

CONTRIBUIÇÕES DA SIMBIOSE INDUSTRIAL NA GESTÃO DE RECURSOS MATERIAIS, ÁGUA E ENERGIA EM UM PARQUE INDUSTRIAL E LOGÍSTICO

CONTRIBUTIONS OF INDUSTRIAL SYMBIOSIS IN THE MANAGEMENT OF MATERIAL RESOURCES, WATER AND ENERGY IN AN INDUSTRIAL AND LOGISTIC PARK



Henrique Lisboa da Cruz

Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil
cruzhrq@yahoo.com.br



Filipe Machado Christianetti

Chico Imóveis/Ecoparque Lourenço e Souza, Sapucaia do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil, filipe@chicoimoveis.com.br



Carlos Alberto Mendes Moraes

Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil
cmoraes@unisinos.br

1

Resumo

Esta pesquisa se centraliza na problemática que envolve gestão de recursos materiais, água e energia em parques de uso misto e logístico. Por meio de metodologia exploratória, um estudo de caso foi conduzido em um parque dessa tipologia situado no sul do Brasil, visando explorar oportunidades de aplicação dos conceitos de Simbiose Industrial. A avaliação permitiu observar que as possibilidades de aplicação da Simbiose Industrial nesse tipo de parque estão mais atreladas aos compartilhamentos de infraestrutura, utilidades e serviços do que propriamente de intercâmbios físicos. Um plano de ação foi proposto, contemplando estratégias de Simbiose Industrial e atividades complementares visando ao aumento do potencial simbiótico. As principais sugestões foram o gerenciamento coletivo de resíduos sólidos e oferta de suporte técnico ambiental. Quanto ao compartilhamento de utilidades, existe um potencial para aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis e para a geração ou aquisição compartilhada de energias renováveis.

Palavras-chave: Ecoparque Industrial. Simbiose Industrial. Gestão Ambiental.

Abstract

This research focuses on the problems involved in the management of materials resources, water and energy in mixed-use and logistics parks. Through an exploratory methodology, a case study was conducted in a business and logistics park located in Brazil. The main objective was to explore opportunities for applying the concepts of Industrial Symbiosis in the park. The evaluation showed that the possibilities of application of Industrial Symbiosis in mixed-use and logistics parks are linked more to the sharing of infrastructure, utilities, and services than to physical exchanges. An action plan was proposed, contemplating Industrial Symbiosis strategies and complementary activities aimed at increasing the symbiotic potential. The main suggestions were the collective management of solid waste and the offer of environmental technical support. As for the sharing of utilities, there is a potential for the use of rainwater for non-potable purposes and the shared generation or acquisition of renewable energies.

Keywords: *Eco-industrial Park. Industrial Symbiosis. Environmental Management.*

Introdução

Por todo o mundo, há inúmeras zonas industriais, compostas por parques industriais. Seu desenvolvimento é resultante do planejamento urbano e da implementação de instrumentos como o zoneamento econômico e ambiental (Lambert; Boons, 2002; Le Tellier *et al.*, 2019), sendo adotados como importantes estratégias por governos e iniciativa privada para o desenvolvimento econômico das regiões em que são implantados. Em contraposição, sua instalação também provoca um efeito adverso ao concentrar impactos ambientais e sociais negativos, em decorrência da poluição, emissões de gases de efeito estufa, diminuição da qualidade laboral e de comunidades adjacentes. Deste modo, a construção de Ecoparques Industriais (EIP) ou reestruturação de parques já consolidados na perspectiva de EIP é vista como uma forma útil para alcançar melhores condições socioambientais (World Bank, 2021). Nos EIP, a Simbiose Industrial (SI) tem sido evidenciada como ferramenta de gestão em casos em países desenvolvidos e em desenvolvimento (Genc *et al.*, 2019; Ji *et al.*, 2020).

3

Nesse contexto, a transição de parques industriais para EIP como prática mainstream é encorajada. Zeng *et al.* (2021) demonstraram que a transformação de zonas industriais tradicionais em ecoparques tem sido uma importante estratégia para o desenvolvimento ambiental na China. Assim, outros locais podem se beneficiar com essas práticas. Essa pesquisa debruça-se sobre as problemáticas que envolvem a transição a EIP em parques de uso misto, considerando um estudo de caso real no Brasil para prospecção de oportunidades de aplicação da SI.

Apesar do crescente interesse pelo tema, Susur *et al.* (2019) e Tseng *et al.* (2021) afirmaram que ainda não há resolução definitiva sobre como promover a transição de parques industriais em EIP, uma vez que esta questão é permeada pela complexidade que os inúmeros fatores interferentes impõem. Tradicionalmente, os conceitos de EIP são aplicados em setores clássicos da indústria, conhecidos como indústria “pesada” (Chertow, 2000; Dong *et al.*, 2013). Contudo, tem-se buscado expandir os conceitos de SI e EIP para outros tipos de parques, tais como os tecnológicos, business parks e parques mistos, que compreendem atividades industriais “leves”, serviços e tecnologia, conforme definiram Lambert e Boons (2002) e Le Tellier *et al.* (2019). Essa pesquisa está focada nesse tipo de parque.

O principal objetivo desta pesquisa é identificar estratégias para gestão de recursos materiais, água e energia, por meio da aplicação da SI, para fomentar a transição de parques industriais e mistos em EIP, considerando a realidade do Brasil, visto que o estudo contempla um parque empresarial localizado na região Sul. Chertow et al. (2021) e Herzer et al. (2020) destacaram que o Brasil possui poucas publicações de relevância internacional no tema da SI e EIP. Chertow et al. (2021), em revisão bibliométrica, identificaram apenas 07 artigos científicos de trabalhos realizados no Brasil nas principais bases de dados mundiais. Apesar disso, Neves et al. (2020) reconheceram o potencial da SI no Brasil e salientaram que o país, a exemplo de Canadá e México, carece de desenvolvimento no assunto.

Este artigo pretende colaborar com a construção de um entendimento mais robusto sobre as problemáticas que envolvem a transformação de estruturas empresariais em modelos mais sustentáveis, como EIP. As contribuições do artigo podem ser desmembradas em dois pontos. O primeiro está relacionado ao estudo da SI e EIP em parques mistos e logísticos, visto que esses conceitos são, tradicionalmente, direcionados aos setores da indústria clássica. Em adição, o segundo ponto se relaciona à aplicação de estudo de caso e análises empíricas para explorar oportunidades em um parque tecnológico e empresarial localizado no sul do Brasil.

Como resultado dessas contribuições, pretende-se apontar as especificidades da realidade local e regional, incentivando a disseminação dos conceitos de SI e EIP em um país onde práticas desse tipo são incipientes, mas com potencial reconhecido. O artigo tem como objetivos mostrar uma breve abordagem teórica sobre os Ecoparques Industriais. Além disso, torna-se necessário definir o estado da arte com base nas iniciativas e estudos realizados nesse tema. Apresenta-se também o Estudo de Caso realizado em um parque empresarial localizado na região sul do Brasil. Nele, visa-se discutir quais são os elementos existentes que podem facilitar ou dificultar a transição para EIP, bem como apresentar oportunidades e estratégias para essa transição.

Ecoparques Industriais: Fundamentos e Perspectivas

Quais as implicações em se introduzir o prefixo “eco” aos termos “parque industrial”? Uma mera questão de grafia? O que a literatura oferece para fomentar essa inclusão

que implica em transformação? Apesar de distintas definições, existem conceitos e aspectos centrais relacionados aos Ecoparques Industriais que merecem ser enfatizados.

Os EIP são uma “comunidade de organizações” (Lowe *et al.*, 1996). Isso os distingue de parques industriais convencionais, nos quais as organizações, tipicamente, mantêm-se isoladas (sem interações) em relação às demais, mesmo estando próximas geograficamente (Chertow, 2000). Deste modo, nos EIP, há uma expectativa de cooperação das empresas entre si e entre a comunidade (USPCSD, 1996). Nesse sentido, a existência de relações simbióticas, como intercâmbios e compartilhamentos, desponta como condição determinante para a existência de um EIP.

Por conseguinte, há um objetivo comum, qual seja, a melhoria no desempenho quanto ao triple bottom line (pilares social, ambiental e econômico) da Sustentabilidade (Tseng *et al.*, 2021). Esse objetivo se intensifica e se diferencia de outras iniciativas tradicionais ao se considerar que os benefícios proporcionados pela atuação coletiva podem ser superiores aos que poderiam ser alcançados pelo desempenho individual somado (Lowe *et al.*, 1996). Além disso, os EIP, quando planejados – denominados greenfield – consideram as questões sociais e ambientais em todas as fases do empreendimento, iniciando por sua concepção até sua operação (World Bank, 2021). Para os parques industriais existentes – chamados de brownfield – as estratégias visam sua transição a EIP, a fim de direcioná-los a um modelo mais sustentável (Lambert; Boons, 2002). Esse último caso, em particular, desperta maior interesse nessa pesquisa.

Parques Logísticos: Expansão e Problemática

Os parques logísticos são destinados a empresas que atuam no ramo logístico, envolvendo o armazenamento e o transporte para distribuição de produtos diversos, podendo incluir serviços secundários, como manutenção (Zhang *et al.*, 2014). No Brasil, Boro (2021) enfatiza o grande movimento expansivo de parques e condomínios logísticos, potencializado pelas novas modalidades de compra pela internet (e-commerce) que se acentuaram durante a pandemia de Covid-19. Segundo a Associação Brasileira de Logística (ABRALOG), o segundo trimestre de 2021 registrou um recorde histórico de novas ocupações, com mais de 700 mil m². A taxa de vacância (disponibilidade) no período foi de apenas 11%, indicando que

há uma grande demanda por locação desses espaços. Devido a isso, a área em construção perfaz 3,6 milhões de m² em novos empreendimentos, em adição aos 9 milhões de m² já existentes em todo o país. (Abralog, 2021). Boro (2021) destaca os 12 principais parques logísticos no Brasil, sendo 2 localizados na região Sul: o Perini Business Park, em Joinville/SC e o 3SB Parque Logístico, em Nova Santa Rita/RS. Esses parques destacam-se por oferecer estrutura de alto padrão e fácil acesso logístico, tornando-se referências para outros condomínios, tal como o estudado nessa pesquisa.

Todavia, os parques logísticos também podem causar impactos ambientais negativos, mesmo que, em tese, a geração de resíduos e emissões seja menor em comparação aos parques industriais (Wang *et al.*, 2021). Nesse cenário, Xu *et al.* (2018) analisaram o que denominaram como Parque Logístico Verde (do original Green Logistics Park), desenvolvendo um modelo e um algoritmo para a seleção de locais para instalação desses parques, que é um aspecto de interesse nesse ramo. Eles destacaram que, além de fatores básicos como localização geográfica, proximidade com mercado, condições de tráfego e acesso, outros critérios relacionados aos potenciais impactos ambientais e sociais devem ser adicionalmente considerados para a melhor tomada de decisão. Os autores argumentaram que uma melhoria na eficiência e nível de serviço, mais do que reduzir os custos com transporte e energia, provoca a diminuição da liberação de poluentes pelas emissões veiculares. Ponderações semelhantes foram realizadas por Boro (2021), que estudou a expansão dos galpões e parques logísticos no Brasil a partir de uma grande rede de e-commerce.

Nesse contexto, os princípios de EIP repontam como um caminho viável, por meio dos princípios da Simbiose Industrial e Ecologia Industrial, para melhorias na gestão de recursos nesses parques. Por esse motivo, essas ferramentas foram selecionadas para aplicação em um estudo de caso, abordado no capítulo subsequente.

Estudo de Caso: Oportunidades e Desafios

O Ecoparque Empresarial Lourenço e Souza é um parque privado, localizado no município de Sapucaia do Sul, distante em 30 km de Porto Alegre, capital do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. O empreendimento possui quatro fases, como mostra a Figura 1. A Fase I está consolidada e ocupada em quase toda sua totalidade.

Parte de suas obras foi concluída em 2012, com a perspectiva de utilização de energias renováveis, especialmente eólica. Deste modo, o parque foi intitulado como “Ecoparque” pelos seus proprietários, tendo esse nome permanecido e se consolidado no empreendimento, apesar de o projeto envolvendo energia eólica não ter avançado.

O empreendimento está localizado em uma zona industrial, próximo a indústrias de grande porte do setor siderúrgico e de produção de bebidas. A Fase I é composta por pavilhões industriais, atualmente ocupados por 5 empresas distintas, totalizando uma área de 13 mil m² construídos, e outros 13 mil m² de pavilhões logísticos em processo de ocupação. Já as Fases II, III e IV estavam, no período desta pesquisa, em construção. Com as novas fases, haverá um aumento expressivo de área útil no parque: ao total, mais de 100 mil m² serão disponibilizados para locação até o ano de 2023. Diferentemente da Fase I, onde há indústrias instaladas, as outras fases serão dedicadas a empresas do ramo logístico. Os pavilhões serão utilizados, basicamente, como depósitos e centros de distribuição. Eles possuem infraestrutura específica para esse fim, como ampla área interna e pátio de manobra de caminhões, altura elevada entre o piso e o teto (pé direito), docas etc. Além disso, o parque possui um heliponto e localização privilegiada, junto das principais rodovias da região metropolitana. Dispõe de serviço de portaria, refeitório e sala de reuniões. Com a finalização das demais fases, abrigará estacionamento para veículos leves e auditório, além de ampliar o restaurante e as salas de reunião para comportar a demanda de colaboradores com a instalação de novas empresas.

Figura 1 - Visão geral do Ecoparque Lourenço e Souza



Fonte: Elaborado pelos autores.

Descrição da imagem: Ecoparque Lourenço e Souza e suas quatro fases (I a IV). À direita, a localização do empreendimento no mapa do Brasil e do estado do Rio Grande do Sul.

Abordagem Metodológica aplicada no Estudo de Caso

A pesquisa realizada foi qualitativa e exploratória, buscando investigar elementos, oportunidades e barreiras para a transição de parque a EIP dentro da realidade regional. O trabalho de campo foi inicializado com o contato com os gestores do parque, que são também responsáveis pela gestão imobiliária do empreendimento. Tratou-se de uma etapa de sensibilização e apresentação geral da proposta de trabalho e dos principais conceitos de Simbiose Industrial, de forma simples e objetiva, como sugere a primeira etapa do guia de Kalundborg Symbiosis (2021). Ela se revela necessária para obter não apenas a aprovação em se executar a pesquisa, mas para iniciar o comprometimento dos gestores com o projeto.

Sequencialmente, deu-se início ao processo de familiarização com o parque e suas empresas inquilinas, instaladas na Fase I. A abordagem consistiu em iniciar o reconhecimento pela parte consolidada, para estruturar um Plano de Ação que englobe, posteriormente, as Fases II, III e IV. Embora a realidade da Fase I (industrial, mista) seja distinta da planejada para as fases em construção (logística), entende-se que as experiências aprendidas e coletadas têm a contribuir para as fases futuras.

A familiarização ocorreu na forma de visitas individuais em cada uma das 5 empresas em operação na Fase I, doravante designadas pelas letras de A a E. O objetivo do primeiro contato foi a apresentação do projeto. Em um segundo momento, uma nova rodada de visitas foi realizada, para obtenção de dados e aplicação de um questionário estruturado. O modelo de questionário utilizado foi adaptado da ferramenta recomendada por Kalundborg Symbiosis (2021) e contemplou o levantamento de: informações gerais das empresas (identificação, contatos, número de funcionários, área útil, código da atividade segundo legislação ambiental e a existência de licenciamento ambiental); questionamentos sobre os valores, interesses e posicionamento da empresa quanto a práticas mais sustentáveis e EIP, visando captar seu grau de abertura, compreensão e comprometimento para uma transição a EIP; e informações qualitativas acerca do processo produtivo e quantitativas, quando disponíveis, relacionadas à geração de resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões atmosféricas, bem como de uso de recursos como água, energia e materiais.

Reconhecimento das empresas da Fase I

As empresas localizadas na Fase I do Ecoparque Lourenço e Souza podem ser caracterizadas como de pequeno ou médio porte segundo seu enquadramento tributário. O número de funcionários varia entre 5 e 120, dependendo da empresa, totalizando 277 colaboradores, conforme apresenta a Tabela 1.

Tabela 1 -Resumo geral sobre as empresas localizadas na Fase I

Empresa	Atividade	Área Nº func.	Breve descrição da atividade executada
A	Metalomecânica: fabricação de equipamentos de refrigeração industrial	3.185 m ² 120	Operações de caldeiraria (corte, conformação, soldagem e montagem) para fabricação de túneis de congelamento outros equipamentos de refrigeração industrial.
B	Metalomecânica: fabricação de extrusoras	2.490 m ² 45	Operações de caldeiraria e usinagem para fabricação de extrusoras.
C	Fabricação de cosméticos	725 m ² 5	Fabricação de ceras depilatórias, envolvendo o fracionamento das matérias-primas, manipulação em tanques encamisados e envase do produto.
D	Centro de distribuição de produtos farmacêuticos e de higiene pessoal	3.600 m ² 100	Armazenamento de produtos, segmentação de acordo com a quantidade solicitada pelo cliente e expedição.
E	Centro de distribuição de polímeros peletizados	1.660 m ² 7	Armazenamento de polímeros peletizados, segmentação de acordo com a quantidade solicitada pelo cliente e expedição

Fonte: Elaborado pelos autores.

Descrição de imagem: Tabela informativa com dados gerais sobre o ramo, área, número de funcionários e breve descrição das atividades das cinco empresas da Fase I.

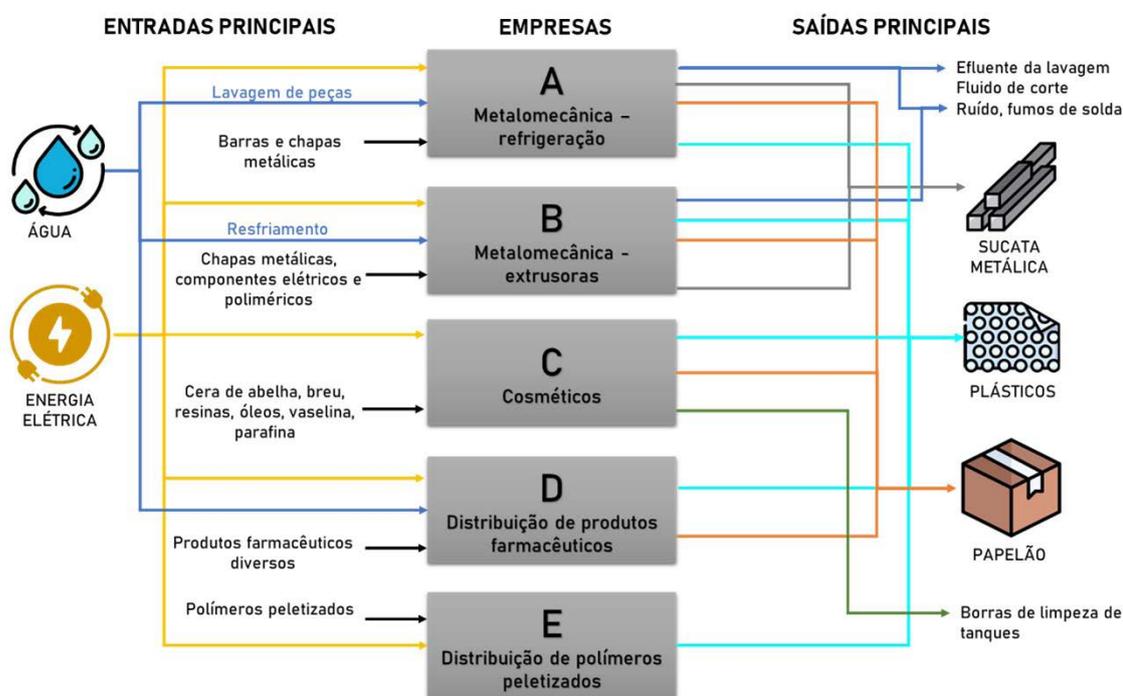
Pode-se observar uma diversidade nas atividades executadas pelas empresas localizadas no parque: 3 indústrias (Empresas A, B e C) e 2 centros de distribuição (Empresas D e E). As duas últimas, ao contrário das indústrias, não realizam atividades de beneficiamento e transformação de materiais. Assim, o parque pode ser caracterizado como misto. Notou-se que nenhuma das empresas possui um setor de meio ambiente, de modo que colaboradores de outras áreas e com outras formações profissionais acabam por assumir também a responsabilidade pela gestão ambiental da empresa. Essa realidade é comum em empresas de menor porte e acaba por limitar as práticas a ações reativas, podendo ser apontada como uma barreira à transição a EIP, mas também como oportunidade para criação de um grupo de gestão de meio ambiente no parque.

Por outro lado, nas fases futuras há a previsão de ocupação por grupos de maior porte. Deste modo, espera-se que existam gestores de meio ambiente nas empresas e que sua preocupação ambiental seja maior, mais proativa do que reativa, até mesmo pela cobrança de seus stakeholders. Esse ponto é um elemento positivo para motivar a governança do parque para a transição a EIP. Isso, porque o maior grau de maturidade dos inquilinos pode exigir uma gestão ambiental mais adequada e avançada, em contraposição ao que atualmente é demandado, em razão das empresas da Fase I possuírem uma maturidade ambiental mais básica.

Análise dos Processos Produtivos

A partir da coleta de informações pelo questionário e entrevista, foi obtido um panorama acerca das principais entradas e saídas de processo nas empresas avaliadas no estudo de caso na Fase I, como mostra a Figura 2. Os recursos empregados para atividades administrativas e para uso humano não foram considerados na figura para fins ilustrativos.

Figura 2 - Fluxograma simplificado das empresas da Fase I



Fonte: Elaborado pelos autores.

Descrição de imagem: fluxograma geral evidenciando as entradas de água e energia elétrica e principais matérias-primas das empresas da Fase I, assim como as principais saídas em termos de resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões atmosféricas. As linhas possuem coloração diferenciada para distinguir o tipo de entrada e saída.

No status atual, nenhuma empresa realiza intercâmbios de materiais, água ou energia, distanciando o empreendimento do conceito principal de um EIP. Por meio da análise realizada, em um primeiro momento, não foram identificadas possibilidades de uso de resíduos de uma empresa como matéria-prima por outra, dado que as atividades são distintas e não se inter-relacionam, mesmo para as duas empresas metalomecânicas. De acordo com a literatura, a diversidade de empresas é um fator considerado como positivo para a realização de intercâmbios simbióticos, visto que há maiores chances e possibilidades para se configurar uma rede (Liwarska-Bizukojc, et al., 2009). Entretanto, no caso em estudo, são identificadas apenas organizações geradoras de resíduos, quando devem existir, paralelamente, empresas consumidoras para viabilizar as relações simbióticas, conforme discutem Geng e Côte (2002). Todavia, por gerarem resíduos sólidos de tipologias semelhantes, esse aspecto se configura em uma oportunidade. A perspectiva para as Fases II, III e IV é que essa diversidade seja ainda menor, tendo em vista que os pavilhões serão dedicados a atividades de logística.

Nada obstante, a ausência de relações simbióticas envolvendo intercâmbios físicos era, de certa forma, esperada para o estudo de caso. De fato, essa limitação serviu como uma das motivações para a execução do estudo nesse tipo de empreendimento, a fim de verificar de que outra forma a Simbiose Industrial e a Ecologia Industrial poderiam colaborar com a gestão de recursos e melhorias socioambientais. Enquanto nos complexos industriais clássicos há maior propensão em existir certa similaridade e complementariedade, nos parques mistos não há interações óbvias entre as organizações em termos de materiais, água e energia, tornando-se mais desafiador encontrar potenciais sinergias (Lambert; Boons, 2002). Nesse sentido, as oportunidades de aplicação da SI como fator determinante para transição a EIP devem passar por outras estratégias, inclusive mencionadas pelos gestores entrevistados, como o compartilhamento de serviços, utilidades e informações. Concomitantemente, ações complementares são sugeridas, visando aumentar o potencial simbiótico entre as organizações e entre o parque e seus stakeholders.

Plano de Ação: Estratégias sugeridas ao Ecoparque

De acordo com Tseng et al. (2021), a transição a EIP é um processo que exige ações coordenadas e esforços constantes para alcançar uma cultura de sinergia

e cooperação. As estratégias estão estruturadas em uma sequência lógica de implementação, apresentando uma interface com o modelo proposto por Rocha (2010). Inicialmente, tem-se um enfoque para as questões legais e organizacionais, indispensáveis para a operação adequada e para o processo de aprendizagem organizacional e implantação de uma cultura preventiva. O amadurecimento por parte dos gestores das empresas e do Ecoparque acarretam que ações mais avançadas sejam propostas.

As possibilidades de aplicação da Simbiose Industrial merecem destaque. Fatores como diferenças entre as entradas e saídas nos processos produtivos, existência de somente geradores de resíduos e de nenhum consumidor potencial e de inúmeras atividades que não envolvem processos de beneficiamento e transformação, dificultam a realização de intercâmbios físicos envolvendo materiais, água e energia. Por isso, para o parque analisado, as oportunidades são restritas, inicialmente, ao compartilhamento de utilidades (água e energia elétrica) e serviços. Sem embargo, do ponto de vista prático, elas se apresentam como mais factíveis, pragmáticas e mais próximas da realidade das empresas.

12

Durante as visitas técnicas, as empresas demonstraram interesse em participar de um projeto de transição a EIP que contivesse estratégias de compartilhamento, pois vislumbram mais claramente os potenciais benefícios e os riscos são menores. Porém, quaisquer ações que demandem um risco e investimento financeiro mais elevado devem ser objeto de estudo mais cuidadoso e construção de projetos sob a liderança da governança do parque. Por conseguinte, fica evidente uma barreira econômica associada a investimentos em ações de gestão ambiental, tendo em vista que esses custos não estão internalizados nas empresas, especialmente de menor porte. Além disso, tratando-se de um espaço locado e coletivo, a governança do parque deve aprovar modificações que impliquem em intervenções estruturais ou nas interações com as atividades vizinhas. Nesse sentido, barreiras comerciais e técnicas podem surgir entre as empresas e a gestão do parque. Um Plano de Ação foi formulado a partir das experiências e metodologia adotada, sendo apresentado na Tabela 2. As estratégias são detalhadas em sequência ao Plano.

Tabela 2 - Plano de Ação: o quê, por quê, como e quando iniciar as ações

O que fazer?	Por que fazer?	Como fazer?	Quando fazer?
1 - Normas Ambientais Internas do Ecoparque	Demonstra organização, padronização e comprometimento com as questões ambientais e sociais (internas e externas), além de ser um resguardo legal. Permite maior controle sobre a conduta de seus inquilinos.	Agregar às Normas Internas do Ecoparque já existentes as questões ambientais legais pertinentes ao licenciamento ambiental, gerenciamento de resíduos, uso consciente de recursos materiais, água e energia, prevenção de acidentes ambientais e de poluição. Aprovar mediante Convenção.	Curto prazo
2 - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS)	Documento necessário por lei para diversas empresas, que aborda os principais procedimentos para o gerenciamento adequado de resíduos, incluindo conceitos e oportunidades de Prevenção da Poluição e de Produção mais Limpa. Pode ser realizado tanto para o Parque como para cada empresa instalada.	Viabilizar empresa parceira para elaborar e executar o PGRS do parque. No caso individual de cada empresa, cada uma poderá ter seu responsável técnico.	Curto prazo
3 - Gerenciamento coletivo de Resíduos Sólidos	Padroniza o gerenciamento, evita problemas como descarte incorreto e multas ambientais, possibilita a reutilização e a reciclagem em razão do maior volume armazenado e reduz os custos com transporte e destinação. É um serviço adicional que pode ser oferecido/ indicado pelo parque, como uma solução para as empresas. Com uma Central Única de Resíduos, melhora a organização para resíduos das 2 classes (Perigosos e Não-Perigosos) em um único local, facilitando o licenciamento ambiental e seu gerenciamento. Cresce a possibilidade de venda como coproduto de algum dos resíduos não recebidos por cooperativas.	Viabilizar um PSA (empresa privada ou cooperativa) que fará a coleta e a destinação dos resíduos, podendo existir uma Central Única de Resíduos no parque, com o devido controle do volume depositado por cada empresa. Para impacto social positivo, viabilizar parceria com cooperativas para coleta dos recicláveis (papelão, plásticos de rotulagem 1 a 5, vidros e metais).	Médio prazo

(continua)

Continuação da Tabela 2

O quê?	Por que fazer?	Como fazer?	Quando fazer?
4 - Oferecimento de serviço de suporte ambiental	Agrega mais um serviço aos oferecidos pelo Ecoparque às organizações, apresentando-as soluções completas para sua instalação em termos de licenças ambientais, alvarás e projetos necessários. Para o Ecoparque, maior suporte e controle das condições de operação, evitando problemas para os quais o parque pode ser inclusive corresponsabilizado. Custo compartilhado/repassado não onera em demasia nenhuma empresa nem o parque.	Viabilizar empresa parceira para prestação do serviço	Curto prazo
5 - Prevenção da Poluição e P+L nas empresas	Redução dos impactos ambientais negativos em cada empresa, prevenindo a geração de poluentes e consequentes problemas ambientais. Foco na gestão da demanda de materiais, água e energia.	Incentivar as empresas a adotarem melhores práticas e redução de seus impactos. Pode ser viabilidade junto ao suporte técnico ambiental oferecido às empresas.	Médio-Longo Prazo
6 - Buscar o apoio de stakeholders e firmar novas parcerias	Inúmeras possibilidades de investimentos e projetos podem ser realizadas com parcerias estratégicas. Exemplo: parceria com universidades e agências de emprego para banco de currículos para oferecer às empresas; projetos para qualificar mão de obra etc.	Buscar parcerias com universidades, centros de pesquisa, associações, prefeitura, na ótica da tríplice hélice.	Curto-Médio prazo
7 - Formação de time com representantes das empresas	Facilita a comunicação e o diálogo das empresas entre si e com a gestão do Ecoparque. Permite a resolução de problemas e demandas de modo mais assertivo, gerando um ambiente de cooperação e coletividade.	Contatar as empresas para apresentar a ideia e verificar o colaborador que participará do time. Reunir-se ordinariamente, com periodicidade a definir (ex.: trimestralmente)	Curto-médio prazo
8 - Aquisição/ Geração de Energia Renovável (solar fotovoltaica)	Reduz as emissões de carbono (melhora os indicadores de pegada de carbono). Pode tornar o parque autossuficiente em energia. Custos de instalação cada vez menores, telhados já possuem estrutura para instalação. Custos podem ser divididos (instalação e manutenção) entre parque e empresas. Medida de gestão de oferta a ser implementada após gestão adequada da demanda.	À medida em que os pavilhões forem sendo locados, viabilizar a instalação das placas solares, considerando as questões comerciais envolvidas.	Longo prazo

(continua)

Continuação da Tabela 2

O quê?	Por que fazer?	Como fazer?	Quando fazer?
9 – Uso da água da chuva	Redução do consumo de água potável e melhoria do indicador de pegada hídrica. Redução de custos com aquisição de água potável e disponibilidade em caso de falta de abastecimento. Medida de gestão de oferta a ser implementada após gestão adequada da demanda.	Viabilizar empresa para realizar a instalação do sistema de captação, armazenamento e distribuição.	Longo prazo

Fonte: Elaborado pelos autores.

Descrição de imagem: Tabela contendo o Plano de Ação desenvolvido ao Ecoparque Lourenço e Souza, que pode ser replicado como modelo de gestão para outras iniciativas.

Gestão de Materiais

A gestão de materiais no parque deve ter como objetivo principal a Prevenção da Poluição, visando à redução, na fonte, do consumo de matérias-primas e insumos, por meio do aproveitamento eficiente de recursos. Como consequência, a geração de materiais excedentes de processo (resíduos sólidos, como a legislação ambiental assim os denomina) também é reduzida. Todavia, ações desse tipo são de mais difícil implantação inicialmente, em virtude de inúmeras barreiras culturais e pelo atual nível de maturidade ambiental identificado por meio das entrevistas e questionário. Deve ocorrer, assim, um processo de amadurecimento até que práticas mais avançadas possam ser incorporadas pelas organizações. Além disso, não foram identificadas oportunidades de intercâmbios de materiais (resíduos de uma empresa sendo empregados como matérias-primas ou insumos em outra) entre as empresas avaliadas.

Nesse sentido, como estratégia inicial para a melhoria na gestão de materiais no parque em estudo, está o gerenciamento adequado de resíduos sólidos, de modo a possibilitar a reinserção dos materiais excedentes das atividades ao ciclo produtivo. Ao se analisar o fluxograma na Figura 2, verifica-se que todas as empresas empregam embalagens e geram plásticos oriundos de embalagens como resíduos sólidos, e apenas uma delas não gera papelão. Existe, assim, uma similaridade entre as entradas de embalagens e suas respectivas saídas como resíduos sólidos, oportunizando uma relação envolvendo o seu gerenciamento. A primeira proposta foi sugerida pelos próprios gestores entrevistados das

empresas: o gerenciamento coletivo de resíduos sólidos. Isso pode se dar na forma de uma central única de armazenamento temporário, acompanhada pela coleta e destinação compartilhada, realizada por um prestador de serviços ambientais (PSA).

Durante as entrevistas, apurou-se que duas empresas da Fase I inclusive utilizam o mesmo PSA para a coleta e destinação de resíduos sólidos. Todavia, não há aproveitamento da rota de coleta para uma ação conjunta. O prestador realiza o serviço em datas diferentes, de acordo com a necessidade do cliente. Isso, em virtude de a quantidade de resíduos gerados por cada empresa ser pequena, com necessidade de coletas trimestrais ou mesmo semestrais. Contudo, somando-se os quantitativos de diferentes empresas e centralizando o armazenamento, pode-se viabilizar operações de coleta e destinação mais adequadas e baratas, incluindo a reciclagem, por um PSA. Nas Fases II, III e IV, a quantidade de resíduos sólidos a ser gerada na operação será consideravelmente mais elevada, tendo em vista a expansão da área ocupada no parque. As tipologias de resíduos sólidos serão similares às das Empresas D e E. Como as empresas empregam embalagens de plástico e papelão em seus processos, sobretudo as de distribuição, pode-se promover parcerias para a utilização de embalagens recicladas. Com isso, aumenta-se o grau de fechamento do ciclo do material, mesmo que isso ocorra fora dos limites do parque. Deve-se observar, todavia, a viabilidade dessa proposta em termos financeiros, o que também passa pelo quantitativo de resíduos gerados.

Conforme mencionado anteriormente, dados quantitativos não foram obtidos durante a pesquisa, por falta de disponibilidade e controle por parte das empresas. Deste modo, uma das recomendações é que o parque e cada empresa elaborem Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS). O PGRS é um documento obrigatório para as diversas atividades, conforme a Lei Federal N.º 12305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos em âmbito nacional (Brasil, 2010). A elaboração e execução de um PGRS é uma das etapas iniciais propostas por Rocha (2010) em seu modelo de implantação de Simbiose Industrial. Por meio do PGRS, realiza-se um diagnóstico acerca dos resíduos e se recomendam ações relativas ao armazenamento, coleta e destinação, além de prever medidas para sua redução e minimização e treinamentos e campanhas para redução da geração de resíduos e informar sobre o gerenciamento correto, tanto para os colaboradores internos quanto para externos e visitantes.

Ademais, o gerenciamento coletivo de resíduos pode proporcionar redução de custos e das emissões atmosféricas relacionadas ao transporte (Simon *et al.*, 2017). Além disso, torna o processo padronizado e centralizado, permitindo maior controle por parte da gestão do ecoparque. Cabe destacar que a responsabilidade pelos resíduos não é apenas de seu gerador, mas é compartilhada com o ecoparque enquanto instituição. Assim, em caso de gerenciamento inadequado, ambas as partes podem ser penalizadas de acordo com a legislação ambiental vigente, daí a importância de se manter um controle efetivo sobre os inquilinos e terceiros.

Por fim, há ainda um elemento associado ao pilar social. Atualmente, uma cooperativa de catadores que participa do Programa de Coleta Seletiva do município de Sapucaia do Sul exerce a função de PSA no parque ao realizar a coleta dos materiais recicláveis do parque. Essa iniciativa pode ser fomentada, sendo incentivada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010) na perspectiva da economia solidária.

Gestão da Água

Como pode ser observado na Figura 2, a água é um insumo de processo mais relevante em indústrias (Empresas A e B), ao passo que, para atividades logísticas (Empresas D e E e as futuras nas Fases II, III e IV), sua utilização é basicamente para satisfação das necessidades humanas (dessedentação e sanitários). A água é proveniente do sistema público de abastecimento. No entanto, há uma projeção de haver cerca de 1500 colaboradores em todo o parque com a integralização e ocupação das demais fases do empreendimento, além do restaurante que também foi projetado com essa capacidade. Portanto, a oferta e o consumo de água são e serão aspectos importantes a serem considerados pelas empresas e gestão do parque. Quanto à gestão da demanda, a mesma ótica da Prevenção da Poluição referida para os materiais deve ser aplicada, buscando-se, assim, a redução na fonte do consumo de água tanto para as atividades industriais quanto para outras necessidades. Portanto, deve-se investir em campanhas de sensibilização sobre o uso consciente de água, propor metas de redução de consumo e buscar melhorias nos processos consumidores desse recurso.

Quanto à gestão da oferta, algumas iniciativas encontradas no Ecopark Hartberg, na Áustria, Hammarby Sjöstad, na Suécia, e Lin-Yuan Industrial Park, em Taiwan, podem ser replicadas (Massard *et al.*, 2014). Nesses parques, há o aproveitamento

da água da chuva para usos não-potáveis. No caso em tela, as águas pluviais podem ser utilizadas nos sanitários, rega de plantas, limpeza de pisos e utilização em sistemas de proteção contra incêndios, reduzindo, ainda, o consumo de água potável. A captação pode ocorrer pelo telhado dos pavilhões, que já possuem calhas para drenagem pluvial.

Em ecoparques, especialmente quando a infraestrutura é composta de pavilhões interligados, a captação e compartilhamento de água da chuva é facilitada. Para fins exemplificativos, uma estimativa do volume passível de ser coletado no parque em estudo foi realizada. Para tanto, considerou-se uma pluviosidade média anual de 1375 mm, baseada na média histórica de 30 anos para Sapucaia do Sul, obtida junto ao INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) (Irga, 2021). A título de exemplo, uma empresa que ocupa um prédio com 3.000 m² de telhado pode coletar, em média, um volume de 2800 m³ de água da chuva por ano. Esse volume é suficiente para atender as necessidades de 38 colaboradores, considerando o consumo per capita brasileiro de 200 litros diários, segundo dados da SABESP (2022?). Esse dado de consumo per capita, entretanto, inclui os usos potáveis e outros não praticados durante as atividades laborais no parque, como banhos e lavagens de roupa, mas foi adotado para uma estimativa preliminar. Observando-se a Tabela 1, com esse volume não seria possível atender as Empresa A, B e D. Contudo, somando-se os milhares de metros quadrados de telhado para captação existentes no parque, incluindo-se também as fases futuras, a demanda seria mais facilmente atendida. Com uma área de telhados prevista de cerca de 100.000 m², o volume coletado passaria a ser de 93.480 m³/ano, capaz de suprir sanitários e outros usos não potáveis para mais de 1200 funcionários. As estimativas foram realizadas com base no trabalho de Bezerra et al. (2010) e na ABNT NBR 15527.

Portanto, localizar-se em um ecoparque pode viabilizar o uso de água da chuva para fins não potáveis por meio de compartilhamento, gerando benefícios ambientais e diminuição do uso desse recurso. Além disso, pode-se obter uma redução de custos com aquisição de água potável, especialmente para os usos que não exigem potabilidade

Gestão da Energia

Energia é empregada no parque em estudo na forma de eletricidade, que é adquirida da rede de abastecimento conectada ao Sistema Interligado Nacional.

Com relação à gestão da demanda, a eficiência energética é um elemento indispensável para redução do consumo. No âmbito do empreendimento, os novos pavilhões das Fases I, II, III (e, futuramente, na Fase IV) possuem um feixe de telhas com tecnologia prismática. De acordo com os gestores do parque, a seleção desse tipo de telha foi realizada para potencializar o aproveitamento da iluminação natural, pela melhor difusão da luminosidade no ambiente, e, ainda, para filtragem da radiação infravermelha, aumentando o conforto térmico. Além disso, as telhas dos pavilhões são termoacústicas, com preenchimento em poliestireno expandido para isolamento térmico.

Conforme estudos de Garlet et al. (2015), a instalação de telhas prismáticas pode reduzir o consumo de eletricidade em cerca 60% durante o período diurno. Durante uma das visitas ao pavilhão recém ocupado na Fase I, observou-se que a luminosidade proporcionada por essas telhas dispensou o acionamento de lâmpadas durante o dia. Associado a isso, o isolamento térmico promovido pelas telhas termoacústicas, segundo Tokusumi e Foiato (2019), pode contribuir para uma redução de 18% entre a temperatura externa e interna em dias cuja temperatura externa seja superior a 20°C. Portanto, essas estratégias passivas de eficiência energética colaboram para a redução no consumo de energia elétrica para iluminação e condicionamento térmico. Apesar disso, cabe destacar que o empreendimento não pleiteou a Certificação LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) ou Aqua-HDE, principais certificações de cunho ambiental para a construção civil no Brasil (Herzer; Ferreira, 2016).

No que se refere à gestão da oferta, as energias renováveis devem ser priorizadas no empreendimento. De acordo com o Balanço Energético Nacional do ano de 2021, 83% da energia elétrica no Brasil é oriunda de fontes renováveis, sendo a hidráulica a principal delas no país (EPE, 2021). Apesar de ser considerada renovável, a construção e operação de usinas hidrelétricas, em geral, ocasiona impactos socioambientais expressivos, confrontando sua definição como uma fonte de energia limpa. Para mais, a dependência das condições climáticas e frequentes episódios de escassez hídrica são apontados como desvantagens dessa fonte energética. (Natt; Carrieri, 2017).

Nesse contexto, recomenda-se ao parque a busca por outras fontes de energias renováveis e mais limpas, como a eólica e, especialmente, a solar, cuja aplicabilidade se torna mais viável no parque em razão de suas características construtivas. O

consumo de energia elétrica no parque se dá para a alimentação de máquinas, equipamentos, iluminação e funções administrativas. Nenhuma empresa emprega fontes de calor ou vapor como utilidades, com exceção das empilhadeiras movidas a gás liquefeito de petróleo.

Aqui, novamente, oportunidades de compartilhamento envolvendo energia são facilitadas pela proximidade e ocupação de mesmos pavilhões pelas empresas no parque. Se estivessem isoladas, a geração onsite de eletricidade, por meio da instalação de painéis solares fotovoltaicos no teto, por exemplo, poderia não ser suficiente para atender sua demanda energética e/ou os custos seriam elevados. Estando no ecoparque, a grande área de teto favorece a captação de energia solar para atender as necessidades das empresas e, eventualmente, gerar um excedente com retorno financeiro. Além disso, os custos que envolvem o projeto podem ser divididos entre as organizações, diminuindo os aportes financeiros e o tempo de retorno do investimento. Estudos estão sendo realizados por empresas especializadas para analisar a viabilidade de suprimento de energia por painéis fotovoltaicos, considerando a expectativa de demanda energética para o empreendimento.

20

Estratégias complementares à Simbiose Industrial

Outras oportunidades foram extraídas das entrevistas e aplicação dos questionários. Elas são estratégias complementares à Simbiose Industrial para melhorias na gestão socioambiental do parque. Ao mesmo tempo, servem para aumentar o potencial para realização de sinergias por meio de melhorias internas nas organizações e da comunicação entre elas. De certo modo, essas estratégias podem ser caracterizadas também como sinergias, uma vez que induzem a troca de experiências e informações entre diferentes organizações e stakeholders.

Alguns gestores entrevistados indicaram a necessidade de haver um controle maior sobre a atuação individual das empresas, para haver uma harmonização entre as atividades desenvolvidas no parque, inclusive visual e de organização física. Além disso, todos concordaram que um ecoparque deve possuir normas de conduta comuns para seus usuários. Esse regimento deve contemplar orientações gerais para a operação do parque e específicas quanto à atuação ambiental, de modo que todas as empresas adotem procedimentos e preocupações semelhantes. Além de um Regimento Interno com cláusulas definidas em Convenção, a construção

de um guia explicativo e didático com as normas do Ecoparque poderá ser um instrumento importante, ainda mais com a expansão das operações nas Fases II, III e IV. Assim, demonstram-se as ações que se esperam de uma empresa localizada em um parque com prerrogativas mais sustentáveis.

A disponibilização de serviços de suporte técnico para as empresas é frequentemente encontrada em iniciativas de EIP (Massard *et al.*, 2014). Podem ser destacadas atividades de consultoria técnica e ambiental, para atender demandas como licenciamento ambiental, verificação das condições de operação e atendimento à legislação, e projetos diversos. O suporte pode ser voltado à identificação de relações simbióticas e acompanhamento do desempenho das empresas quanto ao gerenciamento de resíduos, água e energia. Mais do que isso, as empresas inquilinas devem ser encorajadas a aplicarem programas de Produção Mais Limpa em seus processos individuais (intrafirma) buscando a melhoria contínua, como destacam Cruz *et al.* (2022) e Rocha (2010).

Ainda, para estimular a comunicação e a cooperação, sugere-se a formação de um time, composto por integrantes das empresas, gestores do parque e consultores, para realização de reuniões ordinárias, apresentação das normas de conduta, capacitações e treinamentos. Ou seja, o time exerce a função de multiplicador das estratégias nas empresas.

Conclusão

A pesquisa realizada evidenciou como a Simbiose Industrial pode contribuir para práticas mais sustentáveis, tendo como estudo de caso o Ecoparque Empresarial Lourenço e Souza, um parque de uso misto (industrial e logístico) situado na região sul do Brasil. Como resultado, foram estabelecidas estratégias em um Plano de Ação com ações a curto, médio e longo prazo, para melhorias socioambientais que podem ser estendidas e replicadas nas futuras fases do empreendimento, assim como em outros parques de tipologia semelhante.

Foram identificados elementos pré-existent no parque, relacionados à gestão da oferta de água e energia, que podem ser aproveitados como oportunidades para aplicação da Simbiose Industrial e fomentar o processo de transição a EIP. Em que pese a ausência de correlação e complementariedade entre as entradas

e saídas nos processos produtivos, existem oportunidades de sinergias envolvendo o compartilhamento de serviços de gerenciamento de materiais excedentes (resíduos) dos processos produtivos. Além disso, a estrutura e proximidade física proporcionada por parques que seguem um modelo de condomínio empresarial favorece o compartilhamento de utilidades de processo. Assim, essa pesquisa identificou, como principal estratégia para transição de parques de uso misto e logístico a EIP, o compartilhamento de utilidades e serviços, aliando-se a gestão da oferta e da demanda de recursos como materiais, água e energia.

A pesquisa apresenta algumas limitações. Pela ausência de dados quantitativos, o estudo delimitou-se em uma análise empírica qualitativa de estudo de caso único. Para trabalhos futuros, outros parques logísticos podem ser investigados, assim como uma continuidade pode ser realizada por meio da implementação das estratégias propostas, elaboração de indicadores e monitoramento das ações. Outra possibilidade é a realização do estudo abrangendo os stakeholders principais das empresas, como seus principais clientes e fornecedores

Referências

ABRALOG. E-commerce garante crescimento do setor de condomínios logísticos. 2021. Disponível em: <https://www.abralog.com.br/noticias/e-commerce-garante-crescimento-do-setor-de-condominios-logisticos/>. Acesso em: 28 abr. 2021.

BEZERRA, S. **et al.** Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527:2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR. **Ambiente Construído**, [s.l], v.10, n.4, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1678-86212010000400015>. Acesso em: 26 fev. 2022.

BORO, G. **A Expansão do varejo on-line no Brasil (2010-2020) e seus potenciais impactos econômicos no setor logístico: o caso do Mercado Livre**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Econômicas) - Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unifesp.br/bitstream/handle/11600/61610/Monografia%20-%20Guilherme%20Boro%20-%20113.738%20-%20vers%C3%A3o%20final.pdf?sequence=1>. Acesso em: 20 fev. 2022.

BRASIL. **Lei Federal N.º 12305 de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Brasília, DF: Presidência da República, 2010. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 04 jan. 2022.

CHERTOW, M. Industrial symbiosis: Literature and taxonomy. **Annual Review of Energy and the Environment**, [s. l.], v. 25, n. 1, p. 313–337, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.25.1.313>. Acesso em: 3 mar. 2021.

CHERTOW, M. **et al.** Tracking the diffusion of industrial symbiosis scholarship using bibliometrics: Comparing across Web of Science, Scopus, and Google Scholar. **Journal of Industrial Ecology**, [s. l.], 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jiec.13099>. Acesso em: 3 mar. 2021.

CRUZ, H. **et al.** Process system engineering and the development of tools for environmental considerations in the perspective of Industrial Ecology. In: SINGH **et al.** (eds.). **Environmental Sustainability and Industries: Technologies for Solid Waste, Wastewater, and Air Treatment**. [S.l.] Elsevier, 2022. Disponível em: <https://www.elsevier.com/books/environmental-sustainability-and-industries/singh/978-0-323-90034-8>. Acesso em: 07 jul. 2022.

DONG, L. **et al.** Promoting low-carbon city through industrial symbiosis: A case in China by applying HPIMO model. **Energy Policy**, [s. l.], v. 61, p. 864–873, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.06.084>. Acesso em: 20 mar. 2021.

23

GARLET, E. **et al.** A Iluminação Natural como fator de desempenho em ambientes industriais. **ReA UFSM - Revista de Administração da Universidade Federal de Santa Maria**, Santa Maria, v. 8, 2015, p. 24–34. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2734/273441021002.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2022.

GENC, O. **et al.** A socio-ecological approach to improve industrial zones towards eco-industrial parks. **Journal of Environmental Management**, [s. l.], v. 250, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109507>. Acesso em: 21 set. 2021.

GENG, Y.; CÔTÉ, R. P. Scavengers and decomposers in an eco-industrial park. **International Journal of Sustainable Development and World Ecology**, [s. l.], v. 9, n. 4, p. 333–340, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/13504500209470128>. Acesso em: 3 nov. 2021.

HERZER, E. **et al.** Simbiose Industrial e a redução dos impactos ambientais dos processos produtivos: estudos realizados entre 2012 e 2017. **COLÓQUIO - Revista do Desenvolvimento Regional**. Taquara, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.26767/COLOQUIO.V17I3.1742>. Acesso em: 7 set. 2021.

HERZER, L.; FERREIRA, R. Construções sustentáveis no Brasil: um panorama referente às certificações ambientais para edificações LEED e AQUA-HQE. **Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade**, [s.l.], v. 8, n. 5, p. 34–55, 2016. Disponível em:

<https://www.cadernosuninter.com/index.php/meioAmbiente/article/view/492>.

Acesso em: 26 fev. 2022.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ (IRGA). **Médias Climatológicas**. Porto Alegre: IRGA, 2021. Disponível em: <https://irga.rs.gov.br/medias-climatologicas>.

Acesso em: 26 fev. 2022.

JI, Y. **et al.** Which factors promote or inhibit enterprises' participation in industrial symbiosis? An analytical approach and a case study in China. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 244, p. 118600, 2020a. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.118600>. Acesso em: 18 mar. 2021.

KALUNDBORG SYMBIOSIS. **Guide for industrial symbiosis facilitators**. [s.l.]: [s. n.], 2021. Disponível em: <http://www.symbiosis.dk/en/>. Acesso em: 13 mar. 2021.

LAMBERT, A.; BOONS, F. Eco-industrial parks: Stimulating sustainable development in mixed industrial parks. **Technovation**, [s. l.], v. 22, n. 8, p. 471–484, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(01\)00040-2](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(01)00040-2). Acesso em: 6 set. 2021.

LE TELLIER, M. **et al.** Towards sustainable business parks: A literature review and a systemic model. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 216, p. 129–138, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.145>. Acesso em: 2 set. 2021.

LOWE, E. A. **et al.** **Fieldbook for the Development of Eco-Industrial Parks** **Indigo Development**. [S. l.: s. n.], 1996. Disponível em: <http://infohouse.p2ric.org/ref/10/09932.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2021.

MASSARD, G. **et al.** **International survey on eco-innovation parks**: Learning from experiences on the spatial dimension of eco-innovation. Federal Office for the Environment and the ERA-NET ECO-INNOVERA, Bern. Environmental studies no. 1402: 310 p, 2014. Disponível em: <http://www.eco-innova.eu/>. Acesso em: 05 nov. 2021.

NATT, E.; CARRIERI, A. Energia Hidrelétrica: A Retórica da Energia Limpa. In: SARAIVA, L.; RAMPAZO, A. (orgs.). **Energia, organizações e sociedade**. Recife: Editora Massangana, 2017. p. 79 – 112.

NEVES, A. **et al.** A comprehensive review of industrial symbiosis. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 247, p. 119113, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119113>. Acesso em: 11 dez. 2020.

ROCHA, L. K. **A Simbiose Industrial aplicada na inter-relação de empresas e seus stakeholders na cadeia produtiva metal-mecânica na bacia do Rio dos Sinos**. 210 f. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo: 2010.

SABESP. Discas de Economia. Disponível em: <https://site.sabesp.com.br/site/inter-na/Default.aspx?secaold=140#:~:text=De%20acordo%20com%20a%20Organiza%C3%A7%C3%A3o,mais%20de%20200%20litros%2Fdia>. Acesso em: 05 fev. 2022.

SIMON, L. et al. Recycling of contaminated metallic chip based on eco-efficiency and eco-effectiveness approaches. *Journal of Cleaner Production*, [s.l.], v. 153, p. 417–424, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.058>. Acesso em: 08 jan. 2022.

SUSUR, E.; **et al.** A strategic niche management perspective on transitions to eco-industrial park development: A systematic review of case studies. **Resources, Conservation and Recycling**, [s. l.], v. 140, p. 338–359, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.06.002>. Acesso em: 6 set. 2021.

TOKUSUMI, A.; FOIATO, M. Análise de desempenho termoacústico de telhas. **Conhecimento em Construção**, Joaçaba, v. 6, p. 35–48, 2019. Disponível em: <https://portalperiodicos.unoesc.edu.br/conheconstr/article/view/21833>. Acesso em: 26 fev. 2022.

TSENG, M.-L. **et al.** A causal eco-industrial park hierarchical transition model with qualitative information: Policy and regulatory framework leads to collaboration among firms. **Journal of Environmental Management**, [s. l.], v. 292, p. 112735, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112735>. Acesso em: 25 ago. 2021.

USPCSD. Eco-Industrial Park Workshop Proceedings. **Eco-Industrial Park Workshop**, Washington, 1996. Disponível em: https://clintonwhitehouse2.archives.gov/PCSD/Publications/Eco_Workshop.html%0Ahttp://clinton2.nara.gov/PCSD/Publications/Eco_Workshop.html#for. Acesso em: 05 nov. 2021.

WANG, C. **et al.** Emergy-based ecological efficiency evaluation and optimization method for logistics park. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], v. 28, n. 41, p. 58342–58354, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14781-x>. Acesso em: 11 nov. 2021.

WORLD BANK. **International Framework for Eco-Industrial Parks v.2**. Washington, DC: n. 2, 2021. Disponível em: [https://www.unido.org/sites/default/files/files/2021-04/An international framework for eco-industrial parks v2.0.pdf](https://www.unido.org/sites/default/files/files/2021-04/An%20international%20framework%20for%20eco-industrial%20parks%20v2.0.pdf). Acesso em: 08 nov. 2021.

XU, Y. **et al.** Analysis on the location of green logistics park based on heuristic algorithm. **Advances in Mechanical Engineering**, [s. l.], v. 10, n. 5, p. 1–13, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1687814018774635>. Acesso em: 10 dez. 2021.

ZENG, D. **et al.** China's green transformation through eco-industrial parks. **World Development**, [s. l.], v. 140, p. 105249, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105249>. Acesso em: 6 set. 2021.

ZHANG, D. **et al.** Optimal Hierarchical Decision Model for a Regional Logistics Network with Environmental Impact Consideration. **The Scientific World Journal** [s. l.], 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2014/542548>. Acesso em: 19 jan. 2022.

NOTAS

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pela bolsa DT2 a um dos pesquisadores e também ao Ecoparque Lourenço & Souza de Sapucaia do Sul – RS pela oportunidade do estudo.

Contribuição de autoria

Henrique Lisbôa da Cruz: escrita, concepção, metodologia, revisão, resultados.
Filipe Machado Christianetti: dados, resultados.
Carlos Alberto Mendes Moraes: revisão, orientação.

Aprovação do texto

Texto selecionado pela Comissão científica do ENSUS 2023 para compor o Dossiê Temático ENSUS 2023 na Revista Jatobá.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Publisher

Universidade Federal de Goiás. Programa de Pós-graduação Projeto e Cidade. Publicação no Portal de Periódicos UFG.

As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da universidade.

RECEBIDO EM: 23/05/2023

APROVADO EM: 09/08/2023

PUBLICADO EM: 20/09/2023