

TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS E O POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DOS SUBPRODUTOS

Mariana C. de A. Mendes (EG), Rogério José da Silva (PQ)

Universidade Federal de Itajubá

Palavras-chave: Biogás. Indústria. Lodo ativado. Recursos Hídricos. Reutilização.

Introdução

O setor industrial tem um papel fundamental na economia, pois além de gerar oportunidades de emprego, também auxiliam no crescimento econômico dos países. Em 2022 as indústrias brasileiras representavam 23,9% do PIB do país (CNI, 2023), sendo a região sudeste responsável por mais da metade do PIB industrial.

Concomitantemente, as atividades industriais acabam por serem responsáveis por uma parcela significativa de retirada e uso da água. Segundo a Agência Nacional de Águas, em 2019, esse setor ficou em terceiro lugar entre os maiores consumidores de água no Brasil, o que corresponde a cerca de 6,3 trilhões de litros ao ano. Nessa perspectiva, sabe-se que essa água passa por diversos processos, entrando em contato com substâncias químicas e contaminantes como os metais pesados, o que acarreta impactos ambientais preocupantes e pode afetar a saúde humana devido as características desse efluente. A norma brasileira NBR 9800/1987 (ABNT) diz que os efluentes industriais são aqueles despejos líquidos provenientes de áreas de processamento industrial, seja os que se originam do processo de produção bem como as águas residuais de lavagem de operação, limpeza, resfriamento e outras fontes, que apresentem poluição por produtos utilizados ou produzidos no estabelecimento industrial.

A preocupação ambiental está, então, ligada a esse efluente industrial poluído que pode causar a contaminação do solo, de corpos d'água e interferir no equilíbrio da biota, causando danos à saúde da população, além da alta demanda de água por esse setor. As características de cada efluente dependem do tipo de indústria, da matéria-prima que ela utiliza, do tempo de operação e outros fatores que irão definir o tipo de tratamento que esse efluente deve receber. Por essa razão, o tratamento da água residual fica previamente estabelecido em um projeto para que o empreendimento possa obter o licenciamento ambiental. A resolução CONAMA n° 430/2011 (BRASIL, 2011) também obriga

o monitoramento da qualidade do efluente tratado, estabelecendo condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do seu lançamento em corpos hídricos receptores. Além disso, as empresas devem assegurar o uso racional e eficiente de água, controlando o desperdício, minimizando a geração de efluentes e o consumo de água (SILVEIRA, 2010). Por isso, técnicas relacionadas ao reuso de água interna ou mesmo do efluente tratado também tem sido discutida.

O objetivo dessa pesquisa foi analisar, dentro do cenário do tratamento de efluentes industriais, quais os subprodutos podem ser gerados e quais os destinos esses subprodutos normalmente têm, com destaque para os impactos ambientais resultantes dessas práticas. Além disso, apresentar as possíveis formas de aproveitamento dos subprodutos, evidenciando a viabilidade econômica e técnica dessa prática. E por fim, procurar entender, de forma geral, qual a perspectiva das empresas sobre o aproveitamento de subprodutos dos tratamentos de seus efluentes.

Metodologia

Este trabalho foi realizado com base em pesquisas bibliográficas em artigos, revistas e livros que discutiam o tratamento de efluentes industriais ou analisavam a possibilidade do aproveitamento de subprodutos de estações de tratamento, bem como outras informações relevantes ao tema. Através dessas referências, foi possível conhecer os subprodutos oriundos do tratamento de efluentes e reunir as principais vantagens econômicas e ambientais de se aproveitá-los. Por meio de boletins empresariais, identificamos a perspectiva de uma empresa sobre o aproveitamento de seus subprodutos.

Resultados e discussão

O processo de tratamento de qualquer efluente pode gerar alguns subprodutos como o lodo e o biogás do tratamento biológico, e o próprio efluente tratado. Esses

subprodutos, em sua maioria, são destinados a aterros sanitários (lodo), a queima direta (biogás) e devolvidos aos corpos hídricos (efluente tratado). Essas destinações além de resultarem em gastos elevados com transporte, desperdiçam o potencial energético que esses subprodutos têm (ROSA et al, 2018). O aproveitamento deles pode, então, gerar economia para aquela indústria e reduzir o impacto ambiental causado pela queima direta do metano presente no biogás, ou pela emissão de gases do efeito estufa (GEE) quando o lodo é levado para os aterros sanitários como disposição final. Além disso, a reutilização do efluente tratado é uma técnica que resultaria na redução da retirada de água pelo empreendimento. Também deve ser entendido que nem toda indústria pode reaproveitar seus subprodutos e tudo depende de algumas especificidades como a dimensão e o tipo de matéria-prima utilizada, a composição química do efluente tratado, além de ser necessário compreender qual será a finalidade do aproveitamento.

ROSA et al (2018) descrevem três processos termoquímicos de uso combinado de lodo e biogás para a geração de eletricidade: combustão, gaseificação e pirólise. Nesses processos, eles obtiveram como resultado a liberação de gás, que pode ser utilizado para geração de energia, a síntese de carvão ativado e de carvão vegetal e ainda, a secagem do lodo pelo calor das reações e para a produção de combustível em equipamentos de conversão à eletricidade. Mas além desses aproveitamentos, o biogás recuperado pode servir como combustível para caldeiras, fornos e estufas LOBATO (2011). A energia proveniente do biogás também pode ser utilizada em atividades agrossilvipastoris para o aquecimento de animais, incubação de ovos e secagem e moagem de grãos, entre outros (LIMA, 2015).

O lodo proveniente do tratamento biológico dos efluentes normalmente é desidratado e destinado aos aterros sanitários. Mas ele pode servir como matéria-prima para os processos termoquímicos citados, que são exotérmicos e liberam vapor de água e CO₂, além desse processo reduzir o volume de lodo, o vapor de água pode ser utilizado em turbinas para produção de eletricidade, reduzindo a necessidade de se queimar combustíveis fósseis (ROSA et al, 2018) e promovendo uma geração de energia a partir de uma fonte renovável. De acordo com HOUDKOVÁ et al (2008), conforme citado por ROSA et al (2018), após um estudo detalhado e uma boa escolha de alternativas para o gerenciamento do lodo, uma estação de tratamento pode se tornar autossuficiente do ponto de vista energético ou repassar e vender à rede de distribuição, desde que seja uma energia de qualidade. Mas a maior parte da matéria orgânica que entra em um sistema anaeróbio é convertida em biogás, que tem alto

poder energético devido à sua composição predominante ser o metano, uma substância inflamável, mas que é preocupante por ser um gás de efeito estufa, sendo até 25 vezes pior do que o CO₂ (IPCC, 2013). Portanto, a recuperação do biogás tem sido amplamente discutida pois está relacionada ao conceito de energia limpa e eficiência ambiental. Mas embora o uso seja bastante discutido na literatura, no Brasil, a maior parte das estações de tratamento fazem a queima direta antes de lançá-lo na atmosfera, desperdiçando seus benefícios econômicos, ambientais e sociais. Mas para ser utilizado, é necessário tratar esse biogás pois sua composição pode conter, além do metano, alguns contaminantes como o sulfeto de hidrogênio. Além disso, há uma temperatura máxima, um teor de metano ideal, entre outros parâmetros, que devem ser respeitados para cada uso do biogás recuperado. Portanto, são necessárias tecnologias eficientes que tratem o biogás pois cada tipo de aproveitamento exigirá um nível de tratamento (SILVEIRA et al, 2015).

Já o efluente industrial tratado é, dentre os três subprodutos citados, o que apresenta a maior gama de publicações e discussões. É importante deixar claro que o efluente, mesmo tratado, só poderá ser utilizado em algumas atividades específicas. A resolução CONAMA 357/2011 (BRASIL, 2011) classifica os corpos de água em classes de qualidade, de acordo com as definições de água doce, salobra e salinas. A primeira classe é denominada Classe Especial e se trata da água de uso mais nobre, e vai até as classificações para usos menos nobres, como resfriamento de maquinários e navegação. Então, assim como o empreendimento deve atender a essa legislação para lançar seu efluente no corpo receptor, também deve monitorar e controlar aquele efluente que será reutilizado, garantindo que não haverá risco de se reutilizar essa água.

Em indústrias siderúrgicas, por exemplo, há dois tipos de efluentes considerados: o efluente industrial, em que a água é utilizada por resfriamento e não entra em contato com os contaminantes metálicos, e o efluente cinza, proveniente das atividades em que a água tem contato direto com o processo e contém partículas pesadas. O efluente industrial é levado até torres de resfriamento para que a temperatura dessa água seja reduzida, e depois ela é devolvida aos tanques, completando o ciclo. Já o efluente cinza, para que possa ser reaproveitado, tem de passar por um tratamento para retirada de sólidos, por um filtro e por resfriamento, e assim pode ser reutilizado. Nesse tipo de indústria ocorrem alguns casos em que sólidos retirados no tratamento sejam reutilizados em processos do empreendimento (SILVEIRA, 2010). Em um outro estudo realizado com o efluente de tingimentos de fibras acrílicas, LUCAS et al (2008)

conseguiram uma reciclagem de 70% da água para banhos de tingimento, utilizando um processo fotoeletroquímico para degradar os corantes e diluindo a solução em água destilada. Uma redução muito significativa para o meio ambiente.

É fácil perceber que o aproveitamento dos subprodutos demanda uma infraestrutura adicional, tecnologias eficientes e muito investimento para alcançar um bom retorno.

Conclusões

Durante a leitura das referências foi possível perceber que o aproveitamento dos subprodutos gerados pelo tratamento de efluentes industriais pode ser uma realidade pois traz diversos benefícios, mas fica dependente do interesse das indústrias em realizar essa prática sem pensar apenas em lucro ou economia, mas em tornar o processo produtivo mais sustentável. Um dos problemas relacionados ao aproveitamento de subprodutos diz respeito ao armazenamento e transporte deles, sendo ideal que a própria estação de tratamento do empreendimento tenha instalado na sua unidade o sistema determinado para o aproveitamento. Aliás, a indústria deve estar disposta a investir em tecnologias que favoreçam o aproveitamento dos subprodutos.

Pensando, então, nos benefícios de se aproveitar esses subprodutos destaca-se a geração de eletricidade por uma fonte renovável, seja com o biogás ou com o carvão proveniente da queima do lodo, a produção de combustível, a recuperação de matérias-primas, entre outros usos citados. E embora a utilização de águas residuárias não seja uma novidade, é interessante ser destacada pois é uma ótima forma de se reduzir a retirada de água pelo setor industrial, além de reduzir também o despejo de uma água não potável em corpos hídricos. Ademais, os processos de aproveitamento resultam na redução do volume de subprodutos a serem descartados no meio ambiente, contribuem com a redução de GEE, otimizam a vida útil dos aterros sanitários, trazem economia para o empreendimento e promovem uma produção mais sustentável.

Por isso são tão importantes os avanços científicos que dão enfoque nos efluentes industriais pois ajudam a solucionar as questões ambientais envolvidas e facilitam o surgimento de novas tecnologias na área.

Agradecimentos

Agradecimentos a Universidade Federal de Itajubá pelo apoio e pelo ambiente acadêmico disponibilizados durante a realização desse estudo e ao FNDE pelo financiamento de bolsa do Programa de Educação

Tutorial que possibilitou a minha inserção no ambiente de pesquisa e a realização desse trabalho.

Referências

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil**. 2019. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/porta/snrh/centrais-de-conteudos/central-de-publicacoes/ana_manual_de_usos_consuntivos_da_agua_no_brasil.pdf>. Acesso em: 19. Ago. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9800: Critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, p. 3. 1987.

CNI – Portal da Indústria. **A indústria em números**. 2020. Disponível em: <https://bucket-gw-cni-static-cmssi.s3.amazonaws.com/media/filer_public/a7/2f/a72f53d4-e924-4d93-9dbb-07e0abbc50b7/industriaemnumeros_agosto2020.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2020.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2000. Resolução nº 357, 17 de Março de 2005. Ministério do Meio Ambiente.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2000. Resolução nº 430, 17 de Maio de 2011. Ministério do Meio Ambiente.

DE SOUZA, F. P.; AREAS, S. M. R.; PERTEL, M. ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DE REUTILIZAÇÃO DO EFLUENTE DE UMA LAVANDERIA INDUSTRIAL. *Exatas & Engenharias*, v. 3, n. 07, 12 abr. 2014.

HOUDKOVA, L; BORAN, J; UCEKAJ, V; ELSASER, T; STEHLIK, P. Thermal processing of sewage sludge – II. *Applied Thermal Engineering*. v.28, p.2083-2088, 2008

LIMA, Micheline Ferreira de. **Produção de biogás a partir de lodo de esgoto em condições mesofílicas e termofílicas** / Micheline Ferreira de Lima. - Recife: O Autor, 2015. 115f.

LUCAS, Mônica, JEREMIAS, Pâmela F. P. Toassi, ANDREAS, BARCELLOS, J. Ivonete Oliveira, ZAMORA, Patricio Peralta. **Reutilização de efluente de tingimentos de fibras acrílicas pós-tratamento fotoeletroquímico**. Departamento de Química, Universidade Regional de Blumenau. Departamento de Química, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2008.

ROSA, André P., NEVES, Renato C. & CHERNICHARO, Carlos A. L. **Aproveitamento energético dos subprodutos, lodo e biogás, a partir do tratamento anaeróbio de efluentes pelo uso de processos termoquímicos**. *Revista Engenharia na*

Agricultura. V.26, n.01, p.26-34, 2018, Viçosa, MG, DEA/UFV - DOI: <https://doi.org/10.13083/reveng.v26i1.932>

ROSA, André P., LOBATO, Livia C. da Silva, BORGES, Jorge M., MELO, Gilberto C. Bandeira de, CHERNICHARO, Carlos A. de L. Potencial energético e alternativas para o aproveitamento do biogás e lodo de reatores UASB: estudo de caso Estação de tratamento de efluentes Laboreaux (Itabira). Jun. 2016.,

SILVEIRA, Bruno *et al.* **Guia técnico para aproveitamento energético do biogás em estações de tratamento de esgoto / Probiogás: organizadores**, Ministério das Cidades, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ). 183 p. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2015.

SILVEIRA, Gustavo Echenique. **Sistema de Tratamento de Efluentes Industriais**. 2010. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2010. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/35193/000792974.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 11. set. 2023

STOCKER, T. F., D. QIN, G. K. PLATTNER, M. TIGNOR, S. K. ALLEN, J. BOSCHUNG, A. NAUELS, Y. XIA, V. BEX, P. M. MIDGLEY (eds.). **IPCC: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013.