

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS

BACHARELADO EM FARMÁCIA-BIOQUÍMICA

FELIPE SILVA SALTÃO

**A ECONOMIA CIRCULAR NO ÂMBITO DA INDÚSTRIA FARMACÊUTICA: UM
OLHAR SOBRE A SUSTENTABILIDADE**

São Paulo

2024

FELIPE SILVA SALTÃO

**A ECONOMIA CIRCULAR NO ÂMBITO DA INDÚSTRIA FARMACÊUTICA: UM
OLHAR SOBRE A SUSTENTABILIDADE**

Trabalho de Conclusão do Curso de Farmácia-
Bioquímica da Faculdade de Ciências
Farmacêuticas da Universidade de São Paulo

Orientadora: Prof. Dr. Maria Segunda Aurora
Prado

São Paulo

2024

SUMÁRIO

RESUMO	3
ABSTRACT	4
LISTA DE ABREVIações	5
1. INTRODUÇÃO.....	6
2. OBJETIVOS	7
3. METODOLOGIA.....	8
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	9
A ECONOMIA CIRCULAR E SEUS DESAFIOS.....	9
A. A GERAÇÃO DE RESÍDUOS PELA INDÚSTRIA FARMACÊUTICA	11
B. DESAFIOS DE IMPLEMENTAÇÃO DAS PRÁTICAS CIRCULARES NA INDÚSTRIA.....	15
C. BOAS PRÁTICAS JÁ ADOTADAS PELA INDÚSTRIA	17
5. CONCLUSÃO	22
6. REFERÊNCIAS	23

RESUMO

Em um mundo cada vez mais populoso, a produção de lixo sólido, emissões de CO₂ e contaminação química de solos e veios hídricos se torna um problema cada vez mais importante de ser resolvido. O desenvolvimento industrial e as lógicas de produção vigentes são hoje uma das principais, se não a principal, causa para o grande desbalanço ambiental que se segue. Dentro dessa concepção produtiva, durante muito tempo vigorou uma lógica linear de produção de bens e extração de recursos. Extrair-Produzir-Consumir-Descartar é a sequência logística de consumo que até hoje abrange a maior parte das cadeias produtivas mundiais. Dentro desse cenário, a indústria farmacêutica, como uma das maiores do globo, não podia deixar de escapar à essa lógica. A economia circular emergiu como uma abordagem vital para mitigar os impactos ambientais negativos, promover a eficiência de recursos e fomentar a sustentabilidade em diversos setores industriais. Colocando-se em xeque o modelo anterior, essa modalidade pretende, através de diversas estratégias, minimizar a extração de recursos naturais e produção de resíduos, reutilizando materiais e serviços, e fechando o ciclo Produção-Consumo. Na indústria farmacêutica, essa abordagem ganha relevância, considerando o impacto significativo de sua produção e consumo na saúde humana e no meio ambiente. Este trabalho visa explorar o conceito de economia circular aplicado à indústria farmacêutica, destacando sua importância na promoção da sustentabilidade e apresentando alternativas teóricas ou já em prática, que poderão servir de modelo para o estabelecimento de uma cadeia de produção menos danosa ao planeta.

Palavras-chave: *Circular economy; Pharmaceutical industry; Circular supply chain; Reverse logistics.*

ABSTRACT

In an increasingly populous world, the production of solid waste, CO₂ emissions, and chemical contamination of soils and waterways becomes a problem ever more important to be resolved. Industrial development and prevailing production logics are today one of the main, if not the main, causes of the significant environmental imbalance that follows. Within this productive conception, a linear logic of goods production and resource extraction has long prevailed. Extract-Produce-Consume-Discard is the logistic sequence of consumption that still covers most of the world's production chains. Within this scenario, the pharmaceutical industry, as one of the largest in the world, could not escape this logic. The circular economy has emerged as a vital approach to mitigate negative environmental impacts, promotes resource efficiency, and foster sustainability in various industrial sectors. Challenging the previous model, this approach aims, through various strategies, to minimize the extraction of natural resources and waste production by reusing materials and services, thus closing the Production-Consumption cycle. In the pharmaceutical industry, this approach gains relevance considering the significant impact of its production and consumption on human health and the environment. This work aims to explore the concept of circular economy applied to the pharmaceutical industry, highlighting its importance in promoting sustainability and presenting theoretical or already-practiced alternatives that could serve as a model for establishing a production chain less harmful to the planet.

Key-words: Circular economy; Pharmaceutical industry; Circular supply chain; Reverse logistics;

LISTA DE ABREVIACÕES

EC	Economia Circular
EMA	Agência Europeia de Medicamentos
EPA	Agência de Proteção Ambiental
ESG	<i>Environmental, Social and Governance</i>
IFA	Insumo Farmacêutico Ativo
ReMinds	<i>Reuse of Medicines through Informatics, Networks and Sensors</i>

1. INTRODUÇÃO

No mundo atual, onde a consciência ambiental e a busca por práticas sustentáveis se tornam cada vez mais importantes, a economia circular (EC) desponta como uma abordagem fundamental para enfrentar os desafios ambientais e econômicos do momento. Indiscutivelmente, o maior desafio do século XXI são as mudanças climáticas e as catástrofes ambientais atreladas a ela. Em 2016 foi reportada uma geração de 2,01 bilhões de toneladas de lixo sólido no planeta e a expectativa é que esse número atinja as 3,8 bilhões de toneladas anuais em 2050 (Solid Waste Management, 2019).

A economia circular representa uma mudança de paradigma, afastando-se do tradicional modelo linear de "usar e descartar" para um sistema regenerativo, onde os resíduos são minimizados, os recursos são reutilizados e o valor é maximizado ao longo de todo o ciclo de vida dos produtos. No entanto, a implementação efetiva da economia circular na indústria farmacêutica é um desafio complexo, que envolve questões técnicas, regulatórias, sociais e econômicas (Associations, 2024; Agrawal e col, 2022).

Em um cenário de produtos não consumíveis, tornam-se mais intuitivas as práticas de reciclagem, prolongamento de vida útil ou reutilização do bem final. Entretanto, não é correto dizer que o processo produtivo farmacêutico, desde a extração de sua matéria prima até o consumo pelo paciente, não possa ser alvo de estratégias circulares que mitigam o impacto ambiental da cadeia.

Estratégias podem ser estabelecidas desde o uso e compartilhamento de material nas indústrias farmoquímicas, até a adoção de reciclagem de embalagens e medicamentos vencidos (Associations, 2024; Suhandi; Chen, 2024). Portanto, esta pesquisa se propõe a investigar a viabilidade e os benefícios da implementação da economia circular na indústria farmacêutica, buscando compreender como os princípios da circularidade podem ser aplicados para mitigar os impactos ambientais, promover a eficiência de recursos e impulsionar a inovação sustentável.

2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo principal analisar o panorama geral da economia circular no âmbito da indústria farmacêutica, identificando estratégias e práticas que possam promover a sustentabilidade nesse setor. Os objetivos específicos incluem:

1. Identificar os princípios da economia circular e sua aplicação na indústria farmacêutica.
2. Avaliar os impactos ambientais da produção, distribuição e descarte de produtos farmacêuticos.
3. Identificar desafios e oportunidades para a implementação de práticas circulares na cadeia farmacêutica.
4. Analisar estudos de caso e exemplos de sucesso de empresas que adotaram abordagens circulares.

3. METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão da literatura utilizando bases de dados acadêmicas, como PubMed, Scopus, Web of Science, entre outros. Foram empregadas palavras-chave relacionadas à economia circular e à indústria farmacêutica como: "circular supply chain", "circular economy", "reverse logistics", "pharmaceutical industry" e "Reverse flow". Foram selecionados materiais de língua inglesa e portuguesa.

Foram incluídos artigos científicos, relatórios técnicos e documentos governamentais que abordem especificamente a economia circular na indústria farmacêutica, farmoquímica, ou na indústria geral, onde haja reprodutibilidade do tópico na área farmacêutica. Foram incluídos ao trabalho apenas os materiais publicados depois de 2015. Como critério de exclusão foram retirados quaisquer artigos publicados antes de 2015 e em qualquer outra língua que não fossem inglês ou português.

Os artigos selecionados foram analisados em relação ao seu conteúdo, incluindo estratégias de economia circular, exemplos de práticas circulares na indústria farmacêutica, impactos ambientais da produção farmacêutica e desafios/barreiras para a implementação de práticas circulares.

Foram examinados estudos de caso e exemplos de boas práticas de empresas farmacêuticas que implementaram abordagens circulares em suas operações. Esses estudos de caso foram selecionados com base em sua relevância e representatividade.

Os resultados foram analisados para identificar padrões, tendências e *insights* relevantes da área. Deu-se ênfase à análise das estratégias adotadas pelas empresas, seus impactos ambientais e econômicos, bem como aos desafios enfrentados e as lições aprendidas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ECONOMIA CIRCULAR E SEUS DESAFIOS

A economia circular é um conceito que propõe uma mudança de paradigma no modelo econômico tradicional, visando a sustentabilidade e a redução de resíduos. Diferentemente da economia linear, que segue o padrão de "extrair, fabricar, descartar", a economia circular promove a reutilização, a reciclagem e a regeneração de materiais e produtos, criando um ciclo contínuo de uso. Este modelo baseia-se em três princípios fundamentais: projetar para eliminar resíduos e poluição, manter produtos e materiais em uso e regenerar sistemas naturais. A economia circular busca transformar os resíduos em novos recursos, promovendo a eficiência no uso de materiais e energia (Rosa, 2023).

O conceito de economia circular surgiu como uma resposta às limitações do modelo econômico linear e às crescentes preocupações ambientais. As primeiras ideias relacionadas a um sistema econômico circular podem ser rastreadas até os anos 1960 e 1970, com a publicação de "The Economics of the Coming Spaceship Earth" de Kenneth E. Boulding em 1966, que destacou a necessidade de uma economia regenerativa, e "Limits to Growth" do Clube de Roma em 1972, que enfatizou os limites dos recursos naturais finitos. Nos anos 1980, o conceito de ciclo de vida dos produtos começou a ganhar tração, destacando a importância da análise do impacto ambiental ao longo de todas as fases da vida de um produto. Walter Stahel, arquiteto e economista suíço, foi um dos pioneiros ao promover a extensão da vida útil dos produtos e a reutilização de materiais, cunhando o termo "economia de desempenho" (Stahel, 2016). A economia circular, como a conhecemos hoje, foi popularizada pelo trabalho da Fundação Ellen MacArthur, estabelecida em 2010. A fundação tem sido fundamental na promoção e desenvolvimento de estratégias para a implementação da economia circular em nível global (Ellen MacArthur Foundation, 2024).

Quando se trata de modelos de produção é incorreto pensar num sistema bi categórico excludente, onde a cadeia é ou linear ou circular. Ao contrário, a análise deve ser realizada como um gradiente indo de práticas totalmente lineares até totalmente circulares. Nesse sentido autores diferentes baseiam-se em variações do

modelo-R para tratar a avaliação de circularidade. O modelo básico de 3Rs: reutilizar, reciclar e reduzir hoje já é expandido para o modelo 9R (Fig. 1), com cada R possuindo um grau de impacto para o caminho até a circularidade total. A vantagem do modelo mais detalhado encontra-se na maior facilidade de quantificar o progresso de uma cadeia logística para a circularidade total, pois diferentes práticas possuem diferentes impactos ambientais, reduções de recursos, emissões de CO₂, etc (Potting e col., 2017). Usualmente os 9Rs são categorizados de loops curtos, médios e longos, onde as soluções de loops curtos mitigam o uso de recursos desde o início da manufatura do produto, caminhando até as ações loop longo, que são as mais utilizadas hoje (Ang e col., 2020).

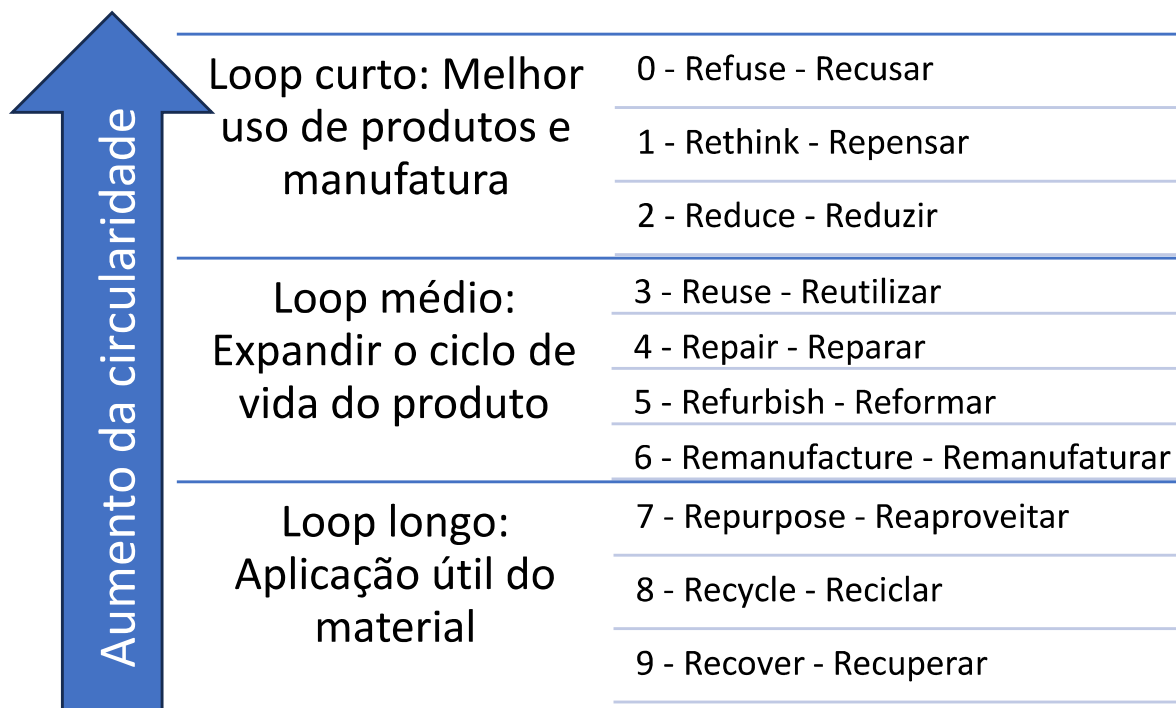


Figura 1. Estratégias circulares do modelo 9R - Adaptado de Potting e col. (2017) e Ang e col. (2021)

A EC encontra aplicações em diversos setores. Na indústria farmacêutica, por exemplo, a implementação de cadeias de suprimento circulares pode reduzir significativamente o desperdício de medicamentos e melhorar a sustentabilidade. Além disso, na manufatura, a economia circular promove o design de produtos duráveis, reparáveis e recicláveis. Estratégias como a recuperação de produtos no fim

da vida útil e a reciclagem de materiais são essenciais para a implementação de cadeias de suprimentos circulares (Mehralian, Zare Nezhad & Ghatari, 2015; Tsolakis e col., 2023). Novos modelos de negócios, aumentar a eficiência dos recursos e reduzir os custos operacionais em longo prazo são benefícios usualmente colhidos dessa estratégia, embora a redução de resíduos e a minimização do uso de recursos naturais são os principais benefícios ambientais da economia circular. Este modelo promove a conservação dos ecossistemas e a redução das emissões de gases de efeito estufa, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas (Narayana, Pati & Padhi, 2019).

Embora os benefícios da economia circular sejam evidentes, a implementação desse modelo enfrenta vários desafios. A falta de infraestrutura adequada, as barreiras regulatórias e a resistência cultural são alguns dos obstáculos que dificultam a transição para uma economia circular. Além disso, a necessidade de investimentos significativos em tecnologias e processos inovadores pode representar um impedimento para muitas empresas (Ding, 2018; Mahdiraji et al., 2023).

Empresas como a Philips e a Unilever têm liderado a implementação de práticas de economia circular. A Philips, por exemplo, adotou um modelo de negócios baseado em produtos como serviço, onde os consumidores pagam pelo uso dos produtos ao invés de possuí-los, promovendo a reutilização e a reciclagem. A Unilever tem investido em embalagens reutilizáveis e recicláveis, além de promover a redução de resíduos em suas operações (Ellen MacArthur Foundation, 2013).

A. A GERAÇÃO DE RESÍDUOS PELA INDÚSTRIA FARMACÊUTICA

Quando se aborda o modelo de economia circular a sustentabilidade é o primeiro ponto de destaque. Dentro da indústria farmacêutica a geração de resíduos é um problema que envolve várias fases do ciclo de vida dos produtos, desde a pesquisa e desenvolvimento até a produção, distribuição e descarte final e portanto, foco principal de ações circulares (Singh e col., 2016).

A indústria farmacêutica gera diversos tipos de resíduos, incluindo resíduos sólidos, líquidos e gasosos, bem como resíduos perigosos que contêm substâncias

químicas tóxicas, produtos farmacêuticos vencidos e resíduos infecciosos, que são produzidos ao longo de toda a cadeia do setor (Tóth e col., 2022). Em 2020, o setor farmacêutico global gastou aproximadamente 1.270 bilhões de dólares em produtos farmacêuticos, com grande parte desse montante resultando em resíduos após o uso dos medicamentos. Nos Estados Unidos, só em 2021, cerca de 372 toneladas de medicamentos vencidos foram coletadas durante o evento nacional de coleta de medicamentos (Han e col., 2022). Este volume de resíduos farmacêuticos apresenta desafios significativos para a gestão ambiental, especialmente em termos de descarte seguro e minimização da contaminação ambiental.

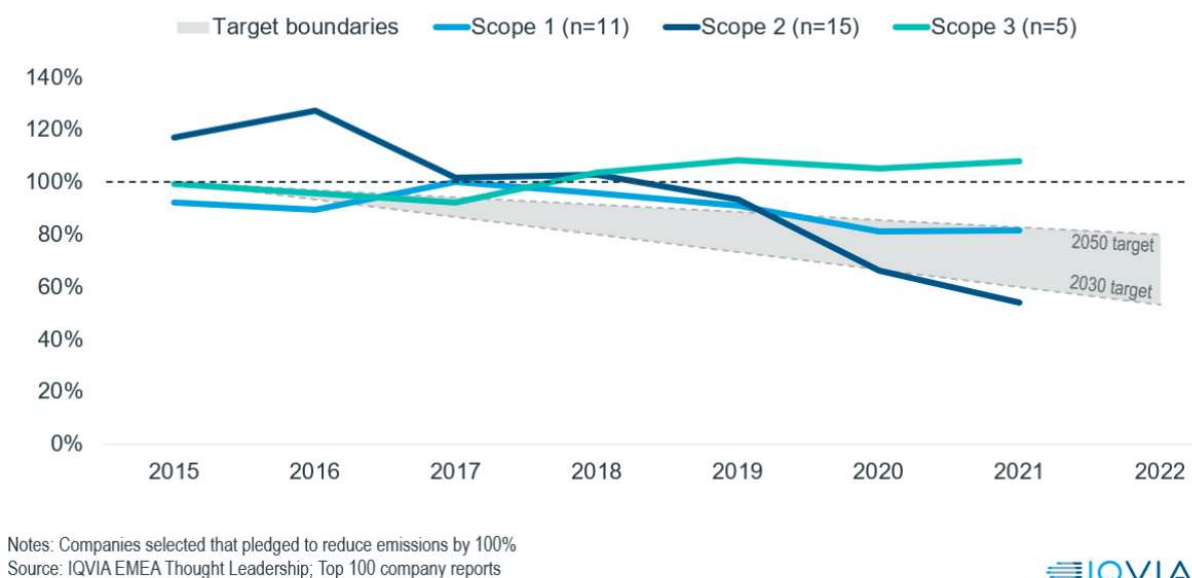
Em um cenário que se torna mais agravante do que outras indústrias, grande parte dos resíduos farmacêuticos, sobretudo os resíduos líquidos, possuem atividade biológica, por exemplo, a presença de fármacos em corpos d'água que prejudica a vida aquática e contamina fontes de água potável. Estudos têm mostrado que antibióticos, hormônios e outros medicamentos podem ser detectados em níveis traços em rios e lagos, onde podem causar efeitos adversos em organismos aquáticos e contribuir para a resistência antimicrobiana (Singh e col., 2021).

Dado o tamanho da cadeia logística farmacêutica, a geração de resíduos acontece em diversos pontos desde a produção até o consumo por parte do paciente. Dentro das fábricas esse problema pode ter origem na superprodução devido à erros de previsão de demanda, além dos próprios químicos gerados na produção do fármaco. Erros na produção podem ser estendidos para o acúmulo de resíduos dentro de farmácias com estocagem acima do adequado, sobretudo em farmácias hospitalares. Além disso, o processo de prescrição e consumo dos medicamentos também contribui para o problema. Pacientes que retiram mais de uma receita, alteração na prescrição ou dosagem, abandono de tratamento são algumas fontes. (Alshemari e col., 2021).

Na esfera de geração de gases, sobretudo os do efeito estufa, a enorme cadeia logística da indústria farmacêutica também é a grande vilã. De acordo com o protocolo dos gases do efeito estufa, publicado em 1998 as emissões podem ser divididas em três escopos: O primeiro é referente as emissões diretas, por fontes controladas pela indústria. No segundo escopo são contabilizadas as emissões provenientes da

compra de energia, e por fim a terceira sendo as emissões produzidas de forma indireta ao longo da cadeia logística (Belkhir e col., 2019).

Um estudo publicado pela IQVIA analisou os reports de ESG (*Environmental, Social and Governance*) das 100 maiores farmacêuticas e mapeou a evolução nas emissões daquelas que se comprometeram a atingir a neutralidade de carbono. Na Figura 2 o eixo vertical demonstra a variação das emissões de dióxido de carbono equivalente em relação ao *baseline* da indústria:



IQVIA

Figura 2. Variação da emissão de CO₂e ao longo dos anos (IQVIA, 2023)

Como demonstrado, as emissões do primeiro e segundo escopo estão diminuindo ao longo dos anos, entretanto as emissões do terceiro escopo, que envolvem toda a cadeia logística, segue a tendência contrária. Esse dado alarmante se torna ainda mais relevante quando se observa que o escopo 3 é responsável, em média, por 96% de todas as emissões do setor (Fig. 3).

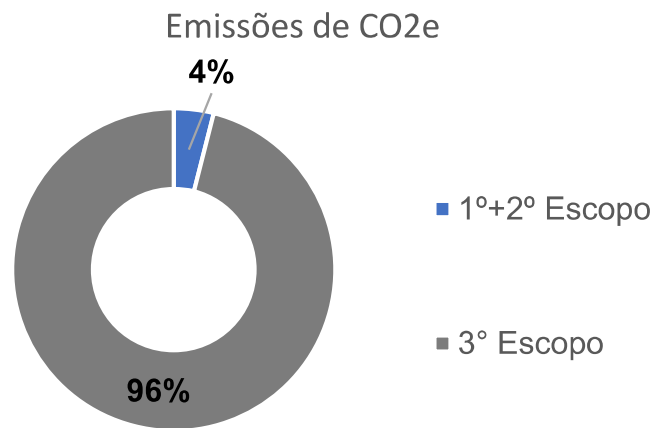


Figura 3 Perfil de emissões de CO₂e por escopo. Adaptado de IQVIA (2023).

Uma abordagem eficaz para a gestão de resíduos farmacêuticos é a implementação de cadeias de suprimento reversas, que envolvem a coleta e o retorno de produtos farmacêuticos descartados ou vencidos para reprocessamento, reciclagem ou descarte seguro. Esta prática não só reduz a quantidade de resíduos que vai para os aterros sanitários, e que gera grande quantidade de gases com sua queima, mas também recupera materiais valiosos que podem ser reutilizados na produção (Campos e col., 2017; Viegas e col., 2019).

Nesse sentido, a geração de resíduos devido ao não uso de medicamentos em boas condições também é relevante, sobretudo em sistemas públicos de saúde. No sistema de saúde britânico, o NHS, anualmente 300 milhões de libras são desperdiçadas em medicamentos que são dispensados, mas nunca utilizados pelos pacientes. Um estudo recente realizou uma revisão bibliográfica demonstrando que através de sensores em embalagens é possível avaliar a qualidade de medicamentos dispensados que eventualmente podem retornar ao sistema público para nova dispensação (Hui e col., 2020). A implementação prática de sistemas como esse requer não apenas modificações em embalagens, mas um sistema robusto de dados para análise precisa da distribuição dos medicamentos e seu eventual retorno, bem como o equilíbrio de estoques da rede pública. Na universidade de Reading, na Inglaterra, um grupo de estudos chamado ReMinds (Reuse of Medicines through

Informatics, Networks and Sensors) foi estabelecido com o objetivo de reduzir os resíduos provenientes da não aderência ao tratamento (Ding, 2018; Hui e col., 2020).

Além disso, a utilização de tecnologias avançadas, como a biotecnologia e a nanotecnologia, pode ajudar a reduzir a geração de resíduos na produção farmacêutica. Essas tecnologias permitem a produção de medicamentos de forma mais eficiente e com menor uso de recursos, resultando em menos resíduos. Por exemplo, a biotecnologia pode ser usada para produzir medicamentos biológicos através de processos fermentativos que geram menos subprodutos tóxicos em comparação com a síntese química tradicional (Meyer e col., 2020).

Empresas farmacêuticas líderes têm implementado programas de sustentabilidade que incluem a redução da geração de resíduos. A Pfizer, por exemplo, tem um programa de gestão de resíduos que visa reduzir a quantidade de resíduos gerados nas suas operações globais e aumentar a taxa de reciclagem. A empresa também investe em tecnologias de produção mais limpas e processos de manufatura sustentável (Pfizer, 2023).

No entanto, a transição para práticas mais sustentáveis enfrenta desafios significativos, incluindo os altos custos iniciais de investimento em tecnologias verdes, a complexidade da cadeia de suprimento farmacêutica e a necessidade de colaboração entre diferentes partes interessadas. Superar esses desafios requer um compromisso contínuo com a inovação e a sustentabilidade, bem como políticas de incentivo e suporte governamental (Mahdiraji e col., 2023).

B. DESAFIOS DE IMPLEMENTAÇÃO DAS PRÁTICAS CIRCULARES NA INDÚSTRIA

Quando falamos de desafios de implementação um dos mais importantes é a complexidade do ambiente regulatório global. A indústria farmacêutica é altamente regulada, com normas rigorosas sobre a produção, distribuição e descarte de medicamentos. Essas regulamentações, que são necessárias para garantir a segurança e eficácia dos produtos, podem, no entanto, dificultar a implementação de práticas circulares. As entidades regulatórias muitas vezes não têm diretrizes claras para a incorporação de princípios de economia circular, o que cria incertezas para as

empresas que desejam adotar essas práticas. Atualmente, as grandes agências reguladoras, como a Agência de Proteção Ambiental (EPA) nos Estados Unidos e a Agência Europeia de Medicamentos (EMA), não estabelecem diretrizes específicas e para práticas de reciclagem de medicamentos, embalagens ou processos produtivos circulares. Também nesse sentido falta apoio fiscal que encoraje tais práticas. (Ranjbari e col., 2022).

Entretanto, mesmo que houvesse avanços regulatórios, as grandes multinacionais farmacêuticas ainda devem enfrentar a sua própria burocracia e interesse por partes das lideranças. A implementação de um modelo circular requer uma transformação em larga escala da cadeia de suprimentos, o que pode ser um processo lento e complicado. Alterações nas práticas de produção e na cadeia logística muitas vezes precisam passar por várias camadas de aprovação dentro da organização, cada uma com suas próprias preocupações e prioridades. Isso torna o processo de mudança longo e oneroso. Ademais tradicionalmente a indústria tem se concentrado em maximizar a eficiência e a lucratividade dentro do modelo linear de produção e descarte (Mahdiraji e col., 2023; Sabat e col., 2022; Toni, 2023). Convencer as lideranças a investir em práticas circulares, que podem inicialmente parecer menos rentáveis, é um desafio. O custo inicial elevado para reestruturar as operações e investir em novas tecnologias que suportem a economia circular normalmente não casa com as estratégias das companhias, sobretudo aquelas de capital aberto que dependem de crescimento constante para manter acionistas. Muitas empresas relutam em fazer esses investimentos sem garantias claras de retorno financeiro a curto prazo (Mishra, 2022; Toni, 2023).

Por exemplo, a transição para uma cadeia logística circular pode exigir investimentos substanciais em infraestrutura para coleta, triagem e reciclagem de resíduos farmacêuticos. Além disso, o desenvolvimento de embalagens reutilizáveis ou recicláveis, que cumpram as rigorosas normas de segurança da indústria, pode ser dispendioso. O custo pode se tornar ainda mais alto quando se fala em mudanças no processo produtivos dos fármacos, incluindo maquinário, alteração do fluxo das fábricas e treinamento de mão de obra (Mahdiraji e col., 2023)

Esses desafios são exacerbados pela falta de incentivo financeiro e apoio de políticas governamentais. Embora algumas regiões estejam começando a

implementar políticas que incentivam práticas sustentáveis, como subsídios para inovação verde, esses incentivos ainda são insuficientes para compensar os altos custos iniciais associados à transição para um modelo circular. A ausência de um marco regulatório claro que favoreça a economia circular também impede o avanço dessas práticas em escala global.

C. BOAS PRÁTICAS JÁ ADOTADAS PELA INDÚSTRIA

Embora os desafios e oportunidades estejam claros é importante pontuar alguns avanços já realizados pela indústria até o momento. Em um relatório publicado em 2020, a federação europeia de indústrias farmacêuticas trouxe algumas ações realizadas por multinacionais para um movimento no sentido da circularização da economia (Associations, 2020; Associations, 2024):

- A AstraZeneca desenvolveu uma abordagem de embalagem reutilizável para distribuição de produtos para ensaios clínicos. Originalmente, cada envio envolvia caixas com 15kg de embalagens descartáveis, mas com a nova abordagem, houve uma taxa de retorno de 98%, reduzindo significativamente o desperdício.
- Também a Astrazeneca, em 2023, iniciou uma parceria com a Vanguard Renewables para a utilização de biometano na energização de algumas de suas plantas industriais (Fig. 4). Nessa parceria a farmacêutica recebe o combustível, produzido a partir de restos de alimentos, para utilização em seus sites no Reino Unido e EUA. A expectativa é que até 2026 sejam produzidos 190 mil megawatts-hora (MWh) por ano, reduzindo as emissões de carbono de suas fábricas em 98%.



Figura 4 Planta industrial da AstraZeneca (Associations, 2024)

- A Sanofi desenvolveu uma nova embalagem com zero uso de plásticos para a vacina Vaxigrip®, que reduz em 50% o tamanho da caixa e, conseqüentemente, o impacto ambiental, incluindo uma redução de 30% no número de transportes necessários e 50% de redução de CO₂ por caixa (Sanofi, 2023).
- No reino unido anualmente são prescritos 73 milhões de inaladores respiratórios, cujo descarte inadequado possui grande impacto ambiental. A GSK criou o primeiro programa de reciclagem de inaladores no país, em que até 2019 2 milhões de inaladores já haviam sido coletados. Essa estratégia levou à discussão no parlamento e criação de um programa nacional pelo governo britânico de coleta de inaladores.
- Na produção farmacêutica da Lundbeck na Dinamarca, em 2019, foi introduzido o planejamento circular. Inicialmente na produção de formulações líquidas, foi reduzido em 83% o número de embalagens em comparação com 2018. Isso equivale a 1,4 milhão de peças a menos de resíduos na forma de caixas, rótulos ou folhetos. Para 2020 a farmacêutica planejava ampliar o programa para os medicamentos sólidos onde o potencial de redução era ainda maior
- A Bayer possui uma planta de alta capacidade na produção de contraste na Alemanha, onde o iodeto é parte fundamental do processo. Durante todo o processo de produção o iodeto perdido nos resíduos é recuperado e vendido

para outras empresas para um uso não farmacêutico. Para além da fábrica, esse composto também é recuperado do contraste não utilizado por clínicas de diagnóstico de imagem, onde Ihe é dado o mesmo fim (Fig. 5).

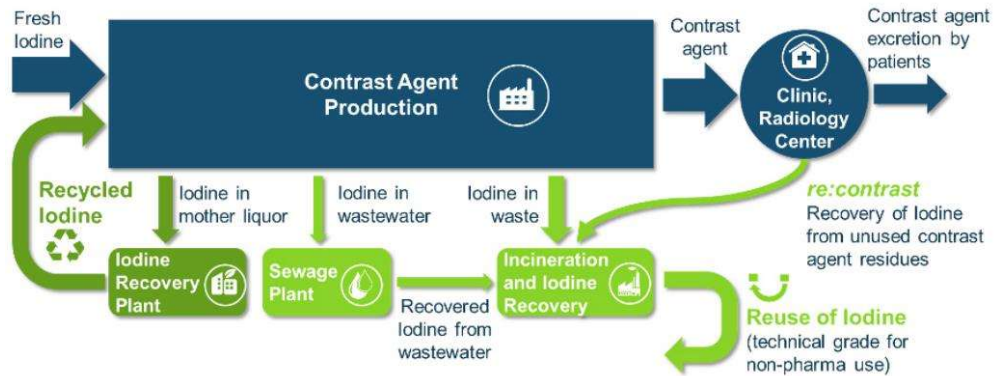


Figura 5 Processo de recuperação do Iodeto realizado pela Bayern (Assotiations, 2024)

- Na LEO Pharma em Esbjerg, Dinamarca, um IFA (Insumo Farmacêutico Ativo) é produzido a partir da mucosa de intestinos de porco. Contudo, apenas 1% da mucosa do animal contém o ingrediente essencial necessário para fabricar o fármaco, o que gera uma enorme quantidade de resíduos em um cenário onde 70.000 toneladas de mucosa são processadas por ano. Para reduzir esse desperdício, foi desenvolvida uma maneira de descartar a mucosa processada que agrega valor à comunidade em torno fábrica. Desde 2011, é realizado um trabalho com uma empresa externa especializada em aproveitar materiais orgânicos para fins agrícolas, transformando os resíduos de mucosa em um fertilizante orgânico de alta potência. Com este ciclo, 95% dos resíduos de mucosa são reutilizados em um produto que leva material orgânico e nutrientes aos campos de cerca de 300 agricultores.
- A Novo Nordisk faz parte da Kalundborg Symbiosis, uma parceria entre nove empresas públicas e privadas em Kalundborg, Dinamarca. Desde 1972, a parceria desenvolveu uma das primeiras simbioses industriais do mundo, com uma abordagem circular de produção. O princípio fundamental é que um resíduo de uma empresa se torna um recurso para outra, beneficiando tanto o meio ambiente quanto a economia (Fig. 6). A simbiose gera crescimento na área local e apoia as iniciativas de Responsabilidade Social Corporativa das

empresas e a mitigação das mudanças climáticas.

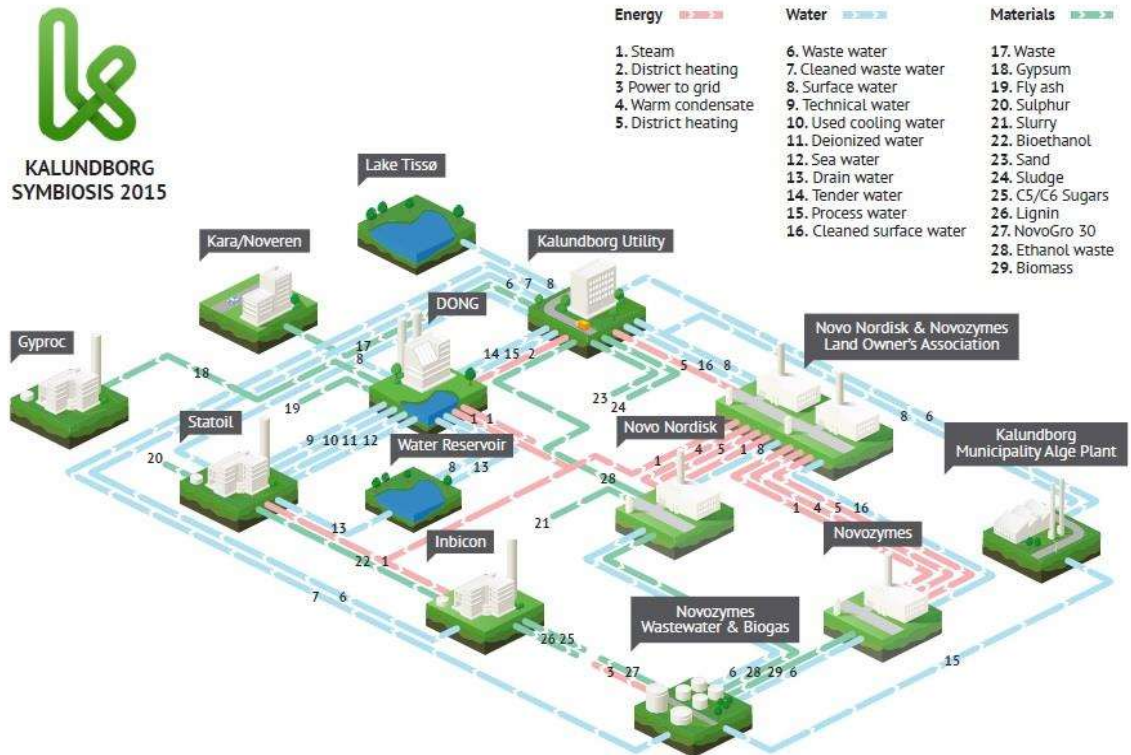


Figura 6 Esquema da simbiose industrial de Kalundborg. Retirado de nordregio.com

Embora tais ações sejam importantes, refletem certo interesse da indústria e possuem sua importância, ainda há muito a percorrer. Como reportado por Khan et al., as ações majoritárias do setor farmacêutico se concentram na eliminação de resíduos, sobretudo os de fase final da cadeia, como embalagens e plásticos, mas poucos casos são de fato uma mudança de “mindset” no sentido de fechar os ciclos, sendo o exemplar caso da Novo Nordisk o único caso de circularidade em larga escala na indústria farmacêutica (Khan e col., 2022).

Ademais é possível notar um descompasso entre os esforços da academia e os desafios pontuados para o setor. Em um estudo realizado por Ang e col., observou-se grande concentração da academia em estudos de loop curto, mas pouquíssima relação com a praticidade de fato dessas alternativas. Entre diversos estudos sobre química verde, novos processos de síntese, introdução de moléculas antes descartadas no ciclo produtivo (Weber e col., 2019) ou até mesmo utilização de micro algas na cadeia circular (Tsolakis e col., 2023) pouco há sobre o uso de tais

alternativas em escalas industriais, análises de impactos financeiros ou riscos regulatórios de tais mudanças.

No Brasil não foram encontradas ações de circularidade além do recolhimento medicamentos vencidos. O país concentra fábricas de medicamentos de grandes multinacionais, porém IFAs e outros componentes são importados, reduzindo as possibilidades de circularização no início da cadeia. A logística reversa de medicamentos vencidos é regulamentada pelo Decreto 10.388 de 5 de Junho de 2020, que estabelece as regras para os pontos de coleta e a padronização dos procedimentos de logística e recipientes de coleta (Brasil, 2024).

Desde a instauração do decreto, a BHS, uma das empresas responsáveis por conduzir a operação de logística reversa no país, já realizou a coleta de 2,1 toneladas de medicamentos (BHS, 2024). Entretanto, embora a quantidade de medicamentos seja alta, a legislação determina que a incineração seja o destino prioritário desse material, seguida de aterro em campos de produtos perigosos. Portanto, embora a ação seja importante para evitar a contaminação de solos e águas, não há determinações sobre reutilização de medicamentos, reaproveitamento de insumos, ou até mesmo, recuperação de energia no processo de incineração. A ação de logística reversa, embora importante em um contexto de sustentabilidade, ainda se mostra desconexa de conceitos da EC.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho procurou abordar as principais tratativas da economia circular em relação à indústria farmacêutica. Embora seja possível visualizar uma crescente popularização do tema, sobretudo a partir de 2010 com as ações da Ellen MacArthur Foundation, ainda existem inúmeras barreiras a serem transpostas.

É possível observar que entre as estratégias circulares que já estão em prática destacam-se as iniciativas de reciclagem e reutilização de embalagens e redução de resíduos no fim da cadeia, ou seja, ações de loop curto, que embora possuam sua importância, não tem grande impacto na circularização da cadeia como um todo. Muito embora existam ações mais abrangentes, como a recuperação de iodeto pela Bayer, ou a simbiose industrial da NovoNordisk, é possível notar uma visão ainda reduzida das empresas do setor a respeito da complexidade e possibilidades de um modelo circular ao longo de toda a cadeia produtiva.

A economia circular na indústria farmacêutica pode não apenas reduzir o impacto ambiental, mas também promover ganhos econômicos a longo prazo por meio da eficiência no uso de recursos. Mas se por um lado existe resistência da indústria para mudanças mais bruscas e fundamentais, por outro lado é possível notar a ausência de ações públicas que norteiem as atividades privadas para esse objetivo

A transição de um modelo linear, enraizado na sociedade, para um modelo circular na indústria farmacêutica, mas não restringido a ela, requer um esforço conjunto entre empresas, governos e sociedade. Incentivos financeiros, políticas regulatórias adequadas e investimentos em inovação tecnológica são essenciais para que esse modelo se torne uma realidade. Embora os desafios sejam muitos, os benefícios ambientais, econômicos e sociais da circularidade fazem com que essa seja uma transição necessária e urgente frente as condições ambientais que enfrentaremos como sociedade no futuro.

6. REFERÊNCIAS

1. AGRAWAL, Dindyal; DWIVEDI, Ashish; PATIL, Anchal; PAUL, Sanjoy Kumar. Impediments of product recovery in circular supply chains: implications for sustainable development. *Sustainable Development*, [S.L.], v. 31, n. 3, p. 1618-1637, 14 dez. 2022. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/sd.2472>.
2. ALSHEMARI, Abdullah; BREEN, Liz; QUINN, Gemma; SIVARAJAH, Uthayasankar. Can We Create a Circular Pharmaceutical Supply Chain (CPSC) to Reduce Medicines Waste? *Pharmacy*, [S.L.], v. 8, n. 4, p. 221, 18 nov. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/pharmacy8040221>.
3. ANG, Kun Liang; SAW, Eng Toon; HE, Wei; DONG, Xuecheng; RAMAKRISHNA, Seeram. Sustainability framework for pharmaceutical manufacturing (PM): a review of research landscape and implementation barriers for circular economy transition. *Journal Of Cleaner Production*, [S.L.], v. 280, p. 124264, jan. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124264>.
4. ASSOCIATIONS, European Federation Of Pharmaceutical Industries And. EFPIA. White Paper on Circular Economy (2020). Disponível em: <https://www.efpia.eu/media/554663/circular-economy.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2024.
5. ASSOCIATIONS, European Federation Of Pharmaceutical Industries And. EFPIA. White Paper on Circular Economy (2024). Disponível em: <white-paper-on-circular-economy.pdf> (efpia.eu). Acesso em: 15 nov. 2024.
6. BELKHIR, Lotfi; ELMELIGI, Ahmed. Carbon footprint of the global pharmaceutical industry and relative impact of its major players. *Journal Of Cleaner Production*, [S.L.], v. 214, p. 185-194, mar. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.204>.
7. BHS. Programa Descarte Consciente. Disponível em: <https://www.descarteconsciente.com.br/>. Acesso em: 27 nov. 2024
8. BRASIL. Decreto nº 10.388, de 5 de junho de 2020. Regulamenta o § 1º do **caput** do art. 33 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, e institui o sistema de logística reversa de medicamentos domiciliares vencidos ou em desuso, de uso humano, industrializados e manipulados, e de

- suas embalagens após o descarte pelos consumidores. Disponível em: [D10388](#). Acesso em: 29 nov. 2024.
9. CAMPOS, Elaine Aparecida Regiani de; PAULA, Istefani Carisio de; PAGANI, Regina Negri; GUARNIERI, Patricia. Reverse logistics for the end-of-life and end-of-use products in the pharmaceutical industry: a systematic literature review. *Supply Chain Management: An International Journal*, [S.L.], v. 22, n. 4, p. 375-392, 12 jun. 2017. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/scm-01-2017-0040>.
 10. DING, Baoyang. Pharma Industry 4.0: literature review and research opportunities in sustainable pharmaceutical supply chains. *Process Safety And Environmental Protection*, [S.L.], v. 119, p. 115-130, out. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.psep.2018.06.031>.
 11. ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. What we do. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/about-us/what-we-do>. Acesso em: 05 fev. 2024.
 12. HAN, Jie; HE, Shanshan; LICHTFOUSE, Eric. Waves of pharmaceutical waste. *Environmental Chemistry Letters*, [S.L.], v. 21, n. 3, p. 1251-1255, 12 ago. 2022. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10311-022-01491-0>.
 13. HUI, Terence K. L.; MOHAMMED, Bilal; DONYAI, Parastou; MCCRINDLE, Rachel; SHERRATT, R. Simon. Enhancing Pharmaceutical Packaging through a Technology Ecosystem to Facilitate the Reuse of Medicines and Reduce Medicinal Waste. *Pharmacy*, [S.L.], v. 8, n. 2, p. 58, 31 mar. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/pharmacy8020058>.
 14. IQVIA. Is pharma on track to reduce its carbon emissions? 2023. Disponível em: <https://www.iqvia.com/locations/emea/blogs/2024/10/is-pharma-on-track-to-reduce-carbon-emissions>. Acesso em: 11 out. 2024.
 15. KHAN, Feroz; ALI, Yousaf. Implementation of the circular supply chain management in the pharmaceutical industry. *Environment, Development And Sustainability*, [S.L.], v. 24, n. 12, p. 13705-13731, 10 jan. 2022. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10668-021-02007-6>.
 16. MAHDIRAJI, Hannan Amoozad; GOVINDAN, Kannan; YAFTIYAN, Fatemeh; GARZA-REYES, Jose Arturo; HAJIAGHA, Seyed Hossein Razavi. Unveiling

- coordination contracts' roles considering circular economy and eco-innovation toward pharmaceutical supply chain resiliency: evidence of an emerging economy. *Journal Of Cleaner Production*, [S.L.], v. 382, p. 135135, jan. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135135>.
17. MEHRALIAN, Gholamhossein; ZARENEZHAD, Forouzandeh; GHATARI, Ali Rajabzadeh. Developing a model for an agile supply chain in pharmaceutical industry. *International Journal Of Pharmaceutical And Healthcare Marketing*, [S.L.], v. 9, n. 1, p. 74-91, 7 abr. 2015. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/ijphm-09-2013-0050>.
18. MEYER, Vera; BASENKO, Evelina Y.; BENZ, J. Philipp; BRAUS, Gerhard H.; CADDICK, Mark X.; CSUKAI, Michael; VRIES, Ronald P. de; ENDY, Drew; FRISVAD, Jens C.; GUNDE-CIMERMAN, Nina. Growing a circular economy with fungal biotechnology: a white paper. *Fungal Biology And Biotechnology*, [S.L.], v. 7, n. 1, p. 2-23, 2 abr. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s40694-020-00095-z>.
19. MISHRA, Anurag; DUTTA, Pankaj; JAYASANKAR, S.; JAIN, Priya; MATHIYAZHAGAN, K.. A review of reverse logistics and closed-loop supply chains in the perspective of circular economy. *Benchmarking: An International Journal*, [S.L.], v. 30, n. 3, p. 975-1020, 10 maio 2022. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/bij-11-2021-0669>.
20. NARAYANA, Sushmita A.; PATI, Rupesh K.; PADHI, Sidhartha S.. Market dynamics and reverse logistics for sustainability in the Indian Pharmaceuticals industry. *Journal Of Cleaner Production*, [S.L.], v. 208, p. 968-987, jan. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.171>.
21. NORDREGIO. Industrial Symbiosis in Kalundborg. *Nordregio Magazine*, Edição: Industrial Symbiosis, Disponível em: <https://nordregio.org/nordregio-magazine/issues/industrial-symbiosis/industrial-symbiosis-in-kalundborg/>. Acesso em: 08 set. 2024.
22. PFIZER. Pfizer's approach to incorporating Sustainability in the Development of Medicines (2023). Disponível em: [Pfizer's Approach to Incorporating Sustainability in the Development of Medicines - Pfizer Investor Insights](#). Acesso em: 13 ago. 2024.

23. POTTING, J.; HEKKERT, M.; WORRELL, E.; HANEMAAIJER, A. Circular economy: measuring innovation in the product chain. The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, 2017.
24. RANJBARI, Meisam; ESFANDABADI, Zahra Shams; SHEVCHENKO, Tetiana; CHASSAGNON-HANED, Naciba; PENG, Wanxi; TABATABAEI, Meisam; AGHBASHLO, Mortaza. Mapping healthcare waste management research: past evolution, current challenges, and future perspectives towards a circular economy transition. *Journal Of Hazardous Materials*, [S.L.], v. 422, p. 126724, jan. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126724>.
25. ROSA, Luciana Aparecida Barbieri da; COHEN, Marcos; CAMPOS, Waleska Yone Yamakawa Zavatti; ÁVILA, Lucas Veiga; RODRIGUES, Maria Carolina Martins. Circular economy and sustainable development goals: main research trends. *Revista de Administração da Ufsm*, [S.L.], v. 16, n. 1, p. 9, 29 mar. 2023. Universidade Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/1983465971448>.
26. SABAT, Kali Charan; BHATTACHARYYA, Som Sekhar; KRISHNAMOORTHY, Bala. Circular economy in pharmaceutical industry through the lens of stimulus organism response theory. *European Business Review*, [S.L.], v. 34, n. 6, p. 936-964, 29 jul. 2022. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/eb-02-2022-0037>.
27. SANOFI. Circular Economy & Waste Management. 2023. Disponível em: <https://www.sanofi.com/assets/dotcom/content-app/documents/circular-economy-and-waste-management.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2024.
28. SINGH, Rajesh Kr.; KUMAR, Ravinder; KUMAR, Pravin. Strategic issues in pharmaceutical supply chains: a review. *International Journal Of Pharmaceutical And Healthcare Marketing*, [S.L.], v. 10, n. 3, p. 234-257, 5 set. 2016. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/ijphm-10-2015-0050>.
29. SINGH, Simranjeet; KUMAR, Vijay; ANIL, Amith G.; KAPOOR, Dhriti; KHASNABIS, Sutripto; SHEKAR, Shweta; PAVITHRA, N.; SAMUEL, Jastin; SUBRAMANIAN, S.; SINGH, Joginder. Adsorption and detoxification of pharmaceutical compounds from wastewater using nanomaterials: a review on mechanism, kinetics, valorization and circular economy. *Journal Of Environmental Management*, [S.L.], v. 300, p. 113569, dez. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113569>.

30. STAHEL, Walter R.. The circular economy. *Nature*, [S.L.], v. 531, n. 7595, p. 435-438, 23 mar. 2016. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/531435a>.
31. SUHANDI, Victor; CHEN, Ping-Shun. Closed-loop supply chain inventory model in the pharmaceutical industry toward a circular economy. *Journal Of Cleaner Production*, [S.L.], v. 383, p. 135474, jan. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135474>.
32. TONI, Mercy. Conceptualization Of Circular Economy And Sustainability At The Business Level. *Circular Economy And Sustainable Development. International Journal Of Empirical Research Methods*, [S.L.], v. 1, n. 2, p. 81-89, 12 dez. 2023. Guinness Press. <http://dx.doi.org/10.59762/ijerm205275791220231205140635>.
33. TÓTH, András József; FÓZER, Dániel; MIZSEY, Péter; VARBANOV, Petar Sabev; KLEMEŁ, Jiří Jaromír. Physicochemical methods for process wastewater treatment: powerful tools for circular economy in the chemical industry. *Reviews In Chemical Engineering*, [S.L.], v. 39, n. 7, p. 1123-1151, 29 ago. 2022. Walter de Gruyter GmbH. <http://dx.doi.org/10.1515/revce-2021-0094>.
34. TSOLAKIS, Naoum; GOLDSMITH, Aaron Tyler; AIVAZIDOU, Eirini; KUMAR, Mukesh. Microalgae-based circular supply chain configurations using Industry 4.0 technologies for pharmaceuticals. *Journal Of Cleaner Production*, [S.L.], v. 395, p. 136397, abr. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136397>.
35. VIEGAS, Cláudia Viviane; BOND, Alan; VAZ, Caroline Rodrigues; BERTOLO, Rubem João. Reverse flows within the pharmaceutical supply chain: a classificatory review from the perspective of end-of-use and end-of-life medicines. *Journal Of Cleaner Production*, [S.L.], v. 238, p. 117719, nov. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117719>.
36. WEBER, Jana Marie; LIÓ, Pietro; LAPKIN, Alexei A.. Identification of strategic molecules for future circular supply chains using large reaction networks. *Reaction Chemistry & Engineering*, [S.L.], v. 4, n. 11, p. 1969-1981, 2019. Royal Society of Chemistry (RSC). <http://dx.doi.org/10.1039/c9re00213h>

37. WORLD BANK (org.). Solid Waste Management. 2019. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/brief/solid-waste-management>. Acesso em: 15 jul. 2024.

Felipe Silva Santos



Profa. Dra. Maria Segunda Aurora Prado
FCF-USP