanto, sugere-se que, possivelmente, esteja ocorrendo a fixação biológica de nitrogênio por bactérias presentes no biofilme.

A literatura relata que alguns tipos de bactérias simbióticas, associativas e de vida livre, tanto presentes no solo ou em ambientes aquáticos conseguem converter o nitrogênio atmosférico em amônia. Essa conversão é feita por meio de um processo mediado pela enzima nitrogenase e metais, que podem ser ferro, molibdênio ou vanádio (sob condições limitantes de molibdênio). Os metais atuam como doadores de elétrons na transformação das formas nitrogenadas pelas bactérias ([DIXON; KAHN, 2004](#)). Existem ainda outros tipos de bactérias capazes de fixar o nitrogênio e formar biofilme, sob limitadas concentrações deste nutriente ([WANG et al., 2017](#)).

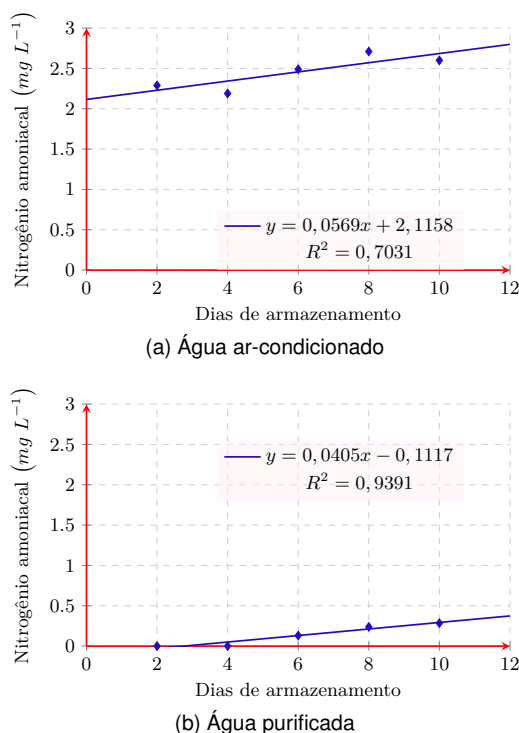
Figura 4 – Teores de nitrato na água do ar-condicionado e na água purificada, armazenadas em barrilete, em função do tempo.



Segundo [Hatayama, Oikawa e Ito \(2018\)](#), no filtro de aparelhos de ar-condicionado podem se desenvolver colônias de bactérias fixadoras de nitrogênio. Isso poderia explicar os resultados encontrados para o nitrogê-

nio amoniacal e nitrato nas águas analisadas neste estudo. Do mesmo modo, como a concentração de nitrogênio amoniacal e de nitrato aumentou ao longo do tempo de armazenamento da água, é possível que exista a presença de cianobactérias e/ou bactérias fixadoras de nitrogênio e nitrificantes no biofilme. De acordo com [Oliveira et al. \(2006\)](#), bactérias nitrificantes presentes em ambientes aquáticos transformam o nitrogênio amoniacal em nitrito e o nitrito em nitrato.

Figura 5 – Teores de nitrogênio amoniacal na água do ar-condicionado e na água purificada, armazenadas em barrilete, em função do tempo.



CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos no ensaio pode-se concluir que houve a perda de qualidade das águas armazenadas no período de observação, o que sugere a necessidade da adoção de métodos de conservação que resultem na manutenção da qualidade, especialmente da água purificada.

Os resultados indicam que a água purificada para uso em laboratório deve ser armazenada por curto período de tempo (até 10 dias), pois, há risco de comprometimento de sua qualidade para uso em análises químicas.

Referências

AL-FARAYEDHI, A. A.; IBRAHIM, N. I.; GANDHIDASAN,



- P. Condensate as a water source from vapor compression systems in hot and humid regions. *Desalination*, v. 349, p. 60–67, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.desal.2014.05.002>>. Citado na página 3.
- BENOLIEL, M.; FERNANDO, A.; DIEGUES, P. *Prevenção e controlo de legionella nos sistemas de água*. 3ª edição revista e aumentada. ed. Caparica (PT): Instituto Português da Qualidade/ Empresa Portuguesa das Águas Livres, S.A., 2018. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/303765526.pdf>>. Citado na página 2.
- BOLINA, C. C. et al. Aproveitamento da água proveniente do processo de condensação de aparelhos de ar condicionado em prédio público. *Renefara*, v. 12, n. 12, p. 14–27, 2017. Disponível em: <<https://sipe.uniaraguaia.edu.br/index.php/REVISTAUNIARAGUAIA/article/view/614>>. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 3.
- CARVALHO, C. O. C. et al. Reaproveitamento da água condensada de aparelhos de ar condicionado para laboratórios de química. *Dignidade Re-Vista*, v. 3, n. 5, p. 46–59, 2018. Disponível em: <<https://periodicos.puc-rio.br/index.php/dignidaderevista/article/view/641>>. Citado na página 3.
- DIXON, R.; KAHN, D. Genetic regulation of biological nitrogen fixation. *Nature Reviews Microbiology*, v. 2, p. 621–631, 2004. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/nrmicro954>>. Citado na página 5.
- ETTO, H. Y.; RAZZOLINI, M. T. P. Detecção de bactérias do gênero legionella em amostras de água de sistemas de ar-condicionado. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 20, n. 4, p. 557–564, 2011. Disponível em: <http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?pid=S1679-49742011000400015&script=sci_arttext&tlng=en>. Citado na página 2.
- FADIGAS, F. S.; EÇA, G. F. Purificação de água de condensação de ar-condicionado para uso em laboratório. In: ANDRADE, J. K. B. (Ed.). *Pesquisas e inovações em Ciências Ambientais e Agrárias*. Campina Grande (PB): Editora Licuri, 2024. cap. 3, p. 32–44. Disponível em: <<https://doi.org/10.58203/Licuri.22183>>. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 4.
- FERREIRA, N. M. *Legionella pneumophila e cianobactérias: uma possível relação?* Dissertação de Mestrado — Faculdade de Ciências, Lisboa, Portugal, 2022. Citado 3 vezes nas páginas 2, 3 e 4.
- GRASSHOFF, K.; KREMLING, K.; EHARDT, M. *Methods of Seawater Analysis*. Alemanha: WILEY-VCH, 1999. Citado na página 2.
- HATAYAMA, K.; OIKAWA, Y.; ITO, H. Bacterial community structures in air conditioners installed in Japanese residential buildings. *Antonie van Leeuwenhoek*, v. 111, n. 1, p. 45–53, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10482-017-0925-4>>. Citado na página 5.
- MENDES, M. et al. A importância da qualidade da água reagente no laboratório clínico. *Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial*, v. 47, n. 3, p. 217–233, 2011. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/jbpm/a/8sgJW4hxRbjp5QCqyY9Q4hx/?lang=pt>>. Citado na página 1.
- NÓBREGA, J. M. d. S. *Água residual de condensadores de ar: perspectiva de substituição à água destilada para uso em laboratórios*. Dissertação (Monografia (Graduação)) — Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos, 2015. Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/1iAoMW-NwSj3d2XoyjCQIEPQ6stqDidM/view?pli=1>>. Citado na página 3.
- OLIVEIRA, S. S. et al. Caracterização da assembleia de bactérias nitrificantes pelo método "fluorescent in situ hybridization" (fish) no biofilme e água de larvicultura do camarão-rosa *farfantepenaeus paulensis*. *Atlântica*, v. 28, n. 1, p. 33–46, 2006. Disponível em: <<https://periodicos.furg.br/atlantica/article/view/1726>>. Citado na página 5.
- POTNIS, A. A.; RAGHAVAN, P. S.; RAJARAM, H. Overview on cyanobacterial exopolysaccharides and biofilms: role in bioremediation. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, v. 20, n. 3, p. 781–794, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11157-021-09586-w>>. Citado na página 4.
- RAJADO, S. et al. Risco de contaminação e disseminação da bactéria legionella. *Revista Técnica de Cerâmica e Vidro*, v. 16, p. 4–7, 2022. Disponível em: <<https://publicacoes.rigual.org/wp-content/uploads/2022/10/TECNICA16-setembro-outubro.pdf#page=6>>. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 3.
- RODRIGUES, J. O. N.; SILVA, T. C.; JÚNIOR, G. B. A. Análise quali-quantitativa da água condensada gerada por aparelhos de ar-condicionado. *Gesta*, v. 7, n. 2, p. 160–174, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.9771/gesta.v7i2.30779>>. Citado na página 2.
- ROSSI, F.; PHILIPPIS, R. de. Role of cyanobacterial exopolysaccharides in phototrophic biofilms and in complex microbial mats. *Life*, v. 5, n. 2, p. 1218–1238, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/life5021218>>. Citado na página 2.
- SANTOS, K. A.; CRUZ, E. A. Sistemas de geração e distribuição de Água purificada na indústria farmacêutica. *Fármacos & Medicamentos*, v. 50, p. 34–41, 2008. Disponível em: <<https://erikalizfarma.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/02/artigo-1-sistemasdegerac3a7c3a3oedistribuc3a7c3a3odec3a1guapurificadanaindc3bastrifarmac3aautica.pdf>>. Citado na página 1.
- SCHNETGER, B.; LEHNERS, C. Determination of nitrate plus nitrite in small volume marine water samples using vanadium (iii) chloride as a reduction agent. *Marine Chemistry*, Elsevier, v. 160, p. 91–98, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.marchem.2014.01.010>>. Citado na página 2.
- SHRIDHAR, B. S. Nitrogen fixing microorganisms. *International Journal of Microbiology Research*, v. 3, n. 1, p. 46–52, 2012. Disponível em: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/45384507/9-libre.pdf?1462475655=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DReview_Nitrogen_Fixing_Microorganisms.pdf&Expires=1748955517&Signature=EhjW3J6mqMX01bdB9n4omKgRNL0i5M-H-hKGMJbnkEqEHalBESJh8IDQ1bPJ7M89S75qj7mAJSDDBSXAfvGR8wR82YQhXdt780cX0WVXuDtEVI-E79FSZ295tlcOmlGpi4-69DY2MOIESfGJTRATAMphYQnhKYIZidhOoqEMty~aisS3swj~nXZEEK1bkq6kUBu266kDCmSWp5KgN4PJfnLFEcNSDh0SYfMfbTIB9L64Ep6IMZ3mcakO9FrECMTJhsQ1y-dTvB991Z7YMY-t7VNVBLamBADQkziaqOveSXmCZuAEPkavLzACY538F1ZvfrPyeUWefsO8mHpn4w_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA>. Citado na página 4.
- VALENTINI, C. M. A. et al. Água de beber: um olhar sobre a possibilidade do reuso da água de ar-condicionado para fins potáveis. *Biodiversidade*, v. 18, n. 3, p. 2–36, 2019. Disponível em: <<https://periodicoscientificos.ufm>



ISSN:
2763-8855

REACT
Revista Eletrônica de Ciências Exatas e Tecnológicas



t.br/ojs/index.php/biodiversidade/article/view/9401. Citado 3 vezes nas páginas 2, 3 e 5.

VITAL, I. F. D. *Deteção, identificação e quantificação de Legionella spp. em amostras de água: comparação da técnica de PCR-RT com o Método Cultural*. Relatório de Mestrado — Escola Superior Agrária, Coimbra, Portugal, 2019. Disponível em: <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/34881>. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 4.

WANG, D. et al. Biofilm formation enables free-living nitrogen-fixing rhizobacteria to fix nitrogen under aerobic conditions. *The ISME Journal*, v. 11, n. 7, p. 1602–1613, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/ismej.2017.30>. Citado na página 5.

©2025 by RECET. Este é um artigo de acesso livre, distribuído sob os termos e condições da licença [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) (CC BY-NC-ND 4.0).



RECET
Revista Eletrônica de Ciências Exatas e Tecnológicas

