

É PRECISO MUDAR A DIREÇÃO: ROTAS PARA A ECONOMIA CIRCULAR EM UM COMPLEXO INDUSTRIAL E PORTUÁRIO

FELIPE MOURA OLIVEIRA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UFC

LUIS MATHEUS TAVARES SILVA

FEAAC

MÔNICA CAVALCANTI SÁ DE ABREU

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

Resumo

Este estudo visa propor rotas de transição para uma economia circular orgânica em complexos industriais. A pesquisa foi conduzida em um complexo industrial e portuário no Ceará, Brasil, utilizando entrevistas semiestruturadas com gestores de oito empresas, incluindo fábricas de cimento, siderúrgicas e empresas de tratamento de efluentes. A análise de conteúdo temática foi aplicada para examinar os dados das entrevistas, resultando na identificação de categorias de análise e subsequente definição de rotas de economia circular. O estudo identificou dez rotas principais para a transição para uma economia circular: Plataforma multistakeholder para Economia Circular, Ecossistema de Inovação em Economia Circular, Sistema de Informação de Resíduos, Coprodutos e Efluentes, Alternativas sustentáveis ao uso de Água Bruta, Sistema de Incentivo para Coleta Seletiva, Cooperativa de Recicláveis, Biodigestão, Compostagem, Subcomitê de Licenciamento para Aproveitamento de Resíduos como Coprodutos e Atração Estratégica de Empresas para Fechar os Circuitos de Resíduos. Essas rotas visam abordar desafios como a falta de infraestrutura adequada, barreiras regulatórias e a necessidade de colaboração entre diferentes stakeholders. A transição para uma economia circular em complexos industriais requer uma abordagem multifacetada, incluindo governança colaborativa, inovação contínua e gestão integrada de resíduos. A implementação das rotas propostas pode transformar complexos industriais em modelos ecológicos, promovendo sustentabilidade ambiental e eficiência econômica.

Palavras Chave

Economia Circular, Sustentabilidade, Complexo Industrial

Agradecimento a órgão de fomento

Políticas Públicas e respostas corporativas para promoção do desenvolvimento econômico sustentável no HUB do hidrogênio verde com ênfase na economia circular. N°409549/2022.

É PRECISO MUDAR A DIREÇÃO: ROTAS PARA A ECONOMIA CIRCULAR EM UM COMPLEXO INDUSTRIAL E PORTUÁRIO

1 INTRODUÇÃO

A Economia Circular (EC), nas palavras de Geissdoerfer (2017), otimiza o uso de recursos, minimiza desperdícios e promove a reutilização e reciclagem de materiais. Alinhada aos princípios de sustentabilidade e responsabilidade ambiental. A EC mantém o fluxo circular dos recursos, contribuindo para o desenvolvimento sustentável ao eliminar resíduos, manter produtos e materiais em uso e regenerar sistemas naturais (Geissdoerfer, 2017; Oughton et al., 2022). A preocupação com a EC surge da compreensão dos impactos ambientais das atividades humanas (Ilić; Nikolić, 2016), enfatizando a adoção de práticas sustentáveis para minimizar impactos ambientais e melhorar condições de trabalho. A EC reduz a pegada ecológica, promovendo a reciclagem e reutilização de materiais (Millar; McLaughlin; Börger, 2019), exigindo que empresas adotem materiais não-viduários (Cárcamo; Peñabaena-Niebles, 2022).

Foster et al. (2023) propõem princípios que empresas dentro de parques industriais devem adotar para migrar a uma lógica de EC, com isso, a medição para a transição de ecoparques, incluem design para durabilidade, atualização, padronização, montagem/desmontagem e inovação social para os produtos dessas empresas. Entretanto, há críticas à EC, como a falta de consenso sobre sua eficácia a longo prazo e as complexidades científicas associadas (Millar; McLaughlin; Börger, 2019). Empresas em ecoparques industriais enfrentam desafios sociais, financeiros, regulatórios, tecnológicos e institucionais (Li et al., 2015; Webster, 2021). Estratégias para superar essas barreiras incluem incentivos econômicos, políticas de resíduos sólidos e integração de melhores tecnologias (Ceglia; Abreu; Silva Filho, 2017).

Somado a isso, a criação de infraestrutura adequada e a integração de sistemas de logística reversa são desafios adicionais (Henriques et al., 2021). Estudos de Foster et al. (2023) destacam a necessidade de colaboração e redes de governança eficazes. Com isso, a transição para um sistema circular em parques industriais é multifacetada, exigindo uma compreensão abrangente das diversas dimensões envolvidas (Henriques et al., 2021). Ao transicionar um parque industrial para a lógica de uma economia circular, chega-se aos ecoparques industriais, sendo eles agentes locais que integram atividades industriais com práticas sustentáveis, promovendo eficiência de recursos e redução do impacto ambiental (Oughton et al., 2022). Este estudo se diferencia ao propor rotas de transição para uma economia circular orgânica de complexos industriais, respondendo à pergunta: como um parque industrial pode transitar para uma lógica de economia circular?

2 ECONOMIA CIRCULAR EM ECOPARQUES INDUSTRIAIS

Xue et al. (2023) destacam a economia circular como práticas industriais sustentáveis que envolvem a troca de materiais, criando um ciclo fechado de recursos, onde os resíduos de uma indústria se tornam matéria-prima para outra (Foster et al., 2023). Ela busca reduzir o desperdício e a poluição (Carriello et al., 2022). Delimitando para a realidade de parques industriais, cria-se um ambiente fechado em que as trocas de economia circular ocorrem para facilitar a sustentabilidade ambiental, chegando-se assim, ao conceito de ecoparque industrial.

Um ecoparque industrial é uma área planejada que integra atividades industriais, comerciais e de serviços com práticas sustentáveis e ambientalmente amigáveis, promovendo a conservação ambiental e a restauração da vegetação nativa (Bohórquez; Nieto, 2023). O objetivo de um ecoparque industrial é criar um sistema fechado onde os resíduos de uma

indústria são utilizados como recursos para outra, aumentando a eficiência de recursos e reduzindo o impacto ambiental (Xue et al., 2023). Perrucci et al. (2022) adicionam a importância dos requisitos geográficos, envolvimento dos stakeholders e suporte regulatório para a efetividade dos ecoparques.

Outro fator é a presença de características comuns entre as empresas do mesmo complexo, que podem incluir o desenvolvimento de infraestrutura eficiente no uso de recursos, minimização de impactos ambientais e implementação de sistemas avançados de coleta e tratamento de resíduos (Tellier et al., 2019). Existem dois modelos principais de ecoparques: o Modelo Hierárquico, exemplificado pela China, com uma gestão rígida e políticas de incentivo financeiro (Faria et al., 2023), e o Modelo Orgânico, exemplificado por Kalundborg na Dinamarca, onde a colaboração espontânea entre empresas promove a inovação sustentável (Ahmad-Nielsen et al., 2022).

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa se insere em um complexo industrial e portuário localizado na região nordeste do Brasil, no estado do Ceará, focando em empresas como fábricas de cimento, placas de aço, pré-moldados de concreto, ração animal, fertilizantes, porto, criogenia, prestadores de serviço e termoelétricas. As entrevistas semiestruturadas foram conduzidas com gestores das empresas interessadas, selecionados com base em suas funções e participação nas qualificações das empresas do complexo industrial.

Com isso, foram realizadas oito entrevistas com gestores, totalizando 167 páginas e mais de 10 horas e 30 minutos de gravação. Além disso, foram coletadas informações adicionais em artigos e documentos de EIA/RIMA. Os critérios éticos foram esclarecidos e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) foi aplicado. A análise de conteúdo, destacada por Mozzato e Grzybovski (2011), foi utilizada para examinar os dados das entrevistas.

A análise de conteúdo temática de Bardin (2011) foi empregada, compreendendo três etapas: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados. Durante o design da pesquisa, a formulação de perguntas de pesquisa e a coleta de dados foram realizadas com flexibilidade para ajustar o protocolo de entrevista. Na análise de dados, os temas foram organizados e classificados, resultando em categorias de análise.

Após a categorização dos estudos, foi possível definir rotas de Economia Circular para transformar o parque industrial para uma lógica mais sustentável. A pesquisa também avaliou critérios de validade e confiabilidade para garantir a robustez dos resultados (Paiva; Leão; Mello, 2011). Os critérios adotados na pesquisa incluíram triangulação, reflexividade, construção do corpus de pesquisa, descrição clara e detalhada, surpresa e feedback dos informantes. A triangulação utilizou de entrevistas com gestores, além da checagem com documentos e artigos científicos disponíveis sobre a organização. A reflexividade envolveu anotações e registros estruturados para atingir a saturação teórica. A construção do corpus de pesquisa foi baseada na saturação das respostas das entrevistas, garantindo representatividade. A descrição clara e detalhada seguiu a natureza descritiva da pesquisa qualitativa. O critério de surpresa foi aplicado para descobrir novas evidências e formas de pensamento. O feedback dos informantes foi obtido através da análise de conteúdo das entrevistas, identificando 10 problemáticas de economia circular, discutidas com os gestores para implementação e validação das soluções propostas.

3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Inicialmente, informa-se que este estudo ocorreu em oito empresas localizadas no Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP). Somado a isso, é importante delinear o perfil dos respondentes, respeitando a ordem cronológica em que cada entrevista foi conduzida, para isso, houve a confecção da Tabela 1. Para preservar a identidade dos participantes, optou-se por adotar o termo "C" seguido de um número sequencial, criando assim um pseudônimo para cada gestor entrevistado. Essa abordagem garante o anonimato e a confidencialidade dos dados coletados, conforme os princípios éticos de pesquisa.

Tabela 1 – Perfil dos participantes

Empresa	Atividade Industrial	Cargo do entrevistado
C1	Gestão portuária	Assessor de Meio Ambiente
C2	Cimenteira 1	Gerente de sustentabilidade
C3	Cimenteira 2	Analista de meio ambiente
C4	Tratamento de efluentes industriais	Gestora
C5	Siderurgia 1	Diretor de Meio Ambiente
C6	Pá eólica	Analista ambiental
C7	Empresa de Gás Natural	Gerente de Meio Ambiente
C8	Siderurgia 2	Gerente de Sustentabilidade

Fonte: autores.

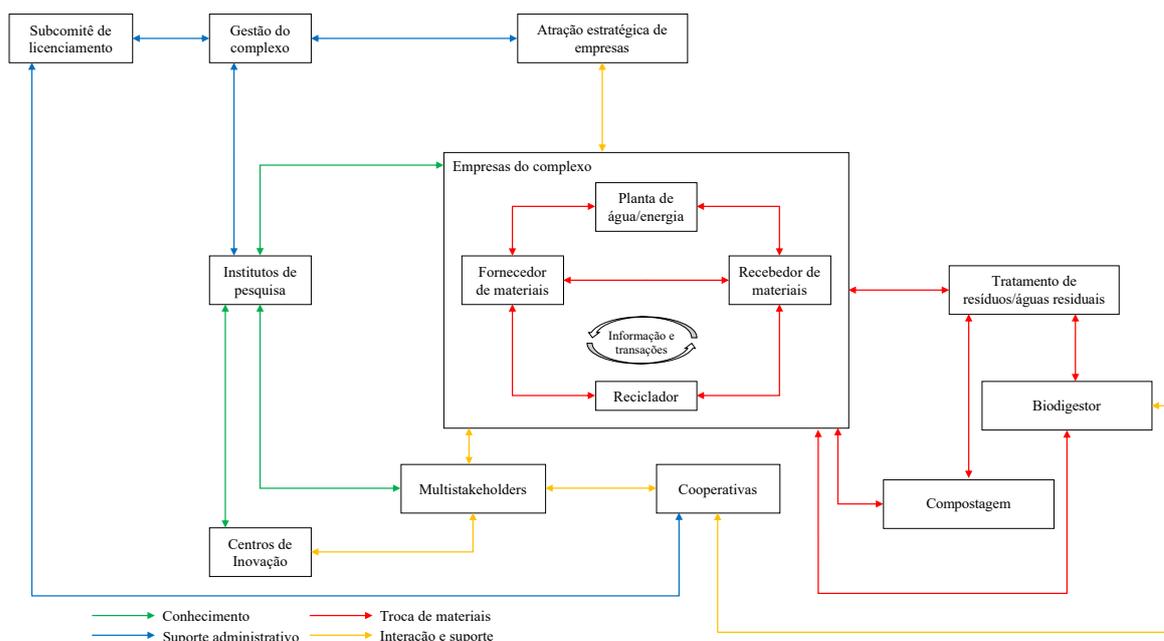
Cada categoria de análise possibilitou encontrar mecanismos para quebrar as problemáticas, dessa forma, cada uma possibilitou a criação de rotas de Economia Circular. A categoria de análise “Governança e Ecossistema de Inovação” evidenciou problemáticas referentes a falta de heterogeneidade na rede de colaboração dos atores envolvidos para implantar práticas circulares em ecoparques. Esta barreira pode ser superada por meio de uma Plataforma multistakeholder para Economia Circular e pela criação de um Ecossistema de Inovação em Economia Circular no complexo industrial e portuário. Todos os participantes mencionaram a necessidade de diversos stakeholders envolvidos no processo de economia circular, como o governo, associações, empresas privadas, sociedade civil organizada, comunidades próximas e pesquisadores. Além disso, os participantes C7 e C8 informaram que há necessidade de criação de um ecossistema de inovação focado em economia circular para aproveitar melhor os resíduos gerados internamente no complexo industrial e portuário. Por exemplo, o resíduo orgânico e óleo de cozinha consumidos diariamente são enviados para aterros. Estes resíduos poderiam ser mais bem aproveitados, na concepção de C8

A categoria “Soluções Circulares” destacou a problemática sobre a gestão dos resíduos, bem como, paradigmas da sociedade no quesito de utilizar coprodutos nos processos fabris, com isso estes estudo sugere a utilização das seguintes rotas de economia circular: (A) Sistema de Informação de Resíduos, Coprodutos e Efluentes e (B) Alternativas sustentáveis ao uso de Água Bruta. O participante C2 informou que se necessita de sistema compartilhado de meio ambiente para registrar e acompanhar mensalmente todos os resíduos gerados, destinados, reaproveitados e enviados para aterros, que garanta conformidade com regulamentações e procedimentos internos de cada empresa. Outrossim, a participante C4 informou que a água de reuso pode ser utilizada nos sistemas fabris sem comprometer a qualidade do produto, bastando uma quebra de paradigma da sociedade, com isso ela informa que a água de reuso sofre preconceito.

A categoria de “Operações Circulares” destaca a problemática sobre a falta de uma coleta seletiva efetiva, bem como a ausência de uma central de resíduos e o distanciamento de cooperativas das grandes empresas, dessa forma sugere as seguintes rotas de economia circular foram propostas para solucionar essa categoria: (A) Sistema de Incentivo para Coleta Seletiva; (B) Cooperativa de Recicláveis; (C) Biodigestão e (D) Compostagem. O participante C6 informa que se houvesse incentivos financeiros para os colaboradores, as práticas de economia circular dentro das organizações seriam facilitadas, uma vez que os colaboradores se sentiriam reconhecidos e valorizados, outro ponto, é que C2 e C3 informam a necessidade de haver trocas entre cooperativas, destacando que há dificuldades quanto ao licenciamento ambiental. As empresas C4 e C7 informam que compostagem e biodigestão são formas de aproveitar os resíduos orgânicos gerados pelas fábricas, mencionando especificamente a possibilidade de criar uma usina de biogás e uma composteira compartilhada no complexo para processar esses resíduos.

Já na categoria de análise referente aos “Novos Negócios”, a discussão sobre as dificuldades enfrentadas perante o processo de licenciamento, destacando a burocracia e a rigorosidade para sua obtenção, bem como a facilitação logística e de operações para atrair novos negócios para o complexo em estudo. Dessa forma sugere as seguintes rotas: (A) Subcomitê de Licenciamento para Aproveitamento de Resíduos como Coprodutos; (B) Atração Estratégica de Empresas para Fechar os Circuitos de Resíduos no CIPP. Todas as empresas mencionam sobre os desafios para realizar licenciamento ambiental, contudo o participante C1 menciona que a dificuldade é maximizada pela centralização das atividades ambientais em Brasília. Já C5 informa que é necessário prospectar empresas estratégicas para fechar circuitos de resíduos das organizações. A Figura 1 apresenta uma proposta de ecoparque industrial com as rotas identificadas nas falas dos participantes.

Figura 1 – Sistematização das Rotas de Economia circular



Fonte: autores.

A Figura 1 representa um modelo de economia circular aplicado a um complexo industrial, onde diversas empresas e agentes colaboram para otimizar o uso de recursos e minimizar o desperdício. No centro, as empresas do complexo, incluindo fornecedores e receptores de materiais, trabalham em conjunto com uma planta de água e energia para garantir a sustentabilidade dos processos industriais (Xue et al., 2023). Institutos de pesquisa e centros de inovação são fundamentais para introduzir novas tecnologias e métodos que aumentam a eficiência (Bohórquez; Nieto, 2023). A gestão do complexo, juntamente com o subcomitê de licenciamento, garante que todas as operações estejam em conformidade com as normas ambientais e que novas empresas sejam atraídas estrategicamente para fortalecer o ecossistema industrial (Carriello et al., 2022).

Os fluxos de materiais e informações são delineados, com setas vermelhas indicando o fornecimento de materiais e coprodutos, setas verdes mostrando o fluxo de conhecimento, e setas amarelas e azuis destacando a coordenação entre empresas, cooperativas, multistakeholders e entidades de gestão (Geissdoerfer et al., 2017). Esse modelo promove um ciclo fechado de recursos, onde os resíduos de uma empresa se tornam insumos para outra, exemplificando a essência da economia circular (Foster et al., 2023). A interdependência e a colaboração são cruciais para alcançar uma operação eficiente e sustentável, beneficiando tanto o meio ambiente quanto a economia do complexo industrial (Carriello et al., 2022).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo objetivava propor rotas de transição para uma EC orgânica de complexos industriais, com isso, a análise de conteúdo temática, a partir das entrevistas com os gestores, revelou os desafios e possibilitou a criação dessas soluções. Em conclusão, apesar dos desafios identificados, as rotas de EC servem para transformar, de forma orgânica, um complexo industrial em um modelo de ecológico de parque industrial. Uma estrutura de governança robusta e colaborativa, inovação contínua e abordagem integrada à gestão de resíduos são essenciais para essa transformação, bem como, criação de um ecossistema de inovação conjunto, aplicando incentivos financeiros para colaboradores por práticas circulares e uma gestão eficaz dos fluxos de materiais, pode não apenas superar as barreiras atuais, mas também promover uma economia mais sustentável e eficiente. A interdependência entre empresas, governo, sociedade e centros de pesquisa será fundamental para alcançar essa visão, beneficiando tanto o meio ambiente quanto a economia local. O estudo da viabilidade operacionalização dessas rotas não foi objeto deste estudo, apontando-se assim como uma agenda para futuras pesquisas.

REFERÊNCIAS

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BOHÓRQUEZ, J.; NIETO, E. Apropiación subjetiva del espacio: significaciones espaciales, territoriales y de lugar en el Ecoparque Cerro de la Bandera, Santiago de Cali, Colombia. **Documents d'anàlisi geogràfica**, v. 69, n. 1, p. 0185-211, 2023.

CÁRCAMO, E.; PEÑABAENA-NIEBLES, R. Opportunities and challenges for the waste management in emerging and frontier countries through industrial symbiosis. **Journal of Cleaner Production**, [S.l.], v. 363, n.1, p. 132607, 2022.

CARRIELLO, G. et al. Lixo eletrônico: uma revisão de artigos disponíveis na plataforma Oasisbr. **Revista Perspectiva**, [S./L.], v. 46, n. 174, p. 31-42, 2022.

CEGLIA, D.; ABREU, M.; SILVA FILHO, J. Critical elements for eco-retrofitting a conventional industrial park: Social barriers to be overcome. **Journal of environmental management**, [S./L.], v. 187, p. 375-383, 2017.

FARIA, E. et al. Brazilian Circular Economy Pilot Project: Integrating Local Stakeholders' Perception and Social Context in Industrial Symbiosis Analyses. **Sustainability**, [S./L.] v. 15, n. 4, p. 3395, 2023.

GEISSDOERFER, M. et al. The Circular Economy – A new sustainability paradigm?. **Journal of cleaner production**, [S./L.], v. 143, n. 1, p. 757-768, 2017.

HENRIQUES, J. et al. Industrial symbiosis: A sectoral analysis on enablers and barriers. **Sustainability**, [S./L.], v. 13, n. 4, p. 1723, 2021.

ILIĆ, M.; NIKOLIĆ, M. Drivers for development of circular economy – A case study of Serbia. **Habitat International**, [S./L.], v. 56, n. 1, p. 191-200, 2016.

LI, J. et al. Building green supply chains in eco-industrial parks towards a green economy: Barriers and strategies. **Journal of environmental management**, [S./L.], v. 162, p. 158-170, 2015.

MILLAR, N.; MCLAUGHLIN, E.; BÖRGER, T. The Circular Economy: Swings and Roundabouts? **Ecological Economics**, [S./L.], v. 158, n. 2, p. 11-19, 2019.

MOZZATO, A. R.; GRZYBOVSKI, D. Análise de conteúdo como técnica de análise de dados qualitativos no campo da administração: potencial e desafios. **Revista de Administração Contemporânea**, Curitiba, v. 15, p. 731-747, 2011.

OUGHTON, C. et al. Industrial Symbiosis to Circular Economy: What Does the Literature Reveal for a Successful Complex Industrial Area?. **Circular Economy and Sustainability**, [S./L.], v. 2, n. 4, p. 1317-1344, 2022.

PAIVA, F.; LEÃO, A.; MELLO, S. Validade e confiabilidade na pesquisa qualitativa em administração. **Revista de Ciências da Administração**, Florianópolis, v. 13, n. 31, p. 190-209, 2011.

PERRUCCI, Daniel V. et al. A review of international eco-industrial parks for implementation success in the United States. **City and Environment Interactions**, [S./L.], v. 16, p. 100086, 2022.

TELLIER, M. et al. Simon. Towards sustainable business parks: a literature review and a systemic model. **Journal Of Cleaner Production**, [S./L.], v. 216, n. 1, p. 129-138, 2019.

XUE, Xiaoxin et al. An integrated framework for industrial symbiosis performance evaluation in an energy-intensive industrial park in China. **Environmental Science and Pollution Research**, [S./L.], v. 30, n. 14, p. 42056-42074, 2023.