

II-1516 – POTENCIAL PARA FERTIRRIGAÇÃO DA ÁGUA RECICLADA DE EFLUENTE AGROINDUSTRIAL PÓS-TRATAMENTO POR PRECIPITAÇÃO DE ESTRUVITA

Jolene Rodrigues Lopes⁽¹⁾

Graduanda do Bacharelado Interdisciplinar em Ciências e Tecnologia das Águas pela Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA).

Rose Caldas de Souza Meira⁽²⁾

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal do Pará – UFPA. Mestre em Engenharia Civil pela UFPA. Doutora em Geologia e Geoquímica pela UFPA. Professora do Instituto de Ciência e Tecnologia das Águas – ICTA, UFOPA. Coordenadora da Especialização em Saneamento e Tecnologia Hídrica – UFOPA.

Camila Carneiro dos Santos Rodrigues⁽³⁾

Oceanógrafa pela Universidade Federal do Pará-UFPA. Mestre em Geologia e Geoquímica pela UFPA. Doutora em Geoquímica Ambiental pela UFPA.

Bianca Krsthine Santos Nascimento⁽⁴⁾

Bacharela em Ciências e Tecnologia das Águas pela Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA). Engenheira Sanitarista e Ambiental (UFOPA). Especialista em Saneamento e Recursos Hídricos (UFOPA).

Erielma Monteiro Ferreira⁽⁵⁾

Bacharela em Ciências e Tecnologia das Águas pela Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA). Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental (UFOPA).

Endereço⁽¹⁾: Av Orquídea, 270 – Jardim Santarém – Santarém – PA – CEP: 68030-520 – Brasil – Tel: (93) 99238-0262 – email: jolene.lope41@gmail.com.

RESUMO

Com o crescimento urbano e o acentuado avanço da industrialização, o setor agrícola é pressionado a produzir alimentos em larga escala e a atender ao mercado interno e externo através da modernização do setor com novas tecnologias na cadeia produtiva. A agroindústria é um ramo que converte matéria-prima de origem agropecuária em produtos beneficiados, agregando valor aos mesmos e contribuindo para o desenvolvimento econômico regional. O reúso de águas residuárias oriundas da agroindústria, além de ser uma alternativa de suprimento hídrico para plantações, pode ser uma fonte secundária dos nutrientes fósforo e nitrogênio. Nesse sentido, o trabalho buscou determinar quantitativamente os teores de $\text{NH}_3\text{-N}$, NH_3 , NH_4^+ , P, PO_4^{3-} e P_2O_5 no efluente bruto e na água reciclada e avaliar o potencial para fertirrigação do efluente pós síntese de estruvita. A pesquisa possui caráter descritivo e quantitativo. A área de estudo fica situada em Santarém, no Estado do Pará, foram realizadas coletas do efluente para posterior caracterização e síntese de estruvita, que foi realizada através de adição de soluções de N e Mg, o efluente agroindustrial foi utilizado como fonte de P. Após a síntese, a água reciclada foi armazenada para posterior caracterização, determinação e quantificação do potencial fertilizante de nutrientes presente nas amostras. Os valores resultantes que caracterizam a água reciclada gerada após o tratamento pelo método de precipitação de estruvita apontam que é rica em nutrientes e seu uso possui potencial para a fertirrigação e quantidade de nutrientes satisfatórios para plantações.

PALAVRAS-CHAVE: Água reciclada, Efluente agroindustrial, Fertirrigação, Estruvita.

INTRODUÇÃO

Com o crescimento urbano e o acentuado avanço da industrialização, o setor agrário é pressionado a produzir alimentos em larga escala e a atender ao mercado interno e externo através da modernização do setor com novas tecnologias na cadeia produtiva (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 2015). A agroindústria é um ramo que converte matéria-prima de origem agropecuária em produtos beneficiados, agregando valor aos mesmos e contribuindo para o desenvolvimento econômico regional.

A Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela lei nº 9.433/97, define efluentes líquidos de agroindústrias tratados ou não como água residuária. Efluentes oriundos do setor agroindustrial apresentam potencial contaminante de corpos hídricos. A normativa do CONAMA nº 430/11 estabelece que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às exigências dispostas por esta normativa e em outras normas aplicáveis.

O contexto da economia circular da água prevê o reuso desse recurso evitando a constante extração das águas subterrâneas e o descarte inadequado de efluentes (NAVARRO, 2010). Águas residuárias oriundas da agroindústria, além de serem uma alternativa de suprimento hídrico para plantações, podem ser uma fonte de nutrientes, como por exemplo, P, N e Mg (SOUSA, 2017). O uso excessivo de fertilizantes favorece a redução da produtividade, problemas ambientais ocasionados por atividades antrópicas e pelo processo natural de lixiviação; um manejo inadequado pode propiciar elevação da acidez do solo e afetar a absorção de nutrientes pelas plantas (SESSO, 2022).

A criação de um Plano Nacional de Fertilizantes, entre os anos 2022 a 2050, tem como alguns dos principais objetivos: diminuir a dependência externa quanto ao fornecimento de fertilizantes; aumentar a produção e a oferta de fertilizantes orgânicos e organominerais; e estimular a oferta de produtos e processos tecnológicos que promovam aumento da eficiência do uso agrônomo de fertilizantes (CALIGARES *et al.*, 2022). Uma agricultura mais sustentável reduz impactos ao meio ambiente tais como a eutrofização e o esgotamento de recursos naturais (NANCHARAIAH, 2016).

A fertirrigação é uma das maneiras mais eficientes e econômicas para a aplicação de fertilizantes às plantas principalmente em regiões de climas árido e semiárido, por causa da necessidade de irrigação para o cultivo das plantas. Ao aplicar os fertilizantes em menor quantidade e com maior frequência, pode-se manter um teor de nutrientes no solo nas quantidades exigidas nas diferentes fases do ciclo da cultura, aumentando a eficiência do uso de nutrientes pelas plantas e sua produtividade (AMORIM, 2022).

O reuso de efluente pode reduzir significativamente as demandas por água doce e fornecer estratégias sustentáveis de gerenciamento de água, além disso, o reuso apresenta a vantagem de menor gasto energético, quando comparados a outras formas de aumentar a disponibilidade hídrica como a dessalinização e a transferência de água entre bacias (Garcia-Cuerva *et al.*, 2016).

Segundo o Instituto Brasileiro de Florestas, o solo da Amazônia em um contexto geral possui característica arenosa e uma fina camada proveniente da decomposição de folhas, frutos e animais mortos. Com frequentes e intensas chuvas na região com áreas desmatadas os nutrientes são lixiviados deixando o solo pobre, as árvores nessa etapa possuem um papel importante pois absorvem os nutrientes presentes no solo através de suas raízes e realizam a reciclagem dos nutrientes.

Uma técnica de remoção em destaque no meio acadêmico nacional e internacional é a recuperação de íons de fosfato de efluentes, lixiviado ou lodo líquido, por meio da precipitação de sais de fosfato moderadamente solúveis (MEIRA, 2020). Esse trabalho teve por objetivo avaliar o potencial de reúso na fertirrigação da água reciclada de efluente agroindustrial pós-tratamento por precipitação de estruvita como fonte de amônia e fósforo.

MATERIAIS E MÉTODOS

O efluente tratado e avaliado neste trabalho foi coletado de uma atividade agroindustrial, localizado nas proximidades da PA-457 (2,53719572° S e 58,88044153° W), rodovia de acesso à Alter do Chão, em Santarém, Oeste do Pará (Figura 1). A cidade tem sua população estimada em 308.339 habitantes, o clima da região pode ser caracterizado como quente e úmido, apresentando temperatura média anual com variações entre 25 e 28°C, durante o período do inverno amazônico, o regime pluviométrico da cidade corresponde aproximadamente entre 1.900 e 2.000 mm por ano e os meses que apresentam temperaturas mais elevadas são junho a novembro, enquanto que dezembro a maio correspondem ao período com maior incidência de precipitação pluviométrica (IBGE, 2021).



Figura 1. Mapa da localização da área de estudo.

Essa pesquisa possui caráter descritivo e quantitativo. A metodologia foi baseada de acordo com o fluxograma apresentado na figura 2, a qual pode-se acompanhar as fases de elaboração da pesquisa, onde engloba a fase inicial que corresponde a revisão bibliográfica através de artigos, monografias e livros. Posteriormente foi realizada a organização de materiais e coleta do efluente para posterior caracterização e síntese de estruvita, que foi realizada através de adição de soluções de N e P. Em seguida, o subproduto da síntese de estruvita, a água reciclada, foi armazenada para posterior caracterização, determinação e quantificação do potencial fertilizante de nutrientes presente nas amostras.

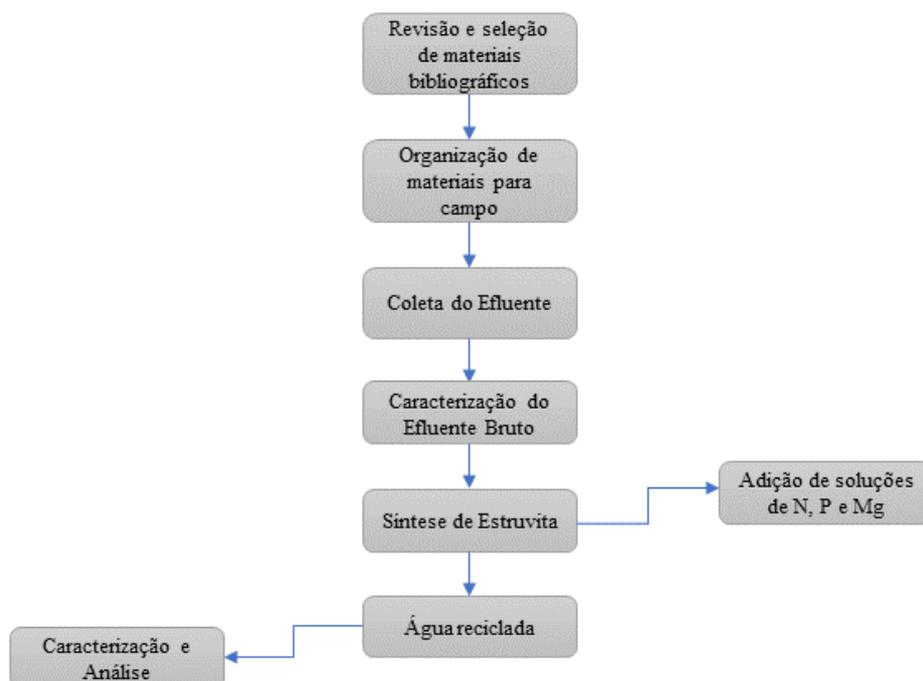


Figura 2. Fluxograma da metodologia utilizada para a pesquisa.

Foram amostrados 25 L do efluente em recipientes de armazenamento com tampas vedadas, resguardadas em temperatura ambiente apenas para devida caracterização. A metodologia de tratamento, condição ótima de síntese, baseou-se em Meira (2020); o produto avaliado foi a água reciclada proveniente da precipitação de estruvita. As análises e quantificações dos teores de N e de P foram realizadas com um equipamento multiparâmetro (Hanna) no Laboratório de Química Aplicada e Toxicologia, Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos da Universidade Federal do Oeste do Pará (Santarém-PA) (Figura 3).



Figura 3. A) Equipamento utilizado para as análises de fósforo e amônia; B) Amostras com reagentes para devida caracterização.

As análises de P, segundo as instruções regidas pelo manual do equipamento, retiram-se 10 mL da amostra com o auxílio de uma pipeta transferindo o conteúdo para uma cubeta, em seguida é necessário zerar a leitura no equipamento para não interferir no resultado da amostra. Após esse procedimento são adicionadas 10 gotas do reagente Phosphorus gama alta HI93706A-0, deve homogeneizar a solução para colocar o reagente HI93706B-01, aguardar o tempo de reação indicado no equipamento e realizar a leitura quantitativa dos nutrientes. As análises de amônia, segue o mesmo procedimento inicial da análise do fósforo, após zerar a leitura da amostra no equipamento, foram adicionadas 4 gotas do reagente de gama média HI93715A-0 respeitando a homogeneização da solução e na sequência são colocadas 4 gotas do reagente HI93715B-0, espera-se o tempo de reação indicado para que a leitura quantitativa seja realizada.

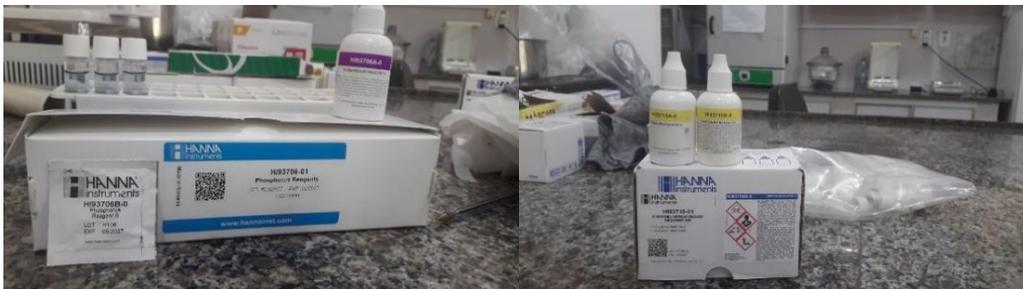


Figura 4. A) Reagente para análise de Fósforo; B) Reagente utilizado para as análises de Amônia.

Para a determinar a concentração do cátion magnésio (Mg^{2+}), inicialmente foi realizado o método titulométrico, onde determinou-se a dureza total e a dureza do cálcio presentes na amostra, para que a partir desses resultados fosse determinado o valor da dureza do magnésio, que é obtido através da diferença entre o valor da dureza total e da dureza do cálcio. Os valores correspondentes à dureza total e a dureza de cálcio foram determinados de acordo com o manual de instruções compact kit dureza total, cálcio e magnésio através de 3 reagentes (Figura 5). O reagente 1 é uma solução tampão utilizada para regular o pH da amostra, através da adição de 4 gotas, o reagente 2 (negro de eriocromo T) é um indicador metalocromômico empregado para indicar a coloração inicial na amostra. Por fim, o reagente 3 é uma solução padrão de EDTA adicionada através de titulação realizada em seringa milimetrada para indicar a dureza na amostra.

Para caracterizar a dureza total é necessário transferir a amostra para uma cubeta de 10 ml, posteriormente adicionar 04 gotas do reagente 1 e agitar em movimentos circulares, em seguida adicionar o reagente 2 e agitar até ficar na cor lilás (caso a amostra fique azul, significa que não há dureza na amostra e o resultado é igual a zero), posteriormente é adicionado o reagente 3 através da seringa milimetrada, agitando a cada gota adicionada, até atingir a cor azul pura. Para dureza do cálcio é necessário transferir a amostra para uma cubeta de 10 ml, posteriormente é adicionado 04 gotas do reagente 1 e agitar em movimentos circulares, ao adicionar o reagente 2, a amostra deve ficar rosa (caso ficar violeta, significa que não há dureza na amostra e o resultado é igual a

zero), por fim o reagente 3 é adicionado através da seringa milimetrada e agitado a cada gota adicionada, até atingir a cor violeta.



Figura 5. Kit titulométrico utilizado para determinar os valores de Magnésio.

Para a preparação da síntese de estruvita foi realizado ensaios de bancada (Figura 6) utilizando a água residual já caracterizada e posteriormente adicionado cloreto de magnésio hexahidratado $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ como fonte de magnésio (Mg), fosfato monobásico de potássio (K_2PO_4), cloreto de amônio (NH_4Cl) e hidróxido de sódio (NaOH), este último foi utilizado apenas para ajustar o pH. As soluções de Mg, P e NH_4^+ foram misturadas simultaneamente com água destilada na proporção molar N:Mg:P igual 1:1:1 sendo (600 mL de Mg; 600 mL P + efluente; 590 mL de N e 210 mL de água destilada) em Becker com volume de 2 L. Em seguida a solução foi levada a mistura momentânea através do agitador mecânico em um intervalo de 10 minutos, o pH da solução foi determinado através da solução de (NaOH), aferido a 1N e através do auxílio de papel indicador de pH até manter o valor ajustado de pH 10. Após isso, a solução ficou em repouso durante 20 minutos em temperatura ambiente e em seguida, logo após a reação de precipitação, a solução foi filtrada com papel filtro em beakers de 100 mL, o sólido que ficou retido no filtro foi levado a estufa em temperatura de 40°C durante 24h, enquanto o líquido tratado foi armazenado em galões de 5 L para posterior caracterização.

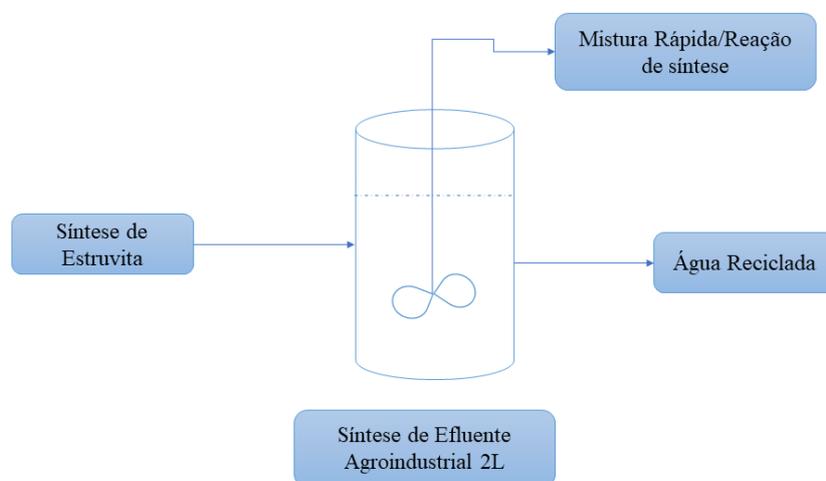


Figura 6. Figura ilustrativa do processo de tratamento por precipitação de Estruvita

RESULTADOS OBTIDOS

Foram realizadas três réplicas das amostras para efetuar uma média na obtenção precisa na caracterização do efluente bruto (Tabela 1) e da água reciclada (Tabela 2).

Tabela 1. Dados referentes à caracterização do efluente bruto.

Réplicas	Nutrientes (mg/L)						
	$NH_3 - N$	NH_3	NH_4^+	P	PO_4^{3-}	P_2O_5	Mg
1 ^a	0,03	0,04	0,04	0,3	1,0	0,7	6,24
2 ^a	0,01	0,01	0,04	0,5	1,4	1,1	6,24

3º	0,01	0,01	0,01	0,0	0,0	0,0	6,24
Média	0,017	0,02	0,03	0,27	0,8	0,6	6,24

Tabela 2. Dados referentes à caracterização do efluente pós tratado (água reciclada).

Réplicas	Nutrientes (mg/L)						
	$NH_3 - N$	NH_3	NH_4^+	P	PO_4^{3-}	P_2O_5	Mg
1ª	10	12,16	12,90	1,4	4,4	3,3	50,2
2ª	10	12,16	12,90	0,7	2,0	1,5	50,2
3º	10	12,16	12,90	0,4	1,3	1,0	50,2
Média	10	12,16	12,90	0,83	2,57	2	50,2

Para expressar o resultado em Ca^{2+} , deve multiplicar o resultado lido na seringa da análise de dureza de cálcio por 0,4. Os resultados de dureza total e de dureza de cálcio foram determinados pelo volume gasto na titulação e expressados em mg de L^{-1} . Após a obtenção desses parâmetros, foi possível determinar o valor da dureza de magnésio, a partir da subtração de ambos e multiplicado pelo fator padrão que corresponde a 0,24. As tabelas 3 e 4 mostram os valores correspondentes a dureza total, dureza total do cálcio e dureza do magnésio encontrados no efluente bruto e na água reciclada.

Tabela 3. Determinação do magnésio através da dureza total e dureza total do cálcio efluente bruto

Réplica	Dureza Total (Mg de L^{-1})	Dureza Total do Cálcio (Mg de L^{-1})
1ª	42	40
2ª	42	40
3ª	42	40
Média	42	40

Dureza total – Dureza do cálcio = $42 - (40 \times 0,4) = 26$ equação (1)

Subtração da dureza total e dureza do cálcio $\times 0,24 = 26 \times 0,24 = 6,24$ equação (2)

Tabela 4. Valores do magnésio através da dureza total e dureza total do cálcio na água reciclada

Réplica	Dureza Total (Mg de L^{-1})	Dureza Total do Cálcio (Mg de L^{-1})
1ª	210	2
2ª	210	2
3ª	210	2
Média	210	2

Dureza total – Dureza do cálcio = $210 - (2 \times 0,4) = 209,2$ equação (3)

Subtração da dureza total e dureza do cálcio $\times 0,24 = 209,2 \times 0,24 = 50,2$ equação (4)

Na figura 7 apresenta resultados comparativos a partir da média obtida com os dados relacionados ao efluente bruto (Tabela 1) e água reciclada (Tabela 2).

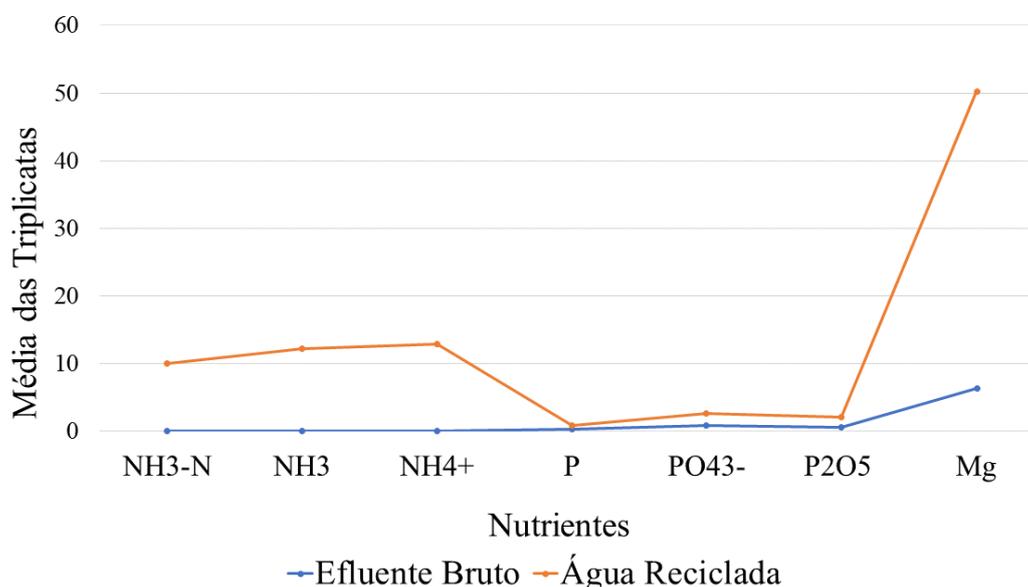


Figura 7. Gráfico da média das triplicatas referente ao efluente bruto e a água reciclada.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Tomando como referência a Resolução CONAMA Nº 430/11, sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, os valores observados na tabela 1 e 2 para Nitrogênio amoniacal total, ficaram na faixa de valores permitidos disposto na normativa que é de 20 mg/L, apesar do uso de solução de N adicionada na síntese do tratamento para que ocorresse a precipitação química e gerar a água residual, os valores referentes a amônia não excedem o permitido.

Com a vigência da Resolução CONAMA Nº 357/ 05, sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, os valores para Fósforo total para ambiente lântico é 0,020 mg/L, ambiente intermediário (tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico) é 0,025 mg/L e ambiente lótico (tributários de ambientes intermediário) corresponde a 0,1 mg/L. Como observado na tabela 2 os dados referentes ao fósforo presentes na água reciclada ultrapassam o permitido pela normativa, descartando a possibilidade de despejo em um corpo receptor. Em relação ao magnésio, a Resolução CONAMA não dispõe de valores de referência.

No entanto, como observado na figura 7, a água reciclada gerada após o tratamento pelo método por precipitação de estruvita é rica em nutrientes seu uso possui potencial para reuso na fertirrigação, pois apresenta nutrientes para fins de fertirrigação, sendo uma alternativa para o solo da região amazônica que é considerado pobre em nutrientes.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Apesar da eficiência de remoção de nutrientes obtida no processo síntese de estruvita, a água reciclada ainda apresenta valores de NH_4^+ acima do limite de lançamento de efluentes tratados em corpos hídricos, porém a presença de nutrientes como P e NH_4 , sugere condições interessantes de reuso na fertirrigação agrícola, pois apresenta tais nutrientes que são favoráveis ao crescimento de culturas.

Contudo, ressalta-se que as dosagens adequadas para as culturas obterem os benefícios desses nutrientes presentes na água reciclada, deve ser avaliada em experimentos agrônomicos para comprovação do potencial de fertirrigação da água reciclada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMORIM, Ana Paula Alves Feitosa *et al.* XVI Simpósio De Recursos Hídricos Do Nordeste e 15º Simpósio De Hidráulica E Recursos Hídricos Dos Países De Língua Portuguesa. Análise Bibliométrica Sobre O Uso De Água De Reúso Na Fertilização Agrícola: Uma Breve Revisão. Caruaru, 2022
2. BERTONCINI, E. I. Tratamento de Efluentes e Reúso da Água no Meio Agrícola. Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária. São Paulo, v.1, n.1, p.152-169, 2008.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 12772:1992: água: determinação de fósforo: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1993. Disponível: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/4973/nbr12772-agua-determinacao-de-fosforo-metodo-de-ensaio>. Acesso em: 15 de dezembro de 2022.
4. BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Disponível: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm. Acesso em: 10 de dezembro de 2022.
5. CALIGARIS, Bruno Santos Abreu *et al.* A importância do Plano Nacional de Fertilizantes para o futuro do agronegócio e do Brasil. 2022.
6. Cirilo, J. A., Montenegro, S. M. G. L., & Campos, J. N. B. (2017). *The Issue of Water in the Brazilian Semi Arid Region*. In: de Mattos Bicudo C., Galizia Tundisi J., Cortesão Barnsley Scheuenstuhl M. (eds) *Waters of Brazil*. Springer, Cham.
7. CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 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.
8. COPETTI, A.C.C. Resíduos de agroindústrias familiares: impactos na qualidade da água e tratamento com técnicas simplificadas. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.
9. FROTA, Maria Tereza Borges Araujo e Siqueira, Carlos Eduardo. Agrotóxicos: os venenos ocultos na nossa mesa. Cadernos de Saúde Pública [online]. 2021, v. 37, n. 2 [Acessado 16 dezembro 2022], 00004321. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00004321>. Epub 10 Fev 2021. ISSN 1678-4464.
10. Garcia-Cuerva, L., Berglund, E. Z., & Binder, A. R. (2016). *Public perceptions of water shortages, conservation behaviors, and support for water reuse in the U.S. Resources, Conservation and Recycling*, 113, 106-115.
11. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Estimativas da população residente. 2021.
12. Leong, J. Y. C., Oh, K. S., Poh, P. E., & Chong, M. N. (2017). *Prospects of hybrid rainwater-greywater decentralised system for water recycling and reuse: A review*. *Journal of Cleaner Production*, 142, 3014-3027.
13. MEIRA, R. C. S. Otimização da síntese de estruvita e seus análogos visando a recuperação de fósforo, magnésio, nitrogênio e potássio de águas residuais. 2020. 129 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2020.
14. MOTA, Francisco Suetônio Bastos; VON SPERLING, Marcos. Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção. Rio de Janeiro: Abes, 2009. 428 p. PROSAB/ FINEP.
15. NANCHARAI, Y. V.; VENKATA MOHAN, S.; LENS, P. N. L. *Recent advances in nutrient removal and recovery in biological and bioelectrochemical systems*. *Bioresource Technology*, v. 215, p. 173–185, 2016.
16. NAVARRO, Teresa. O novo regime de reutilização de águas residuais. Fundação Euro-Mediterrânea do Instituto da Água, Murcia, p. 257-281, 2010. Acesso em: 21 de dezembro de 2022.
17. OCDE-FAO - Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico e *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Perspectivas agrícolas no Brasil: desafios da agricultura brasileira 2015-2024. Capítulo 2. Agricultura brasileira: perspectivas e Desafios. Brasil, 2015. Acesso em: 15 de novembro de 2022.
18. REPOLHO, Michelli Faifa Ferreira *et al.* Determinação do teor de fósforo em águas superficiais pelo método de espectrofotometria na região do UV-Vis. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Amazonas. Itacoatiara. Manaus. 2022.
19. SESSO, Umberto Antonio *et al.* Mensuração do complexo agroindustrial no mundo: comparativo entre países. Revista de Economia e Sociologia Rural [online]. 2022, v. 60, n. 1 [Acessado 15 novembro 2022], e235345. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.235345>. Epub 09 Jul 2021. ISSN 1806-9479. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.235345>.



20. SOUSA, Francielly Gomes de. (2017). Irrigação com água residuária em diferentes diluições e disponibilidade para a cultura do tomate cereja. Dissertação. Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp. Botucatu. São Paulo. 2017. 72f. Disponível: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/151663/sousa_fgg_me_bot.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acesso em 21 de setembro de 2022.
21. WWAP (*United Nations World Water Assessment Programme*). Relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos 2018: soluções baseadas na natureza para a gestão da água. Paris, UNESCO, 2018.