

Efluentes na indústria farmacêutica: aspectos regulatórios e principais métodos de tratamento

Effluents in the pharmaceutical industry: regulatory aspects and main treatment methods

Efluentes en la industria farmacéutica: aspectos regulatorios y principales métodos de tratamiento

Recebido: 06/10/2022 | Revisado: 13/10/2022 | Aceitado: 14/10/2022 | Publicado: 19/10/2022

Camila Gonso Saviano

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3838-8509>
Universidade Anhembi Morumbi, Brasil
E-mail: camilasaviano@icloud.com

Maria Carolina Frade Daher

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6465-8077>
Universidade Anhembi Morumbi, Brasil
E-mail: maria.carolina.daher@gmail.com

Leandro Giorgetti

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2776-2286>
Universidade Anhembi Morumbi, Brasil
E-mail: lggiorgetti@anhembibr

Resumo

Com o crescimento da indústria farmacêutica nos últimos anos, a geração de resíduos e efluentes provenientes do aumento do processo produtivo aumentaram significativamente, e estes podem causar sérios danos ao meio ambiente e à sociedade quando não tratados de forma correta. A destinação final dos resíduos e efluentes de origem farmacêutica é tema relevante para a saúde pública devido às diferentes propriedades farmacológicas dos medicamentos que, inevitavelmente se tornarão resíduos e efluentes, e que devem receber tratamentos específicos pois, por suas características, podem apresentar periculosidade à saúde humana e ao meio ambiente, requerendo cuidados especiais, principalmente quanto ao tratamento e destinação. Para isso, existem diretrizes legais que, apesar de algumas não serem muito específicas, servem como guias para que as empresas cumpram, sendo que seu não cumprimento é passível de penalidades, incluindo prisão dos responsáveis e multas. Além disso, hoje, a imagem das empresas também é muito relacionada ao cuidado com o meio ambiente e sociedade, sendo considerado investimento, não custo, todos os cuidados relativos à esses aspectos. E, para que os resíduos e efluentes industriais não tenham impactos negativos no meio ambiente, são aplicados tratamentos específicos para os diferentes tipos de resíduos e efluentes gerados por cada indústria, sendo que cada uma tem que se adequar às diretrizes legais que cabem ao seu processo. Os tratamentos de efluentes são divididos em físicos, químicos e biológicos, sendo que a combinação de dois ou mais é muito utilizada.

Palavras-chave: Efluentes; Resíduos; Indústria farmacêutica; Meio ambiente; Diretrizes legais.

Abstract

With the growth of the pharmaceutical industry in recent years, the generation of waste and effluents from the increase in the production process has increased significantly, and these can cause serious damage to the environment and society when not treated correctly. The final destination of pharmaceutical waste and effluents is a relevant issue for public health due to the different pharmacological properties of medicines that will inevitably become waste and effluents, and which must receive specific treatments because, due to their characteristics, they can be hazardous to health. and the environment, requiring special care, especially in terms of treatment and disposal. For this, there are legal guidelines that, although some are not very specific, serve as guides for companies to comply, and non-compliance is subject to penalties, including imprisonment of those responsible and fines. In addition, today, the image of companies is also closely related to care for the environment and society, being considered an investment, not a cost, all care related to these aspects. And so that industrial waste and effluents do not have negative impacts on the environment, specific treatments are applied to the different types of waste and effluents generated by each industry, each of which must adapt to the legal guidelines that apply to its process. Effluents treatments are divided into physical, chemical, and biological, and the combination of two or more is widely used.

Keywords: Effluents; Waste; Pharmaceutical industry; Environment; Legal guidelines.

Resumen

Con el crecimiento de la industria farmacéutica en los últimos años, la generación de residuos y efluentes por el aumento del proceso productivo ha aumentado significativamente, y estos pueden ocasionar graves daños al medio ambiente y a la sociedad cuando no son tratados correctamente. El destino de los residuos y efluentes farmacéuticos es

un tema relevante para la salud pública debido a las diferentes propiedades farmacológicas de los medicamentos que inevitablemente se convertirán en residuos y efluentes, y que deben recibir tratamientos específicos ya que, por sus características, pueden ser peligrosos para la salud y el medio ambiente, que requieren un cuidado especial, especialmente en términos de tratamiento y eliminación. Para ello, existen lineamientos legales que, aunque algunos no son muy específicos, sirven como guías para que las empresas cumplan, y el incumplimiento está sujeto a sanciones, que incluyen penas de prisión para los responsables y multas. Además, hoy en día, la imagen de las empresas también está muy relacionada con el cuidado del medio ambiente y la sociedad, considerándose una inversión, no un gasto, todo cuidado relacionado con estos aspectos. Y, para que los residuos y efluentes industriales no tengan impactos negativos sobre el medio ambiente, se aplican tratamientos específicos a los distintos tipos de residuos y efluentes generados por cada industria, debiendo cada una de ellas adaptarse a las directrices legales que le son aplicables. Los tratamientos de efluentes se dividen en físicos, químicos y biológicos, y la combinación de dos o más es ampliamente utilizada.

Palabras clave: Efluentes; Desperdicio; Industria farmacéutica; Medio ambiente; Directrices legales.

1. Introdução

A indústria farmacêutica tem papel fundamental na sociedade uma vez que desenvolve e produz medicamentos e insumos que servem para prevenção, tratamento e até cura de doenças, além de outros itens voltados à saúde e qualidade de vida. O Brasil está entre os países com maior demanda da produção de medicamentos do mundo. Dados da consultoria IQVIA divulgados pelo Sindicato da Indústria de Produtos Farmacêuticos no Estado de São Paulo (Sindusfarma), de janeiro de 2021, mostram que o mercado brasileiro de medicamentos movimentou R\$ 88,28 bilhões em 2021, equivalentes a US\$ 14,92 bilhões (Canal Farmácia), com crescimento de 14,21% em reais, em relação ao ano anterior, representando aproximadamente 2% do mercado mundial, sendo o 8o em faturamento no ranking das 20 principais economias mundiais (Sindusfarma, 2022).

No entanto, esse crescimento da produção leva também à um aumento na geração de resíduos e efluentes industriais, que tem origem no setor de pesquisa e desenvolvimento, no descarte do controle de qualidade, nas perdas inerentes aos processos industriais, nas devoluções e recolhimentos de medicamentos, e esses podem causar sérios e danosos impactos no meio ambiente quando não tratados de forma correta (Augusto, 2004; Wanderley & Freitas., 2017).

Nas últimas décadas, as empresas passaram a se pronunciar mais intensamente sobre suas responsabilidades ambientais, tornando a gestão socioambiental um assunto de suma importância atualmente. A indústria farmacêutica tem um papel importante na preservação do meio ambiente, considerando que as empresas do setor são geradoras de resíduos sólidos, líquidos e gasosos e, com o objetivo de tentar minimizar as consequências causadas pelos resíduos e efluentes farmacêuticos, mesmo em concentrações mínimas, o estudo e aplicação dos processos físicos, químicos e biológicos para a degradação desses pelas indústrias se torna prioridade (Augusto, 2004; Wanderley & Freitas, 2017).

Resíduos industriais são aqueles provenientes dos processos industriais, na forma sólida, líquida ou gasosa ou combinação dessas, e que por suas características físicas, químicas ou microbiológicas não se assemelham aos resíduos domésticos, como cinzas, lodos, óleos, materiais alcalinos ou ácidos, escórias, poeiras, borras, substâncias lixiviadas e aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como demais efluentes líquidos e emissões gasosas contaminantes atmosféricos (Brasil, 2011).

Efluentes industriais, por definição, são caracterizados por serem líquidos derivados de todas as áreas do processo industrial. E, apesar de serem, em sua maioria líquidos, podem ser gasosos também. Para cada tipo de efluente, deve-se ter um procedimento para tratá-lo antes que seja descartado no meio ambiente, para que haja a menor contaminação possível (ABNT,1987).

Desse modo, este artigo tem como objetivo, através da revisão de literatura, abordar alguns dos principais métodos de tratamento de efluentes da indústria farmacêutica, uma vez que esses efluentes, quando descartados de maneira errada, tem impacto negativo no meio ambiente e na sociedade.

2. Metodologia

Este artigo trata-se de uma revisão sistemática elaborada através de pesquisas bibliográficas e análises de estudos em forma de livros, artigos e periódicos acadêmicos publicados em plataformas, de livre acesso na internet, que possibilitaram que este trabalho estivesse devidamente fundamentado. A revisão sistemática é um método de pesquisa utilizado para responder uma pergunta específica sobre determinado assunto (Correia & Mesquita, 2014). Como resumem os resultados de todos os estudos originais num determinado tema, as revisões sistemáticas são habitualmente consideradas como evidência de alta qualidade (Donato & Donato, 2019).

Na primeira etapa, foi elaborada uma pergunta norteadora para a pesquisa: quais os principais métodos de tratamentos de efluentes utilizados na indústria farmacêutica?

Na busca de artigos, segunda etapa, foram utilizados como critérios a seleção de artigos, periódicos acadêmicos e dissertações de mestrados e doutorados na língua inglesa e portuguesa publicados nas plataformas de pesquisa PubMed, Elsevier, Google Scholar e Scielo. Como palavras – chaves para encontrar as melhores referências que correspondiam ao tema proposto foram definidos temas e termos para busca, em português e em inglês: “water effluents”, “effluents”, “pharmaceutical industry”, “water treatment in pharmaceutical industry”, “waste”, “effluents”, “environment”, “environment and pharmaceutical industry”, “residues”, “wastewater”, “effluents”, “resíduos”, “tratamento de resíduos”, “tratamento de efluentes”, “meio ambiente e indústria farmacêutica”, “meio ambiente”. Ainda foram incluídas pesquisas sobre legislações brasileiras relevantes sobre resíduos efluentes e meio ambiente pois, lendo as publicações selecionadas, vimos que seria fundamental incluir a legislação pertinente, pois o tema está diretamente conectado às legislações. Assim, incluímos a palavra-chave “diretrizes legais” na busca e, ao final da primeira seleção, pelas palavras – chave, foram selecionados o total de 76 artigos e legislações.

Após essa primeira seleção da literatura pelas palavras – chave, foi feita a triagem por meio da leitura do conteúdo da bibliografia pré - selecionada, e foram escolhidos para essa revisão apenas os trabalhos que continham definição ou explicação do que são resíduos e efluentes, os tipos de tratamentos aplicados aos resíduos e efluentes industriais, possíveis impactos no meio ambiente e legislações pertinentes ao tema. Foram excluídos artigos muito específicos, como os realizados em indústrias locais e pesquisas aplicadas a uma determinada empresa ou laboratório de pesquisa, e legislações muito abrangentes.

Para os artigos, utilizamos uma linha de corte temporal de 20 anos, ou seja, de 2002 a 2022. Para as legislações, entretanto, não usamos essa linha de corte, pois consideramos que o histórico é importante e fundamental para entendermos a evolução e as atualizações das mesmas. Assim, incluímos todas as legislações que achamos importantes e pertinentes, independente do tempo.

Ao final do processo selecionamos 45 referências das 76 iniciais, que foram utilizadas para a elaboração deste artigo. A Figura 1, abaixo, ilustra o processo para a seleção das referências bibliográficas deste artigo.

Figura 1. Processo de seleção da bibliografia utilizada.



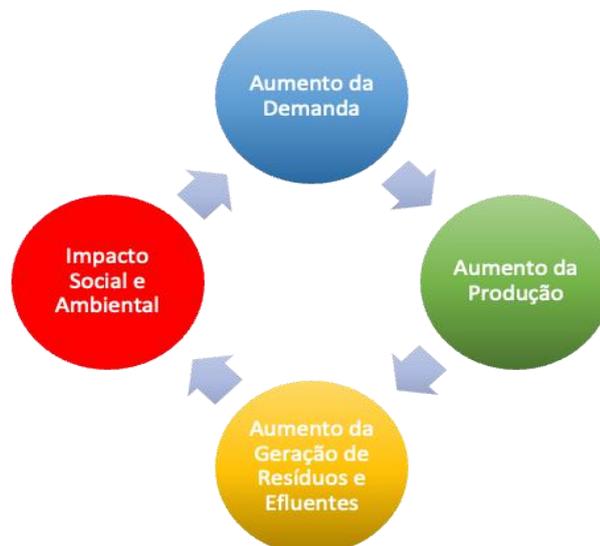
Fonte: Autores (2022).

3. Resultados e Discussão

3.1 Resíduos e efluentes na indústria farmacêutica, o impacto no meio ambiente e legislação ambiental.

Um assunto muito importante atualmente é a preocupação com o meio ambiente e o impacto que o processo produtivo das empresas pode causar. O tratamento adequado e a garantia de que seus resíduos, efluentes e emissões de gases deve ser feito para que estes não prejudiquem a qualidade dos ecossistemas ao seu redor e a sociedade, conforme mostra a Figura 2. Com essa demanda, as empresas passaram a fazer grandes investimentos para se adequar às legislações e, o que antes poderia ser classificado como um custo, virou uma possibilidade de investimento e retorno financeiro, melhorando, inclusive, a imagem da empresa perante a sociedade (Silveira, 2010).

Figura 2. Ciclo do Aumento da Produção e Geração de Resíduos e Efluentes.



Fonte: Autores (2022).

Importante notar, como mostra a Figura 2, que é um ciclo, e esse processo se repete ao longo do tempo. Se a demanda por produtos da indústria farmacêutica aumenta, conseqüentemente haverá aumento da produção e da geração de resíduos e efluentes, gerando impacto ambiental e social. E é esse impacto social e ambiental gerados pelas atividades relativas ao processo industrial que as empresas devem estar atentas, pois tende a aumentar ao longo do tempo.

De um modo geral, os principais problemas ambientais estão relacionados com o modelo de desenvolvimento, os processos de produção, os padrões de consumo e com as desigualdades sociais e ambientais, que impactam negativamente na qualidade de vida da sociedade e no meio ambiente. Como problemas básicos decorrentes, podemos citar aqueles relacionados com a água imprópria para o consumo, a contaminação da atmosfera, a falta de segurança e higiene dos alimentos, as más condições de trabalho e de transporte, a poluição do meio ambiente, a poluição química e física, o descarte inadequado de resíduos industriais perigosos, de saúde e domésticos, as mudanças climáticas, redução da camada de ozônio, os desastres naturais e os acidentes industriais ampliados (Augusto, 2004).

O desenvolvimento e produção de medicamentos envolve diferentes fases, desde a etapa de pesquisa e desenvolvimento, produção em escala industrial, controle de qualidade e comercialização ou distribuição nos serviços de saúde, e, em todas as etapas, existe geração de resíduos. Os resíduos e efluentes gerados pela indústria apresentam diferentes composições físicas, químicas e biológicas, além de variações de volumes gerados no processo produtivo e alta potencialidade de toxicidade, evidenciando a relevância destes compostos em termos de impacto ambiental. (Wanderley & Freitas, 2017).

A destinação final dos resíduos e efluentes de origem farmacêutica é tema relevante para a saúde pública devido às diferentes propriedades farmacológicas dos medicamentos que, inevitavelmente se tornarão resíduos e efluentes, e que devem receber tratamentos específicos. Esses, por sua vez, por suas características, podem apresentar periculosidade efetiva ou potencial à saúde humana e ao meio ambiente, requerendo com isto cuidados especiais quanto ao seu acondicionamento, coleta, transporte, armazenamento, tratamento e destinação (Falqueto, Kligerman, Assumpção 2010; Galvão Filho & Assunção, 2007).

No Brasil, o correto descarte dos resíduos sólidos de origem farmacêutica é normatizado tanto pelo Ministério da Saúde quanto pelo do Meio Ambiente, que fornecem instrumentos para que os envolvidos em todas as atividades geradoras de resíduos dessa natureza possam dar-lhes a disposição final adequada (Falqueto, Kligerman, Assumpção, 2010).

Assim, o gerenciamento adequado de resíduos e efluentes constitui-se em um conjunto articulado de ações normativas, procedimentos operacionais, financeiros e de planejamento, baseados em critérios sanitários, ambientais, sociais, educacionais e econômicos que envolvem todas as etapas de manejo, desde a geração até a disposição final, com o objetivo de minimizar a produção de resíduos e proporcionar, àqueles gerados, um encaminhamento seguro e eficiente, e qualquer atividade desenvolvida deve levar em consideração a proteção e preservação do meio ambiente e da saúde da população, bem como a economia de recursos materiais (Brasil, 2006).

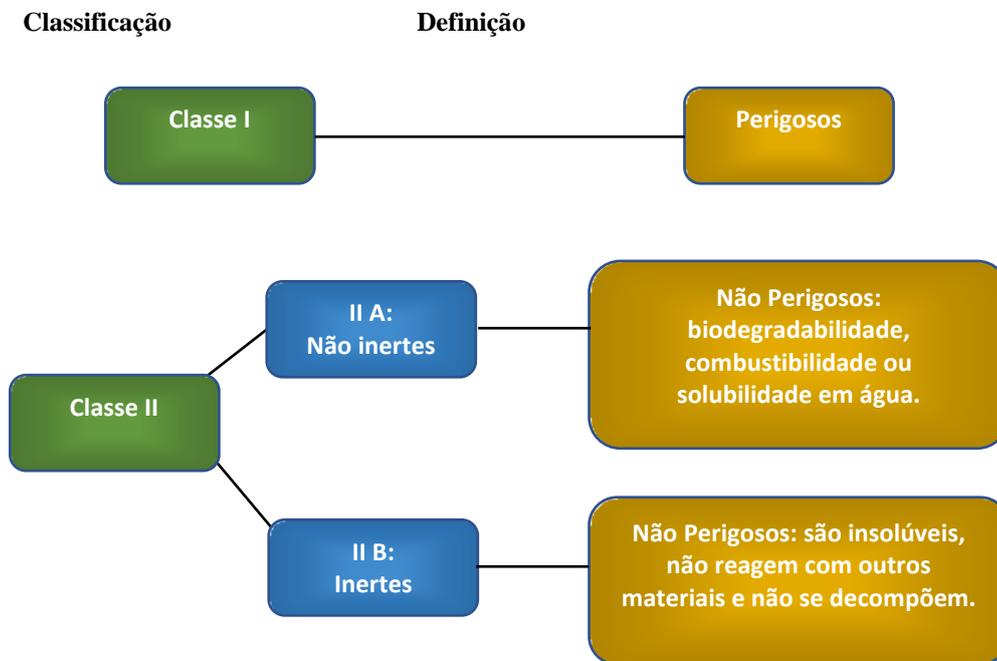
3.2 Resíduos Industriais: definição e legislação

Os resíduos gerados pelas indústrias farmacêuticas são gerados em diferentes setores, como pesquisa e desenvolvimento, perdas inerentes ao processo de produção de medicamentos, devolução e recolhimento de medicamentos do mercado, descartes do controle de qualidade, embalagens de insumos e matérias – primas para produção (Gadelha et al., 2003; Bermudez et al. 2006).

A NBR 10.004/2004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define e classifica os principais aspectos físico-químico-biológicos de uma massa de resíduos em Classe I (perigosos) e Classe II (II A e II B, não perigosos), conforme ilustrado na Figura 3, e, segundo esta, os resíduos sólidos ou semi - sólidos gerados pela indústria farmacêutica são classificados, em sua maioria, como Classe I - Perigosos, ou seja, são resíduos que, por suas características físico-químicas-

biológicas apresentam riscos ao meio ambiente quando gerenciados de forma inadequada, e à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices (ABNT, 2004).

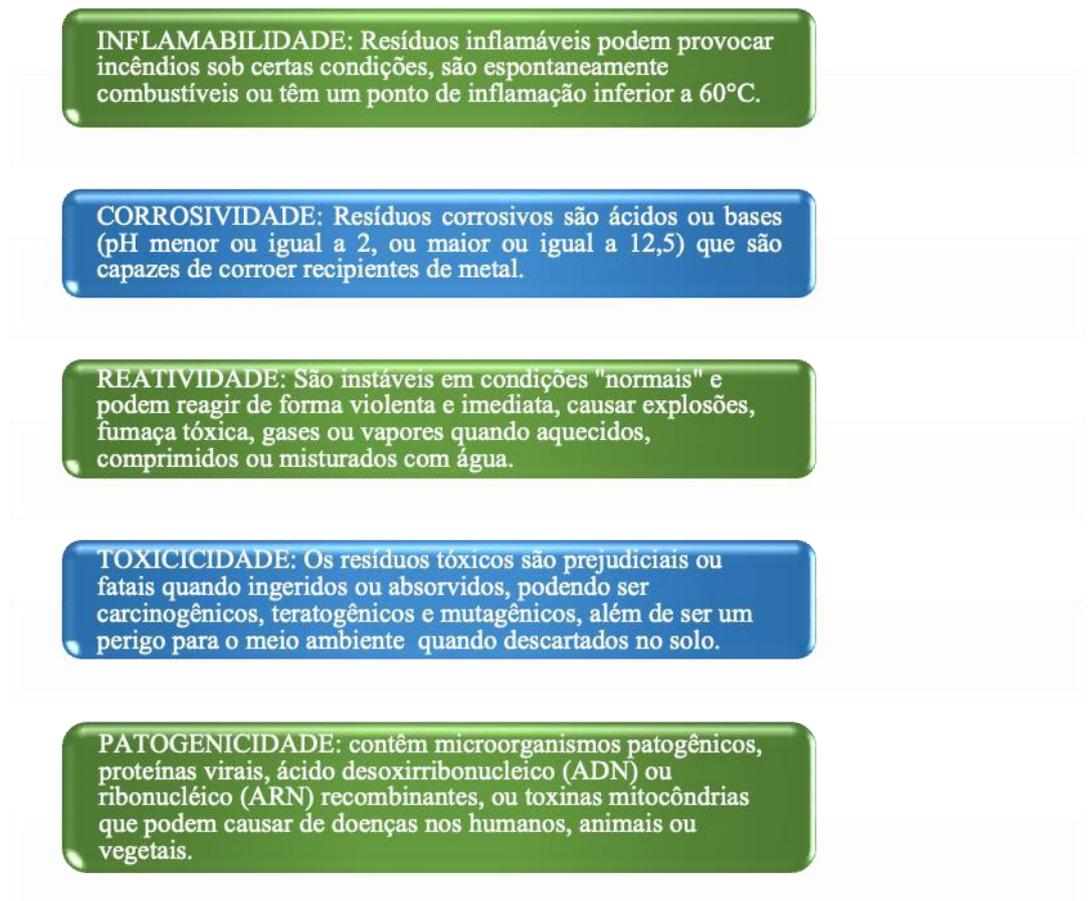
Figura 3. Classificação dos Resíduos Industriais de acordo com a ABNT 10.004/2004.



Fonte: Autores (2022).

A periculosidade dos resíduos Classe I, de acordo com a ABNT 10.004/2004 pode ser classificada de acordo com as características listadas na Figura 4:

Figura 4. Classificação e características dos resíduos Classe I.



Fonte: Autores (2022).

3.2.1 Diretrizes Legais

Existem, no Brasil, algumas leis e normas pertinentes ao gerenciamento de resíduos, como a Lei no. 12.305, de 02 de agosto de 2010, conhecida como Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, conhecida como Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), além de normas e resoluções listadas no Quadro 1, a seguir:

Quadro 1. Resoluções e Normas referentes ao Gerenciamento de Resíduos

RDC nº. 306, de 7 de dezembro de 2004, da ANVISA	Dispõe sobre o regulamento técnico para gerenciamento de resíduos em serviços de saúde.
Resolução CONAMA nº. 06, de 16 de novembro de 1988	Dispõe sobre o licenciamento de obras de resíduos industriais perigosos.
Resolução CONAMA nº. 303, de 22 de outubro de 2002	Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais.
ABNT - NBR 12807 / 93	Terminologia - resíduos de serviços de saúde.
ABNT - NBR 12808 / 93	Classificação dos resíduos de serviços de saúde.
ABNT - NBR 12809 / 93	Procedimentos de Manuseio de resíduos de serviços de saúde.
ABNT - NBR 12810 / 93	Procedimentos de coleta de resíduos de serviços de saúde.
ABNT - NBR 10004 / 2004	Classificação dos resíduos sólidos
ABNT - NBR 12235 / 1992	Procedimento para armazenamento de resíduos sólidos perigosos

Fonte: Autores (2022).

Um ponto a ser considerado é o fato de que, nas legislações sobre resíduos, a abordagem dada pelas mesmas muda de acordo com o ramo de atividade da empresa geradora desses resíduos. O segmento industrial segue diferentes regulamentações e, dessa forma, o caminho feito pelos resíduos de medicamentos gerados desde a fabricação até a entrega ao consumidor final fragmenta-se na legislação, e cabe ao gerador do resíduo buscar a regulamentação que lhe couber, baseado na atividade que desempenha (Falqueto, Kligerman, Assumpção, 2010).

3.2.1.1 Lei no. 12.305, de 02 de agosto de 2010: Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, definida pela Lei 12.305 de 02/08/2010, define o gerenciamento de resíduos sólidos como conjunto de ações direta ou indiretamente exercidas nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final, ambientalmente adequada, dos resíduos sólidos e disposição final, também ambientalmente adequada, dos rejeitos, de acordo com o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos. Define ainda a gestão integrada de resíduos sólidos como conjunto de ações que visam a soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável (Brasil, 2010).

O Artigo 21 do PNRS determina que o plano de gerenciamento de resíduos sólidos das empresas e indústrias geradoras de resíduos devem conter alguns requisitos mínimos, entre eles: descrição do empreendimento ou atividade; diagnóstico dos resíduos sólidos gerados ou administrados, contendo a origem, o volume e a caracterização dos resíduos, incluindo os passivos ambientais a eles relacionados; medidas saneadoras dos passivos ambientais relacionados aos resíduos sólidos; se couber, ações relativas à responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos (Brasil, 2010).

Os Planos de Gerenciamentos de Resíduos Sólidos, dispostos no Capítulo II da PNRS, apontam e descrevem ações relativas ao manejo de resíduos em âmbitos Nacional, Estadual e Municipal, e são partes integrantes do processo de licenciamento ambiental da indústria farmacêutica. Na sua elaboração deve-se considerar as características e os riscos dos resíduos gerados na produção de medicamentos, bem como as ações de proteção à saúde e ao meio ambiente e os princípios de biossegurança na prevenção de acidentes (Brasil, 2010).

Para a elaboração, implementação, operacionalização e monitoramento de todas as etapas do plano de gerenciamento de resíduos devem ser feitas por um ou mais responsáveis técnicos designados para tal, sendo esses deverão manter essas

informações atualizadas e disponíveis ao órgão municipal competente, ao órgão licenciador do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama) e a outras autoridades (Brasil, 2010).

A instalação e o funcionamento de empreendimento ou atividade que gere ou opere com resíduos perigosos somente podem ser autorizados ou licenciados pelas autoridades competentes se o responsável comprovar, no mínimo, capacidade técnica e econômica, além de condições para prover os cuidados necessários ao gerenciamento desses resíduos. Além disso, as pessoas jurídicas que operam com resíduos perigosos, em qualquer fase do seu gerenciamento, são obrigadas a se cadastrar no Cadastro Nacional de Operadores de Resíduos Perigosos, que é coordenado pelo órgão federal competente do Sisnama e implantado de forma conjunta pelas autoridades federais, estaduais e municipais. Em relação ao licenciamento ambiental de empreendimentos ou atividades que operem com resíduos perigosos, o órgão licenciador do Sisnama pode exigir a contratação de seguro de responsabilidade civil por danos causados ao meio ambiente ou à saúde pública, observadas as regras sobre cobertura e os limites máximos de contratação fixados em regulamento (Brasil, 2010).

3.3 Efluentes Industriais: definição e legislação

Efluentes industriais, por definição, são caracterizados por serem líquidos derivados de todas as áreas do processo industrial, ou seja, todo efluente proveniente do estabelecimento industrial, compreendendo efluentes de processo industrial, águas de refrigeração poluídas, águas pluviais poluídas e esgoto doméstico, além de despejos líquidos provenientes das áreas de processamento industrial, incluindo os originados nos processos de produção, as águas de lavagem de operação de limpeza e outras fontes, que comprovadamente apresentem poluição por produtos utilizados ou produzidos no estabelecimento industrial (ABNT, 1987).

A composição dos efluentes industriais varia de acordo com o ramo de atividade da indústria, e pode resultar em efluentes reutilizáveis ou em substâncias carregadas de produtos químicos e poluentes que devem ser tratados. O setor farmacêutico gera uma grande variedade de efluentes, indo desde substâncias líquidas utilizadas na pesquisa e desenvolvimento e na produção de medicamentos, gases gerados na pesquisa e desenvolvimento e na produção, e medicamentos e embalagens reprovados pelo controle de qualidade e recolhidos do mercado, contendo componentes químicos capazes de apresentar riscos à saúde pública ou ao meio ambiente. Os fármacos residuais devem receber atenção especial em relação aos demais poluentes químicos, visto que são desenvolvidos para serem persistentes, mantendo suas propriedades químicas para servir a um propósito terapêutico (Palma, 2018).

As Boas Práticas de Fabricação de Medicamentos foram instituídas pela RDC nº 210, de 04 de agosto de 2003, e preconizam o tratamento dos efluentes líquidos e emissões gasosas antes do lançamento, assim como a destinação adequada dos resíduos sólidos. Também enfatiza que é de responsabilidade dos detentores de registro de medicamentos fornecerem informações documentadas referentes ao risco inerente ao manejo e à disposição final do produto e dos seus resíduos (Brasil, 2003; Falqueto, Kligerman, Assumpção, 2010). Sua última atualização foi em 2022, com a RDC nº 658, de 30 de março de 2022, cujas principais mudanças e atualizações estão relacionadas ao sistema de qualidade farmacêutico e melhoria contínua, tendo o gerenciamento de riscos como principal foco. Além disso, mudanças prospectivas, qualificação de fornecedores, documentação e revisão da qualidade do produto ganham destaque nessa RDC (Brasil, 2022).

A RDC nº 306, de 7 de dezembro de 2004, dispõe que os detentores de registro também devem manter, junto à Anvisa, uma listagem atualizada de seus produtos que não oferecem riscos de manejo e disposição final, informar o nome comercial, o princípio ativo, a forma farmacêutica e o registro de cada medicamento (Brasil, 2004).

No entanto, nas bulas que acompanham os medicamentos, os fabricantes informam as características farmacológicas: dados de farmacodinâmica de farmacocinética, mas não apresentam resultados de testes *in vivo* para demonstrar que os resíduos excretados por humanos e animais são inócuos quando da sua disposição no ambiente. Além disto, não há

informações sobre o manejo e disposição final a ser dado quando da geração de resíduo (Falqueto, Kligerman, Assumpção, 2010).

3.3.1 Diretrizes Legais

A necessidade de normas serem elaboradas para o uso e consumo de água advém da condição vital desse recurso para a sobrevivência humana e do meio ambiente. E o entendimento e aplicação dessas regras é crucial na preservação da qualidade das águas, tendo em vista a expansão de atividades industriais com potencial de comprometer as propriedades dos recursos hídricos. Nas indústrias, alguns setores e atividades específicas são vistos como geradores de um volume considerável de efluentes, principalmente pela utilização de água durante algumas etapas do processo produtivo como na fabricação, lavagem e retenção de materiais. Logo, as empresas geradoras precisam estar sempre atentas às normas vigentes (Falqueto, Kligerman, Assumpção, 2010; Wanderley & Nascimento, 2017).

3.3.1.1 Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 : Lei de Crimes Ambientais

Fala sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. São considerados crimes ambientais as agressões à flora, fauna, recursos naturais e patrimônio cultural, além de condutas que ignoram normas ambientais legalmente estabelecidas, mesmo que não sejam causados danos ao meio ambiente. Os crimes ambientais são classificados em cinco tipos: Crimes contra a Fauna, Crimes contra a Flora, Crimes contra o Ordenamento Urbano e o Patrimônio Cultural, Crimes de Poluição e Outros Crimes Ambientais e Crimes contra a Administração Ambiental (Brasil, 1998).

Na Seção III, que trata dos Crimes de Poluição e outros Crimes Ambientais, o artigo 54º. dispõe que causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora geram pena de reclusão, detenção e multa, dependendo da gravidade do crime. Ainda nessa seção, o artigo 56º. dispõe que produzir, processar, embalar, importar, exportar, comercializar, fornecer, transportar, armazenar, guardar, ter em depósito ou usar produto ou substância tóxica, perigosa ou nociva à saúde humana ou ao meio ambiente, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou nos seus regulamentos também leva à pena de detenção, reclusão e multa (Brasil, 1998).

3.3.1.2 Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 : Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA)

A Política Nacional do Meio Ambiente tem como objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar as condições ao desenvolvimento sócio - econômico, de segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, seguindo princípios como ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente como um patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo; planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais; controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras; acompanhamento do estado da qualidade ambiental (Brasil, 1981).

Como objetivos, a PNMA visa à compatibilização do desenvolvimento econômico e social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico; ao estabelecimento de critérios e padrões da qualidade ambiental e de normas relativas ao uso e manejo de recursos ambientais; à imposição, ao poluidor e ao predador, da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados, e ao usuário, de contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos, entre outros (Brasil, 1981).

O Artigo 10º. menciona que a construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, considerados efetiva e potencialmente poluidores, bem como os capazes de causar

degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento de órgão estadual competente, integrante do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), e do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, em caráter supletivo, sem prejuízo de outras licenças exigíveis (Brasil, 1981).

As penas aplicadas àqueles que descumprirem as medidas necessárias à preservação ou correção dos inconvenientes e danos causados pela degradação da qualidade ambiental variam de multa diária ou simples, perda ou restrição de incentivos e benefícios fiscais concedidos pelo Poder Público, à perda ou suspensão de participação em linhas de financiamento em estabelecimentos oficiais de crédito e suspensão de sua atividade, sendo que o poluidor será obrigado, independentemente da existência de culpa, a indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros, afetados por sua atividade, e responderá por crime de responsabilidade civil e criminal pelos danos causados (Brasil, 1981).

3.3.1.3 Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), por meio desta resolução, regulamenta as condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, e dispõe que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos pela Resolução e em outras normas aplicáveis. Esta Resolução complementa e altera a Resolução CONAMA nº. 357, de 17 de março de 2005 (Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2011).

A Resolução traz algumas definições no artigo 4º, como (CONAMA, 2011):

- I. Capacidade de suporte do corpo receptor: valor máximo de determinado poluente que o corpo hídrico pode receber, sem comprometer a qualidade da água e seus usos determinados pela classe de enquadramento;
- II. Concentração de Efeito Não Observado-CENO: maior concentração do efluente que não causa efeito deletério estatisticamente significativo na sobrevivência e reprodução dos organismos, em um determinado tempo de exposição, nas condições de ensaio;
- III. Concentração Letal Mediana-CL50 ou Concentração Efetiva Mediana-CE50: é a concentração do efluente que causa efeito agudo (letalidade ou imobilidade) a 50% dos organismos, em determinado período de exposição, nas condições de ensaio;
- IV. Efluente: é o termo usado para caracterizar os despejos líquidos provenientes de diversas atividades ou processos;
- V. Emissário submarino: tubulação provida de sistemas difusores destinada ao lançamento de efluentes no mar, na faixa compreendida entre a linha de base e o limite do mar territorial brasileiro;
- VI. Esgotos sanitários: denominação genérica para despejos líquidos residenciais, comerciais, águas de infiltração na rede coletora, os quais podem conter parcela de efluentes industriais e efluentes não domésticos;
- VII. Parâmetro de qualidade do efluente: substâncias ou outros indicadores representativos dos contaminantes tóxicos e ambientalmente relevantes do efluente.

O Capítulo II discorre sobre as condições e padrões de lançamentos de efluentes, onde dispõe, entre outros parâmetros, que os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor características de qualidade em desacordo com as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e final, do seu enquadramento, sendo que essas metas são estabelecidas por parâmetros específicos e, para parâmetros incluídos nas metas obrigatórias e ausência de metas intermediárias progressivas, os padrões de qualidade a serem obedecidos no corpo receptor são os que constam na classe na qual o corpo receptor estiver enquadrado; o órgão ambiental competente deverá, por meio de norma específica ou no licenciamento da atividade ou empreendimento, estabelecer a carga poluidora máxima para o lançamento de substâncias passíveis de estarem presentes ou

serem formadas nos processos produtivos, de modo a não comprometer as metas progressivas obrigatórias, intermediárias e final, estabelecidas para enquadramento do corpo receptor; O efluente não deverá causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor, de acordo com os critérios de eco toxicidade estabelecidos pelo órgão ambiental competente; e é vedado o lançamento dos Poluentes Orgânicos Persistentes - POPs (CONAMA, 2011).

As diretrizes para Gestão de Efluentes, dispostas no Capítulo III, determinam, entre outros, que os responsáveis pelas fontes poluidoras dos recursos hídricos deverão realizar o auto - monitoramento para controle e acompanhamento periódico dos efluentes lançados nos corpos receptores, e as fontes potencial ou efetivamente poluidoras dos recursos hídricos deverão buscar práticas de gestão de efluentes visando o uso eficiente da água, à aplicação de técnicas para redução da geração e melhoria da qualidade de efluentes gerados e, sempre que possível e adequado, proceder à reutilização. Além disso, o não cumprimento do disposto nesta Resolução sujeitará os infratores, entre outras, às sanções previstas na Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, conhecida como Lei de Crimes Ambientais (CONAMA, 2011).

3.3.1.4 Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) - NBR 9800 / 87

Esta Norma estabelece critérios para o lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público do esgoto sanitário. Define efluente líquido industrial como despejo líquido proveniente do estabelecimento industrial, compreendendo efluentes de processo industrial, águas de refrigeração poluídas, águas pluviais poluídas e esgoto doméstico, e efluentes de processo industrial como despejos líquidos provenientes das áreas de processamento industrial, incluindo os originados nos processos de produção, as águas de lavagem de operação de limpeza e outras fontes, que comprovadamente apresentem poluição por produtos utilizados ou produzidos no estabelecimento industrial (ABNT, 1987).

Dispõe que é proibido o lançamento no sistema coletor público de esgoto sanitários de substâncias que, em razão de sua qualidade ou quantidade, sejam capazes de causar incêndio ou explosão, ou sejam nocivas de qualquer outra maneira na operação e manutenção dos sistemas de esgotos; substâncias que, por si ou por interação com outros despejos, causem prejuízo público, risco à vida ou prejudiquem a operação e manutenção dos sistemas de esgotos; substâncias tóxicas em quantidades que interfiram em processos biológicos de tratamento de esgotos, quando existirem, ou que causem danos ao corpo receptor; materiais que causem obstrução na rede coletora ou outra interferência com a própria operação do sistema de esgotos (ABNT, 1987).

As condições específicas para lançamento de efluentes líquidos industriais altamente tóxicos estabelecem que os efluentes devem ser, a critério dos órgãos controlador e operador, submetidos a tratamento específico, devendo-se atingir, após este, os valores de pH específicos recomendados nesta Norma, e efluentes líquidos industriais provenientes de diferentes áreas de processamento ou em conjunto devem ser submetidos a tratamento específico, devendo atingir, para cada área de processamento ou no conjunto, os valores de pH recomendados, descritos na norma (ABNT, 1987).

3.4 Efluentes gerados pela Indústria Farmacêutica e principais tratamentos

Em razão do amplo número de compostos químicos gerados nos polos industriais, a remoção das substâncias tóxicas provenientes ainda é um desafio. Os efluentes produzidos pelas indústrias farmacêuticas são normalmente compostos por águas de lavagem e seus resíduos oriundos das linhas de produção, como por exemplo, a lavagem de pisos dessas áreas produtivas, de equipamentos e tanques de processos, além do descarte dos setores laboratoriais como o de controle de qualidade e de pesquisa e desenvolvimento. Estes efluentes possuem características que podem variar de acordo com o foco de produção da indústria, apresentando características específicas. Desta forma, o processo ideal para o tratamento de efluentes depende dos índices de poluição e contaminantes que cada empresa possui, e a técnica que deverá ser utilizada para o processo de tratamento só é capaz de ser determinada por um especialista responsável técnico, que realizará uma avaliação completa e

com coletas de material para análise referente àquela indústria farmacêutica em questão (Ananias et al.,2021; Rocha, 2018; Prado, 2018).

Assim, o especialista responsável técnico consegue mensurar e identificar a carga tóxica presente nos efluentes descartados, e qual deverá ser o tratamento específico para que a empresa possa investir no tratamento. Em contrapartida, há uma falta de pesquisa para o ambiente do descarte de efluentes e seus tratamentos, pois não possuem limites legais bem especificados para o devido descarte, mesmo sendo uma prática de alto risco ambiental e com a alta possibilidade de acarretar na origem de bactérias multirresistentes. (Ananias et al.,2021).

Vale ressaltar que o controle do tratamento dos efluentes diminui o risco de contaminação do ambiente e pode auxiliar no problema de escassez hídrica que temos enfrentado no Brasil nos últimos anos. A prática desse sistema tem como resultado a diminuição de extração de água, além de minimizar o despojamento dos efluentes nas áreas de mananciais (Rocha, 2018).

3.4.1 Tipos de Tratamentos de Efluentes

Os processos de tratamento de efluentes podem ser divididos em físicos, químicos ou biológicos e, em sua maioria, são utilizados em combinação.

3.4.1.1 Processos Físicos

Para o início do processo, os efluentes precisam passar pela etapa de tratamento preliminar, cuja finalidade é a remoção de sólidos grosseiros, areias e lipídeos, para que não danifiquem as tubulações e os sistemas seguintes por onde forem passar, sendo o objetivo final desta etapa gerar um efluente menos grosseiro do que o do início do tratamento. Nesta etapa são utilizados os métodos de filtração, sedimentação e flotação por ar dissolvido, utilizando peneiras, grades e caixas de areia, sendo, estes, considerados processos físicos (Longaretti, Bernardi, Zanatta & Mello, 2016).

As técnicas de gradeamento e peneiração fazem parte dos métodos de filtração classificados como processos físicos, com o objetivo de remoção de sólidos com diâmetro maior que 10mm através do uso de grades, ou pelo processo de peneiramento, caso o diâmetro dos sólidos grosseiros for de 1mm (Rocha, 2018). As grades utilizadas nessa primeira etapa podem ser constituídas de aço ou ferro, e a escolha dependerá do tipo de efluente que irá passar pelas mesmas, sendo que seu espaçamento deve ser entre 0,5 a 2,0cm. Existem dois tipos de grades mais comuns: as grades simples, usadas quando o volume do líquido que passará por elas é pequeno e sua limpeza é manual, e as grades mecanizadas, para volumes maiores, as sobras são retiradas com a ajuda de um rastelo e sua limpeza é realizada mecanicamente (Silveira, 2010).

Outro método físico importante para o cuidado preliminar dos efluentes é a sedimentação, que utiliza a força da gravidade para que as partículas sólidas possam se depositar no fundo do tanque. (Rocha, 2018). Este sistema está associado à outros processos, como a caixa de areia (ou desarenador) e decantadores, que tem a finalidade de separar materiais de pequenas dimensões presentes no líquido logo após de passarem pelo procedimento de gradeamento (Silveira, 2010).

O desarenador, por sua alta relação comprimento/largura, permite que o efluente percorra uma área com alta taxa superficial e em baixo tempo de retenção hidráulica, favorecendo a sedimentação de partículas com maior densidade, como a areia e sólidos similares, para que não aconteça o entupimento de válvulas nos tratamentos consecutivos. Este opera em dois canais independentes, de forma que, enquanto os dejetos são sedimentados em um dos canais, o outro canal é utilizado para manutenção e limpeza (Rocha, 2018; Silveira, 2010).

Os decantadores são tanques que funcionam de um modo similar ao desarenador, porém em seu interior existe um alto tempo de retenção hídrica, fazendo com que os efluentes permaneçam por um tempo maior quando comparado aos desarenadores. Alguns decantadores são equipados com motoredutores, que a partir da baixa rotação, formam um vortex em baixa velocidade, que levam os sólidos a se depositarem no fundo do tanque para serem removidos posteriormente, e com

rapadores superficiais, que removem materiais flutuantes (escuma), como óleos e graxas (Giordano & Surerus, 2015 *apud* Rocha, 2018).

Vale ainda acrescentar que o tratamento preliminar em si utiliza especialmente os processos físicos, porém, além dos mencionados acima, ainda existe a flotação, responsável por retirar materiais coloidais, cor e turbidez, ácidos, metais pesados, graxas e óleos por diferenças de densidade com a utilização de reagentes químicos como o cloreto férrico e sulfato de alumínio onde a retirada do sobrenadante é realizada por raspadores manuais ou automáticos. Apesar da quantidade de sólidos ser drasticamente reduzida nesse processo, o elevado custo de reagentes é um fator que leva esse método a não ser considerado como preliminar (De Lima Rocha, 2018; Longaretti et, al., 2016).

Após o tratamento preliminar concluído, a sequência dos tratamentos dos efluentes dependerá do que está presente nos mesmos em demasia. Dessa maneira, fica à critério da indústria decidir o que fazer para continuar seu processo (De Lima Rocha, 2018). A Figura 5, abaixo, mostra os processos físicos de tratamento de efluentes mais utilizados.

Figura 5. Processos Físicos de Tratamentos de Efluentes.



Fonte: Autores (2022).

3.4.1.2 Processos Químicos

Dentre os processos químicos, a utilização do carvão ativado ganha destaque nos tratamentos de efluentes pelo seu baixo custo e ótimo resultado. Consiste no método de adsorção, que é a transferência de um ou mais elementos chamados de adsorbatos de uma fase aquosa para a superfície de uma fase sólida, os adsorventes (Rocha, 2018). Além do processo de adsorção ser extremamente eficiente, este proporciona vantagens com relação aos tratamentos convencionais pela facilidade de operação, possibilidade de reutilização do adsorvente e baixo fornecimento de resíduos (Heylmann et. al, 2021).

Um outro tipo de método importante no tratamento dos efluentes industriais é a utilização de ozônio, que vem sendo empregada desde o início século XX, pois este elemento químico é um forte agente oxidante, e está sendo aplicado para diminuir a concentração química e bioquímica de oxigênio, além da destruição de compostos orgânicos e inorgânicos dissolvidos na parte aquosa dos efluentes pela mineralização destes, diminuindo, conseqüentemente, o número de carbono orgânico total. Dessa maneira, o emprego do ozônio como método de tratamento é considerado de grande importância, pois traz vantagens e benefícios como a diminuição de turbidez e aumento da biodegradabilidade no produto (Ananias et al.,2021). Além dos processos químicos citados acima, podem ser empregados no sistema dos efluentes também os métodos de hidrólise, coagulação, floculação e a oxidação química, conforme ilustrado na Figura 6 (Rocha, 2018).

Figura 6. Processos Químicos de Tratamentos de Efluentes.



Fonte: Autores (2022).

3.4.1.3 Processos Biológicos

Os processos biológicos, como os tratamentos anaeróbios e aeróbios, são muito aplicados em efluentes que contém uma carga orgânica de difícil degradação. Se baseiam na oxidação e/ou redução biológica dos compostos, dependendo da condição ambiental implantada. Esses processos se baseiam na decomposição matéria orgânica por microorganismos, como bactérias, protozoários e micrometazoários, que transformam os poluentes em produtos mais simples, como sais minerais e gases. Os sistemas biológicos de tratamento de efluentes devem atender alguns aspectos importantes, entre eles: remoção da matéria orgânica, redução da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO); decomposição de compostos químicos orgânicos de difícil degradação (recalcitrantes); fornecimento de um efluente em condições que não afete o equilíbrio do sistema receptor final, (rios e lagos) (Rocha, 2018; Metcalf & Eddy, 2003 apud Longaretti et. al, 2016).

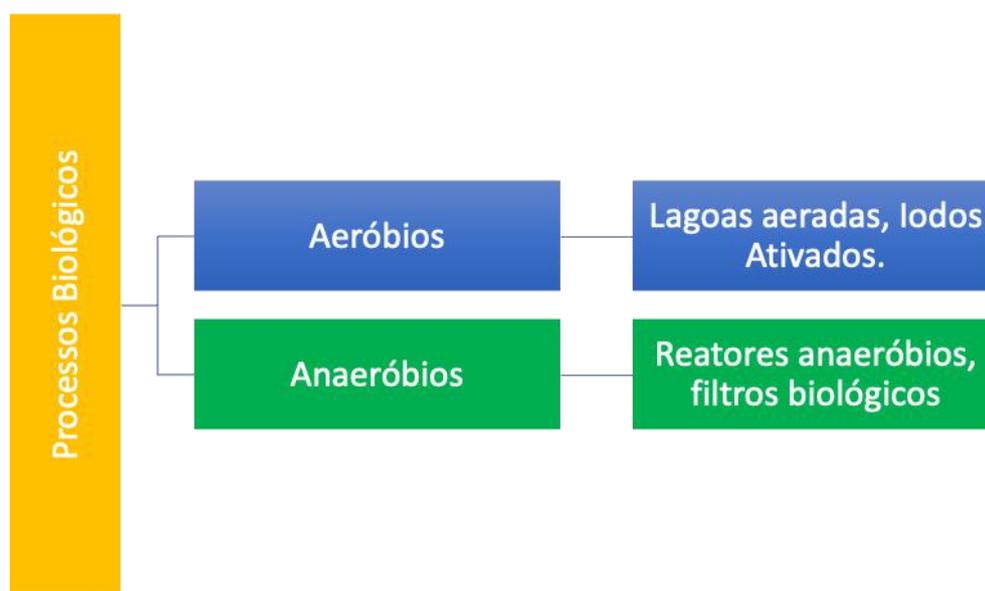
Entre os processos biológicos mais conhecidos podemos citar as lagoas aeradas, o lodos ativados, os filtros biológicos e os reatores do tipo Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB), conforme ilustrado na figura 6 (Rocha, 2018).

Uma das técnicas de tratamento biológico aeróbio mais aplicadas mundialmente para tratamento de efluentes é a utilização de lodos ativados, justamente por sua capacidade de remover matéria orgânica e outros compostos. Esta técnica consiste na mistura de lodo com o efluente sob condições aeróbias nos chamados tanques de aeração, onde a matéria orgânica é degradada pelo metabolismo aeróbio dos microorganismos (respiração aeróbia), e formam os flocos, que são separados em um decantador. Logo, o lodo é separado do efluente tratado, retornando ao tanque de aeração. O tempo de contato entre o efluente com o lodo é definido por tempo de retenção hidráulica (TRH) do processo. Com a degradação da biomassa (lodo) sendo formada, esta deve ser descartada periodicamente, caracterizando outra variável importante a ser destacada: a idade do lodo (IL) (Ananias et al., 2021; Longaretti et. al, 2016; Rocha, 2018).

Em consequência dessas duas variáveis, TRH e IL, o procedimento por lodos ativados pode variar em ser convencional, com TRH entre 4 e 8 horas e IL entre 4 e 10 dias, ou o lodo ativado ser por aeração prolongada, com TRH entre 16 e 24 horas e com IL de 10 a 30 dias (De Lima Rocha, 2018). Vale acrescentar que, dependendo da carga orgânica presente no lodo, o mesmo, quando descartado, deve passar por processos de estabilização para desinfecção e redução de carga de patógenos (Rocha, 2018; Longaretti et. Al, 2016).

Por sua vez, os métodos anaeróbios tendem a utilizar bactérias anaeróbias e facultativas que ao, entrarem em contato com o efluente, liberam, através de reação anaeróbia, o biogás que possui gás metano como seu maior constituinte, podendo ser transformado para energia térmica, elétrica ou até mesmo mecânica em concentrações acima de 50% com a ajuda de biorreatores. A Figura 7, abaixo, resume os principais processos biológicos utilizados para o tratamento de efluentes na indústria farmacêutica.

Figura 7. Processos Biológicos de Tratamentos de Efluentes.



Fonte: Autores (2022).

Considerando todas as variáveis expostas, podemos concluir que, para se ter um efluente com boa propriedade, com alta remoção de nutrientes e carga biológica, com nenhum ou pouquíssimos microrganismos patogênicos, o uso de uma ou da combinação dos métodos acima expostos é fundamental, pois torna os efluentes menos tóxicos para serem descartados ao meio ambiente.

4. Conclusão

Nesta revisão bibliográfica, podemos ver que o crescimento da indústria farmacêutica traz benefícios para a sociedade, já que esta desenvolve e produz medicamentos e insumos que servem para prevenção, tratamento e até cura de doenças, mas também pode causar danos ao meio ambiente e à sociedade com o aumento da geração de resíduos e efluentes como consequência do aumento da produção. Em grande parte, esses resíduos e efluentes, por serem derivados principalmente de medicamentos e conterem propriedades farmacológicas, devem receber tratamentos específicos pois podem apresentar periculosidade à saúde humana e ao meio ambiente, requerendo cuidados especiais, principalmente quanto ao tratamento e destinação, e sendo tema relevante para a saúde pública.

Nas últimas décadas, as empresas passaram a se pronunciar mais intensamente sobre suas responsabilidades ambientais, tornando a gestão socioambiental um assunto grande importância, pois esse assunto também impacta na imagem das empresas no mercado.

Existem diretrizes legais tanto para efluentes quanto para resíduos industriais, e cabe a cada empresa se adequar àquelas que se encaixam, pois cada empresa gera resíduos e efluentes diferentes. E pudemos observar, principalmente em

relação às diretrizes legais, é a amplitude e a inespecificidade para muitos aspectos relacionados aos tratamentos, pois não existe, por exemplo, uma classificação de efluentes, como existe para resíduos.

Em relação aos tratamentos aplicados, por sua vez, exigem investimento, muitas vezes alto, e profissionais capacitados, tanto responsáveis técnicos e operacionais, pois existe uma grande variedade de efluentes gerados pela indústria, e seu tratamento correto e efetivo ainda é um desafio.

Uma dificuldade que tivemos foi para encontrar uma classificação mais específica para os efluentes, assim como existe para os resíduos, o que dificulta também a determinação de processos específicos de tratamento, ficando, assim, uma sugestão para trabalhos futuros.

Referências

- Akerman, M., & Fischer, A. (2014). Agenda Nacional de Prioridades na Pesquisa em Saúde no Brasil (ANPPS): foco na subagenda 18 – Promoção da Saúde. *Saúde e Sociedade*, 23 (1), 180 – 190. <https://doi.org/10.1590/S0104-12902014000100014>
- Amiel, L.V. (2019). Panorama do Tratamento de Efluentes da Indústria Farmacêutica. [Trabalho de Conclusão de Graduação]. Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/12389/1/LVAmiel.pdf>
- Ananias, A. L. M., Oliveira, A. K. C., Brito, G. S., Nunes, H. J., Dantas, M. C. S., & Xavier, M. S. (2021). Tratamento e Análise de Efluentes Industriais. *18º Congresso Nacional do Meio Ambiente*, 13 (1, 2021), 2317 – 9686. [http://www.meioambientepocos.com.br/ANAIS%202021/29_tratamento-e-anlise-de-efluentes-industriais.pdf](http://www.meioambientepocos.com.br/ANAIS%202021/29_tratamento-e-analise-de-efluentes-industriais.pdf)
- Augusto, L. G. S. (2004). Saúde e ambiente. In: BRASIL. Ministério da Saúde. Saúde no Brasil: Contribuições para a agenda de prioridades de pesquisa. Brasília, 2004. p. 197 – 224.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 9800 / 87 (1987): Critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, Brasil. <https://supremoambiental.com.br/wp-content/uploads/2018/07/nbr-n-9.800-abnt-1987.-criterios-para-lancamento-de-efluente-liquidos-industriais.pdf>
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 12235 / 92 (1992): Armazenamento de Resíduos Sólidos Perigosos. Procedimento. Rio de Janeiro, Brasil. <https://wp.ufpel.edu.br/residuos/files/2014/04/nbr-12235-1992-armazenamento-de-res%C3%ADduos-sólidos-perigosos.pdf>
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 12807 / 93 (1993): Resíduos de Serviços de Saúde. Terminologia. Rio de Janeiro, Brasil. <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-12.807-Residuos-de-Serviços-de-saúde.pdf>
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 12808 / 93 (1993): Resíduos de Serviços de Saúde. Classificação. Rio de Janeiro, Brasil. <https://wp.ufpel.edu.br/residuos/files/2014/04/NBR-12808-1993-Res%C3%ADduos-de-serviços-de-saúde.pdf>
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 12809 / 93 (1993): Manuseio de resíduos de serviços de saúde. Procedimento. Rio de Janeiro, Brasil. <https://wp.ufpel.edu.br/residuos/files/2014/04/nbr-12809-manuseio-de-residuos-de-servico-de-saude.pdf>
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 12810 / 93 (1993): Coleta de resíduos de serviços de saúde. Procedimento. Rio de Janeiro, Brasil. <https://wp.ufpel.edu.br/residuos/files/2014/04/NBR-12810-1993-Coleta-de-res%C3%ADduos-de-serviços-de-saúde.pdf>
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 10004 / 2004 (2004): Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, Brasil. <https://wp.ufpel.edu.br/residuos/files/2014/04/NBR-10004-2004-Classificação-de-Res%C3%ADduos-Sólidos.pdf>
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 7500 / 2017 (2017). Identificação para o transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produtos. Rio de Janeiro, Brasil. <https://www.ipen.br/biblioteca/slr/cel/N3110>
- Azevedo, S. M. Z. de (2008) *Gerenciamento de resíduos no Laboratório Farmacêutico do Estado do Rio Grande do Sul (LAFERGS) como contribuição para a otimização da produção de medicamentos*. Dissertação. (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.
- Bezerra, A. C. V. (2017). Vigilância em saúde ambiental no Brasil: heranças e desafios. *Saúde E Sociedade*, 26(4), 1044 - 1057. <https://doi.org/10.1590/s0104-12902017170093>
- Bila, D. M.; & Dezzoti, M (2003). *Fármacos no meio ambiente*. Química Nova [on-line], São Paulo, 26 (4), 523-530. Recuperado de <https://www.scielo.br/j/qn/a/CL8FpLGxfhZqM66TMgPp9Xw/?lang=pt>
- Brandão, R. T. (2011). *O processo de gestão de resíduos sólidos industriais - a experiência de minas gerais (2003 – 2008)*. Dissertação. (Mestrado). Universidade Federal de Ouro Preto, MG, Brasil. Recuperado de https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/3514/1/DISSERTAÇÃO_ProcessoGestão%20Res%C3%ADduos.pdf
- Correia, A. M. R.; & Mesquita, A. (2014). *Mestrados e Doutoramentos*. (2ª. ed.) Porto: Vida Econômica Editorial, p. 328. <https://guiadamonografia.com.br/tipos-de-revisao-de-literatura/>
- Donato, H.; & Donato, M. (2019). *Etapas na condução de uma revisão sistemática*. Acta Médica Portuguesa, 32(3), 227-235. <https://core.ac.uk/download/pdf/195808557.pdf>

- Falqueto, E., Kligerman, D. C., & Assumpção, R. F. (2010). Como realizar o correto descarte de medicamentos? *Ciência & Saúde Coletiva* [on-line], 15, 3283 – 3293. Recuperado de <https://doi.org/10.1590/S1413-81232010000800034>
- Fernandes, A. C. (2021). Aplicação dos Processos Eletroquímicos Oxidativos Avançados (PEOAs) no tratamento de efluentes farmacêuticos utilizando ânodo de DDB. [Tese de Doutorado]. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil.
- Gadelha, C. A. G., Quental, C., & Fialho, B. de C. (2003) Saúde e inovação: uma abordagem sistêmica das indústrias da saúde. *Cadernos de Saúde Pública* [online]. 2003, 19 (1), 47 – 59. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2003000100006>
- Gil, E. de S., Garrote, C. F. D., Conceição, E. C. da, Santiago, M. F., & Souza, A. R. de. (2007). Aspectos técnicos e legais do gerenciamento de resíduos químico-farmacêuticos. *Revista Brasileira De Ciências Farmacêuticas*, 43(1), 19-29. <https://doi.org/10.1590/S1516-93322007000100003>
- Guo, Y, Qi, P, & Liu, Y. (2017). A Review on Advanced Treatment of Pharmaceutical Wastewater. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 63 (1), 012025. https://www.researchgate.net/publication/316832507_A_Review_on_Advanced_Treatment_of_Pharmaceutical_Wastewater
- Heylmann, K. K. A., Lopes, B. V., Afonso, T. F., Demarco, C. F., Cadaval Junior, T. R., Quadro, M. S., & Andrezza, R. (2021). Production, characterization, and application of activated charcoal from peach kernel in textile effluent treatment. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 26(3), 485–494. <https://doi.org/10.1590/S1413-415220190226>
- Jabbour, C. J. C., Jabbour, A. B. L. S., Govindan, K., Freitas, T. P., Soubihia, D. F., Kannan, D., & Latan, K. (2016). Barriers to the adoption of green operational practices at Brazilian companies: effects on green and operational performance. *International Journal of Production Research*, 54:10, 3042 – 3058. <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1154997>
- Kotwani, A., Joshi, J., & Kaloni, D. (2021). Pharmaceutical effluent: a critical link in the interconnected ecosystem promoting antimicrobial resistance. *Environmental Science and Pollution Research*. 28, 32111 – 32124. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-14178-w>
- Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981 (1981). Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF, Brasil. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm
- Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 (1998). Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, DF, Brasil. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm
- Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010 (2010). Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF, Brasil. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm
- Longaretti, G., Bernardi, G., Zanatta, P., & Muneron De Mello, J. M. (2016). Revisão sobre o tratamento de efluentes industriais contendo alto teor de lipídeos. (5o Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente). Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental (2022). Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF. Recuperado de https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/agendaambientalurbana/lixao-zero/plano_nacional_de_residuos_solidos-1.pdf
- Norma Regulamentadora n. 25, de 08 de junho de 1978 (1978). Resíduos Industriais. Brasília, DF, Brasil. <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-25.pdf>
- Oliveira, E. A., Labra, M. E., & Bermudez, J. (2006). A produção pública de medicamentos no Brasil: uma visão geral. *Cadernos de Saúde Pública* [online], 2006, 22 (11), 2379 – 2389. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2006001100012>
- Palma, M.S.A. (2018). *Efluentes de indústrias bioquímico-farmacêuticas: tratamento e redução da geração*. Tese. (Livre Docência). Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Prado, C. A. (2018). *Combinação dos processos de precipitação e ozonização no tratamento de efluente de uma indústria farmacêutica*. Dissertação. (Mestrado). Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. https://teses.usp.br/teses/disponiveis/97/97136/tde-27112019-192426/publico/EQD18009_RN.pdf
- Pratyusha, K., Gaikwad, N.M., Phatak, A.I, Chaudhari, P.D.(2012). Review on: Waste material management in pharmaceutical industry. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*. 16. 121-129. https://www.researchgate.net/publication/289164610_Review_on_Waste_material_management_in_pharmaceutical_industry
- Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n. 430, de 13 de maio de 2011 (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 Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Brasília, DF, Brasil. http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=627
- Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n. 06, de 16 de novembro de 1988 (1988). Dispõe sobre o licenciamento de obras de resíduos industriais perigosos. Brasília, DF, Brasil. Recuperado de http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=70
- Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n. 303, de 22 de outubro de 2002 (2002). Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. Brasília, DF, Brasil. Recuperado de http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=331
- Resolução RDC n. 210, de 04 de agosto de 2003 (2003). Dispõe sobre as Boas Práticas de Fabricação de Medicamentos. Brasília, DF, Brasil. https://www.cff.org.br/userfiles/file/resolucao_sanitaria/210.pdf
- Resolução RDC n. 306, de 07 de setembro de 2004 (2004). Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos serviços de saúde. Brasília, DF, Brasil. https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2004/res0306_07_12_2004.html
- Resolução RDC n. 658 de 30 de março de 2022 (2022). Dispõe sobre as Diretrizes Gerais de Boas Práticas de Fabricação de Medicamentos. Brasília, DF, Brasil. <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-rdc-n-658-de-30-de-marco-de-2022-389846242>

Rocha, A.C.L. (2018). *Principais processos de tratamento de efluentes da produção de antibióticos e seu potencial reúso na indústria farmacêutica*. Dissertação. (Mestrado). Fundação Osvaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brasil.

Silveira, E.G. (2010). *Sistemas de Tratamento de Efluentes Industriais*. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil. Recuperado de <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/35193>

Sindusfarma (2022). Perfil da indústria farmacêutica e aspectos relevantes do setor. São Paulo, Brasil. https://sindusfarma.org.br/uploads/files/229d-gerson-almeida/Publicacoes_PPTs/PERFIL_IND_FARMACEUTICA_22_PORT.pdf

Torres, N. H., Souza, B. S., Ferreira, L., Lima, Á. S., Dos Santos, G. N., & Cavalcanti, E. B. (2019). Real textile effluents treatment using coagulation/flocculation followed by electrochemical oxidation process and ecotoxicological assessment. *Chemosphere*, 236, 124309. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.07.040>

Wanderley, M.C., & Nascimento, R.F. (2017). *Estudo sobre os desafios no tratamento de efluentes da indústria farmacêutica*. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação) Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, Brasil.