



# ConBRepro

XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



IA nas Engenharias

29 nov. a 01  
de dezembro 2023

## Análise da Viabilidade da Simbiose Industrial na Gestão de Resíduos Sólidos em Diadema

Fernando Rodrigo Souza

Departamento de Tecnologia de Gestão da Qualidade – Faculdade de Tecnologia de Sorocaba

**Resumo:** Este estudo concentrou-se na temática da simbiose industrial em um contexto urbano e industrial, especificamente no município de Diadema, na região metropolitana de São Paulo. O objetivo principal da pesquisa foi avaliar as potenciais interações de simbiose industrial entre organizações locais, identificando oportunidades para a otimização do uso de recursos e a redução do impacto ambiental. A metodologia adotada foi exploratória, descritiva e qualitativa, envolvendo a coleta de dados sobre matérias-primas utilizadas, produtos fabricados e resíduos gerados pelas organizações da região. Os resultados destacaram a existência de potenciais interações de simbiose industrial, particularmente relacionadas a resíduos de ferro, aço, alumínio e polímeros. O estudo sugeriu a necessidade de um registro abrangente e atualizado de resíduos e subprodutos gerados pelas organizações, bem como a ampliação da análise da simbiose industrial para contextos regionais e metropolitanos. Além disso, destacou a importância de superar obstáculos como fusões corporativas e desafios logísticos e tecnológicos. Parcerias público-privadas e políticas públicas específicas foram recomendadas para promover a cooperação entre as organizações.

**Palavras-chave:** Simbiose Industrial. Sustentabilidade. Eficiência Ambiental.

## ***Analysis of the Feasibility of Industrial Symbiosis in Solid Waste Management in Diadema***

**Abstract:** *This study focused on the theme of industrial symbiosis in an urban and industrial context, specifically in the municipality of Diadema, in the metropolitan region of São Paulo. The main objective of the research was to assess the potential interactions of industrial symbiosis between local organizations, identifying opportunities for optimizing the use of resources and reducing environmental impact. The methodology adopted was exploratory, descriptive and qualitative, involving the collection of data on raw materials used, products manufactured and waste generated by organizations in the region. The results highlighted the existence of potential industrial symbiosis interactions, particularly related to iron, steel, aluminum and polymer waste. The study suggested the need for a comprehensive and up-to-date register of waste and by-products generated by organizations, as well as extending the analysis of industrial symbiosis to regional and metropolitan contexts. It also highlighted the importance of overcoming obstacles such as corporate mergers and logistical and technological challenges. Public-private partnerships and specific public policies were recommended to promote cooperation between organizations.*

**Keywords:** : Industrial symbiosis. Sustainability. Environmental efficiency.

## 1. Introdução

Com a finalidade de alcançar o desenvolvimento sustentável, a Economia Circular (EC) é uma abordagem inovadora na produção e consumo de produtos, em contraposição ao modelo tradicional linear de extração, produção e descarte. Esse novo paradigma visa reconfigurar a forma como utilizamos os recursos naturais, buscando evitar a exploração excessiva e o descarte inadequado em oposição ao modelo de "adquirir, produzir e desperdiçar" (MACARTHUR ELLEN FOUNDATION, 2015; GEISSDOERFER *et al.*, 2017; PRIETO-SANDOVAL *et al.*, 2018; RUSCH, 2023).

A EC se baseia nos princípios de restauração e renovação de sistemas, promovendo estratégias empresariais e políticas governamentais alinhadas com a sustentabilidade. Ela engloba a reciclagem de recursos e energia, a redução da demanda por recursos naturais, a valorização de resíduos e a transição de sistemas de produção e consumo lineares para modelos de circuito fechado (PRIETO-SANDOVAL *et al.*, 2018; RUSCH *et al.*, 2023). Dentre as abordagens da EC, destacam-se estratégias como o abastecimento sustentável, o *ecodesign*, a eficiência energética e de recursos, o consumo sustentável, a reutilização e a reciclagem de resíduos (SOeS, 2017; NIYOMMANEERAT *et al.*, 2023). No entanto, o desafio crucial reside na harmonização das preocupações ambientais com a viabilidade econômica. Geissdofer *et al.* (2018) ressaltam que o envolvimento corporativo na EC pode gerar economias de custos, refletindo-se em benefícios como a redução dos gastos associados à aquisição de recursos naturais e à gestão de resíduos.

A simbiose industrial é um conceito oriundo da ecologia industrial (EI), um campo que emergiu nos anos 1990 para analisar a integração dos sistemas socioeconômicos na biosfera e oferecer soluções para os desafios ambientais decorrentes das atividades humanas (CLIFT *et al.*, 2016; RENTERÍA NÚÑEZ *et al.*, 2023; RUSCH *et al.*, 2023).

Este estudo concentra-se no Município de Diadema e tem como objetivo contribuir para o entendimento da viabilidade das redes de simbiose industrial, considerando os benefícios que a aplicação dos princípios da EI oferece, como a reciclagem de resíduos, a melhoria da eficiência dos processos e a conservação de recursos naturais, desenvolvendo redes simbióticas industriais como um passo em direção a um modelo de atividade econômica mais sustentável.

## 2. Referencial Teórico

### 2.1 Modelos de Negócios Circulares e Sustentabilidade

No contexto de uma sociedade globalizada, a rápida disseminação de produtos e serviços em todo o mundo é amplamente facilitada pela influência da internet. Essa influência promove mudanças significativas em diversas áreas do comércio, impulsionando a transição para o comércio eletrônico (*e-commerce*). O *e-commerce* é um mercado eletrônico que utiliza ferramentas digitais para realizar transações comerciais e financeiras. Ele representa uma oportunidade para pequenos empresários, permitindo que abram lojas *online* de forma ágil e econômica, ampliando seu alcance a uma audiência geograficamente dispersa (ANDRADE e SILVA, 2017).

A relação entre modelos de negócios circulares e sustentabilidade é um tópico importante na atualidade. Os modelos de negócios circulares representam uma abordagem que visa a maximização da utilização de recursos, a minimização de resíduos e a redução do impacto ambiental, alinhando-se, assim, com os princípios da sustentabilidade (GEISSDOERFER *et al.*, 2018).

Um modelo de negócios, de acordo com a definição de Geissdofer *et al.* (2018), é uma representação simplificada dos componentes de um sistema organizacional, o que é fundamental para a compreensão de aspectos cruciais para empresas, governos e partes

interessadas. A relevância do conceito de modelo de negócios cresceu significativamente após o advento do comércio *online* no início dos anos 2000 (GARCIAS e CARVALHO, 2023; SILVA SMITH *et al.*, 2023.).

Conectar os princípios do *e-commerce* com os modelos de negócios circulares é uma maneira de abordar as necessidades do comércio eletrônico no contexto de um mundo cada vez mais consciente da importância da sustentabilidade. Os modelos de negócios circulares buscam reduzir o desperdício, promovendo a reutilização, a reciclagem e a prolongação da vida útil dos produtos, alinhando-se com os objetivos de negócios sustentáveis (GEISSDOERFER *et al.*, 2018).

No entanto, a implementação eficaz de modelos de negócios circulares no *e-commerce* também enfrenta desafios significativos. A logística reversa de produtos, a gestão de resíduos e a promoção de comportamentos de consumo mais conscientes são algumas das áreas que requerem atenção (RANTA e KERÄNEN, 2019). A coleta de dados e a análise das pegadas ambientais de produtos vendidos *online* também são tarefas complexas, mas essenciais (ZWOLINSKI *et al.*, 2018).

A interconexão entre o *e-commerce* e os modelos de negócios circulares pode proporcionar oportunidades significativas para avançar em direção a práticas comerciais mais sustentáveis, reduzindo o impacto ambiental e promovendo o uso responsável de recursos. No entanto, para enfrentar os desafios e maximizar os benefícios, é necessário que as empresas adotem abordagens estratégicas, que considerem a complexidade das operações de *e-commerce* e a importância de atender às demandas de uma sociedade cada vez mais consciente da sustentabilidade e para isso, integrar efetivamente os modelos de negócios circulares, que as empresas adotem estratégias como a otimização de embalagens, a promoção de produtos reconicionados e a facilitação da devolução e reciclagem de produtos. Parcerias com organizações de gestão de resíduos e a transparência na comunicação ambiental também desempenham um papel importante (GEISSDOERFER *et al.*, 2018; ZWOLINSKI *et al.*, 2018; RANTA *et al.*, 2018; RANTA *et al.*, 2020).

Mais recentemente, os modelos de negócios circulares surgiram como o núcleo da atividade econômica no paradigma da economia circular e se tornaram ferramentas fundamentais para implementar as mudanças necessárias (GEISSDOERFER *et al.*, 2018; DIAS *et al.*, 2023). Esses modelos incorporam estratégias circulares em toda a cadeia de suprimentos, bem como no nível organizacional para criar, capturar e entregar valor. Tais estratégias incluem melhorar a eficiência energética, acabar com o ciclo de materiais e energia, estender a vida útil dos produtos e substituir sistemas de energia fóssil por métodos de produção renováveis e sustentáveis (NUSSHOLZ, 2017 ; URBINATI *et al.*, 2017).

O debate sobre sustentabilidade ganhou destaque na Agenda 21, em 1992, que introduziu o conceito de inter-relação entre gestão de recursos, impactos ambientais e sociais e práticas empresariais (ARBÚCIAS, 2008). Isso tem forçado as empresas a repensar suas atividades em um contexto mais amplo e complexo. À medida que o esgotamento dos recursos naturais se torna um foco, a produção de novos produtos começou a incorporar melhores práticas e materiais mais prontamente renováveis (GALVÃO *et al.*, 2023; OKADA, 2023; ZANONI, 2023). Desenvolvimento sustentável, produção mais limpa e ecologia industrial são conceitos muitas vezes confundidos com sustentabilidade. Cada um adota uma abordagem única para o uso responsável de recursos e impacto ambiental. Nesse contexto, a sustentabilidade é vista como a persistência de características essenciais dos sistemas socioecológicos, incluindo gestão, padrões e indicadores (OKADA, 2023; ZANONI, 2023; TRINDADE *et al.*, 2022).

O conceito de grau de sustentabilidade surge como uma extensão da sustentabilidade, permitindo uma análise mais detalhada e a divisão estratégica da organização em áreas.

Os cinco níveis propostos por Roberts (2004) vão desde a análise estratégica até a análise operacional e fornecem uma estrutura para incorporar a sustentabilidade na tomada de decisões. Essa perspectiva se aplica no contexto de como as empresas estão evoluindo seus processos para se alinharem com valores e metas sustentáveis em direção a práticas efetivas de sustentabilidade (OKADA, 2023; ZANONI, 2023; TRINDADE *et al.*, 2022).

Assim, é necessária uma compreensão mais ampla do modelo circular de negócios e sua relação com o conceito multifacetado de sustentabilidade, destacando a importância da integração de práticas sustentáveis em todos os níveis das operações empresariais.

## **2.2 Simbiose Industrial no Contexto da Ecologia Industrial**

A simbiose industrial é um termo intimamente relacionado ao princípio biológico das relações simbióticas encontradas na natureza, refletindo a ideia de interações mutuamente benéficas e compartilhamento de energia e matéria entre os organismos. No contexto empresarial, essa abordagem se estende à troca de materiais, energia e resíduos entre diferentes entidades com o objetivo de alcançar benefícios coletivos que excedam seus interesses individuais (DIMIJIAN, 2000; CRUZ *et al.*, 2023).

Alicerçada no conceito de ecologia industrial, a simbiose industrial tem como base a proximidade geográfica e visa criar vantagens competitivas através da cooperação e promover a troca de fluxos industriais tangíveis e intangíveis. Kalundborg na Dinamarca é um exemplo pioneiro de simbiose industrial, com mais de 20 fluxos de diferentes organizações compartilhando recursos, demonstrando não apenas a troca de materiais, mas também valores e capacidades (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2018).

Os benefícios da simbiose industrial são notáveis, incluindo redução de custos, aumento de receita, disponibilidade de recursos críticos e melhoria do ambiente. A localização geográfica desempenha um papel importante nos cálculos do comércio, pois os custos logísticos aumentam com a distância (LOMBARDI e LAYBOURN, 2012). A simbiose industrial não se limita à mera interação entre empresas, mas cria relações cooperativas entre organizações que refletem a evolução dos modelos de negócios (CHERTOW e EHRENFELD, 2012).

No entanto, a realização da simbiose industrial enfrenta desafios que podem ser categorizados em desenvolvimento sustentável, informação, cooperação, tecnologia, regulação, envolvimento comunitário e econômico. Superar essas barreiras é fundamental para que a indústria adote essa abordagem colaborativa e verde (GOLEV *et al.*, 2014).

As práticas de ecologia industrial e a simbiose industrial integrada representam um passo importante na busca por soluções sustentáveis no cenário industrial global. A sua implementação precisa considerar não apenas os aspectos materiais, mas também os fatores culturais, estruturais e políticos que moldam o contexto em que ocorre (BAAS, 2008). Através da avaliação empírica de casos de simbiose industrial em diferentes países, emerge um panorama rico e diversificado de políticas e práticas que contribuem para a redução do impacto ambiental da atividade industrial (CHERTOW e PARK, 2016; BOONS *et al.*, 2017).

No cenário atual, onde a busca pela eficiência e sustentabilidade se tornou mais urgente, a simbiose industrial é uma alternativa viável e promissora que desafia o paradigma tradicional e abre as portas para uma economia mais circular e cooperativa.

## **2.3 Práticas de Produção Mais Limpa, Sustentabilidade e Gestão de Saúde e Segurança**

A Produção Mais Limpa (P+L), é uma abordagem que visa à aplicação contínua de estratégias de prevenção ambiental em processos, produtos e serviços. Seu propósito é melhorar a eficiência operacional dos processos e reduzir riscos tanto para o meio ambiente

quanto para os seres humanos (GIANNETTI e ALMEIDA, 2006, JERANOSKI e BATISTELLI, 2023; NASCIMENTO ROLDÃO *et al.*, 2023; TEIXEIRA SANT'ANNA *et al.*, 2023). A P+L busca otimizar a eficiência, lucratividade e competitividade, ao mesmo tempo em que protege o ambiente, consumidores e trabalhadores, e previne/evita desperdícios. A implementação da P+L leva a melhorias na eficiência produtiva, gerando produtos com menor custo e impacto ambiental. A abordagem resulta na proteção do meio ambiente, do consumidor e do trabalhador, contemplando fatores de saúde e preservação. A P+L, introduzida em 1989 pela UNEP (*United Nations of Environment Programme*), promove uma estratégia ambiental preventiva, incorporando gestão integrada em processos, produtos e serviços. Seus benefícios incluem a redução de agressões ao meio ambiente, a diminuição de coprodutos, aumento na produtividade dos processos e retorno econômico para as organizações. Para maximizar os benefícios da P+L, é essencial aplicá-la ao longo do ciclo de vida do produto, antecipando e minimizando os impactos socioeconômicos e ambientais (GIANNETTI e ALMEIDA, 2006; ALCANTARA *et al.*, 2023; DALMORA *et al.*, 2023, NASCIMENTO *et al.*, 2023, PEREIRA *et al.*, 2023; JERANOSKI e BATISTELLI, 2023; NASCIMENTO ROLDÃO *et al.*, 2023; TEIXEIRA SANT'ANNA *et al.*, 2023).

No contexto da P+L, destacam-se a Produção Verde e a Produção Limpa. A Produção Verde, também conhecida como Produção Sustentável, envolve critérios para sua aplicação, incluindo a reciclagem de produtos, uso de materiais de baixo impacto, materiais verdes em embalagens, entre outros. A Produção Sustentável busca criar bens e serviços com processos e sistemas não poluentes, eficientes em termos energéticos e sustentáveis em termos econômicos, sociais e ambientais. A Química Verde e a Engenharia Verde estão relacionadas a esse conceito. A Química Verde envolve projetar produtos químicos e processos que minimizem substâncias nocivas ao ambiente e ao ser humano. A Engenharia Verde se baseia em 12 princípios, como a prevenção, a eficiência energética e o uso de fontes renováveis (RON, 1998; ALCANTARA *et al.*, 2023; DALMORA *et al.*, 2023, NASCIMENTO *et al.*, 2023, PEREIRA *et al.*, 2023).

A Ecologia Industrial considera o sistema industrial como parte do ambiente e ressalta sua interdependência. O Ecossistema Industrial se refere a sistemas integrados de produção que buscam eficiência interna e redução de entradas e saídas externas. O Metabolismo Industrial analisa a relação entre recursos de entrada e coprodutos gerados, em toda a cadeia de produção. A implementação de sistemas de gestão de saúde e segurança no trabalho, como o ISO 45001, também se torna mais importante, visando melhorar a eficiência e reduzir riscos ocupacionais (CHAVES, 2023; CARVALHO POTASCHEFF, 2023; TORRES *et al.*, 2023; MOIA, 2023).

As organizações buscam obter benefícios da implementação de normas ISO 9000 e 14000, como alavancagem de marketing e melhor relacionamento com partes interessadas. A ISO 45001 é esperada para aumentar a adoção de sistemas de gestão de saúde e segurança no trabalho, melhorando a imagem corporativa e reduzindo riscos ocupacionais.

## **2.4 Integrando Práticas de Produção Mais Limpa, Sustentabilidade e Gestão de Saúde e Segurança**

A implementação das normas ISO 9000 e 14000 tem mostrado benefícios significativos, principalmente em termos de alavancagem de *marketing* e melhor relacionamento com as partes interessadas. Essas normas instigam as empresas a estabelecer suas próprias políticas e objetivos ambientais, tornando a identificação de aspectos ambientais uma tarefa crucial e exigente (MOURA, 2023; ANDRETTI e BELLO, 2023; SILVA, 2023).

Os motivos internos desempenham um papel substancial em influenciar a decisão de uma empresa de buscar a certificação ISO 14001. Os requisitos da ISO 14001, juntamente com as preocupações da empresa em relação ao desempenho ambiental, são impulsores comuns por trás da adoção dessa norma de gestão ambiental. Empresas são impulsionadas a implementar a norma devido a vários fatores, como ganhar alavancagem

no mercado, fazer a transição de práticas convencionais para sustentáveis, melhorar as relações com a comunidade por meio de um melhor desempenho ambiental e aprimorar o processamento de resíduos. Adicionalmente que benefícios internos se tornaram mais influentes em comparação com benefícios externos, embora a diferença entre esses dois fatores não seja altamente significativa (MOURA, 2023; ANDRETTI e BELLO, 2023; SILVA, 2023).

To *et al.* (2014), por meio de análise de tendências, revelam os principais fatores motivadores para a adoção da Norma de Gestão Ambiental, que incluem promover a conscientização ambiental entre os funcionários, aumentar a conformidade com regulamentos ambientais e aprimorar a eficiência. Notavelmente, o benefício percebido mais substancial está na ampliação da conscientização dos funcionários sobre os regulamentos ambientais. Em seguida, as empresas percebem que aprimorar a consciência ambiental dos funcionários leva a uma imagem organizacional aprimorada.

A introdução da norma ISO 45001 para Sistemas de Gestão de Segurança e Saúde no Trabalho tem a previsão de desencadear um crescimento substancial no número de empresas que adotam e certificam sistemas de gestão de saúde e segurança ocupacional (CHAVES, 2023; CARVALHO POTASCHEFF, 2023; TORRES *et al.*, 2023; MOIA, 2023). Por fim, monitoramento, auditoria e revisão de gestão constituem os processos de avaliação de desempenho. A garantia das obrigações de conformidade destaca o valor de implementar o sistema de gestão de segurança. Semelhante a outras normas de gestão mencionadas anteriormente, a adoção resulta em uma imagem corporativa aprimorada, juntamente com reduções significativas nos índices de lesões e nos custos associados.

### **3. Metodologia**

A metodologia deste estudo caracteriza-se como exploratória, descritiva e qualitativa. Primeiramente, foi avaliado o quadro geral da simbiose industrial na área de estudo, seguido da caracterização das interações entre as organizações. Foi realizada uma análise qualitativa dos resultados considerando a situação do município estudado (GIL, 2019; GODOY, 1995).

As buscas bibliográficas foram realizadas por meio do Portal de Periódicos da Capes, utilizando palavras-chave como “ecologia industrial”, “simbiose industrial” e “ecologia industrial nas cidades”. Além disso, foi realizado um levantamento das legislações locais, estaduais e nacionais relacionadas ao descarte de resíduos sólidos municipais e industriais.

### **4. Resultados e Discussão**

Os resultados obtidos revelam um panorama da gestão de resíduos sólidos em Diadema. No ano de 2020, o município produziu uma média de 310 toneladas de resíduos sólidos urbanos por dia, com uma geração per capita de aproximadamente 0,74 kg/habitante/dia (VIESBA *et al.*, 2021). Desde o ano de 2012, esses resíduos são direcionados para o Aterro Sanitário Lara, um empreendimento privado localizado em Mauá, na Região do ABC. Paralelamente, três cooperativas de coleta seletiva e reciclagem atuam no município, contribuindo com a reciclagem de 3,5% dos resíduos sólidos produzidos.

No entanto, é importante notar que, especificamente no âmbito municipal, não foram identificadas ações ou diretrizes concretas para o gerenciamento de resíduos sólidos industriais, e as políticas públicas voltadas para essa questão estão ausentes (PREFEITURA DE DIADEMA, 2020). O Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Diadema (INCORP-CONSULTORIA E ASSESSORIA LTDA., 2011) e o Plano Municipal de Saneamento de Diadema (INCORP-CONSULTORIA E ASSESSORIA LTDA., 2012; PREFEITURA DE DIADEMA, 2019) não preveem estratégias específicas para o gerenciamento de resíduos sólidos industriais.

Em relação ao panorama das indústrias em Diadema, foram identificadas 1.293 indústrias, das quais 890 apresentam possibilidades de interação no contexto da simbiose industrial. É importante mencionar que esse número pode variar, uma vez que nem todas as indústrias do município estão cadastradas na página eletrônica da prefeitura. Os setores predominantes na indústria local incluem metalurgia, plásticos e borracha, madeira e móveis, alimentos e bebidas, têxteis, produtos químicos e farmacêuticos, entre outros.

A análise das interações potenciais revelou a existência de 2.110 conexões possíveis entre as empresas industriais. Essas interações incluem a reciclagem de metais, polímeros e outros resíduos, com um foco especial na reciclagem de metais como ferro, aço e alumínio. Essa prática pode reduzir o impacto ambiental e os custos de energia associados à mineração. Além disso, a reciclagem de polímeros plásticos é considerada relevante para apoiar a transição energética em direção a recursos renováveis.

A simbiose industrial surge como uma abordagem promissora para a promoção da economia circular e a redução de custos associados à aquisição de matéria-prima. Ela também contribui para a redução do impacto ambiental e a minimização da eliminação de resíduos (DIAS *et al.*, 2023). No entanto, a implementação efetiva desse conceito requer análises quantitativas abrangentes para avaliar tanto a viabilidade econômica quanto a ambiental de cada caso. Além disso, é crucial superar obstáculos logísticos e técnicos à reutilização de subprodutos industriais.

É necessário estabelecer um sistema moderno e abrangente de coleta de dados sobre a geração de resíduos e o uso de materiais na indústria. A criação de parcerias público-privadas pode ser uma estratégia eficaz para promover a simbiose industrial, e o desenvolvimento de políticas públicas específicas para a destinação de resíduos industriais é crucial. Essas políticas devem estar alinhadas com as diretrizes da política nacional e estadual de resíduos sólidos, garantindo uma gestão sustentável dos resíduos industriais em Diadema.

A gestão de resíduos sólidos, tanto urbanos quanto industriais, representa um desafio significativo para Diadema. A promoção da simbiose industrial e a implementação de políticas específicas são passos importantes em direção a uma abordagem mais sustentável. No entanto, essas ações devem ser respaldadas por análises detalhadas, parcerias colaborativas e um compromisso efetivo com a economia circular e a redução do impacto ambiental.

## **5. Considerações finais**

No que tange às implicações dos resultados, é evidente que a exploração do potencial de simbiose industrial entre as organizações locais oferece informações valiosas sobre a capacidade de diferentes setores industriais de promover eficiência de recursos e redução do impacto ambiental. A identificação de possíveis interações relacionadas a resíduos, com foco em materiais como ferro, aço, alumínio e polímeros, destaca a importância da adoção de práticas sustentáveis e da economia circular (DIAS *et al.*, 2023; MELO *et al.*, 2023).

Contudo, para que essas interações se concretizem, é fundamental realizar análises quantitativas detalhadas que considerem fluxos de matéria e energia. Essas análises são essenciais para determinar a viabilidade operacional e econômica de cada caso específico. A fim de maximizar os benefícios da simbiose industrial, é necessário manter registros abrangentes e atualizados dos resíduos e subprodutos gerados em todas as indústrias envolvidas. Além disso, a expansão da análise da simbiose industrial para contextos regionais e metropolitanos, como a Região do ABC, pode oferecer uma abordagem mais holística para a gestão de resíduos.

É fundamental reconhecer que a simbiose industrial pode oferecer inúmeros benefícios, incluindo a promoção da economia circular, a redução de custos na aquisição de matéria-

prima e a minimização do impacto ambiental. No entanto, a implementação bem-sucedida desse conceito enfrenta desafios, como fusões corporativas, obstáculos logísticos e tecnológicos. O estabelecimento de parcerias público-privadas, juntamente com políticas públicas específicas de apoio à cooperação entre organizações, pode ser um passo significativo (FERNANDES *et al.*, 2020).

Por outro lado, é importante reconhecer os desafios que as organizações podem enfrentar na transição para práticas sustentáveis. Embora a conscientização ambiental seja alta, traduzir essa consciência em ações efetivas de sustentabilidade pode ser complexo, especialmente quando se trata de mudanças de comportamento individual e processos inadequados. A integração de ferramentas de logística, manufatura mais limpa e ecologia industrial tem o potencial de melhorar a sustentabilidade das operações empresariais. Contudo, a implementação efetiva dessas ferramentas requer uma mudança cultural profunda, práticas estabelecidas e padronização (SILVA *et al.*, 2019).

Diante dessas considerações, fica evidente que a conscientização ambiental, juntamente com a definição de procedimentos apropriados e normas de gestão integrada, desempenha um papel fundamental. No entanto, os obstáculos e desafios identificados, tanto na implementação de redes de simbiose industrial quanto na aplicação do conceito de sustentabilidade, destacam a necessidade de estratégias holísticas, participativas e adaptativas para avançar rumo a um futuro mais sustentável.

Esta pesquisa buscou avaliar o potencial de interações de simbiose industrial entre as organizações em Diadema. Foi possível identificar várias interações promissoras, especialmente relacionadas aos resíduos de ferro, aço, alumínio e polímeros plásticos. A fim de expandir o número de interações potenciais, é crucial o conhecimento abrangente de todos os resíduos e subprodutos gerados por todas as indústrias, o que será facilitado pela implementação da Lei Municipal n.º 3.853, de 10 de maio de 2019.

Recomenda-se que futuros estudos avaliem a viabilidade da implementação de redes de simbiose industrial em contextos regionais e metropolitanos, como a Região do ABC. A identificação de redes de interação com potencial pode contribuir significativamente para a solução dos problemas de resíduos sólidos não apenas em Diadema, mas também servir como um modelo que pode ser replicado em outras partes do Brasil. Tais estudos devem incluir análises detalhadas de fluxos de matéria e energia para determinar a viabilidade econômica e operacional de interações específicas entre as organizações. Além disso, a promoção da colaboração público-privada e o desenvolvimento de políticas públicas específicas para a destinação de resíduos industriais são cruciais para avançar em conformidade com as diretrizes nacionais e estaduais de resíduos sólidos.

Por fim, a pesquisa contribui para uma visão promissora de que Diadema possui um potencial significativo para a aplicação de redes de simbiose industrial, o que pode contribuir para a minimização dos problemas socioambientais no município e torná-lo mais sustentável no futuro.

## Referências

ALCANTARA, B. *et al.* PROPOSTA DE APLICAÇÃO DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA (P+L) EM UMA DISTRIBUIDORA DE BEBIDAS. Anais - 6o Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade. **Anais: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais e de Saneamento**, 2023.

ANDRADE, E. L.; SILVA, P. M. Comércio eletrônico (e-commerce) como estratégia de negócios. In: **SILVA, J. C. S. E-commerce: como abrir e gerir seu próprio negócio virtual**. São Paulo: Évora, 2017.



ANDRETTI, F. V.; BELLO, L. Um estudo da correlação entre a taxa de crescimento de certificações ISO14001 e o Produto Interno Bruto do Brasil. **Peer Review**, v. 5, n. 11, p. 109-118, 2023.

ARBÚCIAS, J. G. **Melhoria da sustentabilidade pela aplicação do conceito de Ecologia Industrial**: estudo de caso no setor eletroeletrônico. Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

BOONS, F.; CHERTOW, M.; PARK, J.; SPEKKINK, W.; SHI, H. Industrial Symbiosis Dynamics and the Problem of Equivalence: Proposal for a Comparative Framework. **Journal of Industrial Ecology**, v.21, n.4, p.938–952, 2017.

CARVALHO POTASCHEFF, E. S.; GONÇALVES, A. A.; BARBOSA, J. G. P. Fatores críticos para a implantação da ISO45001 na visão dos gestores das empresas do setor farmacêutico. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 2, p. e29612240359-e29612240359, 2023.

CHAVES, F. J. M. **Gestão Integrada: Qualidade, Meio Ambiente, Prevenção: antecipação de riscos e outras ferramentas para implantação**. Editora Dialética, 2023.

CHERTOW, M.; EHRENFELD, J. Organizing self-organizing systems: Toward a theory of industrial symbiosis. **Journal of industrial ecology**, v. 16, n. 1, p. 13–27, 2012.

CHERTOW, M.; J. Y. PARK. Scholarship and practice in industrial symbiosis: 1989–2014. **In: Taking stock of industrial ecology, edited by R. Clift and A. Druckman**. Cham, Switzerland: Springer International AG. 2016.

CLIFT, R.; DRUCKMAN, A. **Taking Stock of Industrial Ecology**. New York: Springer Link, 2016.

CRUZ, H. L.; CHRISTIANETTI, F. M.; MORAES, C. A. M. Contribuições da Simbiose Industrial na Gestão de Recursos Materiais, Água e Energia em um parque industrial e logístico. **Revista Jatobá**, v. 5, 2023.

DALMORA, G.; HEMKEMEIER, M.; DAL BELLO, A. L. IMPACTOS CAUSADOS PELA EVOLUÇÃO DA ATIVIDADE INDUSTRIAL: UM OBSTÁCULO QUE SUPLICA POR PRODUÇÃO MAIS LIMPA. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar - ISSN 2675-6218**, v. 4, n. 2, p. e422701, 2023.

DIAS, R. DOS S. O.; FERREIRA, A. C. DE S. O alcance das atividades de economia circular das maiores empresas brasileiras: uma análise dos relatórios de sustentabilidade. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 14, n. 8, p. 13737–13761, 2023.

DIMIJIAN, G.G. Evolving together: the biology of symbiosis, part 1. **Baylor University Medical Center Proceedings**, v.13 n.3, p.217-226, 2000.

FERNANDES, A. S. A. *et al.* Uma análise dos consórcios intermunicipais para serviços de tratamento de resíduos sólidos a partir da ação coletiva institucional. **Revista de administração pública**, v. 54, n. 3, p. 501–523, 2020.

GALVÃO, D. M. *et al.* Indicadores de sustentabilidade hospitalar e redução de impactos socioambientais: uma revisão de escopo. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 57, p. e20220364, 2023.

GARCIAS, C. R. S. C.; CARVALHO, R. A.. Identidade e construção de marcas no e-commerce. **Gestão, Inovação e Empreendedorismo**, v. 6, n. 1, p. 9-19, 2023.

GEISSDOERFER, M. *et al.* Business models and supply chains for the circular economy. **Journal of cleaner production**, v. 190, p. 712–721, 2018.

GEISSDOERFER, M. *et al.* The Circular Economy – A new sustainability paradigm? **Journal of cleaner production**, v. 143, p. 757–768, 2017.

GIANNETTI, B. F. C.; ALMEIDA, M. V. B. **Ecologia Industrial**. Conceitos, ferramentas e aplicações São Paulo: Edgard Bücher, 2006.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2019.

GODOY, A.S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de Administração de Empresas**, v. 35, n. 2, p. 57-63, 1995.

GOLEV, A.; CORDER, G. D.; GIURCO, D. P. Barriers to Industrial Symbiosis: Insights from the Use of a Maturity Grid. **Journal of Industrial Ecology**, v.19, n.1, p.141–153, 2014.

INCORP-CONSULTORIA E ASSESSORIA LTDA. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Diadema** São Paulo: INCORP, 2011.

INCORP-CONSULTORIA E ASSESSORIA LTDA. **Plano Municipal de Saneamento de Diadema**. São Paulo: INCORP, 2012.

JERANOSKI, R. F.; BATISTELLI, A. A. Benefícios Econômicos e Ambientais da Implantação de um Sistema de Produção Mais Limpa em Oficina Mecânica. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, p. 15-27, 2023.

LOMBARDI, D. R.; LAYBOURN, P. Redefining Industrial Symbiosis. **Journal of Industrial Ecology**, v.16, n.1, p. 28–37, 2012.

MACARTHUR ELLEN FOUNDATION. 2015. **Towards a Circular Economy: Business Rationale for an Accelerated Transition**.ll [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/TCE\\_Ellen-MacArthur-Foundation\\_9-Dec-2015.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/TCE_Ellen-MacArthur-Foundation_9-Dec-2015.pdf). Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-a-circular-economy-business-rationale-for-an-accelerated-transition>. Acesso em: 22 ago. 2023.

MACARTHUR ELLEN FOUNDATION. 2018. **Kalundborg Symbiosis: Effective Industrial Symbiosis**.ll <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/case-studies/effective-industrial-symbiosis>. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/case-studies/effective-industrial-symbiosis>. Acesso em: 22 ago. 2023.

MELO, H. C. S.; PEREIRA, S. G. A SIMBIOSE REVOLUCIONÁRIA: EXPLORANDO A CONVERGÊNCIA ENTRE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E NEUROCIÊNCIA. **ALTUS CIÊNCIA**, v. 20, n. 20, p. 01–18, 2023.

MINISTRY OF THE ENVIRONMENT, ENERGY AND MARINE AFFAIRS, IN CHARGE OF INTERNATIONAL RELATIONS ON CLIMATE CHANGE, **The Monitoring and Statistics Directorate - SOeS** (2017), "10 Key Indicators for Monitoring the Circular Economy". Disponível em: [http://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/docs/Temis/0086/Temis-0086452/22978\\_2017\\_ENG.pdf](http://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/docs/Temis/0086/Temis-0086452/22978_2017_ENG.pdf). Acesso em: 22 ago. 2023.

MOIA, R. P. **Normalização da qualidade e gestão integrada**. Editora Senac São Paulo, 2023.

MOURA, L. A. A. **Qualidade e gestão ambiental: Sustentabilidade e ISO 14001**. Freitas Bastos, 2023.

NASCIMENTO ROLDÃO, A.; NICELATCHI, J.; MARCHESINI, M. M. P. Proposta de Produção mais Limpa (P+L) em uma Indústria Têxtil. **Produto & Produção**, v. 24, n. 1, p. 95–113, 2023.

NASCIMENTO ROLDÃO, A.; NICELATCHI, J.; MARCHESINI, M. M. P. Proposta de Produção mais Limpa (P+L) em uma Indústria Têxtil. **Produto & Produção**, v. 24, n. 1, p. 95-113, 2023.

NIYOMMANEERAT, W.; SUWANTEEP, K.; CHAVALPARIT, O. Sustainability indicators to achieve a circular economy: A case study of renewable energy and plastic waste recycling corporate social responsibility (CSR) projects in Thailand. **Journal of cleaner production**, v. 391, n. 136203, p. 136203, 2023.

NUSSHOLZ, J. Circular business models: Defining a concept and framing an emerging research field. **Sustainability**, v. 9, n. 10, p. 1810, 2017.

OKADA, A. *et al.* Práticas Emancipatórias Abertas para Sustentabilidade com Ciência e Tecnologias Emergentes. **Revista diálogo educacional**, v. 23, n. 77, p. 627–637, 2023.

PEREIRA, R. T.; FERREIRA, F. C. S.; REIS, M. A. F. Análise da aplicação de tecnologias mais limpas na gestão dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE). **Exacta**, 2023.

PREFEITURA DE DIADEMA. **Revisão do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Diadema**. Diadema: Prefeitura de Diadema, 2020.

PRIETO-SANDOVAL, V.; JACA, C.; ORMAZABAL, M. **Towards a consensus on the circular economy**. *Journal of cleaner production*, v. 179, p. 605–615, 2018.

RANTA, V.; KERÄNEN, J.; AARIKKA-STENROOS, L. **Examining value propositions and innovation types of B2B offerings in the context of circular economy**. 2018.

RANTA, V.; KERÄNEN, J.; AARIKKA-STENROOS, L. How B2B suppliers articulate customer value propositions in the circular economy: **Four innovation-driven value creation logics**. *Industrial marketing management*, v. 87, p. 291–305, 2020.

RENTERÍA NÚÑEZ, G.; PEREZ-CASTILLO, D. Business models for industrial symbiosis: A literature review. **Sustainability**, v. 15, n. 12, p. 9142, 2023.

ROBERTS, B. H. **The application of industrial ecology principles and planning guidelines for the development of eco-industrial parks**: an Australian case study. *Journal of Cleaner Production*, n. 17, p. 997-1010, 2004.

RON, J. **Sustainable production**: The ultimate result of a continuous improvement. *International Journal of Production Economics*, vv. 56-57, 20, p. 99-110, sept. 1998.

RUSCH, M.; SCHÖGGL, J.-P.; BAUMGARTNER, R. J. Application of digital technologies for sustainable product management in a circular economy: A review. **Business strategy and the environment**, v. 32, n. 3, p. 1159–1174, 2023.

TRINDADE, J. R. *et al.* Discussão teórica sobre os conceitos de sustentabilidade no enoturismo através do bibliometrix. *Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo*, v. 16, p. 2644, 2022.

SILVA SMITH, D. *et al.* *Marketplace*: Uma nova esfera pública sobre os canais de mercados. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, v. 15, n. 6, p. 5804-5828, 2023

SILVA, F. ISO 14001–Sistema de Gestão Ambiental Como Ferramenta Estratégica das Empresas do Setor Elétrico em Atendimento ao Índice de Sustentabilidade Empresarial da Bolsa de Valores. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 12, n. 1, p. e18625-e18625, 2023.

TEIXEIRA SANT'ANNA, L. *et al.* Produção mais Limpa de Cachaça de Alambique: Um Estudo a Partir das Práticas Sociomateriais. **Revista FSA**, v. 20, n. 4, 2023.

TO, W. M.; N.F. TANG, M. **The adoption of ISO 14001 environmental management systems in Macao SAR**, China: Trend, motivations, and perceived benefits. *Management of environmental quality*, v. 25, n. 2, p. 244–256, 2014.

TORRES, L. D. W.; ESPITIA, M. L. M.; ESQUIVEL, E. C. C. Plan de Integración de las Normas ISO 9001 e ISO 45001. Caso de estudio: Cooperativa de Ahorro y Crédito CANAPRO CAC Tunja. **SIGNOS-Investigación en sistemas de gestión**, v. 15, n. 2, 2023.

URBINATI, A.; CHIARONI, D.; CHIESA, V. **Towards a new taxonomy of circular economy business models**. *Journal of cleaner production*, v. 168, p. 487–498, 2017.

VIESBA, L. M; CANDIANI, G.; BITENCOURT, A. L. V. **Evolução urbana e Gerenciamento de resíduos sólidos em Diadema entre 1974 e 2020**: uma análise ambiental integrada. Diadema: V&V Editora, 2021.

ZANONI, B. L.; OLIVEIRA, S. A. DE. REFLEXÕES SOBRE O SENTIDO DE SUSTENTABILIDADE EM ORGANIZAÇÕES. **RAE**, v. 63, n. 2, p. e2022- 0028, 2023.

ZWOLIŃSKI, Z.; NAJWER, A.; GIARDINO, M. Methods for Assessing Geodiversity. In: REYNARD, E.; BRILHA, J. (Eds.). **Geoheritage**. [s.l.] Elsevier, 2018. p. 27–52.