

INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL EM UMA INDÚSTRIA QUÍMICA

SUSTAINABLE INNOVATION IN A CHEMICAL INDUSTRY

GUSTAVO DE OLIVEIRA HANAUER
UNIVERSIDADE FEEVALE

DUSAN SCHREIBER
UNIVERSIDADE FEEVALE

LUCIANE PEREIRA VIANA
UNIVERSIDADE FEEVALE

Comunicação:

O XIII SINGEP foi realizado em conjunto com a 13th Conferência Internacional do CIK (CYRUS Institute of Knowledge), em formato híbrido, com sede presencial na UNINOVE - Universidade Nove de Julho, no Brasil.

INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL EM UMA INDÚSTRIA QUÍMICA

Objetivo do estudo

Coletar e analisar dados acerca de inovações organizacionais, realizadas pela Empresa XY nos últimos cinco anos, que resultaram na mitigação do impacto ambiental.

Relevância/originalidade

O estudo destaca práticas inovadoras de uma pequena indústria química para mitigação ambiental, ampliando a discussão sobre sustentabilidade em empresas de menor porte, setor ainda pouco explorado na literatura acadêmica.

Metodologia/abordagem

Optou-se pelo estudo de caso único, de abordagem qualitativa, em uma indústria química de pequeno porte. Os dados foram coletados por meio de entrevistas em profundidade, observação sistemática participante e levantamento documental, e submetidos à análise de conteúdo.

Principais resultados

Como resultados, identificou-se que a empresa analisada se preocupa com questões que tangem ao meio ambiente, sendo implementadas inovações em processos, produto, marketing e modelo de negócio, visando a redução do impacto ambiental da operação.

Contribuições teóricas/metodológicas

Adota a análise de conteúdo em estudo de caso único, aprofundando a compreensão sobre inovações organizacionais sustentáveis e sugerindo novas abordagens qualitativas para investigar práticas ambientais no setor industrial.

Contribuições sociais/para a gestão

Evidencia estratégias viáveis de inovação sustentável para pequenas indústrias, oferecendo subsídios para gestores que buscam alinhar operações à preservação ambiental e promovendo práticas que beneficiam a sociedade por meio da redução de impactos.

Palavras-chave: Gestão de Operações, Indústria Química, Inovação, Meio Ambiente, Sustentabilidade

SUSTAINABLE INNOVATION IN A CHEMICAL INDUSTRY

Study purpose

To collect and analyze data on organizational innovations implemented by Company XY over the past five years that resulted in mitigating environmental impacts.

Relevance / originality

The study highlights innovative practices of a small chemical industry aimed at environmental mitigation, expanding the discussion on sustainability in small businesses, a sector still underexplored in academic literature.

Methodology / approach

A single-case study with a qualitative approach was adopted, focusing on a small chemical industry. Data were collected through in-depth interviews, systematic participant observation, and document analysis, and then subjected to content analysis.

Main results

The results show that the analyzed company is concerned with environmental issues, implementing innovations in processes, products, marketing, and business models to reduce the environmental impact of its operations.

Theoretical / methodological contributions

It adopts content analysis within a single-case study, deepening the understanding of sustainable organizational innovations and suggesting new qualitative approaches to investigate environmental practices in the industrial sector.

Social / management contributions

It highlights viable sustainable innovation strategies for small industries, providing insights for managers seeking to align operations with environmental preservation and promoting practices that benefit society through impact reduction.

Keywords: Operations Management, Chemical Industry, Innovation, Environment, Sustainability

INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL EM UMA INDÚSTRIA QUÍMICA

1 Introdução

O setor químico desempenha um papel crucial na economia global, sendo responsável pela produção e fornecimento de uma ampla gama de produtos utilizados em diversos setores industriais. De acordo com dados da empresa de consultoria norte-americana McKinsey, em um artigo publicado por Falkenroth-Naidu et al. (2023), a indústria química mundial tem experimentado um crescimento significativo nos últimos anos, impulsionado pela demanda contínua por produtos químicos em setores como automotivo, construção, eletrônicos e alimentos, apresentando um crescimento de quase 25% em 2021, logo após uma era de pandemia e muito tumulto.

Os cinco maiores geradores de receita da indústria química mundial são, respectivamente, China, Estados Unidos, Alemanha, Japão e Coreia, ficando o Brasil em sexto lugar no *ranking*. No Brasil, a indústria química é um dos setores relevantes da economia, apresentando, em 2022, com um faturamento líquido anual de 187 bilhões de dólares, contabilizando um crescimento de 27,3% em relação ao faturamento do ano de 2021. Para o setor de produtos químicos de uso industrial, que é o caso da empresa que foi analisada nesta pesquisa, o faturamento registrado foi de mais de 88 bilhões de dólares e um crescimento de 24,6% em relação ao ano de 2021 (Abiquim, 2022). Além disso, a indústria química brasileira precisa investir em inovação para se manter competitiva, devendo as empresas ficarem atentas às necessidades dos clientes para produzir soluções adequadas (Sebrae, 2023). A inclusão de novas realidades para o setor químico vem despertando o interesse das empresas e gestores no Brasil, os quais, em sua maioria, já observam tendências praticadas no exterior e apresentam significativa movimentação nessa direção, propondo mudanças nas operações empresariais (Galembeck, 2017).

É interessante destacar, também, que na indústria química são utilizadas quantidades significativas de recursos naturais, como a água, seja para a operação ou para os processos de resfriamento de máquinas. Essa água pode ser contaminada com produtos perigosos e, se for descartada indevidamente, pode apresentar riscos e perigo para a região local. Outro potencial impacto podem ser os materiais utilizados durante o processo produtivo, os quais em sua maioria são inflamáveis e explosivos, aumentando assim os riscos de explosão. Além disso, a produção de grandes volumes de novos insumos e substâncias químicas geram risco à segurança ambiental, podendo ser, em alguns casos, irreparáveis (Freitas et al., 2015; Pedersoli et al., 2008).

Diante deste contexto, este estudo foi realizado em uma indústria química, a qual, por motivos de preservação de identidade, é identificada neste estudo com o codinome Empresa XY. A empresa está localizada na região do Vale do Rio dos Sinos, no Rio Grande do Sul, e sua atividade principal é a fabricação de adesivos, solventes e selantes voltados para os ramos náutico, calçadista, moveleiro e estofados. O objetivo desta pesquisa foi coletar e analisar dados acerca de inovações organizacionais, realizadas pela Empresa XY nos últimos cinco anos, que resultaram na mitigação do impacto ambiental. Em um primeiro momento, serão analisados os processos operacionais existentes na empresa e quais são os impactos ambientais resultantes destes processos. A partir desta análise, foi realizado um diagnóstico em relação às inovações que ocorrem na empresa, apresentando ações que possam contribuir para a redução de impactos ambientais e transformar a manufatura mais sustentável.

O termo manufatura sustentável está mais associado a questões ambientais, portanto, em alguns casos, é utilizado o termo “manufatura verde” para referir-se ao assunto (Silva et al.,

2016), o qual vem apresentando significativa evolução conforme apresentam-se novas práticas de gestão ambiental. A manufatura verde pode ser alcançada por meio de práticas de produção mais limpa, com foco no processo produtivo e no melhor aproveitamento dos recursos naturais, além da diminuir a geração de resíduos. Uma cadeia de abastecimento verde envolve os valores por meio das operações de toda a cadeia, sendo a tentativa de reduzir a poluição do ar, da água ou dos resíduos o principal objetivo do abastecimento verde, melhorando o desempenho das empresas. Ao contrário da cadeia tradicional, que mitiga os impactos prejudiciais das operações (Schreiber et al., 2023).

A partir de processos produtivos menos agressivos ao meio ambiente, a empresa vai transformando a sua operação em uma estrutura mais sustentável, envolvendo, assim, dois conceitos principais: o conceito de manufatura e o conceito de sustentabilidade (Silva et al., 2016). De acordo com os autores, a sustentabilidade apresenta-se como um conceito que visa um equilíbrio entre meio ambiente, economia e sociedade, e a manufatura pode ser definida como a utilização de mão de obra, ferramentas e equipamentos utilizados na produção de produtos para utilização ou venda.

Sendo assim, a escolha deste assunto em especial justifica-se para o meio acadêmico e científico, bem como para a indústria química em geral, pois contribui para o avanço do conhecimento sobre a operação de uma empresa de pequeno porte do segmento, bem como evidencia as inovações organizacionais que foram realizadas pela empresa nos últimos cinco anos, que resultaram na mitigação do impacto ambiental.

Em relação à estrutura deste estudo, ele está dividido nos seguintes tópicos: (2) fundamentação teórica, o qual está dividido em dois tópicos (2.1 Gestão de operações para aprimoramento da competitividade empresarial e; 2.2 Inovação sustentável como vantagem competitiva no contexto atual) apresentando os conceitos e definições fundamentais tanto para o planejamento da pesquisa quanto para a criação dos instrumentos utilizados na coleta e na análise de dados; (3) metodologia, apresentando os instrumentos e técnicas metodológicas utilizadas para coletar e analisar os dados; (4) análise dos resultados e discussões, abordando e discutindo os resultados encontrados, relacionando-os com os conceitos apresentados na fundamentação teórica; (5) considerações finais e, por fim, as referências utilizadas.

2 Referencial teórico

Neste capítulo é apresentada a revisão teórica, dividida nos tópicos: (i) Gestão de operações para aprimoramento da competitividade empresarial e; (ii) Inovação sustentável como vantagem competitiva no contexto atual; com a apresentação de conceitos e definições estruturantes que respaldaram tanto o processo de planejamento da pesquisa, bem como, a elaboração dos instrumentos de coleta e análise de dados.

2.1 Gestão de operações para aprimoramento da competitividade empresarial

As atividades de produção existem em todo o lugar e precisam ser administradas independentemente do tipo da organização, pois elas são fundamentais para que haja equilíbrio nas operações e no funcionamento da organização (Peinado & Graeml, 2014). Atividades de produção (ou da operação) são atividades que estão diretamente ligadas ao processo produtivo, independentemente do tipo de material que compõe o produto, pois tratam da maneira em que as organizações utilizam seus processos para produzir bens ou serviços, mas não significando, necessariamente, o tradicional chão de fábrica, composto por operários, máquinas e linhas produtivas. As atividades de operação, termo este que passou a ser utilizado com o avanço dos conceitos empresariais, ressalta a ampliação no escopo das atividades administrativas, passando

a abranger todo e qualquer tipo de organização e não apenas indústrias de transformação de bens tangíveis (Peinado & Graeml, 2014).

Originalmente conhecida como gestão de produção, a *Operation Management*, ou gestão de operações, era associada a áreas típicas, como controle de estoque, previsão, programação e *layout* do processo. Posteriormente, passou a ser reconhecida como gerenciamento de produção e operação, acrescentando operações de serviço no foco de gerenciamento de fábrica (Shang et al. 2015). Sendo assim, tem-se um conceito que surge primeiramente na gestão da fábrica, passa pela gestão da produção, e chega em gestão de operações, cujas transformações conceituais e metodológicas aconteceram de maneira acelerada e, conseqüentemente, causaram impacto na atividade empresarial (Martins et al., 2010).

Slack et al. (2009) afirmam que quase todas as organizações terão na sua operação três funções centrais, sendo elas: (i) função marketing, pois todas as empresas precisam vender seus serviços; (ii) função produção, que visa satisfazer seus clientes a partir da produção e entrega dos pedidos e; (iii) função desenvolvimento de produto/serviço, cujo papel é criar produtos e pensar em maneiras de satisfazer os clientes no futuro através de melhorias.

A gestão de operações é importante para as organizações pois sua principal tarefa é transformar o pedido de um cliente em uma entrega, podendo-se, assim, classificá-la como estando entre uma das mais importantes funções do âmbito empresarial, pois poder-se-á, a partir dela, dar andamento às exigências dos clientes (Marcousé et al., 2013).

Segundo Marcousé et al. (2013), a gestão de operações envolve cinco etapas: design, focado em criar produtos para necessidades específicas; cadeia de suprimentos, que abrange da matéria-prima à entrega final, evitando desperdícios; fornecedores, cuja escolha e negociação são essenciais para o equilíbrio financeiro; qualidade, voltada para encantar o cliente por meio de compromisso e bom atendimento; e tecnologia, usada para agilizar, organizar e dar segurança aos processos operacionais.

É importante considerar que transformações vão acontecendo no âmbito competitivo de forma geral, obrigando as organizações (através de seus gestores) a pensar em maneiras de promover mudanças na visão estratégica e na forma como os modelos operacionais são utilizados, para que o gerenciamento total das operações possa se adaptar à essas transformações.

Khan (2019) afirma que existe integração de processos ambientais sustentáveis à cadeia de suprimentos tradicional, envolvendo as cinco etapas da gestão de operações (*design*, cadeia de suprimento, fornecedores, administração da qualidade e utilização da tecnologia de maneira eficaz), propostas por Marcousé et al. (2013). Para Khan (2019), o diferencial da cadeia de abastecimento verde é a adição de valor por meio das operações de toda a cadeia, em vez de reduzir o impacto prejudicial.

O mapeamento de processos é geralmente realizado por meio de técnicas como os fluxogramas e diagramas de processo (Fitzsimmons & Fitzsimmons, 2014) e serve para identificar e documentar detalhadamente todas as etapas envolvidas na execução de uma atividade, desde o seu início até a conclusão. Existem algumas maneiras de mapear os processos dentro das empresas, como, por exemplo, a condução de entrevistas com funcionários-chave, a observação das atividades em tempo real, a coleta de dados relevantes sobre tempo de execução e recursos utilizados, entre outros (Slack et al., 2009). Com base nessas informações, é possível criar fluxogramas que representam visualmente o fluxo de trabalho da empresa, as interações entre os participantes e as decisões tomadas ao longo do processo. (Fitzsimmons & Fitzsimmons, 2014; Heizer et al., 2020; Slack et al., 2009).

Para Jacobs e Chase (2018), além de buscar eficiência e adaptação às mudanças de cenário, a gestão de operação também deve priorizar a sustentabilidade e a responsabilidade social corporativa. Destacam, os autores, que as empresas estão cada vez mais conscientes da

importância de operar de uma forma mais ética e sustentável, considerando não apenas o impacto econômico gerado, mas também os riscos sociais e ambientais de suas operações. Complementam, Schroeder e Goldstein (2018), que a integração de práticas sustentáveis em todas as etapas da cadeia de valor, seja desde a aquisição da matéria-prima até a entrega do produto, pode ajudar na redução do desperdício e promover o desenvolvimento sustentável da empresa.

Ghobakhloo (2020) conceitua que a amplitude do conceito de sustentabilidade permeia diversas esferas da vida humana, com a sua abrangência transcendendo o ambientalismo e incorporando também a preservação dos recursos econômicos e sociais. Além disso, a sustentabilidade pode ser considerada um movimento voltado para garantir um bem-estar duradouro e equitativo para todos, incluindo gerações vindouras, visando abordar questões globais como injustiça, desigualdade, paz, mudanças climáticas, poluição e degradação ambiental.

A sustentabilidade se baseia em três pilares fundamentais, sendo eles: (i) o pilar ambiental, concentrando-se primordialmente na manutenção do equilíbrio dos sistemas ambientais terrestres, no consumo e reposição de recursos naturais e na integridade ecológica; (ii) o pilar econômico, o qual diz respeito ao crescimento econômico a longo prazo, preservando simultaneamente os recursos ambientais e sociais, de forma que o desenvolvimento do capital econômico não ocorra às custas do capital natural ou social e; (iii) e o pilar social, que envolve o reconhecimento e a gestão dos impactos empresariais, ambientais, econômicos e tecnológicos sobre as pessoas, visando a criação de comunidades saudáveis e inclusivas (Beier et al., 2020; Ghobakhloo, 2020; Kamble et al., 2019; Khuntia et al., 2018).

2.2 Inovação sustentável como vantagem competitiva no contexto atual

A inovação é considerada por diversos autores como uma vantagem competitiva em ambientes de constante transformação, pois a capacidade de inovar e se reinventar pode ser considerada um dos determinantes mais importante em uma empresa (Crossan & Apaydin, 2010). As primeiras definições sobre o termo inovação surgiram na década de 1920 por Schumpeter, focando na ideia de novidade. Isso significava adotar novos métodos e novas maneiras de fazer as coisas, resultando em abordagens e procedimentos diferentes das já existentes (Hansen & Wakonen, 1997).

As preocupações ambientais globais, como os esgotamentos de recursos naturais e a poluição do ar, veem despertando um interesse em promover inovação verde entre as lideranças das empresas. Na manufatura, por exemplo, a inovação verde envolve a introdução de práticas e processos mais sustentáveis, visando a redução da poluição e a melhora ambiental. A inovação verde pode ser considerada uma das maneiras mais eficazes de aliviar a pressão ambiental sem sacrificar a competitividade econômica, pois é impulsionada por fatores internos e externos nas organizações, incluindo, desde uma gestão eficiente de recursos, até uma cultura organizacional direcionada para práticas mais verdes e por demandas e exigências do mercado (Demirel & Danisman, 2019; Ogiemwonyi et al., 2023; Ogiemwonyi & Harun, 2020; Peng et al., 2021).

Diante do contexto de resultados mais sustentáveis, surge o conceito de inovação sustentável, que está diretamente ligado ao conceito de inovação, uma vez que ambos têm o potencial de impulsionar mudanças positivas na sociedade e no meio ambiente, a partir da criação de novos produtos, processos e modelos de negócio, que contribuam para a sustentabilidade ambiental e social (Tidd & Bessant, 2009). A inovação sustentável tem se destacado como uma abordagem estratégica que busca conciliar o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental e a responsabilidade social.

De acordo com Tidd e Bessant (2009), a inovação sustentável refere-se à criação de novos produtos, processos e modelos de negócio que contribuem para a sustentabilidade

ambiental e social. Isso implica em adotar uma abordagem abrangente, considerando os impactos em todas as etapas do ciclo operacional, desde a obtenção de matérias-primas (MP), até a disposição final. Seguindo essa perspectiva, Schaltegger et al., (2012) destacam a importância da inovação sustentável para enfrentar desafios globais, como a mudança climática e o esgotamento de recursos. Eles enfatizam que essa abordagem requer uma mentalidade voltada para a criação de valor compartilhado, considerando não apenas a geração de lucro, mas também o bem-estar das partes interessadas envolvidas.

A inovação sustentável pode ter uma relação significativa dentro das operações, pois as empresas desempenham um papel fundamental na condução da mudança em direção à sustentabilidade. Destaca-se a importância da inovação sustentável como uma estratégia para a criação de valor compartilhado, e para a promoção da responsabilidade corporativa, podendo as empresas adotarem práticas inovadoras em seus produtos, processos e modelos de negócio, considerando os impactos ambientais e sociais em todas as etapas do ciclo de vida (Tidd & Bessant, 2009; Schaltegger et al., 2012).

Além disso, os fatores internos e externos influenciam o impacto da inovação verde nas políticas das empresas, contribuindo para uma melhor gestão dos recursos e aprimorando as estratégias organizacionais. Faz-se importante, também, entender que o comportamento da inovação verde, impulsionado por fatores internos e externos, é fundamental para a promoção da melhoria e proteção ambiental. Esse comportamento é crucial para a transformação de produtos e processos de fabricação, visando uma melhora significativa na sustentabilidade e na poluição (De Marchi, 2012; Ogiemwonyi et al., 2023; Wang & Shen, 2016).

Diante deste cenário, a inovação sustentável se destina a aprimorar e maximizar a utilização de recursos de forma a alcançar padrões sociais ideais que possam gerar benefícios sustentáveis tanto para as empresas, quanto para a sociedade (Ogiemwonyi et al., 2020). Ainda de acordo com os autores, a eco inovação, ou inovação sustentável, pode ser concebida como uma inovação processual para o desempenho das empresas ou, até mesmo, como um tipo de inovação de produtos que promovem a sustentabilidade ao longo do seu ciclo de vida.

Algumas empresas optaram por aderir a inovação sustentável com a inclusão de tecnologias que as auxiliassem na resolução de desafios ambientais e no cumprimento de regulamentações ecológicas que são impostas pelos órgãos reguladores (Ogiemwonyi et al., 2020; Ogiemwonyi et al., 2023). Acreditam ainda que o comportamento de inovação verde, inovação sustentável e eco inovação pode reforçar a consciência e a atitude das empresas em relação aos desafios ambientais. No entanto, o comportamento da inovação sustentável pode ser considerado uma mistura de vários valores, estando entre eles valores ecológicos, tecnológicos, econômicos, sociais e humanísticos (Ogiemwonyi et al., 2023).

Todas essas inovações relacionadas à sustentabilidade abrangem inovações em produtos, serviços, processos, modelos de negócios e marketing (Morales et al., 2022; Ogiemwonyi et al., 2023; Rauter et al., 2023; Urbinati et al., 2023), todas visando um melhor desempenho em aspectos ambientais e sociais. Reforçam Rauter et al. (2023), Morales et al. (2022) e Ogiemwonyi et al. (2023), que novos *designs* de produtos sustentáveis, aumento de eficiência do processo, a redução da poluição ambiental, melhores resultados relacionados à responsabilidade social, preservação e adaptação da identidade da marca e posicionamento sustentável da marca no mercado, são desempenhos desejáveis da inovação sustentável dentro das empresas, tendo no papel do marketing o desafio de cultivar o crescimento sustentável e também de minimizar a redução de materiais naturais básicos.

Complementam, ainda, Costa et al. (2021), que para uma implementação adequada de práticas que estimulam a inovação sustentável nas empresas, o papel do marketing verde assume importância significativa com movimentos de conscientização de todos os envolvidos em relação à importância da relação homem-máquina e meio ambiente. As estratégias de marketing e de comunicação relacionadas à inovação sustentável nas empresas devem se

concentrar em transmitir ideias que apoiem a questão ambiental, como a redução do consumo de energia, o uso de reciclados e a comunicação clara dos valores internos da organização. Além disso, destaca-se que o marketing verde visa a educação ambiental por meio de um impacto menor ao meio ambiente, criando formas de abordagens emocionais na busca por consumidores conscientes do papel que desempenham na preservação do planeta (Costa et al., 2021; Morales et al., 2022).

Em diferentes etapas do processo, diversas estratégias são empregadas para promover a inovação sustentável: inicialmente, promove-se e dissemina-se uma visão dentro da organização na qual a sustentabilidade é fundamental para o futuro da empresa. Posteriormente, são feitos investimentos nas estruturas essenciais, para que se possa concretizar essa visão. Finalizam os autores que os resultados dessas ações podem indicar que os principais desafios enfrentados pela inovação sustentável são de natureza interna, e estão principalmente relacionados a questões organizacionais. No entanto, essas barreiras podem apresentar menos impacto em empresas cuja missão já esteja integrada com questões sustentáveis (Rotondo et al., 2023).

Chatterjee et al. (2023) afirmam que a inovação é considerada fundamental para enfrentar os desafios globais de sustentabilidade e fundamental para benefícios econômicos e de desenvolvimento ambiental e sustentável. Para os autores, existem algumas barreiras à adoção da inovação sustentável pelas empresas, citando, por exemplo, a percepção de radicalidade da inovação, barreiras organizacionais internas e barreiras moldadas pelas características e forças do mercado externo. Por este e outros motivos, muitas empresas acabam relutando em aderir à inovação. No entanto, a liderança organizacional pode desempenhar um papel fundamental na influência de políticas e culturas, incluindo tanto a abertura como também a resistência de novas tecnologias e maneiras inovadoras de enxergar a operação atual (Chatterjee et al., 2023; Govindan & Arampatzis, 2023; Tidd & Bessant, 2020).

3 Metodologia

Neste estudo utiliza-se uma abordagem qualitativa, de método descritivo, com estratégia de estudo de caso único, técnicas de coleta de dados por meio de entrevistas em profundidade, observação sistemática participante e levantamento documental. Utilizou-se como técnica de análise de dados a análise de conteúdo (Bardin, 2011; Gil, 2008; Malhotra, 2012; Prodanov & Freitas, 2013). Foi estudada uma indústria química de adesivos, solventes e selantes de pequeno porte, localizada na região do Vale do Rio dos Sinos, no Rio Grande do Sul. A empresa já atua há mais de 30 anos no Brasil, atendendo os segmentos náutico, calçadista, moveleiro e estofados, sendo identificada neste estudo pelo codinome Empresa XY, visando preservar a verdadeira identidade.

As entrevistas visavam entender como funciona a operação da empresa atualmente, quais são os processos operacionais existentes, os maquinários e equipamentos utilizados nos processos, as tecnologias disponíveis, os investimentos realizados, enfim, esclarecer para o pesquisador o modo de operar da empresa e o histórico recente de atividades. A escolha do entrevistado que trabalha na empresa foi orientada pelo critério de tempo de atuação na empresa e pela atuação em decisões estratégicas, bem como possuir formação acadêmica superior. Portanto, definiu-se que o entrevistado seria o químico responsável, que atua em decisões estratégicas há mais de dez anos e possui amplo conhecimento sobre a operação. O entrevistado é identificado no decorrer do estudo pela sigla E1.

Além do químico (E1), foram entrevistadas outras três pessoas externas à empresa, ou seja, sem vínculo e que não são colaboradores. Estes entrevistados estão identificados pelas siglas E2, E3, E4. O entrevistado E2 é proprietário e químico responsável de uma indústria química fabricantes de saneantes, localizada na região do Vale do Rio dos Sinos, de porte

semelhante à empresa estudada, atuante no mercado há mais de 25 anos, e cujo objetivo da entrevista foi obter informações sobre outra indústria química de porte e atividade muito próximas, visando relacionar com as respostas do entrevistado E1, a fim de encontrar similaridade nos processos das duas empresas. Os outros entrevistados são dois especialistas da área, sendo o primeiro um professor de ensino superior do curso de química industrial da Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), de Canoas-RS, atuante na área de química há quase 40 anos, sendo identificado pela sigla E3. O terceiro é professor de ensino superior de curso de Engenharia Química, da Universidade Feevale, de Novo Hamburgo-RS, atuante no setor químico há mais de 20 anos, sendo identificado pela sigla E4. Com os entrevistados E3 e E4, o objetivo era coletar a visão de especialistas sobre o setor, a fim de entender sobre como seria uma operação de uma indústria química, as necessidades, as particularidades, as tendências e os desafios enfrentados. A Figura 1 sintetiza as informações dos entrevistados.

IDENTIFICAÇÃO	EMPRESA XY	FORMAÇÃO/ATUAÇÃO	TEMPO DE ATUAÇÃO NA EMPRESA
E1	É colaborador	Químico Industrial e responsável técnico da Empresa XY	10 anos
E2	Não é colaborador	Químico industrial e proprietário de indústria química de porte semelhante à empresa estudada	Aprox 25 anos
E3	Não é colaborador	Especialista, químico industrial, consultor na área e professor de ensino superior	Aprox 40 anos
E4	Não é colaborador	Especialista, engenheiro químico, consultor na área e professor de ensino superior	Aprox 20 anos

Figura 1. Perfil de Entrevistados

Para a aplicação das entrevistas, foi desenvolvido um roteiro de perguntas elaboradas com base nos conceitos apresentados na revisão teórica. O roteiro de perguntas foi validado com dois experts, em nível de doutorado e formação em administração, em relação ao conteúdo, e com três colaboradores da empresa analisada, que ocupam cargos de gestão e vendas, em relação à compreensão da redação de cada uma das perguntas. A referida validação é indicada pela literatura científica, de autores que versam sobre métodos científicos (Gil, 2008; Malhotra, 2012). As entrevistas foram gravadas utilizando o *smartphone* do pesquisador e transcritas, posteriormente, em até 48 horas após a execução

Sendo assim, no dia 04 de abril de 2024 foi realizada a primeira entrevista, com E2, presencialmente, nas dependências da empresa na qual é colaborador, com duração de, aproximadamente, 40 minutos. No dia 05 de abril de 2024 foi realizada a entrevista com E3, de maneira virtual, utilizando a plataforma digital do *Google Meet*, de duração de aproximadamente 30 minutos. Por fim, no dia 08 de abril de 2024, foram realizadas duas entrevistas, com E1, presencialmente na empresa estudada, com duração de aproximadamente 30 minutos e com E4, de maneira virtual, também utilizando a plataforma do *Google Meet*, com duração de, aproximadamente, 35 minutos. Os dados coletados nas entrevistas foram analisados de acordo com as técnicas de análise de conteúdo, conforme Bardin (2011).

Para o levantamento documental, foi elaborado um *checklist* de documentos que serviu de apoio para verificar quais as ferramentas e documentações já existem e puderam ser utilizadas como coleta de dados. Foram disponibilizados pela empresa documentos que se encontravam nos arquivos internos, como o sistema ERP da empresa, os arquivos com relatórios de controle de produção, os laudos químicos gerados pelos responsáveis técnicos, o histórico de licenças, arquivo permanente e demais documentos administrativos. Para a

observação sistemática participante, a execução desta etapa foi realizada pelo autor deste estudo, o qual é colaborador da empresa estudada há mais de sete anos e possui amplo acesso a informações, pavilhão onde a empresa está localizada, contato com os demais colaboradores, arquivos internos e rotinas operacionais. Foi realizado um novo *checklist* contendo os itens que não foram validados no *checklist* para levantamento documental, e que não existem ou que não foram encontrados nos documentos disponibilizados. A observação, de acordo com Malhotra (2019) foi estruturada, não disfarçada, natural e, por fim, pessoal.

Para a análise de dados deste estudo foi utilizada a técnica de análise de conteúdo, conforme Bardin (2011), tendo o pesquisador se orientado por três etapas: pré-análise, com a elaboração dos roteiros de perguntas para a entrevista e *checklist* para levantamento documental e observação sistemática e com a estruturação das ideias principais; etapa de análise, com a organização dos quadros, tabelas e sintetização das respostas obtidas e, a definição das categorias, as quais são: (i) mapeamento dos processos operacionais da empresa; (ii) avaliação dos impactos ambientais da operação e; (iii) alternativas de inovação tecnológica no processo operacional; Por fim, a etapa de tratamento de dados, com a delimitação dos resultados, interpretações e sugestões de melhorias.

4 Análise dos resultados e Discussões

Seguindo a sequência de perguntas conforme o questionário aplicado, a primeira pergunta buscava entender sobre como funcionava o processo operacional produtivo das duas indústrias químicas em questão, bem como, coletar a visão dos especialistas sobre como funciona o processo produtivo, de uma maneira geral, no setor químico. A Figura 2 apresenta o fluxograma conforme o processo descrito pelos entrevistados.



Figura 2. Fluxograma de processo conforme E1

Percebe-se que o processo inicia com a chegada da matéria-prima no depósito, passando por verificações e avaliações de conformidade do pedido, pesagem, ordens de produção, carregamento e organização de máquina, encaminhamentos ao setor de qualidade e entrada nos processos finais de envase, lacre e rótulo, até a entrada no estoque e disponibilização para

embarque via transportadora. Na gestão de operações, a busca por resultados e eficiência continua sendo uma das prioridades para a competitividade e sustentabilidade da empresa, e a excelência operacional acaba exigindo uma visão que considere investimentos em tecnologias, processos e pessoas (Heizer et al., 2020; Fitzsimmons & Fitzsimmons, 2014; Slack et al., 2009).

A figura 3 sintetiza as respostas dos entrevistados E3 e E4 em relação ao funcionamento do processo produtivo, de uma maneira geral, no setor químico.

O processo operacional das indústrias químicas, conforme especialistas do setor	
E3	E4
"A indústria química hoje possui muitas particularidades, decorrentes de questões de periculosidade, riscos de acidentes, impactos ambientais, entre outros. Existe também a questão do controle exercido pelos órgãos ambientais, polícia federal e ministério do exército. Mas de uma maneira geral, as indústrias químicas se concentram em transformar insumos em produtos".	"A indústria química, de uma maneira geral, desenvolve um processo de transformação. É basicamente pegar a matéria-prima e transformá-la em produto final. E, acima de tudo, no cenário empresarial do Brasil hoje, esse processo precisa dar lucro".

Figura 3. O processo operacional das indústrias químicas

Observa-se que as respostas dos entrevistados E3 e E4 são muito similares. Pode-se perceber, a partir das respostas dos entrevistados, que existe um cuidado com a gestão de operações, podendo-se identificar algumas etapas principais do processo de operação descrito por Marcousé et al., (2013), como: (i) a cadeia de suprimentos, envolvendo a fábrica, onde insumos são transformados em produtos e considera-se, desde o recebimento da matéria-prima, até a entrega ao cliente; (ii) os fornecedores, com a empresa selecionando e confiando na disponibilização de produtos e; (iii) administração da qualidade, estabelecendo critérios de excelência para satisfazer os clientes e entregar os produtos dentro das condições estabelecidas no momento da venda. Dando sequência, a próxima pergunta do questionário foi sobre os tipos de máquinas e equipamentos utilizados no processo operacional da empresa. As respostas encontram-se na Figura 4.

Entrevistado	Máquinas e equipamentos utilizados
E1	Balança, bomba elétrica, reatores, misturadores, paleteira, reator de bancada, viscosímetro, pincéis, pistola spray, pistola de calor, lâmpada flash, prensa, dinamômetro, densímetro, estufa.
E2	Tanques, misturadores elétricos, balanças digitais, envasadoras elétricas, paleteiras e carrinhos de movimentação de pallets.
E3	Equipamentos de transporte de materiais, tubulações, bombas, válvulas, tanques de mistura, mangueiras, balanças e operações de transferência e envase.
E4	Tanques, silos, materiais de armazenagem, caixas, reatores, bombas, equipamentos de transporte e processamento, balanças.

Figura 4. Máquinas e equipamentos

Percebe-se destaque para equipamentos como balança, bomba elétrica, reatores, misturadores, tanques e materiais de transporte de mercadoria, entre outros, conforme ilustrado no Quadro 4. A partir dessas afirmações, entende-se que as indústrias e o setor químico em geral utilizam máquinas e equipamentos que possuem a mesma finalidade dentro da operação, concentrando-se em materiais de armazenagem, transporte de matéria-prima e processamento de insumos. De acordo com Peinado e Graeml (2014), as atividades de produção estão presentes em todas as partes de uma indústria e precisam ser gerenciadas independentemente do tipo de organização, pois são essenciais para o equilíbrio das operações e funcionamento da organização. As atividades de produção estavam vinculadas a áreas tradicionais, como estoque, previsão, programação e *layout* de processo, o que geralmente ficaria sob domínio de um gerente de produção, que organizava e gerenciava as máquinas e equipamentos com a equipe que executava os procedimentos produtivos no setor, corroborando a necessidade de atenção, acompanhamento e conhecimento para manusear e operar determinados equipamentos (Shang et al., 2015).

A próxima pergunta da entrevista abordou as técnicas e ferramentas de gestão de produção utilizadas nas indústrias, e o entendimento dos especialistas sobre essas técnicas, de um ponto de vista do setor químico em geral. Na sequência, a Figura 5 sintetiza as respostas:

Entrevistado	Técnicas e ferramentas de gestão de produção
E1	Sistema ERP, Sistema de PCP, Planilhas Excel, armazenamento em nuvem.
E2	A empresa utiliza um sistema ERP que faz toda a análise dos dados, desde estoque, PCP, pedidos de clientes, financeiro e demais rotinas.
E3	Mecanismos gerais de PCP. Sistemas ERP, sistemas de PCP, planilhas de Excel, dashboards para análises, controles de estoque mínimo e de logística.
E4	Ferramentas de PCP principalmente.

Figura 5. Técnicas e ferramentas de gestão

Conforme mencionado pelos entrevistados E3 e E4, no setor químico, de um modo geral, as ferramentas e técnicas de gestão concentram-se principalmente em mecanismos gerais de planejamento e controle de produção, além de controles de estoque, logística e de análise e processamento de dados. Para Fitzsimmons e Fitzsimmons (2014), controlar e acompanhar o processo produtivo é fundamental para evitar gargalos de tempo e de produtividade. Esse acompanhamento pode ser realizado através do mapeamento de processos, realizado por meio de técnicas como fluxogramas e diagramas de processo.

As próximas duas perguntas visam evidenciar as inovações em processos e produtos que ocorreram nas empresas e no setor químico em geral, nos últimos cinco anos, e quais foram os motivos dessas inovações.

Em relação a inovação no setor químico, os entrevistados E3 e E4 destacam os investimentos em automação de processos, processamento de dados, integração de sistemas e o avanço da internet das coisas, sensores e sistemas ciber-físicos, trazendo para as empresas, e para o setor químico, um ganho de produtividade, redução de riscos e aumento da assertividade para tomada de decisões através de dispositivos de alto processamento de dados, como a *big data*, além da redução da integração de fábricas e pessoas com mais facilidade. Crossan e Apaydin (2010) afirmam que a inovação é considerada uma vantagem competitiva em ambientes de constante transformação. Para os autores, a inovação é considerada um processo e um resultado, podendo abranger situações como a exploração de algo novo, renovação e

ampliação de produtos e mercados, novos métodos de produção e novos sistemas de gestão. No contexto de sustentabilidade, a inovação exerce papel fundamental na criação de novos produtos, processos e modelos de negócios, que contribuem para a sustentabilidade ambiental e social (Hansen & Wakonen, 1997; Schaltegger et al., 2012; Tidd & Bessant, 2009).

Abordagens abrangentes que consideram os impactos em todas as etapas do ciclo operacional, desde a obtenção da matéria-prima até a disposição final, são um exemplo de inovação sustentável e que pode ser identificado nas respostas dos entrevistados E1 e E2, quando abordam questões de busca por matérias-primas mais inovadoras e fornecedores mais sustentáveis (Schaltegger et al., 2012; Tidd & Bessant, 2009). Ao mencionar o descarte de embalagens e emissão de Manifestos de Transportes de Resíduos (MTR's), a implementação da logística reversa, criação de um sistema de recirculação de água para resfriamento dos reatores, o processo de reaproveitamento (limpeza) de embalagens plásticas, a instalação de placas de energia solar e a troca de lâmpadas para LED, os entrevistados mostram que as empresas buscaram inovações sustentáveis e práticas mais verdes visando a redução da poluição, do desperdício e a melhora ambiental (Demirel & Danisman, 2019; De Marchi, 2012; Ogiemwonyi et al., 2023; Ogiemwonyi & Harun, 2020; Peng et al., 2021; Wang & Shen, 2016).

A revisão do *layout* de escritório e alterações na planta produtiva, tópicos também abordados nas respostas dos entrevistados, relacionam-se com os conceitos de inovação sustentável no âmbito de desempenho social e melhores resultados relacionados à responsabilidade social das empresas, visando melhores condições de trabalho para a equipe e pensando na otimização de processos (Morales et al., 2022; Rauter et al., 2023; Urbinati et al., 2023). A inovação também pode ser implementada visando adquirir conhecimentos para encontrar soluções que ajudem na redução do impacto ambiental, reduzindo a utilização de recursos e, conseqüentemente, reduzindo também os custos operacionais (Ogiemwonyi et al., 2023). O aumento do lucro e uma melhor exploração do mercado, o aumento da credibilidade e da reputação da marca, a redução de custos, a redução de riscos e o aumento da resiliência, são alguns impactos causados pela inovação e que se relacionam com as respostas dos entrevistados.

Dando continuidade na entrevista, foi questionado sobre as iniciativas que foram adotadas pelas empresas, nos últimos cinco, anos visando a redução do impacto ambiental. Como iniciativas adotadas pelas empresas dos entrevistados E1 e E2, pode-se perceber que foram tomadas iniciativas mais acessíveis financeiramente, como a transição para lâmpadas de LED, sensores de acionamento de lâmpadas por presença, instalação de placas de energia solar, melhorias de *layout* interno de escritório e setor produtivo, busca por matérias-primas mais sustentáveis e com redução de produtos agressivos para a equipe, clientes e natureza, além de implementar práticas como logística reversa, descarte correto de embalagens e resíduos e, no caso do entrevistado E1, a implementação de um sistema de reaproveitamento de água no processo produtivo e a utilização do armazenamento em nuvem para evitar o acúmulo de caixas e papel.

Para o entrevistado E3, as iniciativas que foram adotadas pelo setor químico, em geral, baseiam-se principalmente na questão de fluxo de processos, padronizações, implementação de sistemas de gestão ambiental e, conforme citado por E3, o fomento à *startups* para buscar visões inovadoras e de baixo custo para mitigar os impactos ambientais. Como tecnologia, poder-se-ia buscar alternativas mais acessíveis e desenvolver alguma tecnologia de baixo custo, pensando em soluções para os problemas compatíveis com os tamanhos das empresas. Na visão de E4, as principais iniciativas passam pela pesquisa e desenvolvimento de matérias-primas inovadoras e menos agressivas, além de reutilizar resíduos para produzir novos produtos, através da implementação da economia circular.

No âmbito do setor químico em geral, conforme apresentado pelos entrevistados E3 e E4, percebe-se que as inovações também aconteceram no âmbito de produtos, processos,

marketing e modelo de negócio, com melhorias de fluxos de processos, implementações de sistemas de gestão ambiental, pesquisa e desenvolvimento de novos produtos com MP mais inovadoras, fomento de *startups* e incentivo à economia circular, por exemplo. Percebe-se também, nas respostas dos entrevistados, que existe a preocupação em exercer práticas mais sustentáveis, com a implementação de iniciativas que auxiliam em questões ambientais. Tais iniciativas relacionam-se com o conceito de manufatura sustentável, que busca integrar nas empresas os valores do desenvolvimento sustentável, contribuindo para o aumento da eficiência tanto ambiental, quanto social e econômica (Schreiber et al., 2023; Schroeder & Goldstein, 2018; Silva et al., 2016).

Conforme mencionado por E3, soluções mais acessíveis e compatíveis com as diferentes realidades das empresas poderiam ser desenvolvidas, pensando em atender àqueles com menor capacidade financeira. Destaca-se, neste caso, a resistência de gestores em realizar investimentos para aderir à tais tecnologias, devido aos altos desembolsos necessários, e à complexidade das operações (Chatterjee et al., 2023; Govindan & Arampatzis, 2023; Tidd & Bessant, 2020).

A última pergunta foi sobre quais ações poderiam ser adotadas pelas empresas e pelo setor químico em geral, para reduzir o impacto ambiental, com o apoio de novas tecnologias. Percebe-se, pelas respostas dos entrevistados, a preocupação em otimizar o processo produtivo, ganhar tempo, gerir recursos e proporcionar melhores condições para a equipe. A implementação de novas tecnologias e o estímulo à inovação, com viés sustentável, apoia-se em três pilares, sendo eles o ambiental, com a manutenção do equilíbrio no consumo e reposição de recursos; o pilar econômico, com o crescimento econômico no longo prazo; e o pilar social, envolvendo o reconhecimento e gestão dos impactos sobre as pessoas (Beier et al., 2020; Ghobakhloo, 2020; Kamble et al., 2019; Khuntia et al., 2018).

A cultura de inovação e o incentivo a mudanças exigem não apenas transformações tecnológicas, mas culturais e institucionais também, devendo as gestões estabelecerem prioridades de atuação, preparar-se para os desafios e complexidades e pensar em parcerias e colaborações que auxiliem na transição. Tais afirmações relacionam-se com a resposta do entrevistado E4, que aponta a necessidade de uma mudança hierárquica no setor químico, devendo a mudança acontecer de cima para baixo, ou seja, sendo impulsionada e controlada pelos altos níveis de comando (Jacobs & Chase, 2018; Schroeder & Goldstein, 2018).

5 Considerações finais

O objetivo deste estudo foi coletar e analisar dados acerca de inovações organizacionais, realizadas pela Empresa XY nos últimos cinco anos, que resultaram na mitigação do impacto ambiental. O estudo justifica-se pela contribuição aos temas de gestão de operações e inovação, especialmente no setor químico e em indústrias de pequeno porte. Portanto, além de beneficiar a própria empresa analisada, com base nos dados evidenciados e projetar melhorias para fomentar a inovação e implementar mudanças, visando mitigar os impactos ambientais, também o estudo justifica-se para outras empresas de porte semelhante da região.

Para que o objetivo fosse alcançado, além da opção de estratégia de estudo de caso único, utilizou-se uma abordagem qualitativa, coleta de dados por meio de entrevista em profundidade com o químico responsável e com três especialistas externos e que não atuam na empresa, análise documental de arquivos e registros recebidos pela empresa e observação sistemática participante, considerando que um dos autores deste estudo é colaborador da empresa. Os dados foram submetidos à análise de conteúdo.

De acordo com as análises, evidenciou-se o funcionamento da operação da empresa, com ênfase no processo produtivo, desde a chegada da matéria prima no estoque até a entrega final ao cliente, identificando as máquinas e equipamentos utilizadas no processo operacional

e as técnicas e ferramentas de gestão. Pela análise da operação, percebeu-se que, por se tratar de uma indústria química, alguns processos e equipamentos utilizados são específicos do setor, pois conforme a teoria apresentada, o segmento é considerado perigoso e apresenta potencial risco de impacto ambiental. Além disso, foi possível destacar as inovações que aconteceram na empresa em um período de 5 anos, envolvendo, entre elas, inovações em processos, produtos, marketing e modelo de negócio. A empresa também implementou melhorias no âmbito ambiental e sustentável, visando mitigar os danos causados pela operação, o que corrobora a preocupação da gestão com questões sustentáveis e com práticas conscientes.

Como os resultados dessa pesquisa originam-se de um estudo de caso único, o que restringe que as conclusões sejam generalizadas, sugere-se que novas pesquisas sejam realizadas sobre o tema, em outras empresas de realidade semelhante na região, utilizando tanto uma abordagem qualitativa quanto quantitativa, visando comparar o teor das respostas com a teoria e verificar a semelhança em operações industriais de outras empresas de mesmo porte e atividade.

Referências

- Associação Brasileira Da Indústria Química (2022). O desempenho da indústria química brasileira. São Paulo: Abiquim, 21p.
https://docs.google.com/viewer?url=https://abiquim-files.s3.us-west-2.amazonaws.com/uploads/guias_estudos/o_desempenho_da_industria_quimica_bra_2022.pdf&embedded=true.
- Bardin, L. (2011). Análise de conteúdo. *Lisboa: edições*, 280 p. ISBN 978-8562938047.
- Beier, G., Ullrich, A., Niehoff, S., Reißig, M., & Habich, M. (2020). Industry 4.0: How it is defined from a sociotechnical perspective and how much sustainability it includes—A literature review. *Journal of cleaner production*, 259, 120856.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120856>.
- Chatterjee, P., Greenland, S., Low, D., Watson, C., & Nguyen, N. (2023). Barriers to sustainable innovation adoption: A qualitative investigation of metal additive printing from supply and demand perspectives. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 9, 100128. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772390923000379>.
- Costa, R., Conceição, M. M., Silva, A. R. D., & Conceição, J. T. P. (2021). Green marketing—The importance of sustainable consumption for businesses.
<https://doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16812>.
- Crossan, M. M., & Apaydin, M. (2010). A multi-dimensional framework of organizational innovation: A systematic review of the literature. *Journal of management studies*, 47(6), 1154-1191. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6486.2009.00880.x>.
- De Marchi, V. (2012). Environmental innovation and R&D cooperation: Empirical evidence from Spanish manufacturing firms. *Research policy*, 41(3), 614-623.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733311001879>.
- Demirel, P., & Danisman, G. O. (2019). Eco-innovation and firm growth in the circular economy: Evidence from European small-and medium-sized enterprises. *Business Strategy and the Environment*, 28(8), 1608-1618. <https://doi.org/10.1002/bse.2336>.

- Falkenroth-Naidu, K., Hong, S., Littmann, A., Sellschop, R., & Seitz, A. (2023). A new operations formula for the chemicals sector. *McKinsey Global Publishing*. <https://www.mckinsey.com/industries/chemicals/our-insights/a-new-operations-formula-for-the-chemicals-sector#/>.
- Fitzsimmons, J. A., & Fitzsimmons, M. J. (2014). *Administração de Serviços-: Operações, Estratégia e Tecnologia da Informação*. Amgh Editora.
- Freitas, G. P., da Silva, K. A., de Sá, G. B., Segundo, S. T. L. R., & Dantas, M. K. L. (2015). Identificação de impactos ambientais em empreendimento ou atividade de indústria química. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 10(5), 11. <https://doi.org/10.18378/rvads.v10i5.4297>.
- Galembeck, F. (2017). Evolução e inovação no setor químico brasileiro: uma visão dos últimos quarenta anos. *Química Nova*, 40(6), 630-633. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170069>.
- Ghobakhloo, M. (2020). Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. *Journal of cleaner production*, 252, 119869. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119869>.
- Gil, A. C. (2008). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6. ed. Editora Atlas SA.
- Govindan, K., & Arampatzis, G. (2023). A framework to measure readiness and barriers for the implementation of Industry 4.0: A case approach. *Electronic Commerce Research and Applications*, 59, 101249. <https://doi.org/10.1016/j.elerap.2023.101249>.
- Hansen, S. O., & Wakonen, J. (1997). Innovation, a winning solution?. *International Journal of Technology Management*, 13(4), 345-358. <https://doi.org/10.1504/ijtm.1997.001668>.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2020). *Operations management: sustainability and supply chain management*. Pearson.
- Inovação é fator chave para indústria química. **Sebrae** (2023). <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/inovacao-e-fator-chave-para-a-industria-quimica,b14a102229056810VgnVCM1000001b00320aRCRD>.
- Jacobs, F. R., & Chase, R. B. (2018). *Operations and supply chain management*. McGraw-Hill.
- Kamble, S. S., Gunasekaran, A., & Gawankar, S. A. (2018). Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives. *Process safety and environmental protection*, 117, 408-425. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.05.009>.
- Khan, S. A. R. (Ed.). (2019). *Green Practices and Strategies in Supply Chain Management*. BoD—Books on Demand.

- Khuntia, J., Saldanha, T. J., Mithas, S., & Sambamurthy, V. (2018). Information technology and sustainability: Evidence from an emerging economy. *Production and Operations Management*, 27(4), 756-773. <https://doi.org/10.1111/poms.12822>.
- Malhotra, N. K. (2019). *Pesquisa de Marketing-: uma orientação aplicada*. Bookman Editora.
- Marcousé, I.; Gillespie, A.; Surridge, M. (2013). *Gestão de operações*. São Paulo: Saraiva Educação SA, 224 p. ISBN 978-8502204065.
- Martins, G. S., Rossoni, L., Csillag, J. M., Martins, M. E., & Pereira, S. C. F. (2010). Gestão de operações no Brasil: uma análise do campo científico a partir da rede social de pesquisadores. *RAE eletrônica*, 9. <https://doi.org/10.1590/S1676-56482010000200004>.
- Morales, P., Flikkema, M., Castaldi, C., & de Man, A. P. (2022). The effectiveness of appropriation mechanisms for sustainable innovations from small and medium-sized enterprises. *Journal of Cleaner Production*, 374, 133921. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133921>.
- Ogiemwonyi, O., Alam, M. N., Hago, I. E., Azizan, N. A., Hashim, F., & Hossain, M. S. (2023). Green innovation behaviour: Impact of industry 4.0 and open innovation. *Heliyon*, 9(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16524>.
- Ogiemwonyi, O., & Harun, A. B. (2020). Consumption of green product as a means of expressing green behaviour in an emerging economy: With the case study of Malaysia. *Environment and Urbanization ASIA*, 11(2), 297-312. <https://doi.org/10.1177/0975425320938538>.
- Pedersoli, W. J., Santi, A. M. M., Rosa, A. C., & Pedersoli, F. A. C. (2008). Riscos na indústria química e princípio da precaução: a relação estabelecida na política nacional do meio ambiente. http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/1291/1/EVENTO_RiscosInd%20e%20Qu%20e%20Adm%20-%20Quimica.pdf.
- Peinado, J., & Graeml, R. (2014). A prática da gestão de operações nas organizações. *Revista de Administração de Empresas*, 54(5), 483-495. <https://doi.org/10.1590/S0034759020140503>.
- Peng, H., Shen, N., Ying, H., & Wang, Q. (2021). Can environmental regulation directly promote green innovation behavior?—based on situation of industrial agglomeration. *Journal of Cleaner Production*, 314, 128044. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128044>.
- Prodanov, C. C., & De Freitas, E. C. (2013). *Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico-2ª Edição*. Editora Feevale <http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad-1538f3aef538/Ebook%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>.
- Rauter, R., Globocnik, D., & Baumgartner, R. J. (2023). The role of organizational controls to advance sustainability innovation performance. *Technovation*, 128, 102855. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2023.102855>.

- Rotondo, F., Giovanelli, L., & Ezza, A. (2023). Implementing sustainable innovation in state universities: Process and tools. *Journal of Cleaner Production*, 391, 136163. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136163>.
- Schaltegger, S., Lüdeke-Freund, F., & Hansen, E. G. (2012). Business cases for sustainability: the role of business model innovation for corporate sustainability. *International journal of innovation and sustainable development*, 6(2), 95-119. <https://doi.org/10.1504/IJISD.2012.046944>.
- Schreiber, D., Becker, S. C., & Martins, M. A. M. (2023). Compras verdes na cadeia de fabricação de calçados. *Revista Pretexto*, 24(1). <http://revista.fumec.br/index.php/pretexto/article/view/9383>.
- Schroeder, R. G. (2016). *Operations management in the supply chain: Decisions and cases*. USA. McGraw-Hill Education
- Schumpeter, J. A. (1997). *Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e ciclo econômico*. São Paulo: Nova Cultural.
- Shang, G., Saladin, B., Fry, T., & Donohue, J. (2015). Twenty-six years of operations management research (1985–2010): authorship patterns and research constituents in eleven top rated journals. *International Journal of Production Research*, 53(20), 6161-6197. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1037935>.
- Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2009). *Administração da produção* (Vol. 2). São Paulo: Atlas.
- Tidd, J.; Bessant, J. R. (2020). Managing Innovation: Integrating Technological, Market and Organizational Change. 7. ed. West Sussex: *John Wiley & Sons*, 624 p. ISBN 978-1119713302.
- Urbinati, A., Shams Esfandabadi, Z., & Messeni Petruzzelli, A. (2023). Assessing the interplay between Open Innovation and Sustainability-Oriented Innovation: A systematic literature review and a research agenda. *Business Ethics, the Environment & Responsibility*, 32(3), 1078-1095. <https://doi.org/10.1111/beer.12540>.
- Wang, Y., & Shen, N. (2016). Environmental regulation and environmental productivity: The case of China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 758-766. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116301587>.