

PERSPECTIVA DO REÚSO DE UM EFLUENTE ORIUNDO DA ETE DE UMA USINA NUCLEAR NA IRRIGAÇÃO DE PLANTAS BIOINDICADORAS DE RADIAÇÃO

José Clementino da Silva Filho¹.

¹Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, Rio de Janeiro.

DOI: 10.47094/IICOBRAP.2025.RE/1

PALAVRAS-CHAVE: Ambiental. Esgoto. Rejeito.

ÁREA TEMÁTICA: Outras

INTRODUÇÃO

A monitoração e o controle dos parâmetros ambientais em uma usina nuclear e no seu entorno é de fundamental importância na manutenção de suas atividades e na segurança das comunidades periféricas a ela.

Os rejeitos líquidos em uma indústria são oriundos principalmente dos processos industriais, das águas pluviais e da estação de tratamento de esgotos. Considerando que a água é um bem finito na natureza, é imprescindível que se promova a preservação e restauração deste recurso ambiental, e sua utilização racional e permanente, com o objetivo de manter o equilíbrio ecológico (BRASIL, 1981).

O efluente oriundo de uma ETE e descartado como rejeito no meio ambiente poderia ser utilizado como recurso hídrico a ser empregado como matéria-prima em outros processos relacionados à atividade da usina, proporcionando múltiplos usos para a água (BRASIL, 1997). A otimização do consumo de água em todos os seus ciclos dentro de uma usina nuclear, sobretudo no reúso de efluentes sanitários, ajuda na redução e no controle de perdas, estimula sua racionalização e fomenta a eficiência energética.

A irrigação de áreas verdes possibilita o desenvolvimento de plantas que podem ajudar na monitoração da radiação na área externa de usinas nucleares, tendo em vista que algumas plantas servem como indicadores radioativos, como a mostarda e o tabaco, e as flores da espécie *Tradescantia* (IBRAHIM et al, 2012).

OBJETIVO

O objetivo geral deste estudo é analisar os parâmetros de qualidade do efluente de uma Estação de Tratamento de Esgotos, com o objetivo de investigar a potencialidade ambiental do seu uso na irrigação de plantas que ajudam a monitorar a radiação do ambiente, considerando seus parâmetros físicos, químicos, biológicos, orgânicos e inorgânicos de qualidade da água.

METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado em uma Estação de Tratamento de Esgotos de uma usina nuclear situada no município de Angra dos Reis, estado do Rio de Janeiro, ao longo do ano de 2023. A metodologia de pesquisa adotada neste trabalho pode ser classificada como uma pesquisa documental de natureza conceitual aplicada, segundo abordagem qualitativas, de objetivo exploratório, com lógica indutiva, de resultados aplicados e com coleta e processamento de dados secundários. Para a avaliação da qualidade dos parâmetros de irrigação foram considerados diversos indicadores ambientais, e em seguida comparados com os exigidos nas normas ambientais vigentes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os padrões legais de descarte do efluente gerado nas estações de tratamento de esgoto são estabelecidos por um compilado de normas. As principais normas relativas ao descarte são a CONAMA 430, a CONEMA 90 (NOP45), e a CONEMA 93 (NOP48).

Os parâmetros pH, temperatura, sólidos sedimentáveis, materiais flutuantes, MBAS e óleos e graxas encontram-se com valores dentro da faixa especificada pela legislação ambiental no ano de 2023.

Os parâmetros DBO e sólidos suspensos permaneceram abaixo do limite determinado pela legislação vigente durante a maior parte do ano de 2023. Os valores só ultrapassaram o limite durante a parada para recarregamento do combustível nuclear – período em que a usina aumenta consideravelmente o número de colaboradores –, mas que encontra respaldo na legislação devido a alta taxa de eficiência de remoção da carga orgânica biodegradável na ETE (acima de 70%).

A monitoração dos parâmetros Nitrogênio Amoniacal e Fósforo Total não é obrigatória, mesmo sendo continuamente analisada de forma preventiva pelo laboratório externo contratado.

Com base nestes resultados, pode-se avaliar o seu reúso tendo como referência as principais normas nacionais de irrigação em áreas verdes. A norma NBR 13.969/1997 orienta o uso da água residual para irrigação de jardins, campos agrícolas e pastagens somente como água não potável, não recomendando o uso para irrigação de hortaliças e frutas de ramas rastejantes, mesmo desinfetado. A norma permite o uso de águas de classe 4, ou seja, aquelas que não requerem um tratamento adicional, para reúso em pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual, tendo o cuidado de interromper a irrigação pelo menos 10 dias antes da colheita.

Outra norma que lista os parâmetros a serem analisados na irrigação com efluentes é a Resolução CONAMA 503/2021, que inclui no seu texto os critérios para o reúso em sistemas de fertirrigação de efluentes oriundos de indústrias de alimentos, bebidas,

laticínios, frigoríficos e graxarias. Mesmo não havendo correlação com usinas nucleares, este documento foi incluído na comparação pelo fato de permitir a introdução diretamente no solo dos nutrientes ou quaisquer elementos químicos de interesse agrônomo contidos no efluente, onde não se contempla nas demais normas. Além dos critérios descritos na CONAMA 430/2011, a resolução trata de forma diferenciada alguns parâmetros de importância relacionados a adubação do solo, como fósforo, potássio, sódio, cálcio, magnésio e alumínio. É autorizado o reúso de efluente estabilizado em quaisquer culturas para fins de pesquisa, bem como uso em solos para o cultivo de cortinas verdes, jardins e gramados. Porém, além do efluente, o solo também precisa ser monitorado com frequência.

Já o estado de São Paulo, através da Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH nº 01, de 28 de junho de 2017, estabelece padrões mínimos para a utilização da água de reúso direto e não potável, para fins urbanos. Percebe-se que esta resolução se vale de parâmetros ligados principalmente a potabilidade da água, podendo se tornar mais abrangente de acordo com os múltiplos usos da água residual. Para uso em irrigação paisagística, que é aquela praticada na irrigação de parques, jardins, campos de esporte e de lazer urbanos ou áreas verdes em condomínios, cemitérios ou taludes de rodovias (não se incluindo a irrigação para usos agrícolas, pastoreio e florestais), foi admitido o seu uso com restrição severa (URS).

A norma NBR 16.783 também versa sobre a qualidade da água de reúso. Destinada para usos não potáveis em edificações, a norma apresenta padrões para utilização da água residual em diversas aplicações, inclusive na irrigação paisagística de parques, jardins, campos urbanos de esporte e lazer, e áreas verdes de qualquer espécie, excluindo a irrigação para fins agrícolas e/ou florestais.

Comparando os valores obtidos na ETE de uma usina nuclear com aqueles indicados nas legislações consideradas, conclui-se que os parâmetros temperatura, pH, sólidos sedimentáveis, materiais flutuantes, surfactantes, sólidos suspensos, óleos e graxas, nitrogênio total e fósforo total encontram-se dentro dos limites de todos os documentos técnicos analisados. O critério Fósforo Total apresenta valores limite em algumas normas para o descarte em ambientes lênticos e lóticos, porém não há menção para descarte no solo ou no mar. O dado Sólidos Sedimentáveis não é utilizado como indicador pelas publicações analisadas, que preferem o uso dos Sólidos Dissolvidos.

Já o parâmetro DBO encontra-se fora de todos os limites estipulados nos documentos analisados. Sua média anual é puxada para cima principalmente nos meses em que a usina realiza a parada para a troca do elemento combustível, onde a empresa mais do que dobra a sua quantidade de colaboradores, gerando assim um aumento substancial na quantidade de esgoto gerado e gerando uma sobrecarga na estação de tratamento de efluentes. Para a utilização no processo de irrigação de áreas verdes, é necessário que o efluente passe por tratamentos biológicos aeróbios adicionais, sobretudo nos meses de parada para reabastecimento, com vista a aumentar o tempo de exposição das bactérias

com a carga orgânica e reduzir o DBO do efluente.

A comparação entre os parâmetros analisados pela estação de tratamento de esgotos e aqueles requisitados pelas resoluções, normas e documentos técnicos considerados foi prejudicada pela ausência de diversas análises, que não fazem parte do rol dos parâmetros exigidos pela CONAMA 430/2011, CONEMA 90/2021 e CONEMA 93/2021. Variáveis como cor, espuma, contagem bacteriológica, coliformes termotolerantes (fecais, totais, E. Coli), ovos helmintos, condutividade elétrica, Razão de Adsorção de Sódio, cloro residual, cloretos, nitritos, nitratos, turbidez e DQO, dentre outros, possibilitaria uma comparação mais efetiva do estado real do efluente perante as exigências técnicas e legais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de fontes alternativas de água, como o reúso de efluentes provenientes de estações de tratamento de esgotos, apresenta-se como uma ferramenta muito valiosa para o enfrentamento da escassez hídrica no Brasil e no mundo. Verifica-se que a legislação de reúso de efluentes para fins agrícolas, florestais e paisagísticos não potáveis ainda é incipiente, principalmente devido à complexidade do tratamento e aos altos custos quando comparado ao abastecimento de água tradicional. Na ausência de legislação específica, buscam-se por normas correlatas. Com base na comparação com diversas normas e documentos técnicos relacionados ao tema, verificou-se que a água residual atendeu em parte aos critérios estabelecidos, tendo a necessidade de aprofundar o tratamento secundário e terciário deste efluente para o atendimento completo das especificações. Verificou-se também o carecimento de dados a respeito dos demais indicadores contemplados nas normas, que ajudariam a embasar os meios de tratamento, armazenamento, transporte, aplicação e destinação final dos efluentes reservados ao reuso. Por fim, percebe-se que a irrigação de plantas bioindicadoras de radiação com este efluente ajudaria na arborização de áreas livres e manteria um monitoramento mais eficiente da radiação emitida por uma usina nuclear.

PRINCIPAIS REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 13969**. Rio de Janeiro. 60 p. 1997.

_____. **NBR 16783**. Rio de Janeiro. 19 p. 2019.

BRASIL. CONAMA. **Resolução Nº 430 de 13/05/2011 (Federal)**. DOU, Brasília, 16 mai. 2011.

_____. CONAMA. **Resolução CONAMA 503, de 14 de dezembro de 2021 (Federal)**. DOU, Brasília, 16 dez. 2021.

_____. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. DOU, Brasília, DF, 02 set. 1981, p. 1120.

_____. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. DOU, Brasília, DF, 09 jan. 1997, p. 470.

IBRAHIM, Rasli. et al. **Plants as warning signal for exposure to low dose radiation**. In: R&D Seminar 2012: Research and Development Seminar 2012, Bangi (Malásia), 26-28 set. 2012. p 1-9.

SÃO PAULO. **Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH N° 01, de 28 de Junho de 2017**. DOE, São Paulo, 29 jun. 2017.